
HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 99. ÉVF. 1. SZÁM • 2019
HUNGARIAN JOURNAL OF HYDROLOGY • VOL 99. NO 1. • 2019





Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

Főszerkesztő:

Fehér János

Szakszerkesztők:

Ács Éva
Konecsny Károly
Nagy László

Szerkesztőbizottság elnöke:

Szöllősi-Nagy András

Szerkesztőbizottság tagjai:

Ács Éva, Baranyai Gábor, Bezdán Mária, Bíró Péter, Bíró Tibor, Bogárdi János, Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér János, Fejér László, Fekete Balázs, Gampel Tamás, Gayer József, Hajnal Géza, Ijjas István, Istvánovics Vera, Józsa János, Kling Zoltán, Konecsny Károly, Kovács Sándor, Major Veronika, Melicz Zoltán, Nagy László, Rákosi Judit, Rátky István, Román Pál, Szabó János Adolf, Szilágyi Ferenc, Szilágyi József, Szlávik Lajos, Szolgay János, Szűcs Péter, Tamás János, Vekerdy Zoltán

Kiadó:

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

Hirdetés:

Gampel Tamás, a Magyar Hidrológiai Társaság főtákaréa
1091 Budapest, Üllői út 25. IV. em.
Telefon: (1)-201-7655 Fax: (1)-202-7244 Email: fotitkar@hidrologia.hu

Indexed in:

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

Index: 25374
HU ISSN 0018-1323

Tartalomjegyzék

SZAKCIKKEK

Ijjas István: Lehet-e integrált vízgazdálkodás intézményi integráció nélkül?	3
Lovas Attila és Nagy László: Az árvízvédelem küldetése	12
Kozák Péter: Szemlvények a vízgyűjtő-gazdálkodás magyarországi történetéből	21
Bolla Bence: Az erdei vízforgalom vizsgálata hagyományos és modern módszerek segítségével homokhátsági erdőkben	28
Gulácsi András és Kovács Ferenc: Radaralapú vizesélőhely-monitoring Sentinel-1 adatokkal	38
Koleszár Gergő, Fedor Noémi, Szabó Sándor: Limitáló tényezők a szubmerz és emerz hínárnövények versenyében	48
Nagy László: A Panama-csatorna új zsilipjei	53

TÖRTÉNELMI PILLANATKÉP

Fejér László és Kiss József Mihály: 100 éve történt – A Tanácsköztársaság tiszai árvize	63
---	----

NEKROLÓG

Vörös Ferenc – Szlávik Lajos és Fejér László megemlékezése .	68
Dr. Kovács Gábor – Szlávik Lajos, Kozák Péter és Fejér László megemlékezése	69
Takács Lajos – Szlávik Lajos, Bak Sándor és Fejér László megemlékezése	70

KÖNYVISMERTETÉS

Dobos Irma és Scheuer Gyula: Tanulmányok a hazai és külföldi hidrodinamikai rendszerekről	71
---	----



Hungarian Journal of Hydrology

Journal of the Hungarian Hydrological Society
Published quarterly

Editor-in-Chief:

János FEHÉR

Assistant Editors:

Éva ÁCS
Károly KONECSNY
László NAGY

Editorial Board Chairman:

András SZÖLLŐSI-NAGY

Editorial Board Members:

Éva ÁCS, Gábor BARANYAI, Mária BEZDÁN,
Péter BÍRÓ, Tibor BÍRÓ, János BOGÁRDI, Géza
CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR,
László FEJÉR, Balázs FEKETE, Tamás GAMPEL,
József GAYER, Géza HAJNAL, István IJJAS,
Vera ISTVÁNOVICS, János JÓZSA, Zoltán KLING,
Károly KONECSNY, Sándor KOVÁCS, Veronika
MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Judit
RÁKOSI, István RÁTKY, Pál ROMÁN, János
Adolf SZABÓ, Ferenc SZILÁGYI, József
SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, János SZOLGAY,
Péter SZÜCS, János TAMÁS, Zoltán VEKERDY

Publisher:

Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Üllői út 25., Hungary
Tel: +36-(1)-201-7655; Fax: +36-(1)-202-7244;
Email: titkarsag@hidrologia.hu
Web: www.hidrologia.hu
Represented by: Lajos SZLÁVIK, President
of the Hungarian Hydrological Society
Email: titkarsag@hidrologia.hu

Advertising:

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

Indexed in:

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr. Flu-
idex; Geotechn. Abstr.; Meteor / Geo-
astrophys. Abstr. Sei.; Water Res. Abstr.

Index: 25374

HU ISSN 0018-1323

Contents

SCIENTIFIC PAPERS

- István IJJAS: Do we need institutional integration for IWRM? .. 3
- Attila LOVAS and László NAGY: Mission of the flood
control 12
- Péter KOZÁK: Excerpts from the history of river basin
management in Hungary 21
- Bence BOLLA: Surveying of the hydrological balance with
traditional and modern methods in sand ridge forest stands . 28
- András GULÁCSI and Ferenc KOVÁCS: Radar-based
wetland monitoring with Sentinel-1 data 38
- Gergő KOLESZÁR, Noémi FEDOR, Sándor SZABÓ:
Limiting factors in the competition of submerged and
emergent plants 48
- László NAGY: New locks on the Panama Canal 53

HISTORICAL SNAPSHOT

- László FEJÉR and József Mihály KISS: 100 years ago –
The flood of the Council Republic 63

OBITUARY

- Ferenc VÖRÖS – Commemoration by Lajos Szlávik and
László Fejér 68
- Dr. Gábor KOVÁTS – Commemoration by Lajos Szlávik,
Péter Kozák and László Fejér 69
- Lajos TAKÁCS – Commemoration by Lajos Szlávik, Sándor
Bak and László Fejér 70

BOOK REVIEW

- Irma DOBOS and Gyula SCHEUER: Studies on
hydrodynamic systems in Hungary and abroad 71

Lehet-e integrált vízgazdálkodás intézményi integráció nélkül?

Ijjas István

Professor Emeritus, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
(ijjas.istvan@epito.bme.hu)

Kivonat

Az ENSZ 2030-ig terjedő Fenntartható Fejlődési Célprogramja 17 fenntartható fejlődési célt és ezeken belül 169 részcélt fogalmazott meg. A 6.5 részcel „Integrált vízgazdálkodás minden szinten, beleértve a határokon átnyúló vízgazdálkodást (ha az adott területen az értelmezhető)”. Az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának mértékét az alkalmazás fokával jellemzik, amelyet az integrált vízgazdálkodás négy dimenziója között megoszló 33 kérdés alapján határoznak meg. A második dimenzió az „Intézmények és a társadalom részvétele a döntésekben”. Ez a dimenzió kapcsolódik a legszorosabban ennek a tanulmánynak a témájához.

A cikk néhány kulcskérdést vizsgál, amelyeket tanulmányozni kell ahhoz, hogy a címben megadott kérdésre válaszolni lehessen. Röviden bemutat három projektet, amelyek a vízgazdálkodás intézményi kereteinek összehasonlításával foglalkoztak, beleértve az elemzéseket a magyar vízgazdálkodás erősségeiről és gyengeségeiről a múlt század végén és az utóbbi években.

A cikk röviden bemutatja az SDG 6.5 részcel elérésének folyamatát vizsgáló első monitoring jelentés legfontosabb következtetéseit. A folyamat előrehaladását indikátorokkal mérik. Az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának jelenlegi mértékéről készült 6.5.1 jelentés szerint Magyarország az országok felső húsz százalékába tartozik, mert az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának foka elérte a 70 százalékot, a „magas” alkalmazási szint határértékét.

A cikk megállapítja, hogy a vízgazdálkodás intézmény rendszerének változatossága világszerte magas. Még az EU tagállamai között sincs két olyan ország, amelynek egyforma lenne a vízgazdálkodási intézményrendszere. A tanulmány utal arra, hogy az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának kulcskérdése az intézményi integráció. Megállapítja, hogy az integrált vízgazdálkodás intézményi kereteinek reformjával kapcsolatos bármiféle döntésnek a különböző intézményi keretek erősségeinek és gyengeségeinek gondos vizsgálatán kell alapulnia.

Kulcsszavak

Integrált vízgazdálkodás, vízgazdálkodási intézményrendszer, határokon átvívelő vízgazdálkodás, nemzetközi vízgazdálkodás, fenntartható fejlődési célok.

Do we need institutional integration for IWRM?

Abstract

The UN 2030 Agenda for Sustainable Development comprises 17 Sustainable Development Goals and 169 targets. Target 6.5 is to „Implement IWRM at all levels, including through transboundary cooperation as appropriate”. The level of the implementation of IWRM is measured on the degree of implementation using 33 questions, organized into four main dimensions of IWRM. The dimension 2 of IWRM is „Institutions and participation”, the major topic of this paper. The paper discusses some key issues to be studied for the right answer on the question in the title of the paper. Three projects on the comparative studies on institutional frameworks of water management are shortly presented, including the strengths and weaknesses of Hungarian water management at the end of the last century and today.

Conclusions of the first monitoring reports on the progress towards SDG target 6.5 are briefly presented. The progress is measured by indicators. According to the 6.5.1 indicator on the degree of IWRM, Hungary belongs to the top 20 per cent of countries that achieved high level of IWRM implementation.

The paper concludes that the diversity of water management institutions throughout the world is high. Even among the Member States of the EU, there are not two having the same institutional set up for managing their water resources. The paper suggests that institutional integration is critical to the successful implementation of IWRM and concludes that any decision on the reform of institutional framework for IWRM should be based on the studies on the strengths and weaknesses of the different institutional frameworks of water management.

Keywords

Integrated water management, water management institution system, cross-border water management, international water management, sustainable development goals.

BEVEZETÉS

A tanulmány a Hidrológiai Társaság 36. Vándorgyűlésén, Gyulán, 2018. július 4-én, a „Fenntartható fejlődési célok a hazai vízgazdálkodásban” szekció keretében elhangzott előadás anyagát tartalmazza, kiegészítve né-

hány újdonsággal. A hatodik fenntartható fejlődési célhoz, az SDG 6-hoz („Tiszta víz és alapvető köztisztaság mindenkinek”) nyolc részcelt fogalmaztak meg. Ezek közül az ötödik, az SDG 6.5 részcel „2030-ra az integrált vízgazdálkodás megvalósítása minden szinten, beleértve

a határokon átívelő együttműködést is”. Szerzőt a Vándorgyűlés fenntartható fejlődési célokkal foglalkozó szekciójának szervezői felkérték, hogy ezzel a részcellal kapcsolatban tartson előadást, amelyben keresse a választ a címben megfogalmazott kérdésre. Ez a tanulmány a vízgazdálkodási intézményrendszer és az integrálás egyes kulcskérdéseinek elemzésével kívánja segíteni a kérdés megválaszolását.

MIT JELENT AZ INTEGRÁLT VÍZGAZDÁLKODÁS? DIVATSZAVAK?

Az integrált vízgazdálkodás a Global Water Partnership által javasolt (GWP 2003) – nem túlságosan egyszerű, de ma széles körben használt - fogalom meghatározás szerint „olyan folyamat, amely lehetővé teszi a víz, a terület és a kapcsolatos készletek összehangolt fejlesztését és gazdálkodását, annak érdekében, hogy az egyenjogúság szem előtt tartásával maximalizálja az ebből származó gazdasági és társadalmi jólétet, anélkül, hogy a létfonosságú ökoszisztémák fenntarthatóságát megsértenék”. Integrált vízgazdálkodás, vízgyűjtő-gazdálkodás. „Divatos”, gyakran használt kifejezések. Lehet-e elfogadható a vízgazdálkodás akkor, ha nem integrált? Lehet-e elfogadható a vízgazdálkodás akkor, ha nem a vízgyűjtő a legfontosabb területi egysége? Szükség van-e az „integrált” és a „vízgyűjtő” megjelölésre? Csak szlogen-e az integrálás, vagy a fontosságának megfelelően alkalmazzuk már? Mi az intézmények, mi az intézményrendszer szerepe a társadalom számára elfogadható, jó vízgazdálkodást biztosító integrálásban? Mit kellene tenni az igazán hatékony integrálás érdekében? Sok-sok kérdés, amelyekre az egész világ keresi a választ. Újdonságot jelent az integrált vízgazdálkodás? Nem újdonság, De nem alkalmazzuk igazán. Vannak eredményeink, de sok még a tennivaló. Ezekkel a kérdésekkel is foglalkozik ez a tanulmány.

KULCSKÉRDÉSEK

A címben megfogalmazott kérdés megválaszolásához fel kell tennünk azt a kérdést, hogy milyen intézményrendszer szükséges az előbbi definícióban megfogalmazott folyamatnak megfelelő vízgazdálkodás megvalósításához? Így juthatunk el ahhoz a dilemmához, hogy szükség van-e, és akkor, ha igen, akkor milyen intézményi integrációt és hogyan kell megvalósítani a vízgazdálkodásban? A kérdést egyszerűen is elintézhettük azzal a válasszal, hogy természetesen szükség van intézményi integrációra a fenntartható vízgazdálkodási célok eléréséhez, hiszen ezt minden fenntartható vízgazdálkodással foglalkozó forrásmű kulcskérdésnek tekinti, és a hazai tapasztalatok is egyértelműen utalnak erre. Ezzel a válasszal azonban nem sokra megyünk. A helyes válasznak tartalmaznia kell azt is, hogy mit kell integrálni, miért, hogyan, mikor, miből, kivel? Ezekre a kérdésekre nehéz válaszolni. Különösen egy olyan országban, ahol az elmúlt évtizedekben a vízgazdálkodás intézményrendszerének sokféle változatát kipróbáltuk, mindegyiknek voltak erősségei és gyengeségei is, de nem készült még olyan vizsgálat, amely az egyes változatokat tárgyilagosan értékelte és összemérte volna.

Mit jelent az intézmény fogalom és mit jelent az intézményi integráció? Mit jelentenek ezek a fogalmak szűkebb

és bővebb értelemben? Nagy intézményi reformot? Integrálást intézmények között, intézményeken belül? Intézmények megszüntetését, összevonását, az intézményrendszer átalakítását? A GWP megfogalmazása szerint (www.gwp.org): *az irányítás „politikai, szociális, gazdasági és adminisztratív intézmények összessége, amelyek rendelkezésre állnak (vagy rendelkezésre kell, hogy álljanak) a vízkészletek fenntartható módon történő fejlesztéséhez és menedzsmentjéhez”.*

A VÍZGAZDÁLKODÁS IRÁNYÍTÁSÁNAK KRÍZISE

A GWP weboldalán (www.gwp.org) olvashatjuk azt, hogy sokan úgy tartják, hogy a vízkrisis oka nem a vízhiány és a vízszennyezés, hanem a vízkormányzásnak, a vízgazdálkodás irányításának a krízise (ebben a tanulmányban az utóbbi kifejezést használjuk). A GWP az intézmény fogalmat tágan értelmezi. Mi is így értelmezzük most, amikor feltesszük a kérdést, hogy milyen a mai magyar vízgazdálkodás irányításának helyzete? Krízishelyzetben van?

A Magyar Hidrológiai Társaság 36. Vándorgyűlésén, 2018. júliusában, a megnyitó plenáris ülésen Körösi Csaba és Szöllősi-Nagy András az előadásaikban (*Körösi 2018, Szöllősi-Nagy 2018*) megkongatták a vészharangot. Felhívták a figyelmet arra, hogy az egész világnak meg kell változtatnia a vízgazdálkodását, mert az a jelenlegi módon nem fenntartható és globális katasztrófához vezethet. Szöllősi-Nagy András erős jelzőkkel, szigorú kritikával illetve nemcsak a globális, hanem a hazai vízgazdálkodás helyzetét is. Felhívta a figyelmet arra, hogy a hazai vízgazdálkodásban is jelentős változtatásokra van szükség, Aggodalmát fejezte ki az elmúlt három évtized „*deintegrált vízgazdálkodása*”, a „*VITUKI kormányokon átívelő kivézetése*”, a „*nemzeti és regionális, interdiszciplináris*”, „*a kormányzat szakpolitikai döntéseit segítő*” víztudományi kutató intézet és a „*nemzetközi követelményeknek megfelelő*” víztudományi program hiánya, a „*hidrológiai ciklus atmoszferikus és szárazföldi körforgásra történő szétválasztása*”, a „*felszíni és felszín alatti vizek mennyiségi és minőségi adatainak még intézményi szinten is elkülönítve történő kezelése*”, az „*adófizetők pénzéből gyűjtőt*” „*adatokhoz való nyílt hozzáférés*” hiánya és az „*adatfufarkodás*” miatt. Nagyon fontos az, hogy odafigyeljünk Szöllősi-Nagy András észrevételeire. Nem szabad azonban elfeledkeznünk arról, hogy az elmúlt évtizedek változtatásainak fontos tapasztalata az, hogy minden fajta változtatást csak alapos problémafeltárás és előkészítő vizsgálatok után szabad megvalósítani. Részletes elemzések nélkül nem lehet válaszolni a tanulmány címében feltett kérdésre sem.

Büszkék lehetünk, de ne legyünk elégedettek!

Szöllősi-Nagy András azt mondja, hogy „víztudományunk mérhető nemzetközi hatása drasztikusan csökkent”. Nem tudom, hogy mivel mérhető elfogadható módon víztudományunk nemzetközi hatása. Az igaz, hogy csökkent, de a „drasztikus” jelző használatát túlzásnak tartom, és akkor, ha időben megvalósítjuk a szükséges változtatásokat, akkor megelőzhetjük azt, hogy a csökkenés valóban drasztikus legyen. Az a véleményem, hogy büszkék lehetünk vízgazdálkodásunk múltban elért eredményeire és a jelenlegi eredmé-

nyeinke is. Néhány fontosabb korábbi és jelenlegi eredményünket megemlítem, hogy az olvasó optimistább képet kapjon a vízgazdálkodásunkról.

A huszadik század második felében nemzetközi szempontból is példaértékű, gondosan integrált Országos Vízgazdálkodási Keretterveket készítettünk (1954, 1965, 1984). A Tisza vízgyűjtőjén osztozó öt ország a 70-es évek közepén nemzetközileg is úttörőnek számító, komplex, teljes integrálásra törekvő, nemzetközi vízgyűjtő-gazdálkodási tervet készített a folyó teljes vízgyűjtőjére. Az ENSZ támogatásával már 1975-ben nagy, nemzetközi konferenciát szerveztünk Budapesten a nemzetközi vízgyűjtő fejlesztéséről és integrált vízgazdálkodásról, amiben fontos szerepe volt a vízgazdálkodással foglalkozó magyar tudósok hírnevének és a magyar vízgazdálkodás eredményeinek. Az 1993-1997. közötti időszakban új, regionális vízgazdálkodási (integrált vízgyűjtő-gazdálkodási) tervezési rendszert dolgoztunk ki és kezdtünk el bevezetni. Ehhez saját magyar tervezési irányelvet készítettünk, amelyben minden jó gyakorlatot figyelembe vettünk, amit a világ akkoriban ismert a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés témakörében. Az irányelvek alapján azonosított 33 vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési egység közül hétre el is készítettük a kísérleti vízgyűjtő-gazdálkodási terveket (Ijjas 2017).

Az Európai Unió tagjai lettünk és az EU Víz Keretirányelvének (VKI) előírásai alapján már két vízgyűjtő-gazdálkodási tervet is elkészítettünk az ország egész területére, és a Duna vízgyűjtőjén osztozó országokkal közösen részt vettünk az egész Duna vízgyűjtő két vízgyűjtő-gazdálkodási tervének és árvízkezelés-kezelési tervének kidolgozásában. A magyar szakértők vezető szerepet játszottak az VKI közös végrehajtási stratégiájának megvalósításához végzett EU szintű kutatás-fejlesztési munkákban, számos EU szintű és Duna vízgyűjtő szintű szakértőcsoportnak, kutatási programnak volt magyar vezetője. Magyarország koordinálja a Duna vízgyűjtő árvízkezelés-kezelési tervezését, többször volt magyar vezetője a Duna teljes hosszának állapotát felmérő nemzetközi ökológiai misszióknak. Az egyik legfontosabb EU és Duna vízgyűjtő szintű szakmai-tudományos eredményünknek tartom, hogy Magyarország társkoordinátora lett a Duna Stratégia mindkét vízgazdálkodással foglalkozó prioritásának (Ijjas és társai 2017, Ijjas 2017).

Kiemelkedő eredmény az is, hogy az EU Erasmus-Mundus kiválósági MsC képzési programjában az egész európai felsőoktatás területéről az első tíz elfogadott program közé tartozott a Hidroinformatika és Vízgazdálkodás program, amelyet a BME négy másik EU egyetemmel közösen indított be a Mundus program keretében elnyert támogatással.

A magyar vízgazdálkodás jelentős erőssége, javítja annak hatékonyságát, és csökkenti a dezintegráció káros hatásait a Magyar Hidrológiai Társaság. Összefogja a víztudományok különböző szak- és tudományterületeinek szakembereit, fórumot biztosít a párbeszédükhöz. Ezzel nemzetközileg is szinte egyedülálló szerepet tölt be az integrált vízgazdálkodásban. A nemzetközi szakmai-tudományos szervezetek hazai nemzeti bizottságai számára biztosítja a szakemberek széles körével való kapcsolatot, ezzel elősegítve a vízgazdálkodás új nemzetközi eredményeinek

gyors hazai elterjedését. A Társaság egyik legfontosabb, nemzetközi viszonylatban is jelentős eredményének tartom azt, hogy a Vízügyi Közlemények, a Hidrológiai Közlöny, a Hidrológiai Tájékoztató és a Vándorgyűlések teljes anyagát digitalizálták, és így az elmúlt több mint 50 évnek szinte a teljes magyar vízgazdálkodási tudásbázisa online elérhető.

A 2000-es évek elején - az EU legtöbb tagállamához hasonlóan - elfeledkeztünk arról, hogy az integrált vízgazdálkodás sokkal többet kell, hogy jelentsen egy ország számára, mint a VKI szerinti vízgyűjtő-gazdálkodás, mert a VKI előírásai szerint készített vízgyűjtő-gazdálkodási terveket integrálni kell a gazdasági és szociális célok elérését biztosító vízgazdálkodási tervekkel (Kindler, Ijjas, Thalmeinerova 2016). Az elmúlt években megszületett ennek a problémának a megoldási lehetősége, amikor elkészítettük az árvízkezelés-kezelési terveket és az ország teljesen integrált, nemzeti vízgazdálkodási tervét, a Kvassay Jenő Tervet. Megrendeztünk két sikeres Víz Világforumot is, amelyeknek a teljesen integrált vízgazdálkodás a központi témája volt. Mindez a nagyon gyakran változó, hányatott sorsú hazai vízgazdálkodási intézményrendszer sok problémájával terhelt körülmények között.

Külön említést érdemel az, hogy a vízgazdálkodás globális integrációjában világviszonylatban szinte minden eddiginél ismertebbé tették a magyar víztudomány erősségeit Szöllösi-Nagy András, Kőrösi Csaba, ifj. Bogárdi János és most már ide számolhatjuk Vörösmarty professzort is, hiszen megkapta a magyar állampolgárságot. Soha ennyi magyar tudós nem vett részt a világ legmagasabb szintű, globális vízkormányzásának (Vízügyi Elnöki Testület 2018) közvetlen tudományos támogatásában, mint most!

Az előbbi eredmények azt mutatják, hogy jelenleg is komoly eredményeket érünk el a vízgazdálkodásban, és a vízgazdálkodási intézményrendszerünk gyengeségei ellenére, víztudományunk, illetve vízgazdálkodásunk mérhető nemzetközi hatása nem csökkent drasztikusan. Az eddigi sok változtatás után ugyan ráférne egy nyugodtabb időszak a vízgazdálkodási intézményrendszerünkre, de egyetérték Szöllösi professzorral abban, hogy meg kell szüntetni az általa említett gyengeségeket. Ehhez lehet, hogy újabb változtatásokra lesz szükség, azért, hogy a jelenlegi és a várható igényeknek, valamint a fenntartható fejlődési céloknak megfelelő vízgazdálkodást biztosító intézményrendszerünk legyen. Ehhez azonban alaposan elemezni kell a jelenlegi rendszert és össze kell mérni a korábbi vízgazdálkodási intézményrendszerünkkel.

HOGYAN VIZSGÁLJUK A VÍZGAZDÁLKODÁS INTÉZMÉNYRENDSZERÉT?

A Rajna – Duna projekt: Ugyanaz működhet jól is és rosszul is

Az elmúlt évtizedekben a vízgazdálkodás intézményi kereteiről több fontos nemzetközi együttműködés keretében szereztünk értékes tapasztalatokat. Ilyen volt az 1990-es évek elején a Rajna és a Duna vízgyűjtőn osztozó országok vízgazdálkodási intézményrendszereinek elemzésével foglalkozó Rajna-Duna Projekt, amelyet Wessel professzor, a Delfti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karához tartozó Vízgyűjtő Igazgatási Központ (River Basin

Administration Center – RBA Center) igazgatója kezdeményezett. A Projektet a Központ tanszékünkkel, a BME Vízgazdálkodási tanszékével közösen koordinálta. A vizsgálatokban a Rajna és a Duna vízgyűjtőjén osztozó majdnem minden országból vettek részt egyetemi oktató és kutató csoportok. A Projekt beindítását kezdetben a Delfti Műszaki Egyetem, később különböző EU programok finanszírozták. A Projekt keretében szervezett számos workshop, konferencia, továbbképző tanfolyam, és a készült értékes irományok is azt mutatták, hogy a vízgazdálkodás intézményrendszerének sok különböző modellje létezik az együttműködő országokban, és ugyanazon modell esetén is működhet jól is és rosszul is a vízgazdálkodás irányítása. Wessel professzor jogász, az RBA-ban mérnökök, jogászok, ökológusok, közgazdászok dolgoztak együtt és a Rajna-Duna projekt kutatócsoportjainak a résztvevő országokban is különböző szak- és tudományterületek képviselői voltak a tagjai. Ez jelentős mértékben segítette az integrált vízgazdálkodási szemlélet érvényesítését.

A EUROWATER projekt – Milyenek legyenek az integrált vízgazdálkodás intézményi keretei?

A vízgazdálkodási intézményrendszerek egyik legalaposabb vizsgálatát az EU új vízpolitikáját és a Víz Keretirányelvet előkészítő és megalapozó EUROWATER projekt keretében végezték az 1993-1996. időszakban. Öt EU tagállam vízgazdálkodási intézményrendszerét (Franciaország, Hollandia, Nagy-Britannia, Németország, Portugália) vizsgálták. Ugyanazon 60 szempont alapján értékelték egyenként az öt ország intézményrendszerét az ún. „vertikális országjelentésekben”. Tíz kiemelt, összefoglaló témakörben ún. „horizontális jelentések” -ben mérték össze az egyes országok vízgazdálkodási intézményrendszerét. A jelentéseket két kötetben ki is adták (*Correia- Kraemer szerk. 1997a és 1997b, Szlávik és Ijjas 1998*) és a projekt koordinátorának, Correia professzornak az eredményekről írt összefoglalója a Vízügyi Közleményekben is megjelent (*Correia 1998*).

A EUROWATER projekt horizontális jelentéseinek témakörei mutatják, hogy akkoriban miket tartottak a vízgazdálkodás legfontosabb intézményi kereteinek:

- Szubszidiaritás és vízgazdálkodási politika
- Vízjog és vízügyi igazgatás Európában
- Köz- és magán-vízgazdálkodás Európában
- A vízgazdálkodás gazdasági eszközei és az infrastruktúra finanszírozása
- A vízminőség szabályozási politikák egyes fontosabb problémái
- A vízgazdálkodási politikák szabályozása és érvényesítése
- A vízgazdálkodási politika és a környezetpolitika közötti összefüggések
- Határokon túlnyúló problémák a vízgazdálkodásban
- Vízgyűjtő tervezés és menedzsment.

A EUROWATER projekt a résztvevő öt európai ország vízgazdálkodási intézményeinek szisztematikus összehasonlító vizsgálatára épült. Ideális esetben az EU akkori 15 tagországával kellett volna foglalkoznia a projektnek, erre azonban a rendelkezésre álló rövid idő és a kutatási erőforrások korlátjai miatt nem volt lehetőség. A projekt elsődleges célja az volt, hogy olyan módszertant dolgozzanak

ki, amely nagymértékben eltérő körülmények között is alkalmazható a vízgazdálkodás intézményi kereteinek vizsgálatára és értékelésére. Ezt a célt elérték, mert a projekt keretében kidolgozott módszertan más EU és nem EU országok esetén is alkalmazható volt. Ezt igazolja az, hogy az 1998-1999. időszakban az EUROWATER projekt kidolgozóinak hozzájárulásával, biztatásával és támogatásával az EU csatlakozásra készülő országok közül négy ország (Csehország, Litvánia, Magyarország és Szlovénia) is elkészítette a EUROWATER-CEC Projekt keretében a vertikális országjelentést ugyanazon 60 szempont alapján, mint az öt EU tagállam. A négy ország vízgazdálkodását elemző országjelentéseket a DVWK könyv formájában megjelentette (*DVWK 2000, Ijjas-Szlávik 2000*). A magyar jelentés a *Filotás Ildikó, Horváth Lászlóné, Ijjas István, Papp Kálmán, Pálfai Imre, Pásztor Péter, Perger László, Reich Gyula, Szilárd György és Szlávik Lajos* által kidolgozott elemzések alapján készült. A jelentés magyar nyelvű összefoglalója a Vízügyi Közleményekben jelent meg (*Szlávik és Ijjas 2000*).

Az EU egyes szakemberei - elsősorban közgazdászok és politikusok - egyetlen vízgyűjtő-igazgatóság keretében szerettek volna összevonni minden vízzel kapcsolatos hatáskört, és ezt a Víz Keretirányelvben elő akarták írni. Az EUROWATER projekt egyik fontos következtetése volt az, hogy ahány ország, szinte annyi különböző vízgazdálkodási intézményrendszer működött akkoriban Európában. Nem lehetett valamiféle egységes modellt ajánlani, mint legjobb megoldást, annyira eltérők az egyes országok sajátosságai. Az EUROWATER projektnek jelentős szerepe volt abban, hogy a németek bejelentették, hogy nem értenek egyet azzal, hogy a VKI-be kerüljön bele a hatáskörök vízgyűjtő szintű összevonásának igénye. Később sok EU tagállam csatlakozott hozzájuk.

VÍZGAZDÁLKODÁSUNK INTÉZMÉNYRENDSZERE A 90-ES ÉVEK MÁSODIK FELÉBEN

Erősségek és gyengeségek - Megszüntettük a gyengeségeket?

A magyar vízgazdálkodás helyzetét elemző EUROWATER-CEC vertikális jelentés értékelte vízgazdálkodásunk – széles értelemben vett – intézményrendszerének erősségeit és gyengeségeit a 90-es évek második felében (*Szlávik és Ijjas 2000*). A jelentés az erősségeket és gyengeségeket két csoportba sorolta: műszakiakra és intézményiekbe. Sajnos a gyengeségek jelentős része ma is létezik. Tanulságos áttekinteni azt, hogy az elmúlt két évtized alatt mit sikerült megszüntetnünk azóta a gyengeségek közül és mit nem. Alaposan tanulmányozni kell a fennmaradó gyengeségek okait, és meg kell keresni a megszüntetésükhöz szükséges intézkedéseket, különös tekintettel arra, hogy milyen esetekben van szükség az intézményi keretek megváltoztatására. Ehhez jó alapot nyújtanak a vízgyűjtő-gazdálkodási terveink, amelyek számos olyan intézkedést tartalmaznak, amelyek a vízikörnyezeti célok eléréséhez szükségesek. Érdemes azt is vizsgálni, hogy milyen újabb gyengeségek jelentkeztek azóta, például azért, mert vízgazdálkodásunk valamilyen erősségét gyengítettük vagy megszüntettük. Ezért vízgazdálkodásunk korábbi erősségeire is utalunk.

Vízgazdálkodásunk műszaki erősségei a 90-es évek második felében:

- Több mint százéves vízrajzi megfigyelő rendszer (vízrajzi szolgálat), vízrajzi atlaszok, monográfiák, évkönyvek, vízkészlet-gazdálkodási és vízminőségi évkönyvek, adatbázisok;
- Az ország területének csaknem a felét az elöntés, illetve a vízborítás ellen védő jól kiépített és működtetett árvízvédelmi és belvízelvezető rendszerek;
- Az ország szinte teljes lakosságát ivóvízzel ellátó vízellátó rendszerek;
- A lakosság mintegy felétől a szennyvizeket összegyűjtő csatornahálózat és az összegyűjtött szennyvizek felét megtisztító szennyvíztisztító telepek;
- Nagy ipari vízellátó és szennyvíz-kezelő művek;
- Jelentős területek öntözővíz biztosítására alkalmas, kiépített öntöző főmű kapacitás;
- A szabadidő eltöltési szempontból legjelentősebb tavak - a *Balaton* és a *Velencei-tó* - vízmennyiség (vízszint) szabályozását megoldó rendszerek;
- A *Balaton* vízminőség szabályozását jelentős mértékben - igaz, hogy még nem teljesen - megoldó rendszer;
- Számos jó állapotban lévő, megfelelően védett, különlegesen értékes vízi élőhely.

Vízgazdálkodásunk intézményrendszerének erősségei a 90-es évek második felében:

- A vízgazdálkodás jelentős történelmi múltja: több mint százötven éves hagyományú vízgazdálkodási társulatok, több mint ötven éves vízgazdálkodási igazgatási szervezet;
- Elsősorban az árvízvédelem követelményei következtében kialakult, hierarchikus és a hierarchia minden szintjén nagyon jól szervezett vízügyi igazgatási szervezet;
- Több mint százöt éves múltú, a követelmények változásával párhuzamosan fejlesztett vízügyi törvény;
- A vízépítési és vízgazdálkodási szabványosítás és szabályozás jelentős hagyományai;
- A vízügyi igazgatástól (engedélyezéstől) különválasztott vízépítési tervezési és építési rendszer;
- Vízgazdálkodási tervezés és kerettervezés, vízügyi politika és stratégia alkotás több évtizedes hagyományai;
- Hagyományosan jó és aktív nemzetközi vízgazdálkodási kapcsolatok és részvétel nemzetközi egyezményekben;
- Magyar szakemberek aktív részvétele, több esetben vezető szerepe nemzetközi vízgazdálkodási szervezetekben;
- Vízgazdálkodással foglalkozó aktív nemzeti szakmai és tudományos szervezetek,
- Neves vízgazdálkodási kutatóintézetek és oktatási intézmények, gazdag vízgazdálkodási szakirodalom, gazdag kutatási-fejlesztési tapasztalatok;
- Vízyűjtő szemlélet alkalmazásának jelentős hagyományai, erre épülő vízügyi igazgatási rendszer;
- A piac-orientált szabályozó eszköztár bővülése, az érvényesüléshez szükséges feltételek biztosítása (megfelelő szintű díjak, bírságok és hatékony ellenőrzési rendszer);

- Jól képzett vízgazdálkodási szakemberek, nemzetközi szinten is színvonalasnak tekinthető vízgazdálkodási képzés és továbbképzés.

Vízgazdálkodásunk műszaki gyengeségei a 90-es évek második felében:

- Igen szélesre nyílt a vízellátás-csatornázási „olló”, valamint a csatornázás-szennyvíztisztítási „olló” (a csatornázás sokkal lassabban fejlődött, mint a vízellátás, és a szennyvíztisztítás fejlődése is jelentős mértékben elmaradt a csatornázástól);
- „Időzített vegyi bombák” voltak Magyarországon. A vízfolyások, csatornák, tározók és tavak szennyezett fenék-iszapjának kotrása és az iszap megfelelő kezelése és elhelyezése nem volt megoldott.
- Jelentős hatást gyakoroltak a vizek minőségére a nem-pontszerű szennyezések, azonban ennek mértékét, a kialakuló folyamatokat és szabályozásuk lehetőségeit nem kellően ismertük.
- Nem volt elegendő fedezet az árvízvédelmi és belvízelvezető rendszerek karbantartására, így a kiépített művek védőképessége csökkent;
- A természetes vizekhez való ún. „közhozzáférsi” lehetőség korlátozott volt és a vízpartok szabadidő eltöltésre történő hasznosításához szükséges infrastruktúra is hiányzott. A vízpartok sok helyen roncsoltak voltak, a vízparti tájak értéke lecsökkent.

Vízgazdálkodásunk intézményi problémái a 90-es évek második felében:

- Megoldatlan volt a Bős-Nagymarosi Vízlépcső Rendszerrel kapcsolatban kialakult szlovák-magyar nemzetközi konfliktus, ami rontotta a magyar vízgazdálkodás hazai és nemzetközi hírnevét és elterelte a figyelmet sok súlyos vízgazdálkodási probléma megoldatlanságáról;
- A vízügyi államigazgatási feladatok tárcák közötti megosztottságából, átfedéseiből, illetve fehér foltjaiból adódóan (például vízmennyiségi és vízminőségi problémák szétválasztása) a vízgazdálkodási feladatok ellátásában zavarok voltak;
- A privatizáció és a decentralizáció során elkövetett hibák. Természetvédelmi területeket adtak magántulajdonba; a csatornák menti területeknek új gazdái voltak és az új tulajdonosok mezőgazdasági és vízgazdálkodási szakmai felkészültsége sok esetben nem volt megfelelő színvonalú; a korábbi tanácsi vízművek a települések tulajdonába kerültek és a szétaprózódottság következtében több vízműnél nem volt megfelelő a szakmai színvonal; ipari üzemek mentek tönkre, nem lehetett számon kérni rajtuk az okozott környezeti károk megszüntetését stb.;
- Nehéz volt az integráció: a gazdasági szektorok egy részének nem volt, vagy csak akkor készült a hosszabb távú fejlesztési koncepciója, csak akkor készültek az új követelményeknek megfelelő területfejlesztési tervek, amelyek megalapozhatták a vízgazdálkodási tervezést;
- Nem volt elég pénz vízgazdálkodási kutatásokra és számos vízgazdálkodási alapfeladat ellátására sem;
- A társadalom igényt tartott arra, hogy beleszóljon a vízgazdálkodási döntésekbe, lelassított, megakadályozott vízgazdálkodási tevékenységeket akkor, ha

nem kapott lehetőséget a döntési folyamatokban való részvételre. Bár jogszabályok már előírták, a társadalommal való konzultációnak, a társadalom döntéseibe való bevonásának hatékony módszerei még nem alakultak ki;

- A társadalom „víz-tudata” nem volt megfelelő. Bár ezen a téren jelentős volt a fejlődés, a „víz-tudat” pozitív értékei nem érvényesültek, mert a társadalom olyan gazdasági problémákkal küszködött (infláció, munkanélküliség stb.), amelyeket kénytelen volt előtérbe helyezni a vízvédelemmel szemben;
- A kutatások - és különösen igaz volt ez a nemzetközi kutatásokra - nem voltak összehangoltak. Ugyanazokat, vagy hasonló, vagy nagymértékben átfedésben lévő kutatásokat végeztek különböző címeken, sokszor ugyanannak a forrásnak a felhasználásával. A kutatások eredményeit nem publikálták kellő mértékben, ugyanabban a témában később induló kutatások nulláról indultak;
- Magyarország osztott vízgyűjtőkön helyezkedik el, elvágyva a természetes vízgyűjtő területek jelentős részétől. Az ország hasznosítható felszíni vízkészleteinek és a levonuló árhullámoknak az alakításában szerepet játszó hegyvidéki vízgyűjtő területek az ország határain kívül esnek és ez számos szakmai probléma forrása volt.
- Magyarország földrajzi fekvése miatt a vízgazdálkodásban sajátos helyzet alakult ki. Az országon áthaladó folyók szempontjából Magyarország a Duna-medencében fekvő EU országokhoz viszonyítva "alvízi" fekvésű, érdekei eltérnek a "felvízi" országokétól. Az alvízi helyzet és a vízminőség romlása miatt szükséges - jelentős mértékű - magyar ráfordítások másutt térülnek meg. A külföldön eredő folyók medrében történő energetikai és más célú víztározások és vízviasszatartások, ill. az ezek miatti gyakori és jelentős vízszint-ingadozások folyó- és mederszabályozási, ill. eróziós következményei jelentős terhet jelentettek Magyarországnak;
- A nemzetközi vízgyűjtő-gazdálkodásnak nem voltak kialakult eszközei. Sok fontos, hasznos nemzetközi egyezmény, illetve ajánlás csak papíron létezett, nem hajtották végre őket;
- A vízügyi infrastruktúra-fejlesztés fajlagos ráfordítás igénye jelentős volt, ugyanakkor a megtérülési idő hosszú és ez jelentős ellentmondást takart.
- A vízügyi infrastruktúra-fejlesztés elősegítheti az idegenforgalom- és iparfejlesztési törekvéseket, ugyanakkor a magyar gazdaságfejlesztés forráshiányos volt, a nemzetközi pénzügyi intézetek tartózkodóan viselkedtek a fejlesztések kivitelezésének támogatásában.
- A víziközműveket tulajdonló, ill. üzemeltető szervezetekkel kapcsolatban jelentős akadályozó tényezők voltak a jogszabályi hiányosságok, ill. ellentmondások. a víz- és csatornamű szolgáltatások díjszínvonala egyes térségekben, illetve egyes társadalmi csoportok esetében elérte az „elviselhetőségi határt”, azaz a háztartási kiadásoknak túl nagy hányadát tették ki a vízmű (és csatornamű) szolgáltatásért fizetendő díjak;

- A szennyvízelvezetés, szennyvíztisztítás terén az EU irányelvi tartalmi szempontból nem okoztak problémát, hiszen a magyar szakmai gondolkodás ezekkel lényegében egyező volt. Ugyanakkor a csatornázás, szennyvíztisztítás terén a fejlesztési szintek elérésére vonatkozó EU határidők teljesítése Magyarország számára csak időben eltolva volt lehetséges;
- Az EU csatlakozáshoz a magyar vízgazdálkodás szakember gárdájának a szakmai tapasztalata és államigazgatási gyakorlata megfelelő volt. Ugyanakkor hiányos volt a magyar szakemberek nyelvtudása.

LEHET UGYANARRA A KAPTAFÁRA?

Az integrálás lehet eredményes intézmények összevonása és az intézményrendszer jelentős átalakítása nélkül is! Többféle intézményrendszerrel vagy ugyanazzal az intézményrendszerrel is lehet jó és rossz is a vízgazdálkodás! Sok ország – köztük Magyarország – intézményrendszer változtatásokkal is kereste a jó megoldásokat. Magyarország sok változatot végig próbált, de az egyes változatok mértékadó értékeléséről nincs tudomásunk. Az azonban megállapítható, hogy a sok változtatás nagyon megnehezítette a vízgazdálkodás intézményrendszerében dolgozók munkáját, csökkentette a működés hatékonyságát. Az elmúlt évtizedekben a vízgazdálkodás igazgatási rendszerében, különösen annak irányítása tekintetében, sok változás történt. A vízgazdálkodás egyes területein különböző minisztériumok és ezek különböző intézményei a felelősek a vízgazdálkodási feladatok, illetve problémák megoldásáért. Vannak olyan feladatok, amelyek megoldásáért több intézmény is felelősnek érzi magát és vannak olyanok, amelyek megoldását minden intézmény másoktól várja.

Holland példa – Sokat változtatnak - Jó úton járnak?

Hollandia is jelentős változtatásokat hajtott végre a vízgazdálkodási intézményrendszerében. Vízgazdálkodásának fejlődéséről és jelenlegi vízgazdálkodásának sajátosságairól az OECD szakértői készítettek egy sok tanulságos részletet tartalmazó, nagyon alapos elemzést (*OECD 2014*), feltéve azt a kérdést, hogy a jelenlegi vízgazdálkodás „megfelel-e a jövőnek”? Hasznos lenne, ha egy ilyen jellegű elemzés készülne a magyar vízgazdálkodásról is. A vízügyi igazgatóságok száma Hollandiában 2650-ről 24-re, a víziközmű vállalatok száma 200-ról 10-re csökkent. 2009-ben jelentős vízjogi reformot kezdtek, 2010-ben több minisztérium összevonásával Infrastruktúra és Környezeti Minisztériumot hoztak létre. A 2010-es évek végére Környezeti Tervezési Törvény hatálybalépését, és összevont vízjogi és környezetvédelmi engedély bevezetését tervezték. 2004-ben bevezették a „kormányzati projekt” fogalmát, ami azt jelentette, hogy azokban az országos jelentőségű projekteknél, amelyeknek a helyi hatóságok nehezen adták ki az engedélyeket, az illetékes miniszter adja ki azokat. Azt mondják a hollandok, hogy a környezeti előírásokat ezekben az esetekben is ugyanolyan szigorúan betartatják, mintha a helyi hatóságok adnák ki az engedélyt. Újdonság az is, hogy a folyóvízgyi szintű árvízkezelés-kezelési beavatkozásokat nem külön-külön engedélyezik, hanem egy határozatban adják ki az engedélyt az egész árvízkezelési programra. Bevezették az árvíz-barát (flood-friendly) mezőgazdaság fogalmát és a „non-WFD

water” („nem VKI víz”) kategóriát a mélyfekvésű területek vízszintszabályozását biztosító vízrendszerek 50%-án.

MILYEN LEGYEN A NEMZETKÖZI VÍZGAZDÁLKODÁSI INTEGRÁCIÓ HATÉKONY INTÉZMÉNYRENDSZERE?

A Duna: Jó példa az egész világ számára.

Sokan példamutatónak tartják a Duna vízgyűjtőjének – a világ legtöbb ország által megosztott vízgyűjtőjének – a nemzetközi vízgazdálkodási intézményrendszerét. A vízgyűjtőn osztozó országok az ICPDR, a Nemzetközi Duna Védelme Bizottság koordinálásával valóban nagyon fontos feladatokat oldottak meg az elmúlt 20 évben (*Ijjas 2017*). Már két közös vízgyűjtő-gazdálkodási tervet készítettek Európa második legnagyobb folyója, a Duna teljes vízgyűjtő területére és elkészült az első közös árvízkezelési terv is. Megtervezték azokat az intézkedéseket, amelyekkel a vízgyűjtő felszíni és felszín alatti vizeit jó állapotba lehet hozni, illetve a jó állapotukat meg lehet őrizni, és azokat az intézkedéseket, amelyekkel az árvízkezelést az egész vízgyűjtőn kezelni lehet.

A nemzetközi vízgyűjtő irányítási szervezet és a működését biztosító szabályozások kialakultak, az igazi közös tervezés és végrehajtás módszerein azonban még javítani kell. A közös tervezés ugyanis jelenleg általában azt jelenti, hogy az országok a saját vízgyűjtő részükre elkészítik a terveket és utána azokat összeszerkesztik. Ezzel szemben a közös tervezésnek azt kellene jelentenie, hogy közösen választanak ki olyan intézkedéseket, amelyek az egész vízgyűjtő szempontjából a legkedvezőbb eredményt adják.

Víz Keretirányelv kontra integrált vízgazdálkodás

A Víz Keretirányelv a vizek jó állapotba hozásának és a jó állapot megőrzésének fontos eszköze, e az integrált vízgazdálkodás többet jelent, mint a Víz Keretirányelv alkalmazása. (*Kindler és társai 2016, Ijjas 2017*). A Víz Keretirányelv nem foglalkozik a gazdasági fejlődés vízigényeinek kielégítésével, a különböző szektorok vízpolitikai célkitűzéseinek az összehangolásával, a vízgazdálkodás tovább-fejlesztésének igényével, a különböző vízpolitikai célok összeegyeztetésével, és azzal, hogyan használják a vízkészleteket a gazdaság inputjaként, a társadalmi haszon maximalizálása érdekében. Ezek a Víz Keretirányelvnek nem is a feladatai! Az azonban nagy probléma, és súlyos gondokat okozhat a vízgazdálkodásban, ha azt hiszik, hogy igen! Olyan vízgazdálkodási intézményrendszert kell kialakítani, amely biztosítja a VKI-ben előírt vízvédelmi célok és a gazdasági és szociális célok eléréséhez szükséges vízgazdálkodási célok elérését is. A VKI előírásainak nagyon fontos szerepe van a környezeti, valamint a gazdasági és szociális politikák, tervek összehangolásában, a konfliktusok feloldásában. Így a VKI az integrált vízgazdálkodás egyik legfontosabb eszköze.

A vízgazdálkodásnak fontos sajátossága és az intézményrendszer működését nehezíti az, hogy:

- jelentős mértékben kötődik a vízgyűjtők határaihoz;
- az összegyülekező víz integrálja az emberi tevékenységek hatásait;
- különösen nehéz az olyan nagy vízgyűjtőkön, amelyeken sok ország osztozik;
- számos sztochasztikus folyamat befolyásolja.

A jelenleginél jobb integrációra van szükség a végrehajtás szintjén:

- a vízgazdálkodással közvetlenül foglalkozó szervezetek között,
- a vízgazdálkodás és más területek szervezetei között,
- a felszíni és felszín alatti vízgazdálkodást végző szervezetek között,
- a nemzetközi vízgyűjtőkön osztozó országok között.

Az előbbi sajátosságokat gondosan figyelembe kell venni az integrált vízgazdálkodás elveinek megfelelő vízgazdálkodási intézményrendszer kialakításakor.

Hogyan csináljuk?

Nagyon fontos az, hogy jól válasszuk meg az integráció szintjét és az illetékes szervezeteket (EU szintje, nemzeti szint, vízgyűjtő szint, helyi szint). Az integrált vízgazdálkodás fontos alapfeltétele a jól szervezett és hatékonyan működő intézményrendszer, és különösen az intézmények tevékenységének jó koordinációja. Ezt az integrált vízgazdálkodással foglalkozó minden dokumentum kiemeli. A jó koordináció kialakítását segítheti az EU által finanszírozott, NOSTRUM-DSS projekt tevékenységének egyik fontos eredménye, az integrált vízgazdálkodást biztosító országos és helyi szintű közigazgatás jó gyakorlatairól készített jelentés (*NOSTRUM-DSS, 2006*).

Nemcsak a vízgazdálkodási tervezésnek kell integrálnak lennie, hanem az operatív vízgazdálkodást, a vízgazdálkodás mindennapi feladatainak megoldását is integráltan kell végezni. Az operatív vízgazdálkodás és a vízgazdálkodási tervezés fő területi egysége a vízgyűjtő kell, hogy legyen. Mindent el kell követni annak érdekében, hogy az integrálás és a vízgyűjtő szemlélet alkalmazása ne csak divatos szlogen legyen, hanem a valóságban is megvalósuljon.

A víz- és környezeti menedzserek sok és különféle problémával szembesülnek, jelentős mértékben különböző politikai, szociális, gazdasági és környezeti feltételek között. Ezért az integrált vízgazdálkodás alkalmazásához nem lehet egységes, minden esetben érvényes módszertant és alkalmazási segédletet kidolgozni. A vízgazdálkodási problémák integrált megoldása általában különböző módszerek kombinációjának alkalmazását igényli.

A Víz Világ Partnerség (GWP) folyamatosan fejleszti az online módon elérhető „IWRM ToolBox”-ot, az Integrált Vízgazdálkodási Eszköztárat (*GWP 2003 és 2012*). Az „eszközök” integrált vízgazdálkodási koncepciók, módszerek, amelyek közül a felhasználók az adott helyzet, körülmények és ország figyelembevételével kiválaszthatják az integrált vízgazdálkodáshoz megfelelő folyamatok, lépések és jó gyakorlatok kombinációját, illetve sorozatát. Az eszköztár hierarchikus felépítésű. Minden eszköz az integrált vízgazdálkodás valamilyen szintű eszköz-csoportjához tartozik.

Folyik az európai víz politika, a Víz Keretirányelv és a hozzá kapcsolódó jogszabályok működésének felülvizsgálata. A vizsgálatot megalapozó dokumentumra (*European Commission 2017*) érkezett társadalmi észrevételek azt tükrözik, hogy az Európai Unió szintjén és a tagállamokban is növelni kell az intézményi integráció fokát.

AZ SDG 6.5 CÉLOK ELÉRÉSE ÉRDEKÉBEN VÉGZETT TEVÉKENYSÉGEK MEGFIGYELÉSE

Messze van még az út vége?

Nagy lendülettel fogott hozzá a világ a fenntartható fejlődési célok elérését biztosító akciók megtervezéséhez és beindításához. Kidolgozták a célok elérése érdekében végzett tevékenységek megfigyelésének módszerét (*UN Water 2017, EUROSTAT 2018*), hogy tudjuk, hogy mennyire sikerült előre haladni a célok elérésében. Már meg is jelent az összefoglaló jelentés az SDG6 akcióinak első évi eredményeiről és a jelentések az SDG 6.5.1 indikátor (az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának foka) valamint az SDG 6.5.2 indikátor (a határon átnyúló vízügyi együttműködés foka) növelése érdekében az első évben végzett elemzések eredményeiről. A jelentések (*UN Water 2018a, UN Water 2018b, UN Water 2018c*), köztük a magyar részjelentés is, letölthető az SDG 6 előrehaladását megfigyelő program honlapjáról (www.sdg6monitoring.org).

Az ENSZ felhívására 193 tagállama közül 172 ország adott jelentést 2018-ban az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának fokáról. Korábban 2008-ban és 2012-ben már készült erről globális felmérés. 2008-ban 104, 2012-ben pedig 133 ország vett részt a felmérésben. A 2018-as SDG 6.5.1 jelentés szerint Magyarországon az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának foka 73 százalék (0-100%-os skálán, ahol a 0 azt jelenti, hogy egyáltalán nem, a 100 pedig azt, hogy teljesen kihasználják az integrálás lehetőségeit a vízgazdálkodásban). A 73 százalék az integrálás négy szempont (az integrált vízgazdálkodás négy „dimenziója”) szerint elért fokát jellemző számértékek átlagaként született. A jelentés szerint Magyarországon az első dimenzió - az integrált vízgazdálkodást támogató szabályozók (politikák, jogszabályok, tervek) alkalmazásának foka 76,5 %, a második dimenzió - az intézmények integrációjának és a társadalom döntésekben való részvételének foka 81%, a harmadik dimenzió - az integrált vízgazdálkodást támogató menedzsment eszközök alkalmazásának foka 75,5% és a negyedik dimenzió - a vízgazdálkodás finanszírozásának foka 60 %. Ezek a számok a magyar szakértők véleményét tükrözik, mert a jelentések az országok saját jelentései alapján készültek. Az értékeléseket az előbbi négy szemponthoz (dimenzióhoz) tartozó, mindösszesen 33 tényező alapján végezték. Az integrált vízgazdálkodás alkalmazási fokának világtátlaga 49 százalék. A jelentést beadó 172 ország 19 százalékának az alkalmazási foka 70 százaléknál magasabb. Magyarország az országoknak abba a kategóriájába tartozik, ahol az ENSZ minősítési rendszerében a „magas” kategóriában van az integrált vízgazdálkodás alkalmazásának foka.

A határon átnyúló vízgazdálkodásról 107 ország adott be jelentést. Magyarország szakértői az SDG 6.5.2 jelentésben alkalmazott módszerrel a határon átnyúló vízgazdálkodási együttműködésben az integrálás fokát 100 százalékosnak ítélték meg. Az integrálás intézményi kereteiről a határon átnyúló vízgazdálkodásban az alkalmazott nemzetközi mércével mérve valóban elmondható, hogy 100 százalékosan rendelkezésre állnak Magyarországon és a Duna vízgyűjtőjén. Az integrálás operatív megvalósításában azonban még sok javítani való van. A határon átnyúló vízgazdálkodásban az integrált vízgazdálkodás alkalmazási fokának világtátlaga 59 százalék, tehát a magyar

szakértők véleménye alapján az integrálás fokát tekintve, a nemzetközi vízgazdálkodásban a „nagyon magas fokú alkalmazás” kategóriájába tartozunk.

A jelentésekben kimutatott alkalmazási fokok meghatározásában sok a szubjektív elem, Egyik ország szigorúbban, a másik enyhébben minősítette a saját vízgazdálkodását. A jelentéseket mégis érdemes átnézni, mert a szubjektív minősítések ellenére arra alkalmasak az egyes országok vízgazdálkodását jellemző adatok, hogy nagyságrendileg körülbelül lássuk, hogy hol helyezkedik el Magyarország vízgazdálkodása a világ országaival összehasonlításban. Az is tanulságos, hogy milyen tényezőket választottak az integráció fokának megállapításához, és hogy milyen ajánlások születtek az egyes tényezők alapján történő minősítés végrehajtásához. Ha mindig következetesen ugyanolyan mércével mérünk a következő évek jelentéseinek készítésekor, akkor látni fogjuk, hogy mennyit lépünk előre a fenntartható fejlődési célok teljesítésében.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az integrált vízgazdálkodás fejlesztését kitűző SDG 6.5 fenntartható fejlődési rész-cél elérésére folytatott akciók előrehaladásáról szóló első éves jelentésekben közreadott minősítő számértékek szerint vízgazdálkodásunk nincs kritikus helyzetben, és nem is valószínű, hogy kritikus helyzetbe fog kerülni. Ennek ellenére vízgazdálkodásunknak vannak olyan gyengeségei, amelyeket meg kell szüntetni. Alaposan, részletekbe menően elemeznünk kell az integrált vízgazdálkodásnak azokat az elemeit, amelyek szerint az SDG 6.5 jelentésekben gyengébb minősítést kaptak, és meg kell tervezni azokat az intézkedéseket, amelyek ahhoz szükségesek, hogy jól felkészülhessünk a vízgazdálkodás jövőben várható kihívásainak kezelésére.

A vízválság egyik fő oka a vízkormányzás, a vízgazdálkodás irányításának válsága, a rosszul kialakított intézményrendszer, illetve az intézmények tevékenységének nem megfelelő integrálása. Magyarországon az elmúlt évtizedekben sokat változott a vízgazdálkodás intézményrendszere. Mindig voltak erősségei és gyengeségei is és ma is ez a helyzet. Nagyon fontosnak tartjuk az integrációt a vízgazdálkodásért felelős intézményeken belül és az intézmények között is, és felhívjuk a figyelmet arra, hogy alapos vizsgálatokkal kell megállapítani azt, hogy szükség van-e a vízgazdálkodási intézményrendszer megváltoztatására, és ehhez milyen intézkedések szükségesek. A tanulmány ezekhez a vizsgálatokhoz kíván segítséget nyújtani.

IRODALOM

- Correia, Francisco Nunes* (1998). Vízkészlet-gazdálkodás Európában: intézmények, problémák, dilemmák. Vízügyi Közlemények, 80. évf. 1. szám. pp 10-20.
- Correia, F.N., Kraemer, R.A.* (szerk.) (1997a). EUROWATER 1, Landerberichte Institutionen der Wasserwirtschaft in Europa, Springer, 220 p.
- Correia, F.N., Kraemer, R.A.* (szerk.) (1997b). EUROWATER 2, Themenberichte Dimensionen Europäischer Wasserpolitik, Springer, 669 p.
- DVWK* (2000). Water Resources Management in the Czech Republic, Hungary, Lithuania, Slovenia. DVWK Bulletin 21. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V., Bonn 2000. p. 714.

European Commission (2017). Fitness check of the Water Framework Directive and the Floods Directive. Evaluation Roadmap.

EUROSTAT (2018). Sustainable development in the European Union -Monitoring report on progress towards the SDGS in an EU context, 2018 edition, 351 p. www.ec.europa.eu/eurostat/

GWP (2003). Sharing knowledge for equitable, efficient and sustainable water resources management, Integrated Water Resources Management ToolBox, update 2003, www.gwpforum.org,

GWP (2012). Integrated Water Resources Management ToolBox, www.gwp.org/en/ToolBox/TOOLS/

Ijjas I. (2017). Az integrált vízgazdálkodás jó gyakorlatai az Európai Unióban és Magyarországon. Hidrológiai Közlöny 97. évf. 2. szám. pp. 8-15.

Ijjas I., Szlávik L. (2000). Water Resources Management in Hungary. In Water Resources Management in the Czech Republic, Hungary, Lithuania, Slovenia. (DVWK Bulletin 21. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. Bonn 2000.) p. 191-380.

Ijjas I., Somlyódy L., Józsa J. (2017). Vízbiztonság Európában, a Duna vízgyűjtőjén és Magyarországon, in: Finszter Géza, Sabjanics István (ed.) Biztonsági kihívások a 21. században. 838 p. Dialóg Campus Kiadó. pp.423-462.

Kindler, J., I. Ijjas, D. Thalmeinerova (2016) Integrált vízgazdálkodás Kelet- és Közép-Európában – IVG kontra EU Víz Keretirányelv Technical Focus Paper, GWP CEE. www.gwp.hu, 47 p.

Kőrösi Cs. (2018) Sorsfordító a fejlődésben – 1.rész: Válaszút előtt a világ, Hidrológiai Közlöny 98. évf. 4. szám. pp.4-8.

Melissa McCrackena, Chloé Meyerb (2018). Monitoring of transboundary water cooperation: Review of Sustainable Development Goal Indicator 6.5.2 methodology, Research papers Journal of Hydrology 563 (2018) 1–12, 12 p.

NOSTRUM-DSS (2006). Thematic Report on Governance for IWRM - Network on Governance, Science and Technology for Sustainable Water Resource Management in the Mediterranean – The Role of DSS Tools - Deliverable D6-5

OECD (2014). Water governance in the Netherlands. Fit for the future? OECD Better Policies for Better Lives, OECD Studies on Water, OECD Publishing, 296 p., <http://dx.doi.org/10.1787/9789264102637-en>

Szlávik L., Ijjas I. (1998). A vízgazdálkodás intézményrendszerének sajátosságai az Európai Unió egyes országaiban. Vízügyi Közlemények 80. évf. 2. szám.

Szlávik L., Ijjas I. (2000). A magyar vízgazdálkodás jellemzése az Európai Unió „A vízgazdálkodás intézményei Európában” c. EUROWATER projekt módszertana alapján. Vízügyi Közlemények 82. évf. 1. szám. pp.23-84.

Szöllősi-Nagy A. (2018). Sorsfordító a fejlődésben – 2.rész: Válaszút előtt a világ vízgazdálkodása, Hidrológiai Közlöny 98. évf. 4. szám. pp. 9-16.

UN Environment (2017). Country Questionnaire for Indicator 6.5.1 - Degree of integrated water resources management implementation (0 – 100). 21 p., www.gwp.org/.../country-questionnaire-for-indicator-6.5.1

UN Water (2017). Step-by-step Monitoring Methodology for Indicator 6.5.1. 6 p., www.unwater.org

UN Water (2018a). SDG 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation. 195. p.

www.unwater.org/publication_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/

UN Water (2018b). Progress on Integrated Water Resources Management – Global baseline for SDG 6 indicator 6.5.1: Degree of IWRM implementation, UN Environment. p 69.

www.unwater.org/publications/progress-on-integrated-water-resourcesmanagement-651.

UN Water (2018c). Progress on Transboundary Water Cooperation - Global baseline for SDG indicator 6.5.2, 2018 United Nations and UNESCO, 75 p., www.unwater.org/.../progress-on-transboundary-water-cooperation-652

Vízügyi Elnöki Testület (2018). Minden csepp számít: Vízügyi Cselekvési Program – Zárójelentés, 2018. február 20. 34 p., www.keh.hu/pic/upload/files/VET_jelentes_0314.pdf

Internetes oldalak

GWP website: www.gwp.org

SDG6 monitoring website: www.sdg6monitoring.org

UN Water website: www.unwater.org/publications

A SZERZŐ



IJJAS ISTVÁN a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének Professor Emeritusa. Korábban a Tanszék vezetője és a vízgazdálkodás professzora volt. A BME programjai keretében szerezte építőmérnöki, gazdasági mérnöki, PhD és Dr. habil címét a vízgazdálkodás különböző szakterületein. Jelenlegi fő kutatási területei az integrált vízgazdálkodás, a vízbiztonság, a nemzetközi vízgazdálkodás és a vízgazdálkodás a nagy, nemzetközi vízgyűjtőkön. Számos szakmai-tudományos közéleti megbízása volt. A legfontosabb tisztségei közé tartozott az, hogy a Magyar Hidrológiai Társaság elnöke, a Nemzetközi Öntözési és Vízrendezési Szövetség (ICID) alelnöke, az ICID Döntési Rendszerek Munkacsoportjának elnöke, az ICID Magyar Nemzeti Bizottságának elnöke, a Magyar Környezetvédelmi Tanács alelnöke, a Nemzetközi Duna Védelme Bizottság Vízgyűjtő-gazdálkodási Munkacsoportjának, az EU Víz Keretirányelve Közös Végrehajtási Stratégiája Integrált Vízgyűjtő-gazdálkodási Munkacsoportjának, valamint az EU Regionális Főigazgatóság Duna Stratégia Akciótervét Megfogalmazó Szakértőcsoportjának tagja volt. Jelenleg tagja a Hidrológiai Társaság elnökségének és az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának. Egyik legújabb megbízásaként társszerzője a Biztonsági Kihívások a 21.században tanulmánykötetben megjelent „Vízbiztonság Európában, a Duna vízgyűjtőjén és Magyarországon” című helyzetértékelésnek.

Az árvízvédelem küldetése

Lovas Attila* és Nagy László**

* Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (lovas.attila@kotivizig.hu)

** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék (lacinagydr@gmail.com)

Kivonat

Az árvízvédelem társadalmi igényeket elégít ki, amit az egyes emberek helyett a kormányok különböző jogi formákban fogalmaznak meg. Ez a küldetés a műszaki életben a szerkezeti jellegű beruházások (védművek) létesítésében valósul meg, melyek továbbra is fontos elemei maradnak az árvizek elleni küzdelemnek. Ugyanakkor a nem-szerkezeti jellegű intézkedéseknek – elsősorban az alkalmazkodás érdekében - párhuzamosan kell fejlődniük az aszimmetria elkerülése miatt. Szem előtt kell tartanunk, hogy az árvízmentesítés sohasem abszolút mértékű. Figyelembe kell ezért venni a megmaradó kockázat nagyságát, beleértve a lehetséges tönkremenetelt és meghibásodást is. Ennek elhanyagolása hamis biztonságérzetet kelthet.

Kulcsszavak

Árvízvédelem, szerkezeti és nem-szerkezeti módszerek, tározás, fenntartható fejlődés, alkalmazkodás.

Mission of the flood control

Abstract

Flood protection satisfies the demands of the society, instead of the individuals, the governments are controlling it through regulations. This mission in the field of engineering is called structural measures, which will remain important elements of the flood control. Parallel to it we have to develop the non-structural methods of defense primarily for increasing the adaptivity and to avoid the dissymmetry, which caused by relying mainly on the embankments. We should keep in mind that none of the means of flood protection, provides a full scope of safety. Due to this, the concept of residual risk, including the potential failure or breach, should be taken into consideration. Ignoring this can create a false sense of security.

Keywords

Flood control, structural and non-structural methods, retention, sustainable development, adaptivity.

BEVEZETÉS

Az árvízi események a természeti folyamatok részét képezik. A vízkár a természeti katasztrófák egy fajtája. Árvizek eddig is voltak és a jövőben is lesznek. Árvíz megjelenésére a jövőben is számítani kell, sőt a klímaváltozás miatt veszélyessége fokozódhat, következményei azonban megfelelő stratégiával csökkenthetők. A vízkárelhárítás fenntartható stratégiája a megelőzés és az alkalmazkodás. Az árvízi stratégiának az Európai Unió által kiadott az „Árvízvédekezés legjobb gyakorlata” dokumentum szerint ki kell terjednie az egész vízgyűjtőre és elő kell mozdítania a vízzel, a földterülettel és az ezekhez kapcsolódó erőforrásokkal kapcsolatos tevékenységek koordinált fejlesztését, kezelését és a természeti környezet megőrzését. Az árvízkarok fenntartható megelőzése az árvízmentesítés és az árvízvédekezés legfontosabb szempontja. A megelőzés az árvízi biztonságpolitikára épül. A kor igényeinek, szellemének megfelelő biztonságpolitika nélkül a megelőzés és az alkalmazkodás nem lehet hatékony.

HIDROLÓGIAI VESZÉLYFORRÁSOK JELENTKEZÉSE

A vízrendszerbe történő emberi beavatkozásnak összhangban kell lennie a természeti tényezőkkel, a társadalmi elvárással és a gazdasági helyzettel. Ezek közül bármelyik figyelmen kívül hagyása súlyos konfliktusokat eredményez. Ugyanez igaz a korábban végrehajtott beavatkozások módosítására is! Az eredeti árvízi állapot csak szavak szintjén állítható helyre. A korábbi beavatkozások egy teljesen új rendszert hoztak létre, amiben már keveredik

a természetes és a mesterséges környezet, ezért bármilyen további beavatkozás komplex megközelítést kíván, ahol csak a fenntarthatóság lehet kiemelt szempont. Az emberi beavatkozások jogi és intézményi háttéren keresztül történnek.

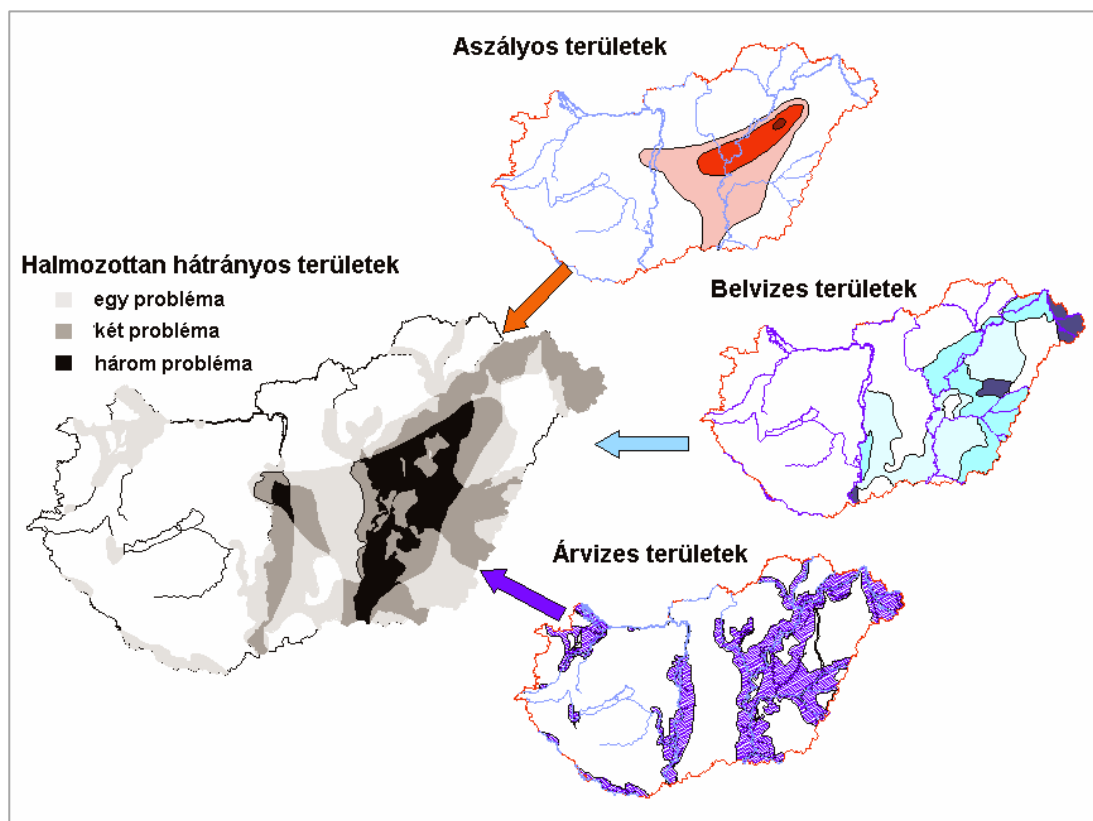
Az árvizek a folyó és állóvizek vízjárásainak előtést okozó szélsőséges eseményei. Esetleges jelentkezésük során változatos viselkedésükkel sokféle hatást gyakorolnak az ártér természeti állapotára, folyamataira és gazdasági jelenségeire. A kiömlött víz az áramlási sebességgel, a tartózkodás időtartamával és a víz mélységével veszélyezteteti az árteret, de ugyanakkor a víz és a hordaléka számottevően növelheti az ökoszisztéma teljességét, hasznosságát.

Jelenleg a Föld összes lakosságának mintegy 10 %-át veszélyeztetik rendszeresen az árvizek. Magyarország a területének több mint 20 %-át kitevő folyóvölgyi, és a 10 %-át megközelítő kisvízfolyások menti árterületével a jelentős árvízi gondokkal küszködő országok közé tartozik.

A Kárpát-medence természet- és gazdaságföldrajzi adottságai következtében a vizek kártételei elleni védekezéshez évszázadok óta jelentős és folyamatosan növekvő társadalmi érdek fűződik. Magyarország vízkárveszélyeztetettségét alapvetően a topográfia határozza meg, a Kárpát-medence mély részén fekvő, zömében sík területű ország. Ezért a környező hegyvidéki vízgyűjtőkről, a Kárpátokból és az Alpokból hozzánk érkező, nálunk torlódó árhullámok; a hóolvadásból vagy nagy

csapadékból keletkező, nagyterjedésű belvízi elöntések, illetve helyi vízkárok; valamint a környező országokban a hozzánk folyó vizekbe juttatott és a nálunk keletkezőkkel tetézett szennyezések ellen gyakran szükséges védekezni. A hazai vízveszélyeket az 1. ábra mutatja, feltüntetve a kevés víz okozta aszályos területeket is. Megjegyezzük, hogy a helyi vízkárral veszélyeztetett területek többnyire keskeny sávokra korlátozódnak a domb- és hegyvidéki folyóvölgyekben, ezért az 1. ábrán térképi megjelenítésük nehézkes.

Magyarországon az árvízvédelmi művekkel határolt folyómedrekben és hullámtereken levonuló árvizet nem tekinthetjük természeti katasztrófának, még akkor sem, ha újabb és újabb szélsőséges paraméterű árhullámok fordulnak elő. Az árvizek előfordulása a magyarországi folyókon nem rendkívüli esemény – ez a folyók vízjárásának természetes sajátossága. Szélsőséges esetben veszélyhelyzet bármikor kialakulhat (jogi és műszaki értelemben is), azonban árvíz-katasztrófának a töltésezett folyókon az tekinthető, ha a folyó átszakítja az árvízvédelmi töltéseket, elönti a mentesített árteret. Ezzel kapcsolatban részletes írárok jelentek meg Magyarországon (Nagy 2018b és 2019).



1. ábra. Magyarországi vízveszélyek és a halmozottan hátrányos helyzetű területek
Figure 1. Water hazards in Hungary and areas with multiple disadvantages

FOGALMAK

A vízkárelhárítás a károsan sok, vagy éppen a károsan kevés víz kártételeinek elhárítását, a károk mérséklését célzó megelőző, valamint a tényleges védekezéssel járó szervezett tevékenységet jelenti (A vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény – mely a vizekkel kapcsolatos alapvető jogokat és kötelezettségeket szabályozza – 28. számú fogalom-meghatározása alapján).

A fenntartható vízkárelhárítás nem egyszerűen az árvizek és belvizek elleni védekezés, hanem a vízzel való gazdálkodás mérnöki beavatkozásokkal történő megvalósítása.

Előre is ki kell emelni a hazai árvízvédelem eredményességét: az árvizek Magyarországon évtizedek óta nem követeltek közvetlen emberáldozatot.

Magyarországon hagyományokra épülő szervezett árvízvédekezés folyik törvényi felhatalmazás alapján. A szervezett védekezést segíti a kollektív szakmai tudás, a történelmi tapasztalat. Ez alapján lehetséges, hogy a már

bekövetkezett káros árvízi eseményekre a lehető legrövidebb időn belül, a műszakilag megfelelő ellenintézkedéseket lehet tenni a károk fokozódása és a katasztrófa helyzet elkerülése érdekében. Az 1998 óta szerzett árvízi tapasztalatok azt mutatták, hogy súlyosodik a helyzet, a vizek kártételei ellen átfogó, következetesen végrehajtott stratégia szükséges. Különösen akkor van erre szükség, ha a természeti és humán folyamatok tendenciái nem változnak. Az események azt mutatják, hogy nincs előnyünk a Tisza vízgyűjtőjében lejátszódó változásokkal kapcsolatban, így gyakorlatilag a jelenlegi védelmi szinten minden nagyobb árvíz egy potenciális katasztrófa.

A természeti veszélyek elleni küzdelem legfontosabb lépései a következők:

- veszélyek felmérése (erősség és terület),
- következmények értékelése, azaz a kockázatok értékelése,
- az alkalmazkodás módjának és mértékének meghatározása,
- ellenintézkedések megtétele, azaz kockázatkezelés.

Az ENSZ az 1991-2000 közötti dekádót a természeti katasztrófák elleni küzdelem tíz évévé nyilvánította. (ENSZ 1989). Ugyanis a folyamatosan végrehajtott preventív intézkedések dacára a természeti veszélyforrásokból eredő veszteségek nem csökkentek még a fejlett országokban sem. A legveszélyeztetettebb területek a sűrű beépítésű városok.

A várható károk az emberi magatartáson keresztül csökkenthetők. Az emberi magatartásnak kell olyannak lennie, mely a károk megelőzésére, elkerülésére vagy csökkentésére irányul. Ez a *vízjárelhárítás helyes stratégiája, a megelőzés*.

A teljes biztonság nem létezik, mindig marad esély a tönkremenetelre, mindig marad egy reziduális kockázat. A kérdés csak ennek mértéke. Abban pedig biztosak lehetünk, hogy nincs olyan nagy árvíz, amelyiknél nagyobb ne jöhetne, csak nem tudni mikor (Nagy 2018a).

„Kivételes nagyságú árvizek mindaddig lesznek, míg a víz természetes körforgása meg nem szűnik! A folyó szüntelenül működő erői ellen csak folyamatos munkával lehet küzdeni. Végleges mű, végleges állapot nincsen. Jól sikerült műnek azt lehet tekinteni, amelyet aránylag kevés és könnyen elvégezhető munkával lehet a jó állapotot fenntartani!” (EU 2003).

A legfontosabb *alapelvek és megközelítési módok* a fenntartható árvízmelegelőzést, árvízmentesítést és árvízvédekezést illetően a következők:

- Amennyire csak lehetséges, a természetbe történő emberi beavatkozásokat a fenntarthatóság érdekében *természet közelivé* kell alakítani. Ez összességében jelenti a vízügyi és a területhasználati gyakorlat, továbbá a környezet- és természetvédelem megváltoztatásának előmozdítását és harmonizálását, hogy javuljon az árvízkezelés az integrált vízgyűjtő-gazdálkodás keretében. Ennek le kell fednie a vízfolyások teljes vízgyűjtőjét, és elő kell mozdítania a vízzel, a földdel és a kapcsolódó erőforrásokkal összefüggő cselekvés koordinált fejlesztését, kezelését és megőrzését. Egy ilyen holisztikus megközelítés a sokoldalú, sőt multinacionális együttműködésen alapul, ideértve az egész vízgyűjtőre kiterjedő multidiszciplináris tervezést.
- Tekintetbe véve a fejlődést és a tendenciákat, a természeti veszélyek és *kockázatok megközelítése* paradigma váltást tesz szükségessé. Az embereknek át kell térniük a veszélyek elleni defenzív védekezéstről a kockázatok kezelésére és az árvizekkel történő együttélésre. Az árterek emberi használatát a fennálló veszélyekhez kell igazítani. Megfelelő intézkedéseket és létesítményeket kell kialakítani az árvízi elöntés kockázatának csökkentésére.
- Mindenki, aki elszenvedheti az árvízi események következményeit magának is meg kell tennie – ha lehetséges – *saját elővigyázatossági intézkedéseit*. Ezért az illetékes hatóságoknak ki kell alakítani a megfelelő tájékoztatást, továbbá az időben működő és megbízható árvízi figyelmeztető- és előrejelző rendszereket.
- Az árvizek megelőzésének is az *elővigyázatosság elvén* kell alapulni. A megfelelő stratégia három lépésből áll: visszatartás, tározás és elvezetés (először mindent

meg kell tenni a csapadéknak a helyszínen tartására, a fölös vizet meg kell próbálni tározni és csak ez után szabad hagyni a vizet beömleni a befogadóba).

- Lényeges a *szolidaritás*: nem szabad a vízgazdálkodási problémákat egyik régióból a másikba áthelyezni.
- A népesség és a javak nagyobb része városokban és városias területeken helyezkedik el, ezért az árvízi problémák elkerülését szolgáló erőfeszítéseknek jelentős részének a városiasodott, lakott területekre kell összpontosulniuk.
- Az alapvető elvek és megközelítések teljesítéséhez, a kritikus helyzetek megoldásához együttműködésre és szolidaritásra van szükség valamennyi kormányzati szinten, továbbá a környezet- és természetvédelemre irányuló ágazati politikák, a műszaki tervezés, a mezőgazdaság, a szállítás és a településfejlesztés koordinációjára. Ami a határvizeket illeti, együttműködés szükséges a folyó parti országok között a nemzeti politikák és stratégiák harmonizálásához és összehangolt cselekvési tervek megfogalmazásához.

A FENNTARTHATÓ ÁRVÍZMEGELŐZÉS ÉS ÁRVÍZMENTESÍTÉS

A fenntartható árvízmelegelőzésre és árvízmentesítésre irányuló politikának és stratégiának a következő szempontokra kell figyelemmel lennie:

- Elsőbbséget kell adni az egész vízgyűjtőt érintő integrált vízgazdálkodási intézkedéseknek, az árvizeknek önmagukban történő kezelésével szemben. Abszolút mértékben szükséges, hogy a régiók és az országok határaitra való tekintet nélkül vízgyűjtő-alapon szervezzék a vízgazdálkodási rendszereket. Mindezt együttműködésben kell tenni a hidrológia, a meteorológia, az árvízvédekezés-tervezés, a folyószabályozás, a polgári védelem illetékes szervezeteivel.
- Megfelelően át kell gondolni a vízgyűjtőn történő minden fontosabb, az árvízmelegelőzésre és az árvízmentesítésre irányuló emberi tevékenységnek a társadalom egészére gyakorolt hatását. Minden nagyobb olyan kezdeményezést, amelynek lehetnek kedvezőtlen hatásai az emberi egészségre, vagy jelentősen befolyásolhatja a víz mennyiségét vagy minőségét, a biológiai közösségeket, a tájképet, az éghajlati tényezőket, az építészeti és régészeti örökséget, vagy ezek kapcsolatait, környezeti hatásvizsgálatnak, *aminek tartalmazni kell az árvíz kockázatra gyakorolt hatást is!* Ha az kívánatos az építési tevékenység mérete vagy hatása miatt engedélyezési eljárásnak kell alávetni. (Mindez természetesen nemcsak új létesítmény esetén szükséges, hanem mesterséges környezet visszaalakítása esetén is.) Ezt az eljárást nemzetközi méretekben is alkalmazni kell, különösen az olyan tevékenységek esetében, amelyek határokat átlépő kedvezőtlen hatásai lehetnek. Az előzetes árvízmentesítési stratégia kialakítása magában kell, hogy foglalja a szükséges költségek értékelését, a műszaki megvalósíthatósági vizsgálatot, a környezeti hatástanulmányt, a társadalmi elfogadhatóságot, és így fenntartható módon egy *hosszú távú, legalább 50 vagy 100 év nagyságrendű szemléletet*. Ezzel kapcsolatban a

vízgyűjtő szemlélet mellett erősíteni kell az öblözet szemléletet az árvízvédelem területén.

- A Víz Keretirányelv és az ahhoz tartozó 11, a vízzel kapcsolatos direktíva majdnem optimális támogatást ad az árterek szabályozásához a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek kialakítása keretében, a vizes élőhelyek és az árterek lehetőség szerinti legjobb ökológiai állapotára alapozva. A jövőben az árvízi kockázatok kezelésére a Víz Keretirányelv és az Árvíz kockázat kezelési Irányelv mélyebb integrációja szükséges.
- A társadalmi fejlődés és a vízgazdálkodási politika kiterjesztése új ismereteket kíván meg, ideértve a társadalmi vizsgálatokba, a térségi tervezésbe és a közigazgatásba történő újszerű betekintést. Ezen a módon a műszaki megoldásokon felül a társadalmi és igazgatási aspektusok is vizsgálhatók és a megoldások társadalmi támogatottsága előre felmérhető. A tervezésnek, a település- és vidékfejlesztésnek, továbbá az építésügynek figyelembe kell venni az árvíz megelőzés és -csökkentés követelményeit, beleértve a vízvisszatartó területek biztosítását is. A tényleges fejlesztést folyamatosan értékelni kell az árvíznek kitett területeken történő városi települések megfigyelésével.
- Ezeknek a kereteknek a felállításakor megfelelően figyelembe kell venni a helyi problémákat, szükségleteket és tudást, továbbá a helyi döntéshozatali mechanizmusokat. Olyan információs politikát kell kifejleszteni, ami kiterjed a kockázatismertetre, kockázatismertetésre és megkönnyíti a társadalom részvételét a döntéshozatalban.
- Minden lehető meg kell tenni, hogy olyan jogi, igazgatási és gazdasági kereteket hozzunk létre, amelyek stabilak és hatásosak, és amelyek között a közületi-, a magánszektor és civil szervezetek mindegyike megteheti hozzájárulását az árvíz megelőzéshez, a völgyzárógáták biztonságához és azoknak a kedvezőtlen hatásoknak a csökkentéséhez, amelyeket a veszélyes árvízi események gyakorolnak az emberi egészségre és biztonságra, az értékes javakra és tulajdonokra, továbbá a vízi- és szárazföldi környezetre.

Az *ármentesítés* az árterületnek az árvizektől való mentesítése úgy, hogy azon az emberi település, a közlekedés, a mezőgazdasági művelés, az ipari termelés és általában az élet lehetősége és fejlődése biztonságos legyen, valamint olyan megelőző műszaki tevékenységek összessége, melynek célja egyrészt, hogy az emberi beavatkozások hatására az árvizek magassága ne növekedjék másrészt a kárpotenciál és ezáltal az árvízi kockázat csökkenjen. Az ármentesítés feladata azonban nem határolható le az árvízvédelmi gátakra, azok magassági, keresztmetszeti, vagy vonalazási kérdéseire – ez átfogó, az egész vízgyűjtő területet magába foglaló komplex műszaki és gazdasági tevékenység.

Fontos rögzíteni az árvízmentesítés néhány idevágó alapfogalmát. A folyók völgyének árvíz által előlthető részét *árvízi (nagyvízi) medernek* nevezik, amelyen belül foglal helyet maga a *folyó medre, a középvízi meder*. Az árvízi medernek a középvízi meder partjain kívül eső része

az *ártér*. Az ártérnek az árvízvédelmi töltések által védett része a *mentesített ártér*. Árvízmentesített völgyekben az árvízvédelmi töltés (magaspart) és a középvízi meder partja közötti sáv a (jobb vagy bal parti) *hullámtér*, amely a nagyvizek zavartalan levonulását hivatott biztosítani. Töltésezett folyók esetében az árvízi meder szélességén a kétoldali hullámtér és a középvízi meder szélességének együttesét értjük. Hagyományosan *magaspartnak* nevezük azokat a folyó menti területeket, melyek magassága meghaladja a mértékadó árvízszintet, de nem éri el a mértékadó árvízszint feletti egy méteres magasságot. A magaspartokon sok helyen csak kijelölt védvonal van. Az utóbbi évtizedek során meg kellett ismernünk a *kimerült magaspart* fogalmát is, ahol az újabb vízszint maximumok már meghaladták a magaspart szintjét.

Nyílt ártereknek nevezzük a meder és a természetes terpmagasságok közötti területet, ahol nincs árvízvédelmi gát. Ezeket – csakúgy, mint a hullámtereket – az árvizek szabadon előlthetik. Ilyen nyílt ártér van a Sajó és a Hernád völgyében, a Bodrog jobb partján, a Kraszna bal partján, a Zagyva és az Ipoly mentén, a Rába Sárvár feletti szakaszán - összesen 700 km², az ország árvízzel veszélyeztetett területeinek alig több, mint 3 %-a.

AZ ÁRVÍZVÉDELEM FELADATA

Az árvízvédelem feladata az emberek azon társadalmi igényének a kielégítése, hogy az ártéren biztonságban éljenek. A biztonság megfogalmazása és mértéke politikai, gazdasági és társadalmi igények alapján történik. A társadalmi, közösségi és egyéni megközelítése az árvízi biztonságoknak különböző lehet, ezekből, csak néhányat a következő módon mutathatunk be röviden:

- Mindenféle védelmet elutasítanak, a vízzel, a folyóval történő együttélést fontosabbnak tartják annál, mint hogy 3-8 évente a folyó kiönt, és a felsőbb emeletre kell hurcolkodniuk, és az apadás utáni száradást követően újra kifesteni.
- A nyílászárók védelmével megelégednek a különben vízzáróra épített háznál (lokális árvízvédelem).
- Az elérhető legnagyobb védelem kialakításáért küzdenek, az élet és vagyonbiztonság fokozásának érdekében.

Összefoglalóan azt kell mondani, hogy a vezérelvnek az árvízvédelemben is a *holisztikus szemléletet és a környezeti fenntarthatóságot* kell tekinteni. Ezek együttesen biztosítják, a mai ember részére, hogy a jövő nemzedékének is egy biztonságosabb, a hidrológiai katasztrófáktól kevésbé függő világot építsünk és hagyjunk hátra.

AZ ÁRVÍZVÉDELEM MÓDSZEREI

Az utóbbi évek nagy árvizei, melyek a határokon túl életet elvesztéséhez, nagy károkhöz vezettek sürgős reagálást kívánnak egész Európában. A veszélyhelyzetet az a tény is aláhúzza, hogy az éghajlatváltozás fenyegetésével szembeesülünk. Ezért csak interdiszciplináris megközelítés elfogadása esetén lehet sikert elérni.

Sem a nagy mennyiségű és intenzitás csapadékot, sem a szélsőséges árvíz nem lehet kezelni. A legutóbbi árvízi események üzenete a következő: „Meg kell tanulnunk együtt élni ezekkel az eseményekkel.”

Mindent meg kell tennünk azért, hogy elkerüljük az árvizek szintjének antropogén megnövelését (ebbe beleértve az évszázadok alatt megváltozott környezet következmények értékelése nélküli visszaalakítását egy korábbi állapotba), hogy csökkentsük az embereket és az értékes javakat érő potenciális veszélyeket. Tudatosítani kell az emberekben a potenciális és a tényleges kockázatokat, hogy ez kiváltja elővigyázatossági tevékenységüket. Továbbmenően, az árvízkárok elleni küzdelemnek pozitív hatása lehet más szakterületekre is, pl. a természetvédelemre (EU 2003).

Nemzetközi vízgyűjtők esetében nemzetközi szinten kell a tevékenységet kialakítani. Minden vízgyűjtőre nézve árvízkezelési tervet kell készíteni. Egy ilyen terv felállításakor figyelmet kell fordítani a szolidaritás aspektusára a vízgyűjtőn belül, ami azt jelenti, hogy amennyire csak megvalósítható, meg kell akadályozni a problémák áthelyezését egyik földrajzi területről egy másikra.

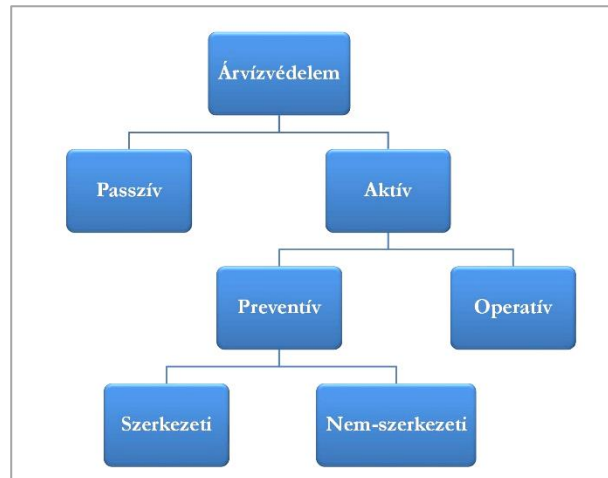
Az árvízkezelési tervnek integrált megközelítési módon kell alapulnia, lefedve a vízgazdálkodás minden ide vonatkozó aspektusát, a területrendezést, a területhasználatot, a mezőgazdaságot, a közlekedést és a településfejlesztést, a természetvédelmet minden (nemzeti, regionális és helyi) szinten. Egy árvízkezelési terv kialakításába be kell vonni minden (helyi, regionális, nemzeti és nemzetközi) szinten elhelyezkedő döntéshozókat éppúgy, mint az érdekelteket és a civil társadalmat. Ahol alkalmazható, ott az árvízvédelem legjobb gyakorlata dokumentumot kell figyelembe venni, különösen a következőkkel kapcsolatban, melyek lefedik az árvízvédelem szerkezeti (Nagy 2018a) és nem-szerkezeti módszereit:

- a vízgyűjtő szerinti integrált megközelítési mód,
- társadalmi tudatosság, társadalmi részvétel és a biztosítások,
- kutatás, oktatás és az ismeretek cseréje,
- a víz visszatartása és a nem-szerkezeti jellegű intézkedések,
- területhasználat, zónáció és kockázatelemzés,
- szerkezeti intézkedések és azok hatásai,
- árvízvédekezés,
- a szennyezés megelőzése.

Az árvízvédelem módszerei szerkezeti és nem-szerkezeti módszerekből állnak. Ezek tudományos alapon lefedik a hidrológiai katasztrófák csökkentésének minden területét, alkalmazásukkal az árvízvédelem stratégiai és taktikai elemei, a fejlesztések célkitűzései programszinten felépíthetőek.

Az árvizek megelőzése, az árvízmentesítés és az árvízvédekezés érdekében a szerkezeti jellegű, a preventív és az operatív intézkedések egy jó kombinációjára van szükség: építési szabályzatokra és jogszabályokra az építményeknek az árvízveszélyes területektől történő távoltartásához, megfelelő területhasználatra, megfelelően megtervezett árterekre és az árvízvédelmi létesítmények megtervezésére, az árvízvédekezésre, a figyelmeztető rendszerekre, a kockázatok korrekt közlésére és a lakosság felkészítésére, hogy hogyan járjanak el árvizek idején. Egyes esetekben még a különösen fenyegetett tevékenységek és épületek

végleges áthelyezése is tanácsolható. A preventív árvízvédelem 170 éve tartó fejlesztése mellett a XX. század második felének viszonylag kevés gátszakadása az operatív árvízvédelem fejlesztésének eredménye (2. ábra), azonban ez csak rövid ideig követhető út.



2. ábra. A szerkezeti és nem szerkezeti módszerek helye az árvízvédelemben

Figure 2. Structural and non-structural methods in the flood control system

A társadalom elvárja a költséghatékonyságot, az adófizetők pénzével történő takarékos gazdálkodást. Gazdasági kérdések jelennek meg az Európai Unió röviden csak „Az árvízvédelem legjobb gyakorlata”-nak nevezett kiadványában. Ez a dokumentum egyértelműen a kockázatszámítást, mint alpmódszert javasolja alkalmazni, mint azt az összefoglaló és értékelő módszert, mely nem csak a szerkezeti módszerek biztonságát, de a védett humán és gazdasági értéket is figyelembe veszi.

A közelmúlt árvízi eseményei azt mutatták, még ha minden nem-szerkezeti jellegű intézkedést meg is tettek, a fizikai védelmet a szerkezeti módszerek (Nagy 2018a) jelentik. Így az Európai Unió ebben a dokumentumban reális célként azt tűzte ki, hogy az elöntések kockázata ne növekedjen a jövőben.

Az árvízvédelem nem-szerkezeti módszerei

Az árvizekre fontos csökkentő hatást gyakorol a vízgyűjtőben a növényzet, a talaj, a terepfelszín, és a vizes élőhelyek tározó hatása, különösen a kis- vagy közepes árvizek esetében. Ezeknek a tározó közegeknek mindegyike képes bizonyos vízmennyiség visszatartására bizonyos időtartamon keresztül. A nagy természetes tározókapacitás lassú vízszintemelkedést és viszonylag kisebb árvizet okoz. A víz természetes közegen történő visszatartásának prioritása kell legyen, a gyors vízlevezetéssel szemben. Bizonyos esetekben, intenzív és tartós esőzéskor a természetes tározás hatása kevésbé előnyös a vízhozam csökkentése szempontjából, de még mindig rendkívül jótékony hatású, amikor a hordalékhozam csökkenéséhez vezet.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy a természetes vízvisszatartás a vízgyűjtő felső - hegy- és dombvidéki, nagyobb eséssel rendelkező – részén vezet a lefolyás lassításán és csökkentésén keresztül kisebb árhullámokhoz. Ha ugyanezt a hatásmechanizmust egy jól

hangzó szlogen eredményeként a síkvidéki töltésezett folyószakaszokon alkalmazzuk akkor a lefolyás lassításának egyenes következménye a magasabb árvízszint és ezáltal a nagyobb veszélyeztetés! Ez a példa is azt mutatja, hogy az árvízvédelem ökológia megközelítése hidrológiai, hidraulikai tudás birtokában vezet csak eredményhez. Ellenkező esetben a legjobb szándékkal is csak a kockázatot növelhetjük.

Az árvizek ökológiai szempontú kezelési stratégiája a vízgyűjtő területhasználatának javításán, a vízgyűjtőterületről és a városi területekről történő gyors lefolyás megelőzésén és a folyók természetes ártereinek helyreállítására irányuló, a határokon átnyúló erőfeszítések fokozásán kell, hogy alapuljon. A tendencia az, hogy reaktiválni kell a természetes vizes élőhelyeket és azokat a helyeket, melyek az árvízi hatást csökkentik. Az árvízvédekezésen túl a biodiverzitás fenntartásával ez ökológiai előnyökhöz is vezethet, a felszín alatti víztartók gyakoribb visszapótlásához és tisztább ivóvízhez jutáshoz, valamint rekreációs területet, turisztikai célpontokat stb. eredményez.

A nem-szerkezeti jellegű intézkedések potenciálisan a vízzel kapcsolatos problémák hatékonyabb és hosszútávon fenntarthatóbb megoldásává válhatnak, és azokat elő kell mozdítani különösen az ártéren a topográfiai viszonyok függvényében. A nem-szerkezeti árvízvédelmi módszerek erősítése még a nagy folyami kultúrával rendelkező országokban is szükséges, mert jelentős hatékonyság érhető el az árvízi kockázatnak kitett emberek és javak védelme érdekében.

A „nem-szerkezeti módszerek”, vagy „szervezési-igazgatási” típusú módszerek igen sokrétűek és széles körűek, kiterjednek a gátakkal és a folyóval kapcsolatos minden területre, ami nem valamilyen építkezéshez köthető, de szoros kapcsolatban van az árvízzel, úgy mint:

- az árvízi riasztás és előrejelzés,
- az árvízvédekezés, a hozzá tartozó infrastruktúrával, szervezéssel és őri rendszerrel,
- a lokalizáció, a lokalizációs tervekkel és számításokkal,
- a preventív területhasználatot be kell vezetni,
- a nagyvízi tervezési és modellezési feladatok,
- a különböző árvízvédelmi (pl. nyilvántartási) tervek és szimulációk,
- a veszélyhelyzet esetén az élet- és vagyonmentés az előzetes tervek alapján,
- a lakosság tájékoztatása, árvíz tudat növelése,
- a társadalmi részvétel erősítése,
- információs anyagok és vízállásjelentések közreadása,
- gyakorlatozás és gyakorlatoztatás az árvízi esemény kivédésére, a károk csökkentésére,
- kockázatszámítás és kockázati térképek készítése,
- kárbiztosítási portfóliók kialakítása,
- a nagyvizekkel történő gazdálkodás, vízvi sszatar-tás és vízátvétel,
- a lefolyásszabályozásnak nem beruházással érintett része,
- az árvízvédelem finanszírozásának megteremtése,

- az árvízvédelem jogi háttere, az árterek használatának szabályozása jogi eszközökkel (építési tilalmak, földhasználati korlátozások és preferenciák),
- hitelek, adókedvezmények, árvízvédelmi alapok és különböző segélyek stb.

AZ ÁRVIZEK KÖZVETLEN KÖRNYEZETI HATÁSA

Az árvizeknek jelentős környezeti és egészségügyi következményei vannak, különösen az ivóvízkészletek és az egészségügyi ellátáshoz szükséges infrastruktúra sérülékenysége miatt. A vízelosztó- és a csatornarendszerek árvizek alatti károsodása nagymértékben hozzájárulhat a súlyos egészségügyi veszélyhelyzetekhez. Az árvizek által az ezekre az infrastruktúrára gyakorolt lehetséges kedvezőtlen hatások csökkentésére preventív intézkedéseket igényelnek. Az árvizeknek kitett területeken arra nézve is preventív intézkedéseket kell tenni, hogy

- csökkenjen az árvizeknek a vízi és a szárazföldi ökoszisztémákra gyakorolt olyan lehetséges kedvezőtlen hatása, mint a víz és a talaj szennyeződés,
- minimalizálni kell a felszíni lefolyásból származó diffúz szennyezést,
- minimalizálni kell a felszíni lefolyást és az infiltrációt a szennyvíz- és felszíni vízelvezető csatornarendszerekbe, fenntartva a talajvíz utánpótlódását úgy, hogy az elszennyeződés veszélye minimális legyen.

Nem csak az ipari területeken tárolt anyagokat, de a lakóterületeken tároltakat (olaj, szennyvíz) és a mezőgazdaságban felhasználtakat (peszticidek, tápanyagok) is meg kell ítélni toxicitásuk, gyúlékonyságuk, robbanásveszélyességük és ökotoxicitásuk szempontjából (1. és 2. kép). A legjobb elővigyázatossági intézkedés, ha a veszélyes anyagokat az árvíznek kitett területen kívül tárolják, vagy megemelik a tárolóterület szintjét. Mivel minden az érintett anyag típusán és mennyiségén, továbbá a kezelés módján múlik, egyedi megoldásokat kell meghatározni. A tapasztalat azt mutatja, hogy az olajtűzelésű fűtési rendszerek jelentős veszéllyel járnak, ha nem árvízbiztos módon alakítják ki azok tárolását. Igen sokszor ez bizonyult a fő problémának az árvíz sújtotta épületekben az életfeltételek helyreállításakor.

A vízszennyezés kisebb vagy nagyobb árvizek alatti, az ökoszisztémákra gyakorolt káros hatásai elleni veszélyhelyzet kezelésének tervezését és végrehajtását a megfelelő időben és a megfelelő módon elő kell készíteni, és üzemkész állapotban kell tartani, különösen a veszélyes anyagok biztonságba helyezésére, vagy ahol mód van rá, eltávolítására irányuló hatékony intézkedések és a kiürítési tervek támogatására. Szükség van az információs rendszerek és a segítségnyújtás meglévő formáinak, azaz főként a hatóságok, tűzoltószervezetek és kimenekítő szolgálatok koordinálására, és rendszeresen gyakorlatoztatására.

Azonban a vízi környezet, az árvíz alatti környezetszennyezés területén szűk a mozgástér. A sokféle szennyezőhatásból kétségkívül csak a legveszélyesebbekkel

foglalkozhatunk. Azonban ezirányú információkkal jelenleg még nem rendelkezünk. Ez a gondolat a későbbiekben egy

árvízi-környezeti veszély-, majd kockázatterképezés megalapozója lehet.



1. és 2. kép. Árvíz és vízi közlekedés okozta szennyezés
Picture 1 and 2. Pollution by flood and waterborne traffic

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ember és a természet egyenként is bonyolult rendszer, összekapcsolásukkal pedig a megoldhatatlanság határait feszegetjük. Ebből a rendszerből kell a lehető legjobbat kihozni hidrológiai katasztrófák területén a holisztikus szemlélet és a fenntarthatóság figyelembevételével. A természeti katasztrófák valójában, eredetileg csupán természeti jelenségek voltak. Katasztrófává csak akkor és attól válnak, amikor és ahogyan következményeiket katasztrófává teszi a társadalom, annak terebélyesedésével. Egyre szűkebb az ösvény, ahol az árvízvédekezés mozoghat, és egyre világosabban lehet látni azt is, hogy milyen módon kell célba jutnia. Ezzel a kérdéskörrel kapcsolatos néhány szempontra próbál ez a közlemény rámutatni. Az ilyen eseteknél felmerülő szerteágazó probléma megoldására a gyakorlatban nehéz az egyértelműen jó megoldás felfedezése, amire a „Vence veszélyben” című közlemény (Nagy 1999a, b) mutat példát. A hatások feltárása azt mutatta, nem egyszerű műszaki problémával álltak szemben, hanem több, társadalmi, ökológiai, műszaki kérdéssel, melyek közül még a mérnöki válaszok voltak a legegyszerűbbek. Az árvíz csak egy könnyen kezelhető megoldás a fenntarthatóság széles palettáján. Tudomásul kell venni, hogy a környezeti kihívásoknál az árvíz csak egy kicsi, de fontos része annak a feladatcsoknak, amit meg kell oldani. A fentiekből következően az árvízvetit környezet fenntarthatóság keretében kell kezelni.

A SZERZŐK



LOVAS ATTILA Vízépítő mérnök. Okleveles építőmérnöki diplomáját a Budapesti Műszaki Egyetemen szerezte. A Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság igazgatója. Több mint 30 éves tapasztalattal rendelkező vízgazdálkodási, árvízvédelmi szakember. Számos tiszai és dunai árvízi védekezésben vett részt, az elmúlt tíz évben a Tiszán már központi védelemvezetőként. Szakmai munkájának része a KÖTIVIZIG részvételével megvalósuló hazai és nemzetközi árvízvédelmi és vízgazdálkodási projektek menedzselése.

NAGY LÁSZLÓ 1956-ban született Nyíregyházán, iskoláit Debrecenben végezte. Első diplomáját 1980-ban szerezte a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán.

Ugyanott 1984-ben szakmérnöki államvizsgát tett. Munkahelyei a vízügyi szakterülethez kapcsolódtak: Vízügyi Tervező Vállalat, Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ, Arvívzvédelmi és Belvízvédelmi Központi Szervezet, Országos Vízügyi Főigazgatóság. 2003 óta a Műegyetemen oktat, kutat. 2006-ban megvédte PhD disszertációját, kilenc évvel később habilitált. 2015-ben a geotechnika és az árvízvédelem határterületén végzett munkásságáért a Magyar Köztársaság Érdemrend Lovagkereszt kitüntetését kapta. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja. 2016 májusától a Hidrológiai Közöny egyik szakszerkesztője.



KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a BME FIKP-VÍZ tématerületi programja keretében.

IRODALOM

ENSZ (1989). United Nations General Assembly Session 44 Resolution 236. A/RES/44/236 22 December 1989.

EU (2003). Best practices on flood prevention, protection and mitigation.

https://www.floods.org/PDF/Intl_BestPractices_EU_2004.pdf

Nagy L. (1999a). Vence megóvása az árvíztől. Vízügyi Közlemények, 2. füzet, pp. 295-310.

Nagy L. (1999b). Vence veszélyben. Hidrológiai Közöny, 79. évf., 3. szám, pp. 139-151.

Nagy L. (2018a). Az árvízvédelem szerkezeti módszerei. Hidrológiai Közöny 2018. 98. évf. 2. sz. pp. 13-19.

Nagy L. (2018b). Gátszakadások a Kárpát-medencében. Gátszakadások kialakulásának körülményei. OVF, p. 412, ISBN 978-5825-00-2.

Nagy L. (2019). Gátszakadások a Kárpát-medencében. A gátszakadások következményei. OVF, p. 565, ISBN 978-615-5825-01-9.

Szemelvények a vízgyűjtő-gazdálkodás magyarországi történetéből

Kozák Péter

Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság igazgatója, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karának főiskolai docense. (dr.kozakpeter@gmail.com)

Kivonat

A vízgazdálkodás hazai történetének egyik erőssége a tervszerűség. A cikk a nagy klasszikusok (Beszédes József, Vásárhelyi Pál stb.) munkáinak bemutatásától a vízgazdálkodási kerettervek koncepciójának ismertetésén keresztül a VKI szerinti vízgyűjtő-gazdálkodási tervek készítéséig mutatja be a szakterület – társadalmi, gazdasági és környezetvédelmi igények változásait figyelembe vevő – fejlődését. Az áttekintés segítheti a témával foglalkozó mai szakembereket abban, hogy korábbi korok tapasztalataiból építkezve, jelenkori feladataikat magasabb színvonalon végezzék el.

Kulcsszavak

Vízgyűjtő-gazdálkodás, stratégiai terv készítés, vízgazdálkodási keretterv, Víz Keretirányelv, integrált vízgazdálkodás.

Extracts from the history of river basin management in Hungary

Abstract

One of the strengths of the history of water management in Hungary is planning. From the presentation of the works of the great classics (József Beszédes, Pál Vásárhelyi, etc.) through the presentation of the concept of water management framework plans to the development of Water Framework Directive required river basin management plans the paper introduces the historical development of this special water management field, taking into account the changes of social, economic and environmental needs. The overview can help today's professionals to build on the experience of past times, to perform their current tasks to a higher standard.

Keywords

River basin management, strategic planning, water management master plan, Water Framework Directive, integrated water resources management.

BEVEZETÉS

A vízgyűjtő hidrológiai értelmezése azt a területet jelenti, amelyről a csapadék egy helyre gyűlik. A vízgyűjtő-gazdálkodás – jelenleg – nem szerepel a szótárakban. Habár az értelmező szótárban nem szerepel, mégis a napi gyakorlatban azt azon tevékenységhez kapcsoljuk, amely során vízgyűjtőink állapotát egy meghatározott cél érdekében megfelelő állapotba hozzuk, illetve tartjuk. Ez a feladat a vízügyi tevékenységek szerves része. Azon felismerés, hogy a társadalom által megfogalmazott elvárások alapján gazdálkodjunk vízgyűjtőinkkel nem új keletű akár a hazai, akár a nemzetközi vízgazdálkodás gyakorlatában.

A vízgazdálkodási tevékenység nem korlátozható csak a vízzel közvetlenül kapcsolatban lévő feladatokra, nem értelmezhető a vízgyűjtőtől függetlenül. A vizek akár a felszínre, akár a felszín alatt elhelyezkedők, „önmagukban” nem képesek állapotuk megváltoztatására, csak a vízgyűjtőről – a természeti és antropogén környezetből – érkező hatások eredményeképpen javulhat, illetve romolhat állapotuk. Felhasználhatóságuk függ állapotuktól, azonban állapotuk a vízgyűjtőn végbemenő változások függvénye. A hatás – amely jelentheti a mennyiségi és/vagy minőségi jellemzők megváltozását – bekövetkezhet rövid idő alatt, mint például a hegyvidéki villámárvizek során vagy igénybe vehet hosszabb időszakot, mint például a felszín alatti vizek vízminőségi állapotának megváltozása. Szinte minden esetben a vizekben végbemenő változások kapcsolatba hozhatók valamely, a vízgyűjtőn bekövetkező hatással. A gyakorló mérnök számára a vizekkel kapcsolatos igények kielégítése során a vízgyűjtőről érkező kedvezőtlen következményekkel járó hatások megelőzése, illetve

mérséklése a cél. Ebben a tevékenységben nélkülözhetetlen a vízgyűjtő részletes feltárásából származó ismeretanyag. A hangsúly a vízgyűjtőn egykor működő és napjainkban is fennálló vagy azok jövőbeni változását feltételező hatásmechanizmusok feltárásán van. A vízgyűjtőkön működő hatásmechanizmusok megismerése és azok jövőbeni alakulásának befolyásolása rendkívül összetett feladat. Ennek megoldásához sokszor a vízgazdálkodás eszköztárában önmagában elégtelen, hiszen a vízgyűjtők állapotának megőrzése és fejlesztése csak a területfejlesztés eszköztárával válhat teljessé.

Magyarországon a vízgyűjtőkre kiterjedő regionális tervezés szükségessége már a XIX. század első évtizedeiben felmerült. Számos nagyszerű mérnök ismerte fel annak szükségességét, hogy a társadalmi-gazdasági elvárások kielégítésére vízgyűjtők szintjén tárják fel a vizekben rejlő erőforrásokat, illetve azokkal kapcsolatos fejlesztési lehetőségeket. Ezen tevékenység nem kizárólag magyar sajátosság, hiszen fontos megemlíteni, hogy a hazai vízgyűjtő tervekkel párhuzamosan a kor külföldi mérnökei is hasonló fejlesztési terveket dolgoztak ki, valószínűleg egymás tapasztalataira alapozva.

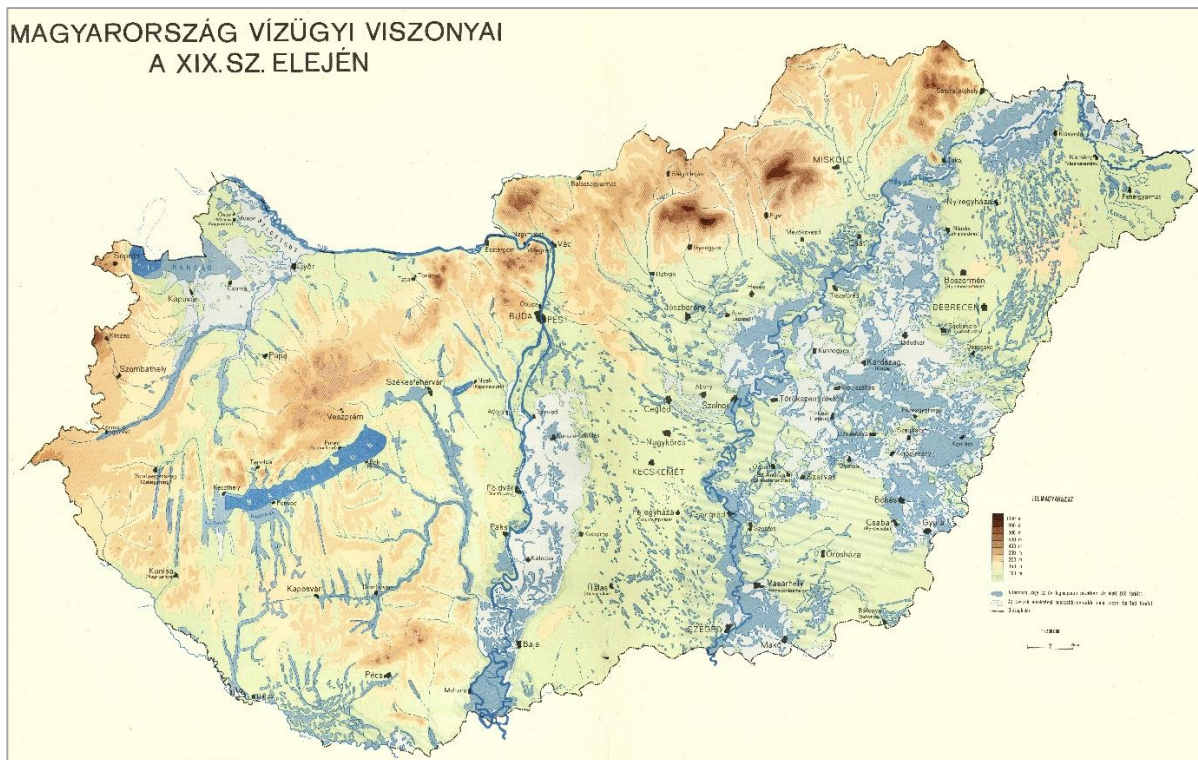
A KEZDETEK

A magyar vízgazdálkodás történetében az elsők között fogalmazta meg vízgyűjtőkre alapozott fejlesztési elképzeléseket fontosságát Beszédes József *A Magyarországi hidrotechnikából próbául* című kötetében fogalmazza meg a nemzeti szintű vízgazdálkodási szemlélet fontosságát: „Országos hidrotechnikával még egy nemzet sem díszeskedik, ámbar ez okvetlen szükséges tudomány egy

mívelt ország vizeire nézve, nehogy azok regulatiojában ideoda dolgoztatván: azaz minden tekintet nélkül az egészre, később egyik munka a másiknak akadályává legyen.” A vízgyűjtő-szemlélet szemléletes megfogalmazását közli művében: „Midőn gömbölyeg földünknek színéből olyan darabot vizsgálat alá veszünk, mellyből a hó-, eső-, és forrásvizek mindenfelől öszvejönnek egy nagy elfogadó folyóba, ennek eredetétől elfogadójáig (recipiens) vagyis a vízfőtől a víztőig, akkor vizsgálat alá vettük azon folyót nemző vidéket (area generans fluvii)” (Beszédes 1831).

Amennyiben a vízgyűjtők társadalmi igények szerinti megváltoztatását tekintjük a vízgyűjtő-gazdálko-

dás lehangsúlyosabb részének, akkor a hazai vízszabályozásokkal kell kezdeni a tevékenység történetiségének áttekintését. A magyarországi vízgazdálkodás történetében az 1840-es években megkezdődött szabályozási munkák tervezése kezdi meg az első regionális szintű tervezési folyamatot, mely a társadalom által megfogalmazott gazdasági igény kielégítését valósította meg. Az ekkor Európában fennálló gabona kereslet kielégítésére fogalmazódott meg a társadalmi/gazdasági elvárás, hogy az alföldi folyók szabályozásával növeljék meg a mezőgazdasági termelésbe fogható területet (1. ábra).



1. ábra. A XIX. század elejének viszonyait mutató vízrajzi térkép a mai Magyarország területére (Forrás: OVF 1964)
Figure 1. Hydrographic map of the current territory of Hungary at the beginning of the XIX. century (Source: OVF 1964)

Az elkészült tervek széleskörű szakmai és a kor viszonyaihoz képest széleskörű társadalmi véleményeztetést követően kerültek megvalósításra. Habár kidolgozásukkor és főleg azt követően akár több mint 100 év múlva is számos kritika fogalmazódott meg a tervekkel kapcsolatban, azt mindenféleképpen fontos megállapítani, hogy a Vásárhely Pál (2. ábra) irányításával kidolgozott terv az akkor megfogalmazott társadalmi elvárást kielégítette, növelte a termőterületek nagyságát, a gabonatermelésbe vonható területeket, ezáltal az érintett területek gazdasági potenciálja megnövekedett.

A VILÁGHÁBORÚK KÖZÖTT

A vízgyűjtők regionális szintű fejlesztésének igénye és használatuk szükségességének felismerése a mérnökök részéről vezetett oda, a társadalmi fejlődéssel együtt, hogy a vízgazdálkodással kapcsolatos tervezési feladatok súlyponti kérdéssé váltak. A vízgazdálkodás regionális szinten történő tervezését Magyarországon Sajó Elemér (3. ábra) *Emlékirat vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában* című munkájában foglalja össze (Sajó 1931). Sajó Elemér munkájában,

mintegy 100 évre visszatekintve, részletesen áttekintette a gróf Széchenyi István kezdeményezésére megindult vízszabályozási munkák eredményeit, és azok alapján határozta meg a jövőbeni fejlesztési irányokat. Sajó idején a fejlődés gazdasági szükségessége mellett meg kellett határozni a megváltoztatott államhatárok miatt szükséges vízgazdálkodási intézkedéseket is.

A tervekészítés során az elsődleges szempontként a *felgyorsult gazdasági fejlődéshez, kellően rugalmasan idomuló tervezés* fontosságára hívta fel a figyelmet. Kiemelte, hogy a terv keret jellegére kell a hangsúlyt helyezni, és csak annyit kell tartalommal megtölteni, amennyi „a várható legkisebb igényeknek” megfelel. Ezen tervezési metódussal biztosítható a külső körülményekhez igazodó kellő rugalmasság. A *kidolgozott terveknek igazodniuk kell a gazdasági és pénzügyi környezet jövőbeni megváltozásaihoz*, hogy a tervezett beavatkozásokat – a pénzügyi keretek függvényében – tervezetten lehessen csökkenteni. De azon esetekre amikor többlet források nyílnak meg, is rendelkezünk tervekkel a jövőbeni beavatkozásokra. A

megvalósításra javasolt tervek közül a legnagyobb gazdasági hasznot eredményező megvalósítását kell előtérbe helyezni.



2. ábra. Vásárhelyi Pál (Forrás: Barabás Miklós litográfia)
Figure 2. Portrait of Pál Vásárhelyi (Source: Lithography by Miklós Barabás)



3. ábra. Sajó Elemér (Forrás: <https://vizmerce.blog.hu/vizmerce.blog>)
Figure 3. Portrait of Elemér Sajó (Source: <https://vizmerce.blog.hu/vizmerce.blog>)

Az értekezés kitért arra, hogy a beruházások megvalósításához illeszkedő jogi környezet is alapfeltétele az eredményességnek. Tekintettel arra, hogy a vízügyi fejlesztések időigényesek, azok megvalósítási időtartamához illeszkedő jogi környezet szükséges. Fontosnak tekintette a társadalom bevonását a beruházások megvalósításába oly módon, hogy differenciálja a feladatok végrehajtását. Megállapította, hogy a nagyobb folyók szabályozását az állam hajtja végre, míg az ármentesítési és belvízrendezési feladatokat az érdekeltek körébe rendeli. A felmerülő tervezési feladatok végrehajtásával kapcsolatosan javasolta a vízügyi szolgálat belső tervezői állományának fejlesztését, egyrészt az azonnali tervezési feladat végrehajtására, másrészt olyan speciális tervezési feladatokra, amelyekre alkalmas kapacitás külső erőforrásból nem vehető igénybe.

Az árvízmentesítés és a belvízrendezés tekintetében felhívta arra a figyelmet, hogy ahol a helyi érdekeltek szerveződése nem alkalmas a szükséges feladatok végrehajtására, ott az államnak kell a munkálatok megkezdésére lépéseket tenni. Továbbá az akkor már koros, 50-70 éves műtárgyak műszaki felülvizsgálatának mielőbbi megkezdését szorgalmazza.

A folyamszabályozási munkák vonatkozásában a beruházások végrehajtásához szükséges további pénzügyi források biztosítását tekintette prioritásnak.

A víziutak fejlesztésének fontosságát külön fejezetben vizsgálta. Párhuzamban vizsgálta a vízi közlekedést a vasúti közlekedéssel. A víziút fejlesztésénél felhívta a figyelmet arra, hogy gazdaságosabban fejleszhető, mint a vasút. Ugyanakkor kiemelte, hogy számos korábbi fejlesztés megvalósítása során a két szállítási módot nem egymást kiegészítő megoldásokkal, hanem egymás kárára fejlesztették. Megállapította, hogy a két szállítási mód összekapcsolása esetén a kihasználtság és a hatékonyság fokozható az egymásra épülő szállítási tarifák alkalmazásával. Német példán levezetve elemezte a vízi szállítás és a víziutak fejlesztésének előnyeit, kihangsúlyozva annak fontosságát, hogy a vízi és a vasúti szállítás alkalmazása során ki kell használni a kétféle szállítási mód előnyeit és törekedni kell azok kombinálására a gazdaságosság és a hatékonyság növelésének érdekében. A víziutak használata és fejlesztése érdekében összevetést közöl a vasúti közlekedés költségével, mely alapján megállapította, hogy a vízi szállítás költsége negyede a vasúti szállításénak. Megfogalmazta, hogy a víziutakon törekedni kell a 1000-2000 tonnás hajók alkalmazására, a hatékonyság fokozása érdekében. A gazdasági fellendülést két alappillérre helyezte: a vízi szállítás fejlesztésére és az öntözött területek növelésére. Prioritásként fogalmazta meg a Duna-Tisza csatorna megépítését, elsődlegesen a vasúti szállításhoz viszonyított kedvezőbb szállítási költségekre alapozva, kiemelve a beruházási és üzemeltetési költségekben jelentkező eltéréseket. Elemezte a balatoni hajózás fejlesztésének feltételeit és megállapította, hogy a térség fejlődésének érdekében a balatoni kikötők fejlesztésén túlmutatóan fontos a Sió folyamatos hajózhatóságának biztosítása. Szorgalmazta hazai Hajózási egyesület létrehozását, amely szervesen kapcsolódjon be a Közép-európai hajózási szakmai szervezetbe.

A vízérőhasznosítással kapcsolatban megállapította, hogy bár a korábban nagy potenciállal rendelkező telepek az országhatáron kívül kerültek az I. világháborút követően, a megmaradt hazai lehetőségek kihasználása gazdaságos, főleg a kisesésű erőművek alkalmazásával.

Az öntözés fejlesztését a gazdasági fejlődés alapjaként azonosította. Részletesen vizsgálta, hogy milyen alternatívák vannak az öntözés kiváltására és megállapítja, hogy öntözés hiányában nem biztosítható a fenntartható gazdasági fejlődés. Az öntözés elterjesztésével kapcsolatos korábbi sikertelenségét két tényezőben nevesítette. Egyrészt az öntözési társulatoknak az ár- és belvízmentesítő társulatoktól eltérő hitelfelvételi környezetében nevezte meg a probléma okát, hiszen annak tagja a társulat által felvett hitelekért a magánföldtulajdonával felel (ingatlan-nyilvántartási széljegy formájában). A sikertelenség másik okaként azt a körülményt nevesítette, mely szerint a gazdának az öntöző társulat a telekhatáráig vezeti a vizet, onnan a birtokon belüli vízkormányzó műveket és a vízkormányzást a földtulajdonosnak kellett megépíteni, illetve üzemeltetni. Ehhez a gazdák jelentős része nem rendelkezett kellő tőkével, illetve szaktudással. Megoldási lehetőségként állami irányítás alatt álló öntöző mintautemek létrehozását (a mezőhegyesi és a bábolnai példákra alapozva), illetve a szakemberképzés mielőbbi megindítását javasolta, összekapcsolva az öntöző mintatársulatok fejleszté-

sével. Kihangsúlyozva annak fontosságát, hogy az állam csak azokban az esetekben kezdeményezze az öntözőrendszerek fejlesztését, amelyekben az érintettek összefogása és a kellő szaktudás már helyileg rendelkezésre áll, mert ellenkező esetben az öntözésfejlesztésekben bekövetkező kudarc hosszútávon bekorlátozhatja a gazdák öntözési kedvét. Öntözési célként a takarmánynövények termesztését, illetve a rizstermesztést határozza meg. A takarmánynövények esetében az öntözés a hazai piac igényeinek kielégítését, míg a rizstermelés vonatkozásában a jelentős import kiváltását prognosztizálta.

A fejlesztési célok között szerepel a halászat. Halastavak számára a vizek kártételei alól mentesített, csekély termőhelyi adottságú területeket javasolta, és ösztönözte a működő halgazdaságok termelékenységének fokozását.

További feladatként írta le a szikesek termőképességének növelését, az alagszövezések növelését, és a dombvidéki vízfolyások rendezését.

A fejlesztések fontos területeként azonosította a közegészségügyi mérnök szolgálatot, a vízrajzi szolgálat fejlesztését, valamint a folyószabályozási munkálatokhoz szükséges modellkísérleti telep megvalósítását.

A vízimunkálatokban megszerzett tapasztalatok rendszerezésére és közzétételére központi kiadványként a Vízügyi Közlemények terjedelmének növelését javasolta.

A tervezett kivitelezési feladatok egy részének végrehajtására „saját erőforrásokat”, valamint a folymmérnöki és a kultúrmérnöki hivatalok bevonását javasolta. A kivitelezési munkálatokhoz javasolta a kikötőbiztoságok állományába került építőgépek használatát, illetve az állami irányítás alá tartozó kőbányákat. Szintén a kivitelezési feladatok gyorsítására javasolta, hogy műszaki altiszti, víz-mesteri képzés kerüljön újra megindításra (az 1879-ben megindított képzés folytatásaként).

Sajó Elemér korszakalkotó munkájának megállapításai a jelenkorban is aktuálisnak tekinthetők.

Trummer Árpád és Lászlóffy Woldemár 1937-ban publikált tanulmányukban (*Trummer és Lászlóffy 1937*) a megváltoztatott államhatárok miatt a vízgazdálkodási fejlesztések súlypontjának megváltoztatására hívják fel a figyelmet. A természeti adottságok megváltozásával a gazdaságban az ipar korábbi jelenléte lecsökkent, így a mezőgazdaság szerepe megnövekedett. Ez az öntözés fejlesztését teszi szükségessé. A jogi környezet alapvetően azt a célt szolgálta ki, hogy minden rendelkezésre álló víz(készlet) felett az állam gyakorolja a rendelkezési jogot. A vízhasználatokra vonatkozó engedélyek kiadása és ellenőrzése vármegyei hatáskörben volt, hiszen a leghatékonyabban így lehetett az állami irányítást működtetni.

A tanulmány kiemelte a vízmosások megkötésének és az erózió csökkentésének szükségességét. A magas talajvízszintű területek vonatkozásában a korábbi, a terület birtokosára bízott döntés helyett, amennyiben országos érdek állt fenn, állami kezdeményezésre volt megindítható a terület lecsapolása, oly módon, hogy a költségek viselésébe az érdekeltek is bevonhatók voltak.

Az ármentesítést, a belvízrendezést és a lecsapolást a területileg érdekeltek feladatába utalták, és ezen feladat végrehajtására területi alapon megalapított társulatokat hoztak létre és működtettek. A szervezet fölött mind szakmai, mind pénzügyi szempontból az állam gyakorolt felügyeletet.

Az aktív vízgazdálkodási elemek közül a tanulmány a víziutak fejlesztésének szükségességét és ehhez kapcsolódóan a hajózás és a vízi áruszállítás igénybevételének fokozását hangsúlyozta. A vízhasznosítás tárgykörében kiemelte, hogy az ország határainak megváltoztatása miatt a mezőgazdaságra megnövekedett szerep hárul a gazdaságban, így annak fejlesztése fontos közügy. A vizek hasznosításának másik fontos ágaként azonosította a halastavi halgazdálkodás és a folyami halászat fejlesztését. Szintén a természeti adottságokkal kapcsolatosan emelte ki a kedvezőtlen talajadottságú, szikes területeken folytatott vízgazdálkodási gyakorlat fontosságát, hiszen csak így vonható be a gazdaság élénkítésébe ezek az alapvetően csekély termőhelyi adottságokkal rendelkező területek. A vízhasználatok közül az ipari vízhasználatok visszaszorulását, míg az egészségügyi (közüzemi) vízhasználatok esetében az ivóvízellátás fejlesztés mellett a szennyvizek elvezetésének fontosságát is hangsúlyozta a tanulmány.

A vízgűjtőkre kidolgozott, tervszerűen összefoglalt fejlesztési elképzelések nem tekinthetők hazai különlegességnek, hiszen a kor mérnökei szívesen tekintettek túl az országhatárokon és az ottani kedvező tapasztalatokat adaptálták hazai gyakorlatukba, illetve a kor külföldi mérnökei is sok pozitív példát emeltek át saját munkáikba. A vízgűjtők tervezésével, gazdálkodásával kapcsolatos külföldi gyakorlatok szorosan kapcsolódtak a politikai környezethez, melyet Csermák Béla *A regionális vízgazdálkodási tervezés* című tanulmányában összefoglalóan mutat be (*Csermák 1954*). A Szovjetunióban már 1933-ban rögzítették a vízgazdálkodási mérlegen alapuló komplex tervezés alapjait a balti államok IV., Leningrádban megtartott Hidrológiai Konferenciáján. Németországban az 1930-as évek második felében megkezdődtek azon tervezési feladatok végrehajtása, amely tervszerű vízgazdálkodás gyakorlati alkalmazásának feltétele volt. Ausztria már az első világháború előtt elkészítette vízerőkataszterét, amely a későbbi fejlesztések fontos alapdokumentuma volt.

A II. VILÁGHÁBORÚT KÖVETŐ ÉVEK

A második világháborút követően részben a korábbi hazai tapasztalatokra alapozva, részben pedig a politikai elvárásokban megfogalmazott tervgazdálkodási kényszer miatt megkezdődött a Vízgazdálkodási Kerettervek kidolgozása. Ezekkel kapcsolatban a gazdaság fejlesztéséhez szükséges vízgazdálkodási háttér és az igénybe vehető készletek feltárása fogalmazódott meg társadalmi elvárásaként.

A vízgűjtő-gazdálkodással kapcsolatban fejtette ki álláspontját Rajczi Kálmán (*4. ábra*) *Az Országos Vízügyi Főigazgatóság feladatai az új kormányprogram keretében* című elemzésében. Első feladatként az országos vízgazdálkodási keretterv befejezését nevesítette. A keretterv alapján tervezték vizsgálni, hogy a fejlesztés során a Tisza völgy vízmérleg-egyensúlyának biztosításához milyen sorrendben, milyen műszaki intézkedések szükségesek.

Rajczi azonban nem ítélte elégségesnek csak a vízmérleg egyensúlyának biztosítását. A fejlesztésnél az egyéb területi lehetőségek figyelembevételét is hangsúlyozta. Ehhez kapcsolódóan felülvizsgálatot javasolt a még a Földművelésügyi Minisztérium által öt tájegységre elkészített komplex mezőgazdasági vízhasznosítási tervekhez vonatkozóan is (Rajczi 1954).



4. ábra. Rajczi Kálmán az Országos Vízügyi Főigazgatóság első vezetője (Forrás: www.ovf.hu)

Figure 4. Kálmán Rajczi, the first Director General of the General Directorate of Water Management (Source: www.ovf.hu)

A tervezési kérdések mellett igazgatásszervezési kérdéseket is felvetett. Az államosított víztársulatok működésével kapcsolatban kritikával illette az érdekeltekkel való kapcsolattartás elmaradását. A vízügyi szerveink súlyának megalapozását igen sürgős és fontos feladatként írta le, a mezőgazdaság fejlesztéséről szóló kormányhatározat végrehajtásához kapcsolódóan. A mezőgazdasági termelés fejlesztéséhez szükséges vízgazdálkodási intézkedéseket az alábbiakban határozta meg: 1. Ár- és belvízveszély esetén a személy szerinti közvetlen felelősség fokozása; 2. Helyes vízgazdálkodással a talaj termőerejének megőrzése és fokozása; 3. Rizstermelés fokozása; 4. Halastavak építése; 5. Aktív vízgazdálkodási beruházások megvalósítása; 6. Ipari- és ivóvízszolgáltatás, csatornázás, víziközelkedés, vízienergia nyeres.

Hazánkban vízkészletgazdálkodási tervezési módszertan került kidolgozásra, melyre alapozva az ország területére vonatkozó regionális kerettervek kidolgozása indult meg. Elsőként néhány súlyponti iparvidékre került kidolgozásra az Országos Vízgazdálkodási Hivatalban Mosonyi Emil irányításával (5. ábra).



5. ábra. Dr. Mosonyi Emil (Forrás: www.hidrologia.hu)

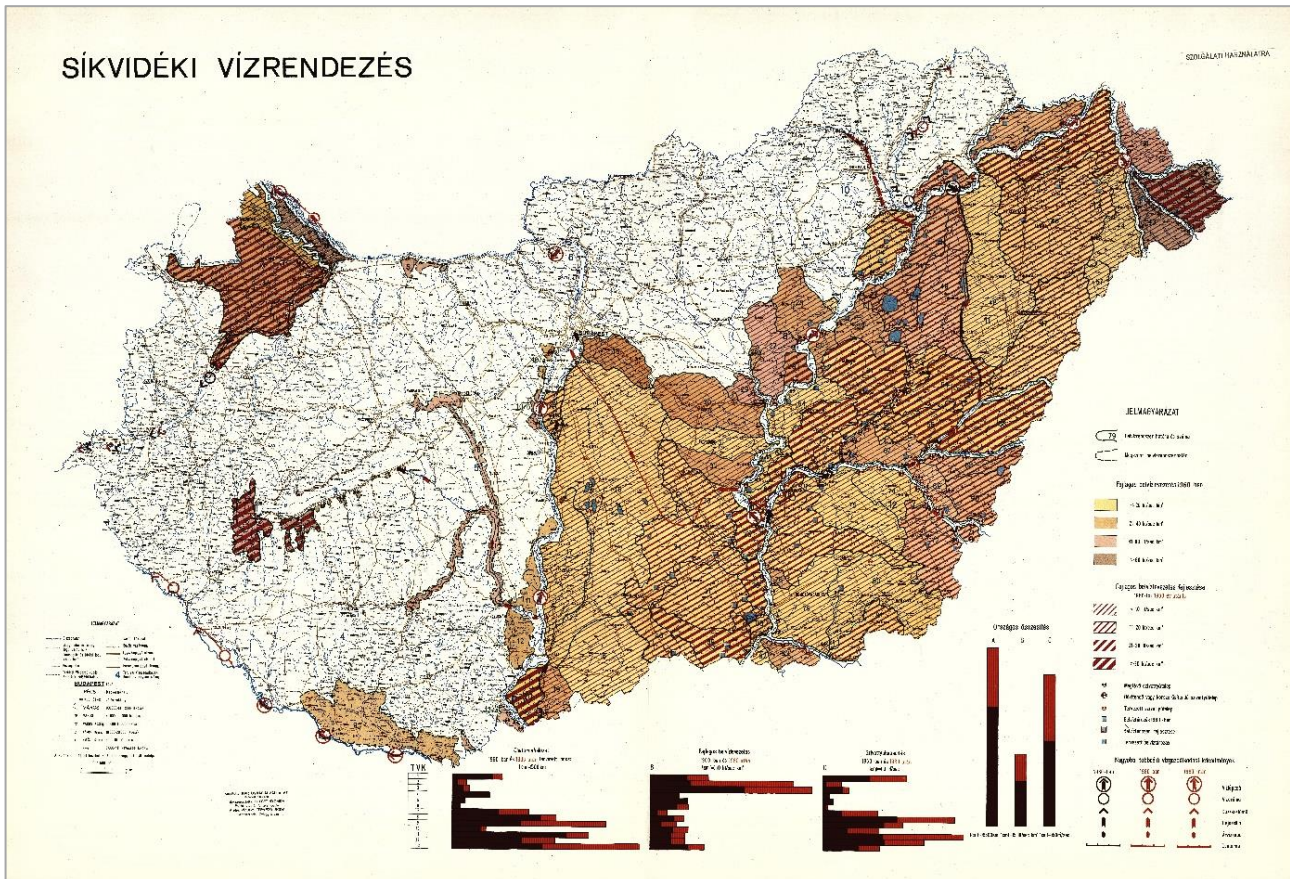
Figure 5. Portrait of Dr. Emil Mosonyi (Source: www.hidrologia.hu)

A gondos tervezési munka eredményeként 1964-ben jelent meg az első, az ország teljes területét lefedő Országos Vízgazdálkodási Keretterv az Országos Vízügyi Fő-

igazgatóság gondozásában (OVF 1964). A tervdokumentáció térképi formátumban feldolgozva mutatta be hazánk vízgazdálkodási állapotát, elsődlegesen vízkészlet-gazdálkodási megközelítésből, de szakterületi bontásban rendkívül értékes vízminőségi jellemzőkre alapozott elemzésekkel kiegészítve. A dokumentáció elsődlegesen a rendelkezésre álló készletek állapotát mutatta be. A feldolgozások az alábbi tematikai bontásban kerültek publikálásra:

- A talaj- és a víz mennyiségi, minőségi kapcsolata. A talajok vízgazdálkodási tulajdonságai külön térképen kerültek feldolgozásra a hozzáférhető öntözővizek minőségével (sótartalom).
- Talajeróziós viszonyok.
- Csapadék-, hőmérséklet- és szélviszonyok, meteorológiai állomáshálózat.
- Hidrológiai észlelőhálózat.
- Felszíni vízkészletek a folyók és vízfolyások esetében. Az igénybe vehető vízkészletek a tényleges időszerű mértékadó kisvízhozam értékével ($Q_{80\%}$ augusztus) jellemezve.
- A felszíni vizek sókoncentrációja és nátriumszázaléka.
- Felszíni vizek minősítése általános közegészségügyi szempontból. A felszíni vizeket négy szennyezettségi kategóriába sorolva ábrázolva.
- Talajvíztérkép. A talajvíztükör átlagos terep alatti mélysége került bemutatásra.
- Talajvízkészlet. Feltüntetésre került a felszíni vízvezető réteg típusa, a tájegységek talajvízforgalma, illetve az áramlásban résztvevő dinamikus talajvízkészlet.
- Hasznosítható réteg- és karsztvizek. A hasznosítható fajlagos értékkel jellemezve.
- Ásvány-, hév- és gyógyvizek. Az igénybe vehető vízádók elhelyezkedésével jellemezve.
- Árvízmentesítés, árvízvédelem, folyók és tavak szabályozása. A meglévő védelmi művek és az 1980-ig tervezett fejlesztések feltüntetésével jellemezve.
- Síkvidéki vízrendezés (6. ábra). Feltüntetésre került a belvízlevezetés fajlagos értéke az 1960. évi állapotnak megfelelően, illetve az 1980-ig előirányzott elvezetési fejlesztés, valamint az 1980-ig és az azt követő évekre előirányzott többcélú vízgazdálkodási létesítmények.
- Hegy- és dombvidéki vízrendezés. Feltüntetésre kerültek a fokozottan talajvédelemre szoruló területek, illetve az 1960-ig befejezett és az 1980-ig előirányzott vízfolyás rendezések.
- Öntözés, halászati vízhasznosítás. Feltüntetésre kerültek az alkalmazott öntözési technológiák, illetve az igénybe vett vízforrások.
- Ivó- és ipari vízellátás.
- Települések és ipartelemek csatornázása. Feltüntetésre kerültek a folyók, vízfolyások szennyezettségi kategóriái, a meglévő és a távlatilag üzembe lépő ipari és kommunális szennyvízbevezetések, valamint az 1960. évi állapotnak megfelelő meglévő és tervezett szennyvíztisztítótelepek.

- Vízérőhasznosítás. Víziutak és kikötők.
- Vízirtás, vízparti üdülés, fürdés, vízisportok és természetvédelem. Ásvány-, gyógy- és hévizek hasznosítása.
- Vízmérleg a felszíni vizekre.
- Vízmérleg a talaj- és partiszűrészű vizekre.
- A karszt- és rétegvizek vízmérlege.
- Összefoglaló vízmérleg.
- Vízmérleg a felszíni vizekre, 1980. évi állapot. *Prognosztizált.*
- Vízmérleg a talaj- és partiszűrészű vizekre, 1980. évi állapot. *Prognosztizált.*
- Vízmérleg a karszt- és rétegvizekre, 1980. évi állapot. *Prognosztizált.*
- Összefoglaló vízmérleg, 1980. évi állapot. *Prognosztizált.*



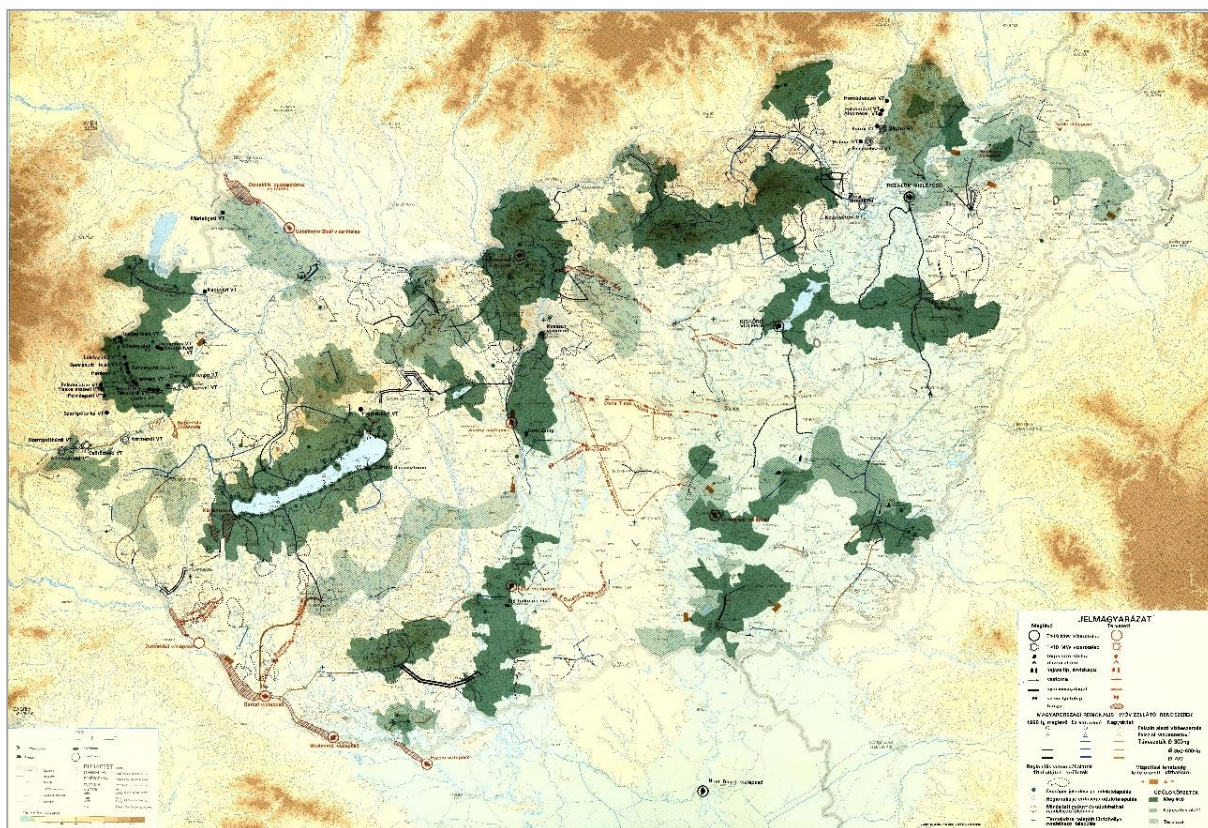
6. ábra. Síkvidéki vízrendezés tematikus térképe (Forrás: OVF 1964)
Figure 6. Thematic map of the drainage systems (Source: OVF 1964)

A közölt feldolgozásokról elmondható, hogy jellemzően a vízállapotok komplex jellemzését mutatták be és szakterületenként a vízminőségi paraméterek is feltűntetésre kerültek. A feldolgozások többsége az 1960. évi állapotoknak megfelelő helyzetet jellemezte a felszíni és a felszín alatti vizek vonatkozásában, illetve az 1980-ig, valamint későbbi időszakokra vonatkozó összegzések bemutatásával prognosztizálták a vízállapotok jövőbeni alakulását.

A vízgazdálkodási kerettervezés első szakaszának lezárása 1980-ra volt prognosztizálva. A tervezett fejlesztések megvalósulásának áttekintésére, illetve a szükséges további fejlesztési feladatok megfogalmazására az Országos Vízgazdálkodási Keretterv felülvizsgálatára és közzétételére született döntés, aminek eredményeként 1984-ben az Országos Vízügyi Hivatal kiadásában megjelent a felülvizsgált terv (OVH 1984).

A fejlesztések során igénybe vehető vízkészletek vizsgálatát és annak eredményeit a keretterv az alábbi tartalmú térképmelléleteken mutatta be:

- A felszíni vizek összefoglaló jellemzése. *A mértékadó felszíni vízmércékre vonatkoztatva tartalmazta az adott szelvény sokéves csapadék és lefolyás adatait, továbbá a folyami mértékadó vízmércékre a $NQ_{1\%}$, $KÖQ$, KKQ vízhozam értékeket.*
- A felszín alatti vízkészletek és vízbeszerzési lehetőségek. *A megengedett maximális területi terhelés és a kút kapacitás alapján kategorizálva 5 osztályra.*
- Hévízkészletek és vízbeszerzési lehetőségek.
- A felszín alatti víztermelés fejlesztési lehetőségei.
- Árvízvédelem. *Az ártéri öblözetek határainak feltüntetése, a szabályozott és szabályozásra kijelölt folyószakaszok feltüntetésével.*
- Síkvidéki vízrendezés.
- Mezőgazdasági vízhasznosítás.
- Települések víziközmű ellátottsága.
- Ipari vízgazdálkodás.
- Nagytársági és regionális vízellátási rendszerek (7. ábra).



7. ábra. Nagytérségi és regionális vízellátási rendszerek. (Forrás: OVH 1984)
 Figure 7. National and regional water distribution systems (Source: OVH 1984)

A fejlesztések megalapozásának elősegítésére további 53 mellékletben közlésre kerültek a folyók és a kiemelt vízfolyások vízhozam-nomogramjai, illetve tározási nomogramjai.

A dokumentáció még kevesebb konkrét vízgazdálkodási célú fejlesztést tartalmazott, mint az 1964. évi keret-terv. Elsődlegesen a készletek és azok változása került feldolgozásra. Továbbá, szakterületi bontásban, a fejlesztésre szoruló területek kijelölését tartalmazta.

A vízgazdálkodási kerettervek 1964. és 1980. évi kiadásai alapvetően a rendelkezésre álló készletek feltárását és bemutatását valósították meg. Mindkét munka esetében az előirányzott gazdaságfejlesztési intézkedések vízgazdálkodási hátterének feltárása volt a cél. Habár az 1964. évi tanulmányban a felszíni vizek vízminőségi jellemzői közül a legjelentősebbek feldolgozásra kerültek, addig az 1984. évi már nem tartalmazta az ilyen jellegű feldolgozásokat.

A vízgazdálkodási tervezés szükségessége a 1990-es évek második felében ismét az érdeklődés középpontjába került. Nemzetközileg is elismert tervezési irányelv került kidolgozásra. Az ország területén 33 tervezési egységet jelöltek ki, melyek közül kiválasztott hétnek 1997-1998 között kidolgozták a vízgyűjtő-gazdálkodási tervét. A tervekben részletesen bemutatták a vízgyűjtők természeti, társadalmi és gazdasági viszonyait. Feltárták az érvényben lévő fejlesztési tervekben a területre meghatározott célokat és feladatokat szakterületi bontásban:

- környezeti feltételek,
- természetvédelmi feltételek,

- területfejlesztési feltételek,
- vízgazdálkodási és vízkészletgazdálkodási feltételek,
- vízkárelhárítási feltételek,
- nemzetközi vízgazdálkodás.

A megfogalmazott problémákat széleskörű közigazgatási egyeztetések, szakértői és lakossági fórumokon összegyűjtött tapasztalatok alapján állították sorrendbe. A problémák megoldására javaslatokat forgalmaztak meg, melyekben megnevezték az abban illetékes és közreműködő szervezeteket, területi kiterjedést, az intézkedéssel kapcsolatban feltárt előnyöket és hátrányokat.

MAGYARORSZÁG, MINT AZ EURÓPAI UNIÓ TAGJA

A vízgyűjtők tervszerű fejlesztésével, a vízgyűjtő-gazdálkodással kapcsolatban a társadalmi elvárások az 1990-es években nem indukáltak az átfogó tervezési feladatok folytatását. A vízgyűjtők átfogó vizsgálatával kapcsolatos következő impulzus Nyugat-Európából érkezett, hiszen az 1990-es évek második felétől az Európai Unió tagállamai részéről megfogalmazódott az elvárás, hogy közös, koherens és integrált jogszabályi keret álljon rendelkezésre, hogy azonos platformon lehessen kezelni a vízminőségromlást, a vízi ökoszisztémák csökkenését, a vízhiányok okozta növekvő problémákat, hogy a tagországokban a közös források felhasználásával végrehajtott fejlesztések eredményei összevethetőek legyenek. Mivel a vízgyűjtők állapota leghatékonyabban az ott található víztestek állapotában követhető nyomon, így a tagországok közreműködésével kidolgozták és hatályba léptették a Víz Keretirány-

elvet (VKI 2000). Hazánk Európai Unió tagásával kapcsolatban kötelezettséget vállalt ezen jogszabályban megfogalmazottak teljesítésére, valamint végrehajtásához szükséges jogszabályok megalkotására. A jogszabály rögzítette valamennyi tagország – így hazánk számára is – hogy határozza meg a vízfolyások, állóvizek és felszín alatti vízadók megfelelő állapotának eléréséhez milyen intézkedések végrehajtására van szükség. Az intézkedések hatásainak folyamatos nyomon követését is biztosítani kellett a vízgyűjtőn. A tervezési ciklus 6 éves, melynek végén a kitűzött célállapotokról jelentés formában kellett tájékoztatást adni. A célkitűzések valamennyi tervezési ciklusban a víztestek „kiváló” vagy „jó ökológiai” állapotának elérését határozták meg. A jogszabály a tagországok hatáskörébe utalta a szükséges intézkedések meghatározását, melyekről vízgyűjtő-gazdálkodási tervet kellett készíteni. Az első tervezési ciklus 2010-ben záródott. A kidolgozott tervek eredményeként a kitűzött célállapotok elérését a tagországok számára meghatározott ütemterv szerint 2015-re kellett (volna) megvalósítani. A második tervezési ciklus 2015-ben, míg a harmadik ciklus 2021-ben kerül lezárására.

A hazai vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési folyamatában rendkívül fontos lépés volt, hogy elkészültek az EU Víz Keretirányelv szerinti vízgyűjtő-gazdálkodási tervek, amelyek tartalmazták mindent, ami a vizek jó állapotba helyezéséhez és jó állapotának megőrzéséhez szükségesek. Azonban ezek a tervek nem foglalkoztak a társadalmi és gazdasági célkitűzések teljesítéséhez szükséges vízgazdálkodási jellegű feltételek biztosításával. Ezen elvárásnak a VKI szerinti vízgyűjtő-gazdálkodási terveken túlmutató integrált tervek keretében meghatározott intézkedésekkel kell eleget tenni (GWP 2015). Ennek értelmében a vízgyűjtők tervezésének, a vízgyűjtő-gazdálkodási tevékenység következő lépése már az EU VKI elvárásain túlmutató, az érintett vízgyűjtő társadalmi és gazdasági célkitűzéseit is felölelő integrált vízgazdálkodási tervezési tevékenység.

Az integrált vízgazdálkodás gyakorlata hazánkban hosszú múltra tekint vissza. Már 1975-ben több mint 80 ország vízügyi vezetőinek részvételével az ENSZ és az Országos Vízügyi Hivatal „interregionális szemináriumot” szervezett a vízgyűjtőfejlesztések témakörében. Ezen jó gyakorlat továbbfejlesztését indukálja az integrált vízgazdálkodási tervezési tevékenység alkalmazásával kapcsolatos EU elvárás.

A gazdasági és a társadalmi célok kitűzésével és elérésükhöz szükséges intézkedések meghatározásával és végrehajtásával a VKI és ezzel összefüggésben a vízgyűjtő-gazdálkodási terv nem foglalkozik, mivel ezek a tagállamok hatáskörébe tartoznak. Az EU-tagállamoknak azonban alkalmazniuk kell az integrált megközelítést a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés, a települések, az energia, a turizmus, a klímadaptáció és a természetmegőrzés vízzel kapcsolatos érdekeinek összekapcsolása területén annak érdekében, hogy a környezeti, társadalmi és gazdasági célkitűzések eléréséhez ki tudják választani a legköltséghatékonyabb módozatot (GWP 2015).

A fentiekből látható, hogy a VKI alkalmazásából eredő tervezési „kényszer” a tagországok területére vonatkozó, de EU szinten megfogalmazott elvárások teljesítéséhez

biztosít jogi környezetet. Azonban ahhoz, hogy a VKI hatálya alá nem tartozó társadalmi és gazdasági elvárások is teljesüljenek, fontos, hogy a tervezési folyamat bővítésre kerüljön és integrálja azon elemeket is, amelyek a „jó környezeti állapotokon” túlmutatóan biztosítják a „jó társadalmi” és a „jó gazdasági állapotokat” a vízgyűjtő vonatkozásában.

Számos korábbi hazai és közelmúltban kidolgozott nemzetközi példa igazolja annak helyességét, hogy a VKI követelményeinek teljesítését ki lehet és kell terjeszteni a társadalmi és a gazdasági környezet állapotára. Már a 1990-es évek elejétől megkezdődtek azon integrált megközelítést alkalmazó vízgyűjtő-gazdálkodási/kezelési tervek/felmérések kidolgozása, amelyek során a vízgyűjtő állapotának feltárását (és az annak fejlesztését célzó intézkedések kidolgozását) környezeti állapotértékelésből kiindulva terjesztették ki a társadalmi/gazdasági környezetre. Ezen integrált megközelítés alkalmazása biztosította olyan kérdéskörök vízgyűjtő szintű vizsgálatát (pl. Tisza Integrált Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv), amelyek a VKI által nem kerülnek tárgyalásra, de vizsgálatuk nélkül nem alkotható teljes körű állapotjellemezés (pl. árvizek, belvizek és aszályok integrálása).

ÖSSZEFOGLALÁS

A bemutatott példák és a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés hazai gyakorlatának áttekintése alapján megállapítható, hogy a kiváló hazai gyakorlatok és az adott történelmi korok nemzetközi gyakorlatai kölcsönhatásban voltak/vannak és remélhetőleg lesznek a jövőben is. A vízállapotok megőrzésével, javításával kapcsolatos társadalmi igények jellemzően a gazdaság fejlesztésével kapcsolatosan kerültek megfogalmazásra. Már a korai tervezési gyakorlatokban szerepet kapott a vizek mennyiségének és minőségének megőrzése. A kidolgozott vízgyűjtő-gazdálkodási tervek valós hozadéka a megfogalmazott társadalmi igény megvalósulása, ami jelenthet akár víziút-hálózatfejlesztést, vízerő hasznosítást, termény hozamnövekedést a mezőgazdaságban, vagy vizes élőhely fejlesztést. A hatékony vízgyűjtő-tervezési folyamat elengedhetetlen feltétele a tervek kidolgozását megindító társadalmi igény. A vízgyűjtő-gazdálkodás nem cél, hanem „csak” egy hatékonyan alkalmazható eszközrendszer, mellyel a kiűzött célok/elvárások megvalósíthatók.

IRODALOMJEGYZÉK

- Beszédes József* (1831). Magyarországi hidrotechnikából próbául. Pesten, Petrózai Tattner J. M. és Károlyi Istvánnál.
https://library.hungaricana.hu/en/view/SZAK_DUNA_Muzealis_1831_Beszedes/?pg=0&layout=s
- Csermák B.* (1954). A regionális vízgazdálkodási tervezés. Vízügyi Közlemények. 36. évf. 2. szám, pp. 239-250.
- GWP* (2015). Integrált vízgazdálkodás kelet- és Közép Európában. Technical Focus Paper. ISBN: 978-968-12-5983-4
- OVF* (1964). Országos Vízgazdálkodási Keretterv. Budapest, 1964. Országos Vízügyi Főigazgatóság.
- OVH* (1984). Országos Vízgazdálkodási Keretterv. Budapest, 1984. Országos Vízügyi Hivatal

Rajczai Kálmán (1954). Az Országos Vízügyi Főigazgatóság feladatai az új kormányprogram keretében. *Vízügyi Közlemények*, 34. évf. 1. szám, pp.3-8.

Sajó Elemér (1831). Emlékirat vizeink fokozottabb kihasználása és újabb vízügyi politikánk megállapítása tárgyában, *Vízügyi Közlemények*, 13. évf. 1. szám,

pp.7-89.

Trummer Á. és Lászlóffy W. (1936). A tervszerű vízgazdálkodás Magyarországon *Vízügyi Közlemények*, 18. évf. 3. szám, pp. 327-335.

VKI (2000). Az Európai Parlament és a Tanács 2000. október 23-i 2000/60/EK Irányelve.

A SZERZŐ



KOZÁK PÉTER okleveles vízépítőmérnök. Tudományos fokozatát belvízgenetikai elemzésekhez kapcsolódóan készítette el a Szegedi Tudományegyetem Földtudományi doktori iskolájában. Tudományos tevékenysége az ár- és belvízi kockázatok kezelésével és mérséklésével kapcsolatos területi vízgazdálkodásra irányul. 1994-től az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársa, 2010-től igazgatója. 2007-től az Eötvös József Főiskola, illetve 2017-től a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karának főiskolai docense.

Az erdei vízforgalom vizsgálata hagyományos és modern módszerek segítségével homokhátsági erdőkben

Bolla Bence

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Erdészeti Tudományos Intézet, 1027 Budapest, Frankel Leó út 1, Öntözési és Vízgazdálkodási Kutató Intézet, 5540 Szarvas, Anna-liget u. 35. (Email: bolla.bence@erti.naik.hu)

Kivonat

A Homokhátság területén elhelyezkedő három erdőállományban, és a mellettük lévő gyepterületeken végeztem adatgyűjtést 2012-2015 közötti időszakban. Az adatok feldolgozása során a hagyományos számítási módszereken túl, vízforgalmi modellezést (Coup-1D) alkalmaztam a kísérleti területek vízháztartásának vizsgálatához. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált gyepterületek vízforgalma eltér a közvetlen közelükben elhelyezkedő erdőállományokétól. Az eltérő fafajú, alföldi faállományokban és a szomszédos fátlan területeken végzett hidrológiai célú mérések hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a jelenlegi szélsőséges klimatikus körülmények között folytatott alföldi erdőkezelés minél inkább meg tudjon felelni a változó klimatikus feltételeknek.

Kulcsszavak

Erdőállomány, csapadék, talajnedvesség, intercepció, vízforgalom, Coup-modell.

Surveying of the hydrological balance with traditional and modern methods in sand ridge forest stands

Abstract

The goal of this article is to show how hydrological measurements made in forests and grasslands can contribute to the treatment of significant areas. The study was carried out in three different forest stands and their surrounding grasslands in the area of the Kiskunság Sandridge between 2012 and 2015. Different methods were applied during the study of the water-balance. I used Coup-1D model besides traditional calculation methods in data processing. The water-balance of the areas showed that the water uptake of the grasslands was lower than that of the surrounding forest stands. The hydrological measurements and results can be useful for the forestry in different forest types under changing climate conditions.

Keywords

Forests, precipitation, soil moisture, interception, water-balance, Coup-1D model.

BEVEZETÉS

A Duna-Tisza közén az 1970-es évektől jelentős talajvízszint-süllyedés volt jellemző, melynek méretei leginkább az 1990-es évek közepére csúcsosodtak ki. Az okok kutatásával számos szakember foglalkozott (*Major 1974, 1994 és 2002, Major és Neppel 1988, Szodfridt 1974, 1990 és 1993, Pálfi 1995 és 2010*). A problémakör összetettsége miatt a különböző szakterületek művelői csak részterületekről nyilatkozhatnak felelősséggel. A jelentős talajvízszint-süllyedés ráirányította a figyelmet az alföldi erdőállományok vízháztartással kapcsolatos kérdéseire (*Bolla és társai 2018*).

Az erdei vízháztartással foglalkozó kutatások természetesen nem merülhetnek ki az erdők talajvízszintre gyakorolt hatásának tanulmányozásában. Napjainkban a modern kutató modellek alkalmazása szükséges a hagyományos módszerek mellett.

Erdőállományok vízforgalmi modellezésével több szakember is foglalkozott Magyarországon (*Gácsi 2000, Hagyó 2009, Móri 2011*). A szakemberek eltérő fafajú, eltérő korú faállományokat vizsgáltak különböző modellek (Soil, Swap, Hydrus) segítségével. Jelen munkánkban a hagyományos kiértékelési módszerek mellett a vízforgalmi modellezés is előtérbe került. Az így kapott eredmények eltérnek a hagyományos számítási módszerekkel kapott (*Járó 1980*) eredményektől.

Az erdőgazdálkodás, a vízügy, a mezőgazdaság és a természetvédelem szemszögéből nézve egyre fontosabb annak ismerete, hogy az alföldi erdők milyen hatást gyakorolnak egy térség vízháztartására (*Bolla és társai 2018*).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati terület

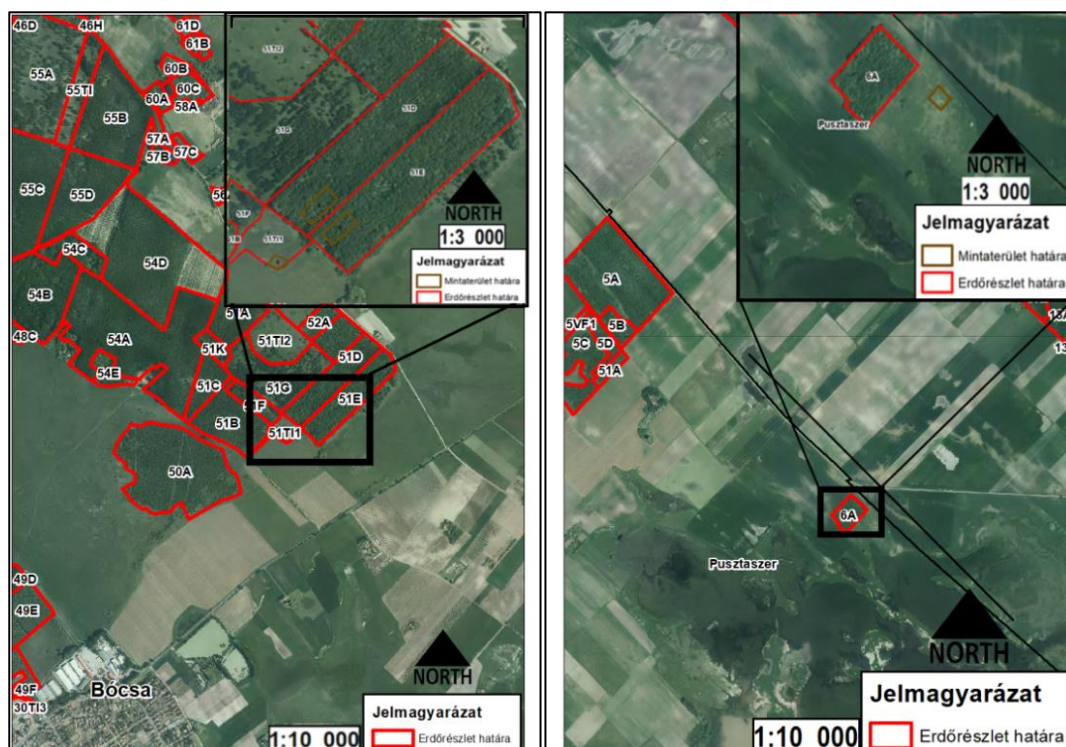
A Homokhátságon összesen 5 mintaterület került kijelölésre. Bócsa község határában egy-egy, azonos korú (41 év) és azonos technológiával létesített erdőfenyves és hazai nyaras került vizsgálatra, míg kontrollként a mellettük lévő fátlan terület szolgált. Pusztaszer község határában egy sarj eredetű, idős (44 éves), elegyetlen akác és a mellette lévő kaszáló került kiválasztásra (*1. ábra*). A kijelölt faállományok gyenge fejlődésűek és alacsony élőfakészlet (erdei fenyves: 170 m³/ha, szürke nyaras: 190 m³/ha, akác: 100 m³/ha) jellemzi őket (*Bolla és társai 2018, Országos Erdészeti Adattár*).

Alkalmazott módszerek

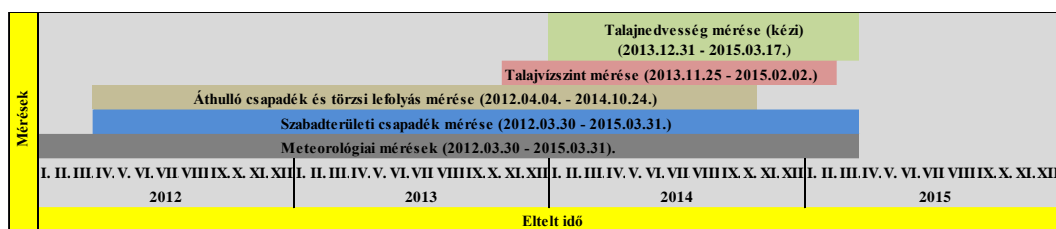
A szabadterületi csapadék adatokat Hellmann-rendszerű csapadékmérők segítségével gyűjtöttem. Az áthulló csapadék és a törzsi lefolyás mérését az erdei fenyvesben (Bócsa 51 D) és a szürke nyarasban (Bócsa 51 E) folytattam. A lombkoronán áthulló csapadék mennyiségét mintaterületenként, három darab Hellmann-rendszerű csapadékmérő (egy a sorközben, egy sorban és egy záródáshányos foltban kihelyezve), húsz darab 280 cm² felületű tölcésér

(1x1 m-es kötésben kialakítva), tíz darab 100 cm² felületű edény (véletlenszerűen elhelyezve) segítségével határoz-
tam meg. A törzsön lefolyó csapadékvíz mennyiségét az

átmérőeloszlás figyelembevételével, törzsgallérokkal ész-
leltem (Bolla 2017). A mérési időszakokat a 2. ábra szem-
lélteti.



1. ábra. A kutatási helyszínek elhelyezkedése (Bócsa és Pusztaszer)
Figure 1. Research areas (Bócsa and Pusztaszer)



2. ábra. Meteorológiai és hidrológiai adatok mérési intervalluma
Figure 2. Hydrological and meteorological measurement periods

A meteorológiai adatokat (hőmérséklet, relatív páratartalom, szabadterületi csapadék, globálsugárzás) a Bócsai kontrollterületen (Bócsa 51 T11) létesített BOREAS Meteo Global HI meteorológiai mérőállomás, óránkénti felbontásban gyűjtötte.

A talajvízszint-adatokat a bócsai és a pusztaszeri mintaterületeken kialakított talajvíz-kutakban Dataqua, DA-LUB 222 szondák, HYGR adatgyűjtők, valamint Dataqua, DA-OP, kézi vízszintmérő segítségével mértem (óránkénti, illetve az adatgyűjtő meghibásodása esetén heti rendszerességgel).

A talajnedvesség meghatározásában egy kapacitív szonda és automata mérőállomások voltak a segítségemre. A talaj felső 80 cm-es nedvességtartalmát TDR-rendszerű PT-1 digitális talajnedvesség-mérő egységgel mértem heti gyakorisággal (Bolla 2017 és Bolla és társai 2018).

Adatok feldolgoása

Hagyományos módszerek

A kiértékelést meghatározta, hogy az adott évben milyen mérési eredmények álltak rendelkezésre (2. ábra). Az

eltérő csapadékvizonyokkal jellemezhető évek miatt az intercepciót minden vizsgált év vegetációs időszakára megadtam (Bolla 2017 és Bolla és társai 2018).

A 2014-es évben gyűjtött talajnedvesség adatok lehetőséget adtak a vízháztartási egyenlet felállítására. Egy adott erdő vízháztartása a következő egyenlettel írható fel (Szász és Tőkei 1997):

$$\Delta S = (C_{SM} + C_{Sm} + H_f + H_{fa} + K) - (P + E_f + E_{fa} + Sz + I)$$

ahol az egyenlet változói:

- ΔS : a vizsgálat talajréteg vízkészlet-változása [mm]
- C_{SM} : a hulló csapadék [mm]
- C_{Sm} : a mikrocseppek [mm]
- H_f : a felszíni hozzáfolyás [mm]
- H_{fa} : a felszín alatti hozzáfolyás [mm]
- K : kapilláris úton felemelt vízmennyiség [mm]
- P : párolgás, amely a növényi transzspiráció és a talajfelszín evaporációja [mm]
- E_f : elfolyás a felszínen [mm]
- E_{fa} : elfolyás a felszín alatt [mm]
- Sz : mélybeszivárgás [mm]
- I : intercepció [mm]

E vízháztartási egyenletet a talajnedvesség-szondák által átfogott talajrétegre, azaz 80 cm-es vastagságra írhatjuk fel. A mélyen húzódó talajvíz (3 m) és a sík terep miatt az egyenletünk jelentősen egyszerűsíthető; kiesik a kapilláris úton felemelt víz (K) és a felszíni és felszín alatti hozzá-, ill. elfolyás (H_f , H_{fa} , E_f , E_{fa}). A módszer pontossága megengedi a mikrocsapadék (CS_m) mennyiségének elhanyagolását is. A mélybeszivárgás maradéktagként jelentkezik, s jelen esetben a 80 cm alá beszivárgó csapadékvíz mennyiségét jelenti (Bolla 2017 és Bolla és társai 2018).

Fentiek alapján a felső 80 cm-re felírható a síkvidéki, mély talajvízű erdők egyszerűsített vízháztartási egyenlete (melyet Gácsi 2000 és Móricz 2011 is alkalmazott):

$$\Delta S = (C_{SM}) - (P + Sz + I)$$

A talajnedvesség változását (ΔS), a hulló csapadékot (C_{SM}), és az intercepciót (I) mértük. Az evapotranszspirációt a vízháztartási egyenlet csapadékmentes időszakokra történő felírásával számítottam, az intercepció és a mélybeszivárgás értéke kiesik, így a talaj nedvességekészletének változása az evapotranszspiráció értékével egyenlő (Moltschanow 1957).

A fenti egyenlet a kapilláris vízemeléssel, mint bevételi taggal nem számol, mégis előfordulhat, hogy a 3 m alatt húzódó talajvízből is van időszakosan növényi vízfelvétel, mélyen gyökerező faállományok esetében. Az egyszerűsített vízháztartási egyenletből számolt evapotranszspirációs érték a tényleges értéket jóval alulbecsli, mivel az egyszerűsített egyenlet nem számol a talajvízből való növényi vízfelvétellel, tehát vizsgálnunk kell, hogy a növényzet jut-e többletvízhez a talajvízből. A kapilláris zónából történő vízfelvételt a White-módszer alapján határozhatjuk meg (White 1932, Loheide és társai 2005):

$$ET = S_y (24 r \pm s)$$

ahol az egyenlet változó:

ET: a kapilláris zónából történő vízfelvétel [mm/nap]

S_y : a talajra jellemző fajlagos hozam (amely Loheide grafikonja alapján becsülhető) [mértékegység nélkül]

r: a talajvízgörbéhez húzott egyenes iránytangense a vizsgált időszakban [mm/óra]

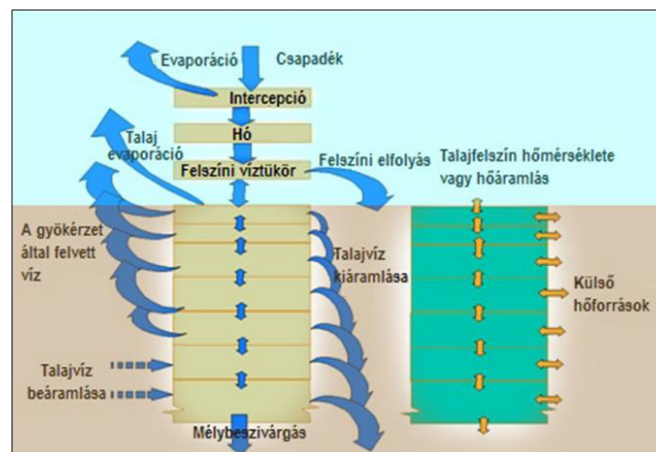
s: egy nap alatt még egy (s) értékkel jellemezhető csökkenés is beáll a talajvízszintben [mm/nap].

A White-módszer a kapilláris zónából történő növényi vízfelvételt a talajvíz napi periódusú ingadozása alapján határozza meg. Amennyiben a késő éjjeli, kora hajnali időszakban (0.00-4.00 óra között) az evapotranszspirációt elhanyagolhatónak vesszük, akkor ebben az időszakban a talajvízállás növekedési rátája egyenlő a talajvíz utánpótlódásával. A görbéhez ebben az időszakban húzott egyenes iránytangense (r), tehát az egységnyi idő (pl.: 1 óra) alatti talajvíz-utánpótlódás. Ha ezt az utánpótlódási rátát, evapotranszspiráció jelenléte nélkül meghosszabbítanánk 24 órán keresztül, akkor a talajvízszint $24r$ magasságra emelkedne. Mivel azonban az evapotranszspiráció jelen van, általában a növekedés helyett egy nap alatt még egy (s) értékkel jellemezhető csökkenés is beáll a talajvízszintben (Gribovszki és társai 2009).

A talajvízgörbe négy szakaszát vizsgáltam, ahol növényi vízfelvételt feltételeztem a talajvízszint változása alapján (2014.05.04 - 2014.05.08, 2014.06.02 - 2014.06.16, 2014.07.13 - 2014.07.18, 2014.08.11 - 2014.08.23.). A talajvízszondák cm-es felbontásban észlelték a talajvízszint változását, így kézi leolvasást alkalmazva választottam ki a vizsgálandó szakaszokat, és ezekre alkalmaztam a White-módszert (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).

Vízforgalmi modellezés

Az általam használt modell a svéd fejlesztésű Coup (3. ábra), mely a korábbi WinSoil modell továbbfejlesztett verziója (Jansson és Karlberg 2004). A modell futtatásához az általam mért meteorológiai adatokat (csapadék, hőmérséklet, relatív páratartalom, globálsugárzás, szélsebesség), intercepciót, talajvízszint adatokat használtam fel napi bontásban. A levélfelületi indexet és az albedót szakirodalmi adatok (Justyák és Vig 1997, Kollár 2011) alapján kalkuláltam. A lombkorona tározási kapacitásának értékét az általam mért intercepció adatok alapján adtam meg. A gyökérmélységet az általam végzett termőhely-feltárások alapján állapítottam meg. A modellezéshez az egyes mintaterületek esetében a talajt több rétegre bontottam szét, elsősorban a korábban végzett termőhelyi leírások alapján. A modell illesztésének helyességét a mért és modellezett talajnedvesség-, intercepció-adatok és a talajparaméterek (víztartó képesség és vízvezető képesség -függvények) alapján ellenőriztem. A modell futtatásához az általam nem mért, vagy szakirodalomból nem hivatkozható paraméterek esetében elfogadtam a modell által felkínált értékeket.



3. ábra. Az erdőtalaj vízforgalmi modelljének felépítése (Jansson 1994 alapján)
Figure 3. The structure of the model for forest soils (based on Jansson 1994)

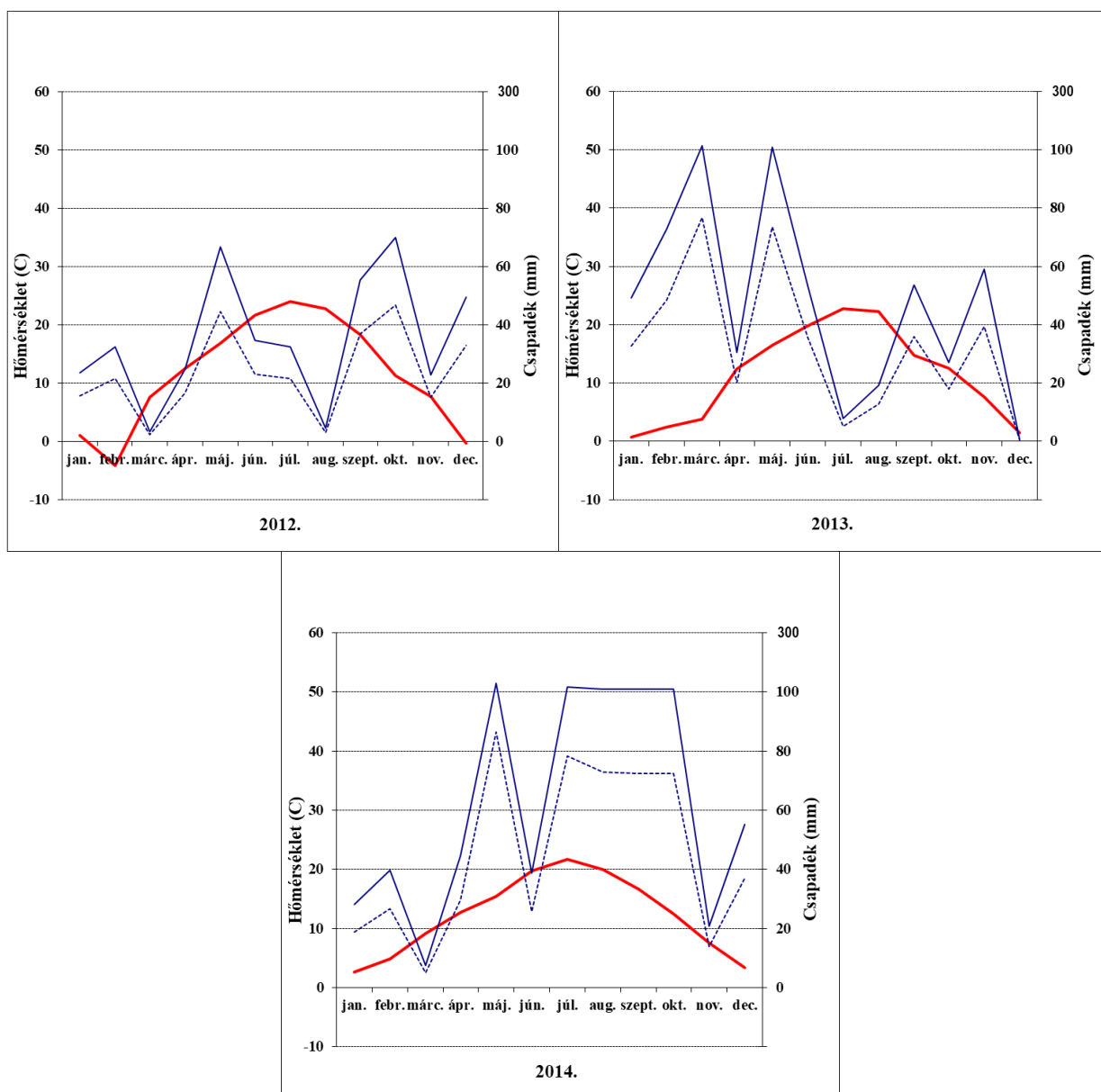
EREDMÉNYEK

Meteorológiai adatok ismertetése

A szabadterületi csapadék mennyisége a vizsgálat 3 évében változatos képet mutat. A 2012-es év rendkívül aszályos, a 2014-es átlagon felül csapadékos volt. A három év alatt gyűjtött hőmérséklet- és csapadékadatok összevetését Walter-Lieth-féle klímadiagram összefüggései alapján végeztem (4. ábra). Mivel a diagram három év jellemzésére készült, így az nem tekinthető klasszikus Walter-Lieth-féle klímadiagramnak.

Aszályos időszakkal 2012-ben március, július és augusztus, 2013-ban augusztus és 2014-ben március hónapokban találkozhattunk. Több aszályveszélyes időszak (a havi átlaghőmérséklet értéke megközelíti a havi csapadék-összeg értékét) is tapasztalható volt, jellemzően a tavaszi

és nyári hónapokban. A humid időszakok elrendeződése a 2012. és 2014. között igen heterogénnek mondható, ami csapadékesemények változatos eloszlásával magyarázható. Szuperhumid időszak (100 mm-nél nagyobb havi csapadékösszeg) mindössze kétszer (2013 februárjában és 2014 szeptemberében) jellemezte a bócsai mintaterület időjárását. A vizsgálati időszak alatt fagyos hónap csak 2012-es év január, február és december havában volt. Fagyveszélyes hónapokkal viszont annál többel találkozhattunk jellemzően januárban, februárban, márciusban, áprilisban, novemberben és decemberben. Mivel a klímadiagram a havi értékek figyelembevételével készül, így nem mutatja igazán jól a szélsőségek hatását, illetve bizonyos mértékben elfedi azokat. Tehát nem csak a havi, hanem a napi értékek is meghatározó szereppel bírnak az adott faállomány további fejlődését tekintve (Bolla és társai 2018).



4. ábra. A Bócsa 51 T11 meteorológiai mérőhely adatainak ábrázolása 2012-2014 között (a Walter-Lieth-féle klímadiagram összefüggései alapján)

Figure 4. Meteorological data between 2012-2014 in Walter-Lieth's diagram context (Bócsa 51 T11)

Az intercepciós vizsgálatok során született eredmények értelmezéséhez a meteorológiai állomás és a kézi csapa-

dékmérések vegetációs időszakokra vonatkozó adatai (1. táblázat) az alábbiak (Bolla és társai 2018):

1. táblázat. Az egyes vegetációs időszakok meteorológiai jellemzői (a Bócsai állomás adatai alapján)
Table 1. The meteorological elements of each vegetation period (data of Bócsa station)

Meteorológiai adatok	2012	2013	2014
	Vegetációs időszak: 03.31-09.01		
Csapadék (mm)	164	224	428
Csapadékos nap	49	51	70
5 mm alatti csapadék (nap)	40	37	45
Relatív páratartalom (%)	62,3	66,8	70,9
Átlaghőmérséklet (°C)	19,6	18,7	18,0
Globálsugárzás (átlag, J/cm ²)	2099	2110	1983

Intercepció és törzsi lefolyás

A vizsgált fenyőállományban a különböző évek vegetációs időszakainak intercepciója között eltéréseket láthatunk. A 2012-es év vegetációs időszakában a legmagasabb érték 28 % volt, ezzel ellentétben 2014-ben ugyanez az intercepció érték 23%-ra volt tehető. A %-ban kifejezett intercepciót növeli a kis csapadékú csapadékesemények magas aránya és a nagyobb páraéhség (kisebb relatív páratartalom, magasabb átlaghőmérséklet). Az 1. táblá-

zatban közölt meteorológiai adatok a fenti megállapításokat egyértelműen alátámasztják (Bolla és társai 2018). Az egyes évek meteorológiai adatai nagymértékben meghatározzák az intercepció értékét (Sitkey 1999. pl. öt év alatt 23-33% közötti éves intercepció értékeket mért ugyan azon lucfenyvesben). Az eredmények összehasonlítása nehézkes az eltérő szakirodalmi adatokkal (Járó 1980: 16%, Gácsi 2000: 19,5%, Sitkey 2004: 25%).

2. táblázat. Intercepció és törzsi lefolyás az erdőfenyvesben (Bócsa 51 D)
Table 2. Interception and stem-flow in the Scots pine stand (Bócsa 51 D)

Jellemzők	2012	2013	2014
	Vegetációs időszak: 03.31-09.01		
Csapadék (mm)	164	224	428
Koronán áthulló csapadék (mm)	115 (70%)	156 (70%)	319 (74,5%)
Törzsi lefolyás (mm)	3 (2%)	9 (4%)	11 (2,5%)
Állományi csapadék (mm)	118 (72%)	165 (74%)	330 (77%)
Intercepció (mm)	46 (28%)	59 (26%)	98 (23%)

A kis csapadékok (legfeljebb 2 mm) jelentősége nem elhanyagolható az intercepció szempontjából. Ha 2 mm alatti csapadékú napokat az intercepció számításánál figyelmen kívül hagyjuk fent magyarázott intercepciók kü-

lönbségek eltűnnek (2012: 22%, 2013: 24%, 2014: 23%). Ennek oka, hogy 2 mm alatti csapadéknál az átlagos intercepció 99-100%, a lassú intenzitású csapadékok esetében (Bolla és társai 2018, Sitkey 1999).

3. táblázat. Intercepció és törzsi lefolyás a szürke nyárasban (Bócsa 51 E)
Table 3. Interception and stem-flow in the Grey poplar stand (Bócsa 51 E)

Jellemzők	2012	2013	2014
	Vegetációs időszak: 03.31-09.01		
Csapadék (mm)	164	224	428
Koronán áthulló csapadék (mm)	117 (71%)	152 (68%)	304 (71%)
Törzsi lefolyás (mm)	13 (8%)	27 (12%)	43 (10%)
Állományi csapadék össz. (mm)	130 (79%)	179 (80%)	347 (81%)
Intercepció (mm)	34 (21%)	45 (20%)	81 (19%)

A szürke nyárasban kapott adatok azt mutatják, hogy a koronán áthulló csapadék mennyisége az egyes években majdnem megegyezik a fenyvesben mért értékekkel. A fő különbséget a nyárasban mért nagyobb törzsi lefolyás adja. Ez a jelenség a nyáras faállomány sima, vízvezető kérgével magyarázható. Az intercepció értékek meteorológiai jellemzőktől való függése a szürke nyárasban is kifejezésre jut, de kevésbé, mint az erdőfenyves esetében (Bolla és társai 2018, a 2. és 3. táblázat).

A gyepterületek intercepcióját Hagyó (2009) bugaci méréseit felhasználva adtuk meg. Az akácok faállomány intercepcióját Járó (1980) eredményei alapján adtam meg a vízmérleg felállításához és a vízforgalmi modellezéshez.

A talajvízszint alakulása

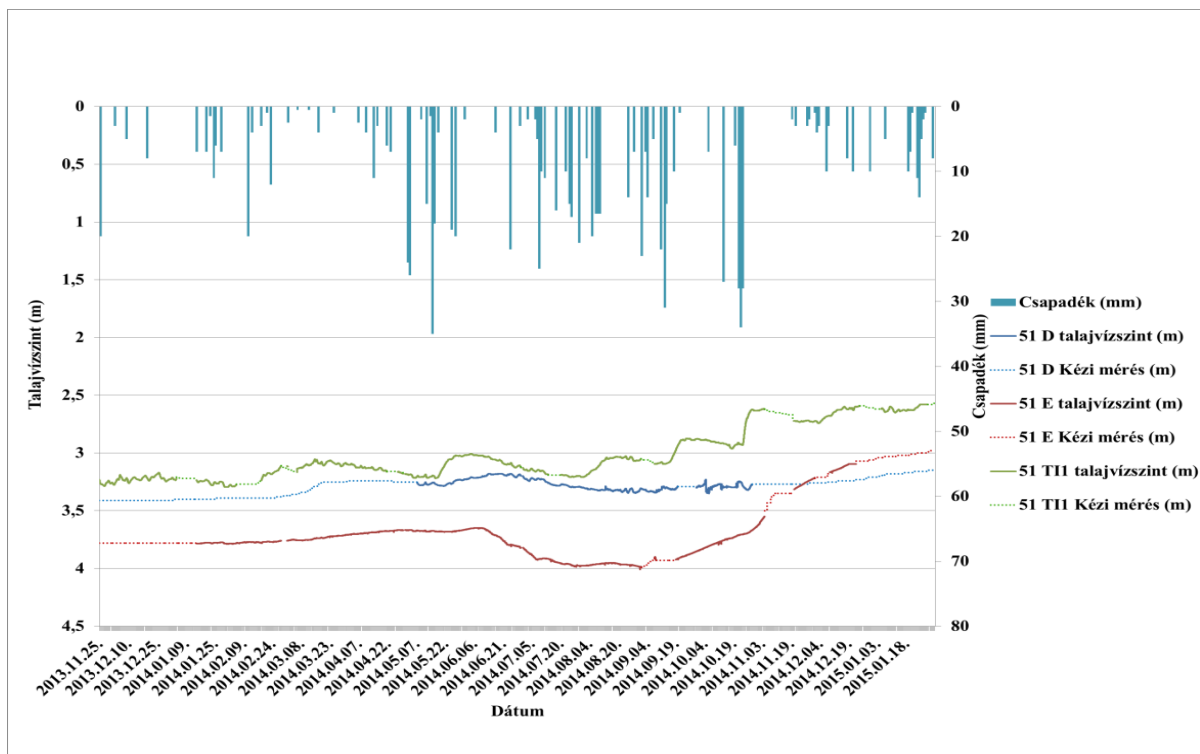
A bócsai parlagkútban a talajvízszint átlagosan 3,06 m-es mélységben volt. A kutatás teljes időtartama alatt ebben a kútban mértük a legmagasabb talajvízszintet. A mérési időszakban a talajvízszint növekedése volt megfigyelhető, amely a sekélyen gyökerező lágyszárú növényzet és a 2014 nyarán és őszén hullott csapadék hatására alakult ki.

Az erdőfenyő faállomány (Bócsa 51 D) alatt, nyugalmi időszakban, 5-10 cm-rel húzódtott mélyebben a talajvízszint, a fátlan kontrollterülethez képest. Ez az érték a vegetációs időszak során nem növekedett jelentősen, mivel a talajvíz ingása a teljes vizsgált időszakban nem haladta meg a 25 cm-t. Az egyes csapadékeseményekre a parlagterület alatti vízszint viszonylag gyorsan reagált, viszont a különbségek rendre kiegyenlítődték.

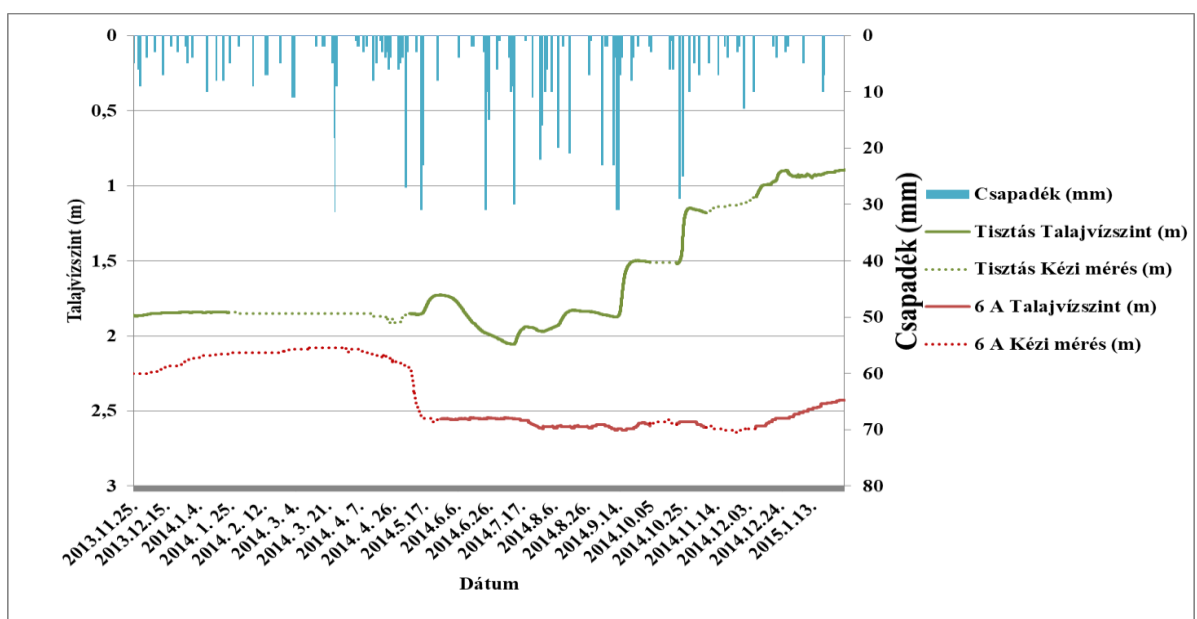
A következő nyugalmi időszak során alakult ki a legnagyobb vízszintkülönbség (50 cm). Az erdefenyves faállomány alatt a vegetációs időszaki talajvíztekő nem volt észlelhető.

Ezek alapján prognosztizálható, hogy a fenyőállomány közvetlenül a talajvizet nem vesz fel, talajvízszintre gyakorolt hatása inkább csak az intercepción keresztül érvényesül. A talajvízből történő közvetlen vízfelvételt a White-módszerrel sem tudtunk kimutatni (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).

A szürke nyáras faállomány (Bócsa 51 E) alatt a nyugalmi időszakban 50 cm-rel mélyebben húzódott a talajvíz, a parlagterülethez képest. Ezen különbség a vegetációs időszak során elérte az 1 m-t, majd a következő nyugalmi időszakra visszaállt a korábban mért 50 cm körüli értékre. Az 5. ábrán látható talajvíztekőből arra következtethetünk, hogy a nyáras állomány közvetlenül is vesz fel vizet a talajvízből. A vízfeltétel értékét a 2014-es vegetációs időszakban a White-módszerrel 1,5 mm/napra (230 mm/vegetációs időszak) becsültem (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).



5. ábra. A talajvízszint alakulása Bócsán a napi csapadékok függvényében
Figure 5. Changes of groundwater level in relation to precipitation in Bócsa pilot area



6. ábra. A talajvízszint alakulása a pusztaszeri mintaterületen a napi csapadék függvényében
Figure 6. Changes of groundwater level in relation to precipitation in Pusztaszer pilot area

A pusztaszeri parlagkútban a talajvízszint átlagos mélysége 1,2 m volt. A kontrollként kijelölt gyepterület talajvízszintje a szabad területi csapadék ciklikusságához igazodik. A vegetációs időszakban a talajvízszint periodikus csökkenése figyelhető meg, később a nyugalmi időszakban annak folyamatos emelkedése tapasztalható (6. ábra). A talajvízszint ingadozásának maximum értéke 1,1 m, az aszályos időszakok ellenére.

A pusztaszeri akácos faállomány (Pusztaszer 6 A) alatt húzódó talajvízszint a nyugalmi időben mintegy 20 cm-rel maradt alatta a kontrollterület alatt mérthez képest. Májusban ez az eltérés pár nap alatt közel fél méterrel növekedett, majd a későbbiekben jelentős változás nem volt észlelhető, még a nagy csapadékok idején sem. Ez a jelenség – a vegetációs időszak elmúltát követő kiegyenlítődési folyamatok hiánya miatt – nem vezethető vissza egyértelműen a növényi vízfogyasztásra, ugyanakkor az óras felbontású talajvízszint észlelésen alapuló White-módszerrel ki lehet mutatni a talajvízből történő közvetlen vízfelvételt. Ennek értékét a 2014-es vegetációs időszakban 0,9 mm/napra (136 mm/vegetációs időszak) becsültem (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).

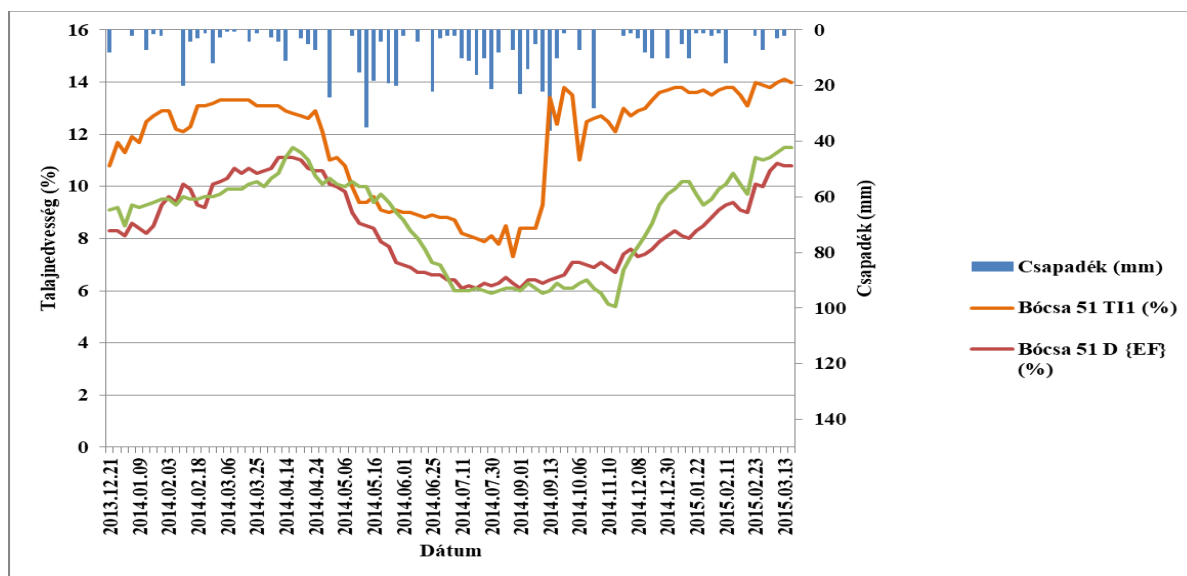
Talajnedvesség és evapotranszpiráció

A talajnedvesség mennyiségére, illetve annak időbeli változására a vízháztartás csaknem valamennyi eleme kihat. Ennek megfelelően a talaj nedvességtartalmának ismerete leggyakrabban nélkülözhetetlen a vízforgalmi számításoknál.

A bócsai mintaterületek felső 80 cm-ének átlagos talajnedvességét a 7. ábra mutatja meg. A görbék mindegyike vegetációs időszakbeli száradást és nyugalmi időszaki nedvesedést mutat. A parlagterület nedvességtartalma mutatja a legdinamikusabb képet; ez a terület reagál leginkább a csapadékokra (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).

Az erdei mintaterületek nedvességgörbéi kisebb amplitúdóval, viszont jól követik a kontrollterület görbéjét. A két bócsai erdőterület talajának nedvességtartalma hasonló, s átlagban csak 2%-kal alacsonyabb a parlagterületénél (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).

A talaj nedvességkészségének csökkenéséből számított evapotranszpiráció (Szász-Tőkei vízháztartási egyenlet) átlagos napi értéke a parlagterületen 0,5-0,8 mm, az erdőfenyőben 0,3-0,5 mm, a szürke nyárasban pedig 0,4-0,5 mm értéknek adódott attól függően, hogy az egyes csapadékmentes időszakokból nyert adatok mediánját, vagy napok számával súlyozott átlagát vettem (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).



7. ábra. A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom-változása a bócsai mintaterületen
Figure 7. Fluctuation of the soil moisture in Bócsa PT-1 (upper 80 cm soil layer)

Fenti megállapítások jellemzően igazak a pusztaszeri méréseket illetően (8. ábra), azzal az eltéréssel, hogy az akácos (Pusztaszer 6 A) alatt átlagosan 4%-kal alacsonyabb a talaj nedvességtartalma a kontrollterülethez képest.

Az evapotranszpiráció a parlagterületen 0,3-0,5 mm/nap, az akácosban 0,3 mm/nap. A metodikai részben leírtak szerint a fenti evapotranszpirációs értékek csak a felső 80 cm-es talajrétegre vonatkoznak, nem tartalmazzák a szürke nyáras 1,5 mm/napra és az akácos 0,9 mm/napra becsült közvetlen talajvíz-felvételt (Bolla 2017, Bolla és társai 2018).

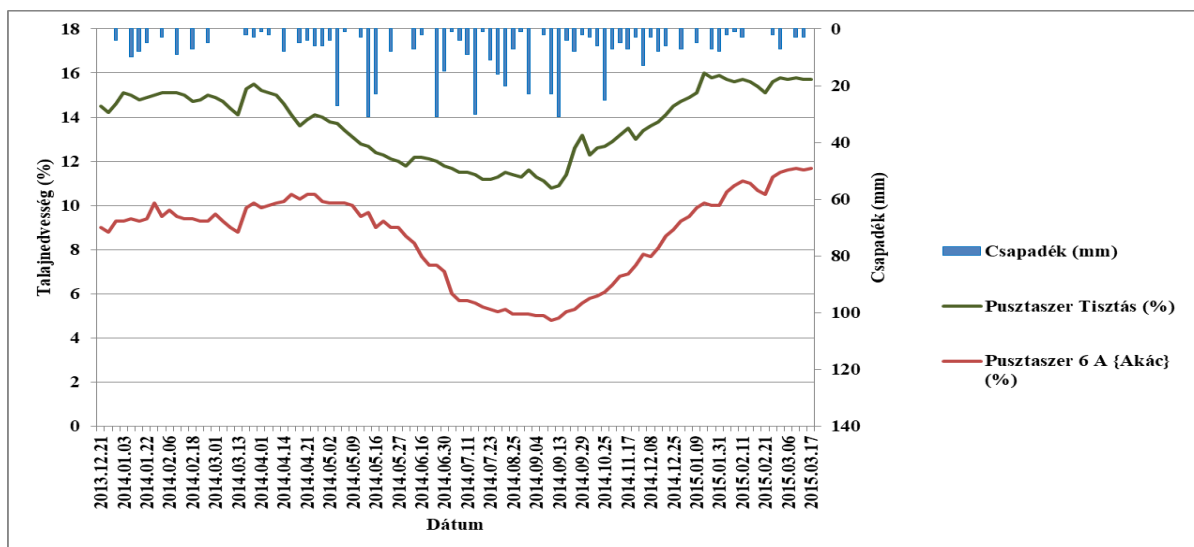
A kísérleti területek vízforgalma

Hagyományos módszerek

Az erdei vízforgalom fentebb ismertetett komponenseinek egyszerűsített vízháztartási egyenletbe rendezése után kapott vízforgalmat a 4. táblázat mutatja be. Mivel a mélybeszivárgás (80 cm alá) értéke maradéktagként adódott (a talajnedvesség mérésének korlátai miatt), ez a komponens magán viseli az összes többi vízforgalmi elem számítási hibáját. A hibaterjedés korlátozott, mivel csak a magas mélybeszivárgás értékek hordozzák magukban a számítás összes bizonytalanságát. Az adatok tendenciájából kiolvasható, hogy a talaj felső 80 cm-ére számított evapotranszpirációs értékek nem különböznek jelentősen

egymástól. Ez igaz a vízkészlet változásra is: a vegetációs időszak végére 29-38 mm-rel csökken a felső 80 cm nedvesgészlete valamennyi vizsgált területen (Bolla 2017, Bolla és társai 2018). A vízforgalombeli különbségeket elsősorban az intercepcióbeli eltérések és két érintett állomány közvetlen talajvízfogyasztása okozza. Finomítani lehetne a képen, ha az

evapotranszpirációt a jövőben fel tudnánk bontani talajfelszíni párolgásra és növényi vízfogyasztásra, ám ezt csak szakirodalmi adatok alapján tudjuk megtenni, mivel a vizsgálat talajrétegre kapott evapotranszpirációs értékek túl alacsonyak, így célravezetőbb az erdei vízforgalom modellezése tudományos kutató modell segítségével.



8. ábra. A talaj felső 80 cm-es rétegének nedvességtartalom-változása a pusztaszeri mintaterületen
Figure 8. Fluctuation of the soil moisture in Pusztaszer PT-1 (upper 80 cm soil layer)

4. táblázat. A mintaterületek vízforgalmának főbb komponensei
Table 4. Water-balance elements

Időszak: 2014.03.31-2014.09.01.					
Faállomány	Bócsa 51 D (EF)	Bócsa 51 E (SZNY)	Bócsa 51 TI1 (Gyep)	Pusztaszer Gyep	Pusztaszer 6 A (Akác)
Intercepció (mm)	98	81	30	28	102
Evapotranszpiráció (mm)	50-80	60-70	70-122	46-70	40-47
Mélybeszívárgás (0,8m→) (mm)	286-316	309-319	314-366	338-368	298-303
Talaj vízkészlet-változása (mm)	-36	-32	-38	-29	-38
Csapadék összesen (mm)	428	428	428	407	407
Vízfelvétel a kapilláris zónából (mm)	-	230	-	-	136

Az erdei vízforgalom modellezése

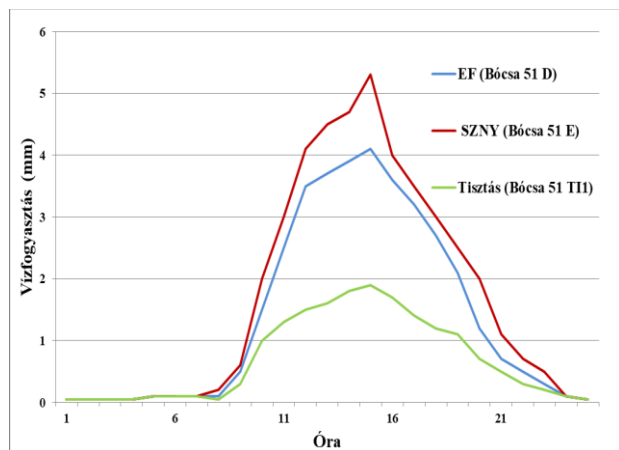
A modell segítségével a mintaterületek vízforgalmának vizsgálata során jelentős különbségek mutatkoztak a tisztás (Bócsa 51 TI1), az erdei fenyő (Bócsa 51 D) és a szürke nyáras faállomány (Bócsa 51 D) tényleges evapotranszpirációs értékei között. A különbséget a fával nem borított terület és a két vizsgált erdőállomány között a fásszárú vegetáció által felhasznált nagyságrenddel nagyobb felvett vízmennyiség, valamint az intercepciós veszteség adta. A fenyőállomány esetében a növényi vízfelhasználás éves értéke alacsonyabb, mivel sekélyebb

gyökérzete nem éri el a talajvízszintet (5. táblázat). A túlevelű faállomány kizárólag a lehulló csapadékból származó, beszívargó vízmennyiségből tudja a vizet felvenni. A szürke nyáras faállomány esetében a legmagasabb a tényleges transzspiráció. A lombos faállomány fejlett gyökérrendszere révén a talajvízből, valamint harmatgyökerei segítségével a felső rétegekből is könnyen vízhez tud jutni. A gyep (Bócsa 51 TI1) vízfelvétele nagyságrendekkel kisebb az erdőállományokéhoz képest, viszont jóval magasabb párolgási értékek jellemzik a növényzet alacsony borítási értéke miatt.

5. táblázat. A mintaterületek modellezett vízforgalmának főbb komponensei
Table 5. Major elements of modelled water-balance in the pilot areas

Időszak: 2014.03.31-2014.09.01.						
Faállomány	Bócsa 51 D (EF)		Bócsa 51 E (SZNY)		Bócsa 51 TI1 (Gyep)	
Intercepció	98 mm	23%	81 mm	19%	30 mm	7%
Evaporáció	51 mm	12%	69 mm	16%	128 mm	30%
Transzspiráció	103 mm	24%	133 mm	31%	34 mm	8%
Mélybeszívárgás (2 m→)	116 mm	27%	98 mm	23%	150 mm	35%
Talaj tározása (2 m-ig)	60 mm	14%	47 mm	11%	86 mm	20%
Csapadék összesen	428 mm	100%	428 mm	100%	428 mm	100%

A vizsgált faállományok és a közeli gyepterület modellezett napi vízfogyasztásának alakulása egy aszályos nyári napon (2014. 07. 14.) megközelítette az energetikailag lehetséges vízfogyasztás értékeit. A vizsgált időszakban a szürke nyáras faállomány (Bócsa 51 E) vízfogyasztása volt a legmagasabb, ezzel szemben a fenyőállomány (Bócsa 51 D) napi vízfogyasztása jóval alacsonyabb. A gyepterület (Bócsa 51 T11) napi vízfogyasztása elhanyagolhatónak mondható az erdőállományokéhoz képest (9. ábra).



9. ábra. A napi vízfogyasztás alakulása (Bócsa)
Figure 9. Development of daily water uptake (in Bócsa)

ÖSSZEFOGLALÁS

A kiskunsági homokhátság vízháztartásával, az erdőterületek talajvízszintre gyakorolt hatásával több szakember is foglalkozott. A szakemberek más-más aspektusból értékelték a témát.

Vizsgálatom során erdő- és gyepterületek vízforgalmát vizsgáltam meteorológiai, talajvízszint, talaj nedvességtartalom és intercepciós mérések alapján. Az evapotranszpiráció értékét az egyszerűsített vízháztartási egyenlet csapadékmentes időszakokra történő felírásával, valamint a Svéd fejlesztésű Coup-modell segítségével határoztam meg. A kapillaris zónából történő vízfelvételt a White-módszer (White 1932) alapján becsültem.

A mért meteorológiai adatok tükrében elmondhatjuk, hogy száraz (2012) és igen csapadékos (2014) év is volt a vizsgált időszakban. Az intercepciós vizsgálatokban ezt a sokszínűséget nagyon jól ki lehetett használni. A vízmérleget a csapadékos 2014-es év vegetációs időszakára állítottam fel.

A vizsgált évek vegetációs időszakának intercepciójában eltéréseket láthatunk, melyek jól magyarázhatóak a meteorológiai adatokkal. A fenyves intercepciója 23-28% között adódott, a nyárasé 19-21% volt. Az intercepció vizsgálatánál fontos a kis csapadékok figyelembevétele, mivel ezek döntően befolyásolták egy adott időszak intercepciós veszteségét. A nyáras és a fenyves koronáján áthulló csapadék mennyisége között nem volt jelentős eltérés; az intercepciós különbségeket a nyárasban mért nagyobb törzsi lefolyásérték adta.

A talajvízszint alakulása kirajzolta a gyepterület és az erdő közötti különbségeket. A parlagterületek alatt mindig magasabban állt a talajvíz szintje, mint a faállományok alatt.

Erdeifenyő esetében az erdőállomány alatti vegetációs időszaki talajvízteszt nem volt kimutatható. Ez alapján feltételezhető, hogy a faállomány közvetlenül a talajvizet nem vesz fel, a talajvízszintre gyakorolt hatása inkább az intercepción keresztül érvényesül. A nyáras alatt megfigyelt depresszió a faállomány közvetlen talajvízfogyasztását támasztja alá, ennek értékét a 2014-es vegetációs időszakban (2014.03.31-2014.09.01.) a White-módszerrel 1,5 mm/napra (230 mm/vegetációs időszak) becsültem. Ugyanez az érték a pusztaszeri akácok alatt 0,9 mm/napnak (136 mm/vegetációs időszak) adódott.

A talajnedvesség és annak dinamikája az összes vizsgált mintaterületen a vegetációs időszakbeli csökkenést és nyugalmi időszaki növekedést (benedvesedést) mutatott. A kontrollterületek nedvességtartalma mutatta a legnagyobb dinamikát, e területek reagáltak leginkább a csapadékokra. Az erdei mintaterületek talajnedvesség-görbéi kisebb amplitúdóval, ám jól követték a kontrollterületek görbéit.

A talaj nedvességkészségének (0-80 cm-es talajréteg) csökkenéséből hagyományos úton számított evapotranszpiráció átlagos napi értéke a parlagterületeken 0,3-0,8 mm, az erdeifenyvesben 0,3-0,5 mm, a szürke nyárasban 0,4-0,5 mm, az akácokban pedig 0,3 mm értéknek adódott attól függően, hogy az egyes csapadékmentes időszakokból nyert adatok mediánját, vagy napok számával súlyozott átlagát vesszük.

A Coup-modell segítségével a mintaterületek vízforgalmának vizsgálata során jelentős különbségek mutatkoztak a tényleges evapotranszpirációs értékek között. A különbséget a fátlan kontrollterület és a két vizsgált erdőállomány között a fás szárú vegetáció által felhasznált nagyobb felvett vízmennyiség, valamint az intercepciós veszteség jelentette.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bolla B. (2017). Hidrológiai vizsgálatok a Kiskunsági Nemzeti Park működési területén lévő erdőállományok természetvédelmi kezeléséhez. Doktori (Ph.D.) értekezés. Soproni Egyetem.
- Bolla B, Németh T. M., Gács Zs. (2018). A vízháztartás vizsgálata néhány kiskunsági faállományban. Erdészettudományi Közlemények. 8(2):37-50.
- Gács Zs. (2000). A talajvízszint észlelés, mint hagyományos, s a vízforgalmi modellezés, mint új módszer Alföldi erdeink vízháztartásának vizsgálatában. Doktori (Ph.D) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem.
- Gribovszki Z., Kalicz P., Szilágyi J. (2009). Napi periódusú ingadozás a hidrológiai jellemzőkben. Hidrológiai Közöny, 89. évf. 2. szám, pp. 23-37.
- Hagyó A. (2009). Vízforgalom gyepterületen. Doktori (Ph.D) értekezés, Szent István Egyetem.
- Járó Z. (1980). Intercepció a gödöllői kultúrerdei ökoszisztémában, Erdészeti kutatások, 73. évf. 1. szám, pp. 7-17.
- Jansson P-E. (1994). SOIL model User's Manual. Swedish University of Agriculture Sci., Department of Soil Sci. Uppsala

- Jansson P.-E., Karlberg L.* (2004). CoupModel – Coupled heat and mass transfer model for soil-plant-atmosphere systems. Royal Institute of Technology, Dept. of Land and Water Resources Engineering, Stockholm, TRITA-LWR report. 3087(1):427
- Justyák L., Vig P.* (1997). Az erdő mikroklímája. In: Szász G., Tőkei L. (szerk.): Meteorológia mezőgazdák, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 772.
- Kollár T.* (2011). Intenzív monitoring Levélfelületi index (LAI - Leaf Area Index) meghatározása. Európai Erdészeti Monitoring Rendszer továbbfejlesztése és végrehajtása, Sopron. Poster, DOI: 10.13140/2.1.1116.3203
- 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(1),1-14.
- Major P.* (1974). Síkvidéki erdők hatásának vizsgálata a talajvízpárolgás és tényleges beszivárgás folyamataira. *Hidrológia Közlöny* 54. évf. 6. szám, pp. 281–288.
- Major P.* (1994). Talajvízszint-süllyedések a Duna-Tisza közén. In: Pálfi Imre (szerk.): A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái. A Nagyalföld Alapítvány kötetei 3, Békéscsaba, pp. 17-24.
- Major P.* (2002). Síkvidéki erdők hatása a vízháztartásra, *Hidrológiai Közlöny* 82. évf. 6. szám, pp. 319-323.
- Major P., Neppel F.* (1988). A Duna-Tisza közti talajvízszint-süllyedések. *Vízügyi Közlemények* 70. évf. 4. szám, pp. 605-626.
- Moltschanow A. A.* (1957). Die hydrologische Rolle des Kiefernwaldes auf Sandboden, Deutscher Bauernverlag Berlin, pp. 157-158.
- Móricz N.* (2011). Egy erdő és parlagterület vízforgalmának összehasonlító vizsgálata. Doktori (Ph.D) értekezés, Nyugat-Magyarországi Egyetem.
- Pálfi I.* (1995). A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái és megoldásuk lehetséges útjai. *Vízügyi Közlemények* 77. évf. 2. szám, pp. 144–161.
- Pálfi I.* 2010: A Duna-Tisza közti hátság vízgazdálkodási sajátosságai. *Hidrológia Közlöny* 90. évf. 1. szám, pp. 40–44.
- Sitkey J.* (1999). Erdő és talajvíz kapcsolatára, valamint az erdőnek a kis vízgyűjtők hozamára vonatkozó kutatások ismertetése in.: Erdő-Víz, szemelvények erdészeti kutatási és gyakorlati munkákból (szerk. Gácsi Zs.), Kecskemét, pp. 22-34.
- Sitkey J.* (2004). Csapadékvíz vizsgálatok ökológiai bázisterületeken – In: Barna Tamás (szerk.): Tudományos eredmények a gyakorlatban (Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap), Alföldi Erdőkért Egyesület, Kecskemét, pp. 32-37.
- Szász G., Tőkei L.* (1997). Meteorológia mezőgazdák, kertészeknek, erdészeknek. Mező-gazda Kiadó, Budapest, pp. 772. ISBN: 9638439157
- Szodfridt I.* (1974). A talajvíz és a vegetáció kapcsolata Duna-Tisza-köze homokterületén, *Abstracta Botanica* (2), 39–42.
- Szodfridt I.* (1990). Hozzászólás: Major Pál és Neppel Ferenc: A Duna-Tisza közti talaj-vízszint-süllyedése című cikkéhez. (Megjelent a *Vízügyi Közlemények* 1988. évi 4. füzetének 605-626. oldalán.) *Vízügyi Közlemények* 72. évf. 3. szám, pp. 287–291.
- Szodfridt I.* (1993). Az erdő és a talajvizek kapcsolata Duna-Tisza közti hátságon. *Hidrológia Közlöny* 73. évf. 1. szám, pp. 44–45.
- White W. N.* (1932). A method of estimating groundwater supplies based on discharge by plants and evaporation from soil: Results of investigations in Escalante Valley, Utah, U.S. Geol. Surv. Water Supply Paper, pp. 659.

A SZERZŐ



BOLLA BENCE Okleveles természetvédelmi mérnöki oklevelét 2009-ben szerezte a Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Karán. Árvíz- és belvízvédelmi szakmérnöki oklevelét 2015-ben szerezte az Eötvös József Főiskolán. Doktori tanulmányait a Soproni Egyetem Erdőmérnöki Karán működő Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskolájában folytatta, a Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet gondozásában. Ph.D. oklevelét 2018-ban vette át. A Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Erdészeti Tudományos Intézetének és Öntözési és Vízgazdálkodási Kutatóintézetének tudományos főmunkatársa. A Magyar Hidrológiai Társaság Vizes élőhely-védelmi szakosztályának tagja.

Radaralapú vizesélőhely-monitoring Sentinel-1 adatokkal

Gulácsi András*, Kovács Ferenc*

*SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2-6. (E-mail: guland@protonmail.com; kovacs@geo.u-szeged.hu)

Kivonat

A Duna-Tisza közti szikes tavak, vizes élőhelyek rendkívül szélsőséges vízellátottságú területek, melyek érzékenyek az éghajlatváltozás által indukált szárazodással szemben, ugyanis ezek nagyrészt a lehulló csapadékból kapnak vízutánpótlást. A legtöbb passzív műholdas szenzor a felhőborítás és az alacsonyabb időfelbontás miatt nem alkalmas vizesélőhely monitoringra. Most már hozzáférünk a Sentinel-1 műholdak C-sávú szintetikus apertúra radarjának (C-SAR) felvételeihez, amelyek ingyenes, közepes térbeli felbontású (10 m), nagy időbeli felbontású (6 nap) és a felhőborítástól független adatokat szolgáltatnak. A tanulmányban a Felső-Kiskunsági tavak területén (13 000 ha) vizsgáltuk a vizes élőhely jellegét alapvetően meghatározó felszíni vízborítás változásait 2014 októberétől 2018 novemberéig. Kidolgoztunk egy módszert a vízborítás detektálására, ami a radarképek automatikus osztályozásán alapszik. Az adatok feldolgozására a Google Earth Engine felhőplatformot használtuk, amit a műholdképek és egyéb földi megfigyelési adatok feldolgozására hoztak létre. Az osztályozáshoz a wekaKMeans-nek nevezett eljárást használtuk. A verifikáció során összevetettük az eredményül kapott vízborításokat más műholdas érzékelők – Landsat 8 és Sentinel-2 – adataiból számolt, módosított normalizált differenciált vízindex (MNDWI, Modified Normalized Difference Water Index) alapján meghatározott vízborításokkal. Az MNDWI alapján történő lehatárolás küszöbértékes osztályozással történt. A küszöbértékeket vevő működési karakterisztika (Receiver Operator Characteristics, ROC) eljárás segítségével kaptuk meg. Két teljesen különböző módszerrel és hullámhossz-tartományokon (radar/wekaKmeans, MNDWI/ROC) jól egybevágó eredményeket kaptunk, közepesen magas Spearman-féle korrelációs együtthatókkal ($\rho = 0,57-0,79$).

Kulcsszavak

Sentinel-1, radar, Google Earth Engine, vizes élőhelyek, belvíz, Homokhátság, klaszterelemzés.

Radar-based wetland monitoring with Sentinel-1 data

Abstract

Saline lakes and wetlands on the Danube-Tisza Interfluvium have large temporal fluctuations in water supply and are vulnerable to the climate change induced aridification, since they are recharged by precipitation only. Most passive satellite sensors are unsuitable for continuous wetland monitoring because of cloud cover and low temporal resolution. Now, we have access to Sentinel-1 C-band synthetic aperture radar (C-SAR) data which are free, cloud-independent, have moderate geometric (10 m) and high temporal (6 days) resolutions. In the study, we examined surface water cover changes from October, 2014 to November, 2018 in the Felső-Kiskunság lakes region (13,000 ha). We developed a method for water cover detection that is based on automatic classification of radar data. For data processing, we used the Google Earth Engine cloud platform which is created for the processing and analysis of satellite imagery and other environmental data in planetary scale. We applied the so-called wekaKMeans clustering algorithm for our data. As verification, we compared our results with water coverage calculated from modified normalized difference water index (MNDWI) derived from Landsat 8 and Sentinel-2 surface reflectance images. We used a threshold-based binary classifier on MNDWI data. The threshold limit for water cover was found by using the Receiver Operator Characteristics (ROC) method. By using two completely distinct methods operating in distinct wavelength ranges (radar/wekaKmeans, MNDWI/ROC), we yielded good matching results with moderately high Spearman's correlation coefficients ($\rho = 0.57-0.79$).

Keywords

Sentinel-1, radar, Google Earth Engine, wetlands, inland excess water, Homokhátság, cluster analysis.

BEVEZETÉS

Az éghajlatváltozás által indukált szárazodás a Duna-Tisza közén nagy hatással lehet az élővilág, a természetvédelem számára nagy értékkel bíró szikes tavainak, vizes élőhelyeinek szélsőséges vízellátottságára. Az elmúlt évtizedekben jellemző trendszerű folyamatok és egyre gyakoribb szélsőségek mellett a klímamodellek az aszályok növekvő gyakoriságát és erősségét prognosztizálják a Kárpát-medencében (*Mezősi és társai, 2016*). A hazai folyószabályozások és lecsapolások után a megmaradt vizes élőhelyek nem, vagy csak alig kapnak vízutánpótlást a folyókból, így a lehulló csapadékból táplálkozhatnak csupán. A csapadék éves eloszlásának változása, illetve különösképpen a tavaszi csapadékmennyiség szignifikáns csökkenése és a hőmérséklet-emelkedéssel járó fokozottabb párolgás a nyáron negatív hatással van a vízmérlegre (*Dawson és társai 2003, Erwin 2009*).

A tanulmány célja egy módszer kidolgozása a felszíni vízborítás minél részletesebb és minél nagyobb időfelbontású megfigyelésére a Sentinel-1 műhold C-SAR (C sávú szintetikus apertúra) radar felvételeinek segítségével. Ezzel minden eddiginél részletesebb betekintést kaphatunk a vizes élőhelyek vízborításában bekövetkező változásokba. Az így nyert vízborítási adatok segítségével képesek leszünk nyomon követni az időjárás által kiváltott, illetve az éghajlatváltozáshoz kötődő változásokat, ami a természetvédelmi tervezésben fontos információkat szolgáltat. Ezelőtt sajnos nem voltak elérhetők ingyenes, nagy időbeli (6 nap) és közepes (10-30 m) térbeli felbontású radarfelvételek, csupán a passzív műholdak multispektrális felvételei álltak rendelkezésünkre, amelyek kevésbé alkalmasak a monitoringra – főként a légköri zavaró hatások (aeroszol, felhőborítás, felhőárnyék) miatt –, így csupán hiányos idő-

sorok nyerhetők a felvételekből, mert a vízháztartás szempontjából fontos tavaszi időben sokszor felhős az ég. A radarok esetén azonban a mikrohullámok akadály nélkül áthatolnak még a vastag felhőzetben is.

A radarfelvételek feldolgozása a magas számítási igény és a sok feldolgozási lépés miatt nagyon hosszadalmas lenne. A 2010-es évektől színre lépett a felhő alapú számítástechnika, amelyet az egyre növekvő mennyiségű digitális adat („big data”) feldolgozásának a szüksége hívta életre. A felhő alapú szolgáltatások (cloud computing) a hálózaton keresztül érhetőek el. A szolgáltatásokat nem egy dedikált hardvereszközön üzemeltetik, hanem a szolgáltató eszközein elosztva, a szolgáltatás üzemeltetési részleteit a felhasználótól elrejtve. A szoftver és a kapcsolódó adatok központilag vannak tárolva (egy internet felhőben, esetünkben a Google szerverein), ugyanakkor a felhasználói hozzáférések egy vékony kliensen keresztül zajlanak. A Google Earth Engine egy ilyen felhő alapú platform, amit a műholdképek és egyéb földi megfigyelési adatok feldolgozására hoztak létre (Gorelick és társai 2017). Hozzáférést nyújt a Google képi adataihoz és biztosítja számítási teljesítményt és azokat a funkciókat, amik a képek feldolgozásához szükségesek. A JavaScript és a Python programozási nyelveken érhető el a Google Earth Engine API-ja (application programming interface, alkalmazás-programozási felület – ezen keresztül férünk hozzá az internet felhőhöz szkriptek futtatásával). Mi a webböngészőből elérhető JavaScript API-t használtuk.

A vizsgált vizes élőhely és vízháztartási kérdései

A Homokhátságban a talajvízszintek 1956-60-as kiinduló állapothoz képest az 1990-es évek közepéig átlagosan 2,5-3 métert süllyedtek (VITUKI 2006). A vízszintsüllyedés okainak keresésére és modellezésére számtalan tudományos kutatás folyt és folyik jelenleg is hazánkban (Rakonczai és Fehér 2015).

Szilágyi és Vörösmarty (1993) szerint az 1960. évi állapotból kiindulva az 1961-1987 között tapasztalható talajvízszint-süllyedést 70%-ban a rétegvíz-kitermelés, 15%-ban a kedvezőtlen időjárás és 15%-ban az erdőterületek növekedése okozta. Pálfai (1994) szerint: időjárás (csapadék és párolgás) – 50%; rétegvíz-kitermelés – 25%; talajvíz-kitermelés – 6%; területhasználatban bekövetkezett változások – 10%; vízrendezésben bekövetkezett változások – 7%; és egyéb tényezők (pl. szénhidrogén-bányászat, stb.) – 2%. Pálfai (2010) viszont az emberi és a természetes tényezők talajvízszint-süllyedésben játszott szerepét már rendre 1/3, illetve 2/3 részre teszi. Kohán (2014) szerint az 1970-es évek végéig elsősorban a klíma határozta meg a talajvízszintet, de 1980 után már a nem időjárási okok is jelentősen közrejátszottak a süllyedésben: szerinte a természetes tényezőkön felül az erdőtelepítések 53 cm-rel, a vízkitermelés pedig 70 cm-rel járulhatott hozzá az átlagos talajvízszint csökkenéséhez 1981-2010 között.

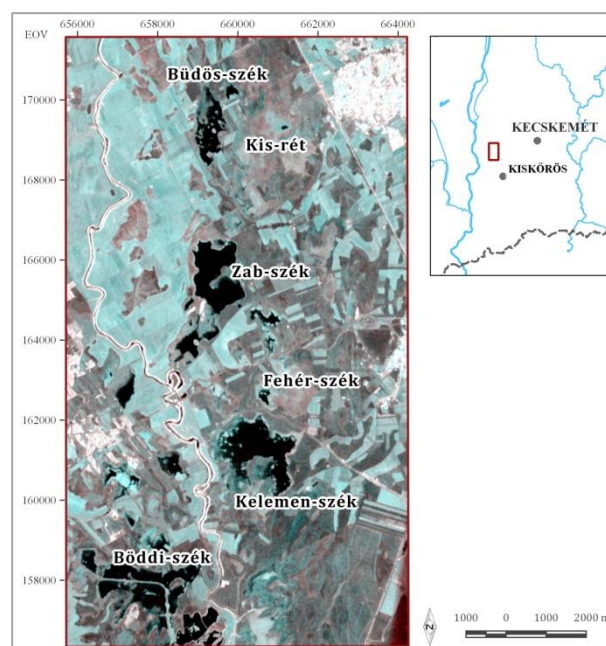
Duna-Tisza közén tapasztalható talajvízszint-süllyedés hátterében fő tényezőként a tavaszi csapadékhiány áll (Völgyesi 2006, Szanyi és Kovács B. 2009, Rakonczai 2013). Völgyesi I. (2006) a MODFLOW áramlásmodellező szoftver segítségével modellezte a Homokhátság vízháztartását és arra az eredményre jutott, hogy a talajvízszintek csökkenésében a legerősebb tényező az időjárás. A

magas térszínű területeken körülbelül 80 %-os súlyú. Körülbelül 13 %-os súllyal befolyásolják a magas térszínű területek talajvízszintjét az erdők. 5 % alatti szerepük van a belvízcsatornáknak. A víztermelés utolsó 10 évben történt változása pedig 2 %-nál is kisebb hatású.

ADAT ÉS MÓDSZER

A mintaterület

A mintaterületünk, az 1. ábrán látható Felső-Kiskunsági tavak, a Duna negyedkori árterületén helyezkedik el, amit egyrészt a hátság területén beszivárgó vizek feláramlási területeként, másrészt pedig a Kárpát-medence regionális áramlási rendszerébe illetve a mélységi vizek feláramlási zónák egyikének ismerünk (Erdélyi 1975, Tóth és Almási 2001, Mádlné és társai 2005, Szalai és társai 2010). Bár létezik gravitációs talajvízáramlás a magasabb hátsági területek felől a Duna-menti síkság felé, de ennek szerepe a Felső-Kiskunsági tavak vízellátásában másodlagos, elhanyagolható. Simon (2010) szerint a magasabb rendű áramlási rendszerek, a túlnyomós és gravitációs rendszerek vizei közvetlenül nem csapolódnak meg a Kelemen-széknél és annak környezetében. Mennyiségileg nem befolyásolják a tó vízmérlegét, ugyanis a tó körül egy zárt áramlási cella található. A tavak vízmérlegét a lehullott csapadék és az evapotranszpiráció befolyásolja a mintaterületünkön. Valószínűsíthető, hogy a homokhátsági talajvízsüllyedés számottevő hatása nincsen a Felső-Kiskunsági tavak vízellátottságára, így a klimatikus hatások és az időjárás szerepe meghatározó.



1. ábra. A mintaterület a Felső-Kiskunsági tavak (Háttérkép: Sentinel-1 2014-2018 kompozitkép, RGB: VH/VV/VV)
Figure 1. The study area is the Felső-Kiskunság lakes (Background image: Sentinel-1 2014-2018 composite, RGB: VH/VV/VV)

Sentinel-1 radarfelvételezés és a vízborítás érzékelése

Igaz, hogy a radarfelvételezést a felhők nem befolyásolják, de az aktív távérzékelés nem teljesen független az időjárástól. A legsúlyosabb problémát a szél jelenti,

ugyanis a szélesség és a felszín érdessége között kapcsolat áll fenn: a szél hatására a vízfelszínen hullámok alakulnak ki, amelyek növelik a vízfelszín érdességét, nagyobb visszaverődést eredményezve a szenzor felé (Aldorf és társai 2007). Így a vízfelszín detektálásához ezt a problémát kezelni kell, ugyanis a szél a radarképen „elmoshat” bizonyos vízfelszíni elemeket (a vízfelszínre nagyon alacsony visszaverődés jellemző a mikrohullámú tartományban és ezt növeli meg a szél).

Más felszínek (pl. aszfalt, beton) is hasonló érdességgel bírnak, mint a vízfelszíné, ezért ezek is összetéveszthetők a nagyon hasonló vagy teljesen azonos visszaverődési értékek miatt. Bár e felületek kizárása („kimaszkolása”) könnyedén megoldható.

A C-sávú radarok (5 GHz frekvencia vagy 5 cm hullámhossz körül) a légyszárú növényzettel borított vizes élőhelyeknél, míg az alacsonyabb frekvenciák (P-, L-sáv) az erdőborítás alatti elárasztás detektálására használhatók (Hess és társai 1990). Ennek az oka, hogy – az L és a P sávval ellentétben – a C-sávban a radar által kibocsátott mikrohullámú sugarak a lombzatról verődnek vissza, mivel a hullámhossz összemérhető a levelek méretével (Engman 1996, Lang és Kasischke 2008).

A felszíni vízborítás elkülönítésében a felszín érdessége játszik szerepet. Minél érdesebb a felszín, annál nagyobb a visszaverődés a radarantenna felé, és annál fényesebb jelenségként látszódik a felvételen. A vízfelszín a többi felszíntípushoz képest nagyon alacsony érdességgel bír, más szóval nagyon sima. A sima felületekről, a ferde megvilágítás miatt kevés energia szóródik vissza, a radarképek a szenzortól elfele irányba verődnek tovább, így nagyon sötét objektumokként tűnnek fel a képeken, így erős kontraszttal különül el a vízborítás. A vízborítást a tapasztalatok szerint -17-18 dB (decibel) vagy kisebb visszaverődési értékek jellemzik.

A vízborítás érzékelésére az azonos polarizáltságú (HH, VV) adatok alkalmasabbak. Legalkalmasabb a HH-polarizáció, de a VV szintén megfelelő választás (Kasischke és társai 1997, Bourgeau-Chavez és társai 2010). Bár azt is érdemes itt hozzátenni, hogy a kereszt-polarizált sávok is fontos információkat hordoznak, különösen, ha a felszínborítást akarjuk térképezni (Baghdadi és társai 2010), mert a különböző felszíntípusokat más visszaverődés jellemez a VV és a VH polarizáltságú sávokban.

Két poláris pályán keringő műholdon (a 2014 áprilisa óta üzemelő Sentinel 1A, és a 2016 áprilisa óta operáló Sentinel 1B) található oldalra pártázó C-SAR berendezés szolgáltatja az adatokat. A radar mind horizontálisan (H), mind pedig vertikálisan (V) polarizált mikrohullámokat bocsát ki, illetve fogad. A fő felvételezési mód az ún. Interferometrikus Szélessáv mód (Interferometric Wide Swath), ami egy 250 km-es sávban történő felvételezést jelent. Geometriai felbontás: 20 m * 22 m, amit 10 m-re mintáznak át. A szárazföld felett VH és VV polarizáltságú sávokban készül a műholdkép. A vetületi rendszer WGS84. Az időfelbontás 6 nap (Torres és társai 2012). A Level-1 Ground Range Detected (GRD) adatokat használtuk.

Az adatok feldolgozása a Google Earth Engine-nel

Az Earth Engine adatbázisa már előfeldolgozott radarképeket tartalmaz. Az alábbi előfeldolgozási lépéseket végezték el a Sentinel-1 Toolbox szoftver implementációja alapján (Google Earth Engine Team 2015):

1. Pályaadatokkal való korrekció;
2. Háttérzaj eltávolítása (a kép szélein látható sötét sávok érvénytelen adatokkal);
3. Radiometrikus kalibráció: visszaverődés intenzitásértékeinek (ún. szigma értékek, σ^0) számítása a szenzoros kalibrációs paraméterek alapján;
4. Domborzati korrekció: az adatok felszíni tartományba (GRD, Ground Range Detected) konvertálása az SRTM DEM alapján;
5. A mértékegység nélküli visszaverődési együttható (σ^0) dB-be konvertálása ($10 \cdot \log_{10} \sigma^0$);
6. Az értékek leszorítása az 1. és a 99. percentilis értékére, 16 bitbe kvantálás.

A további feldolgozási lépéseket nekünk kellett elvégezni a Google Earth Engine-ben. Először is normalizálni kell a visszaverődési értékeket a mikrohullámok beesési szögével, az ún. koszinusz korrekció segítségével (Ulaby és társai 1982). Ez nélkülözhetetlen lépés, ugyanis a kicsi beesési szögek nagyobb visszaverődést, míg a nagyobb szögek kisebb visszaverődést eredményeznek. A beesési szögekből származó eltérések nem csak egy képen belül jelentkeznek, hanem különböző szenzorok esetén, valamint eltérő felvételezési geometriák, más műholdpályák esetén is (emelkedő és süllyedő pályák). Ez nagy beesési szög varianciát okoz a különböző időben készült felvételekben. A normalizáció nélkül ezek nem hasonlíthatók össze (Weiß 2018).

Másodszor: A szeles időben készült radarfelvételeket ki kellett zárunk a vizsgálatból, hogy kiküszöböljük a szél általi felszíni érdesség hatásokat (Elyouncha és társai 2015). A 12 m/s feletti szélességű területeket kizártuk. Erre a célra rendelkezésre álltak a „CFSV2: NCEP Climate Forecast System Version 2, 6-Hourly Products” 20 km felbontású klimatológiai adatok (Saha és társai 2011), melyekből kinyerhetjük a szélességet (a „v” és az „u” komponensek felhasználásával). A szélesség-adatok a felszín felett 10 méterre vonatkoznak.

A következő lépés volt a tükresztűrés (speckle filtering), amire az általánosan használt Finomított Lee szűrőt (Lee 1980 és 1981) alkalmaztuk, amihez rendelkezésre állt egy kész szkript a Google Earth Engine-ben (Yommy és társai 2015). Ezzel jelentősen lecsökkenthetjük a radarképeken megfigyelhető, a sugárforrás által kibocsátott és a visszaverődő radarképek között fellépő interferencia okozta szemcsés zajt.

Az utolsó lépés a vizsgált időszakra vonatkozó átlagképek számítása volt. Havi léptékben vizsgálódunk, de természetesen lehet más időszakra is átlagolni. Ez a lépés kiküszöböli az egyszeri felvételezéssel jelentkező hibákat. Külön készítettünk átlagképet az emelkedő pályán (tehát amikor a műhold az Egyenlítő felől halad a sarkok felé) és a süllyedő pályán (északról délre) készült felvételekből. Tehát ugyanarra a hónapra 2 különböző átlagkép készül,

mindegyik átlagosan 4-5 szélszélű időben készült felvételtől készült. Ha csak egy megfelelő felvételünk volt, akkor azt az egy képet használtuk az átlagképek helyett.

A korrigált adatok automatikus osztályozása és a statisztikák számítása

Az úgynevezett wekaKMeans klaszterezési algoritmust használtuk, ami egy továbbfejlesztett kmeans típusú kemény osztályozás (Arthur és Vassilvitskii 2007). Az osztályközepektől való eltéréseken alapul, csakúgy, mint az ISODATA algoritmus. A wekaKMeans a kezdeti osztályközepeket véletlenszerű mintákból számítja. Távolság függvénynek az euklideszi távolságot használtunk. A kiemelt klaszterek számát 15-re állítottuk és a VV és a VH sávot is felhasználtam az osztályozásnál.

A tapasztalatok szerint a -17-18 dB körüli vagy alacsonyabb klaszterközéppel rendelkező osztályok vízborítást jeleznek. Szélszélű időben alacsonyabb, szeles időben magasabb értékek jellemzőek. Az eredményeket a felhasználónak kell értelmeznie. Ez a lépés nem automatizálható.

Miután meghatározásra kerültek a nyílt vízborítást jelző osztályok, újraosztályoztuk az osztályozott képet az alábbiak szerint:

- vízborítás: 1
- nincs vízborítás: 0

Az utolsó lépésként pedig az újraosztályozott kép alapján kiszámítottuk a nyílt vízzel borított terület nagyságát.

A statisztikai elemzéseket (lineáris regresszió, korrelációs számítás) és a diagramokat az R szoftver segítségével készítettük el. A statisztikai kapcsolatok kiértékelésekor Pearson-féle (R-érték) és Spearman-féle (ρ -érték) korrelációkat számoltunk, valamint szignifikancia tesztet is végeztünk.

A verifikációhoz a Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) és a Sentinel-2 MultiSpectral Instrument (MSI) légkör teteji reflektancia értékekből számolt vízindexet használtunk (Gulácsi 2017). Csak felhőmentes képeket használtunk. A különböző szenzorok összehasonlítása igazolja az eredményeket. A Landsat adatok geometriai felbontása 30, míg a Sentinel-2 adatoké 20 méter. A normalizált differenciált vízindexek (MNDWI, Modified Normalized Difference Water Index) gyakran használatosak a felszíni vízborítás detektálására (McFeeters 1996, Xu 2006, Li és társai 2013, van Leeuwen és társai 2017). Xu (2006) szerinti vízindex a legpontosabb: $MNDWI = (G - MIR) / (G + MIR)$, ahol G a látható zöld hullámhossz-tartomány műholdkép sávja, MIR (middle infrared): ez a középső infravörös sáv (középső hullámhossz: 2,1 μ m).

A vízindex értékeket az úgynevezett „vevő működési karakterisztika” (Receiver Operator Characteristics, ROC) módszer segítségével osztályoztuk (Gulácsi 2017). Ez egy küszöbértékes eljárás, melynek lényege, hogy a különböző küszöbértékek esetén megvizsgáljuk, hogy egy bináris osztályozónak mekkora az igaz pozitív aránya (tehát amikor helyesen vízborítást jelez az osztályozó) és a hamis pozitív aránya (téves vízborítás detektálás). Mi azt az osztályozót (és a hozzá tartozó küszöbértéket) keressük, aminél az igaz pozitív aránya a lehető legmagasabb, míg a hamis

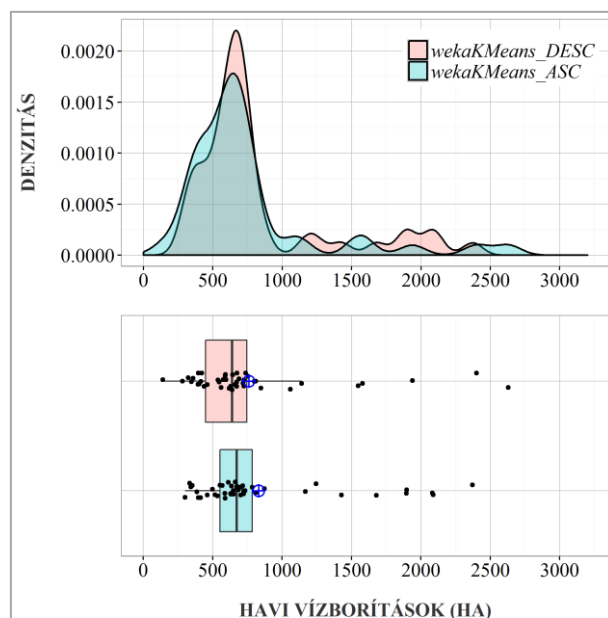
pozitív arány a legkisebb. Ehhez referenciaként felhasználtam két időpontban egy-egy elérhető Pléiades és WorldView-3 nagy felbontású műholdképet (a Google Earth adatbázisából). A Landsat 8 esetén a 0,625 vagy nagyobb, míg a Sentinel-2 esetén 0,57 vagy nagyobb indexértékek jeleznek vízborítást. Ez alapján osztályoztuk a képeket és megkaptuk a vízborításokat.

EREDMÉNYEK

Havi vízborítások számítása

A nagy természetes változékonyság miatt kihívást jelent a felszíni vízborítás gyakoriságában és tartósságában bekövetkező változások kimutatása. Néhány az átlagosnál nedvesebb évben felélednek az egykori medermaradványok és feltöltődnek a tavak, azonban a legtöbb évben ezek nagy része, a nagy tavakat leszámítva, teljesen szárazon marad.

A vízborítások havonkénti számításakor külön ábrázoltuk a csak emelkedő és a csak süllyedő pályán készült felvételek szerinti eredményeket (2. ábra). A havi vízborítás értékek 50%-a az 500-1000 ha közötti tartományban mozog. Ha 1000 ha-ig tekintjük az értékeket, tehát nem vesszük figyelembe a kiugró értékeket, akkor ránézésre viszonylag normál eloszlású a minta, többé-kevésbé haranggörbét ír le. A tél végi, vagy tavaszi vízborítási csúcsok kiugró értékei miatt nagy a különbség a medián és az átlag érték között. Az éves minimum borítások az augusztus-október közötti időszakban jelentkeznek. A tavaszi maximum és a nyár végi minimum borításértékek között többszörös a különbség.



2. ábra. A havi vízborítások sűrűségfüggvénye (fent) és az adatok ábrázolása dobozdiagramon (lent)

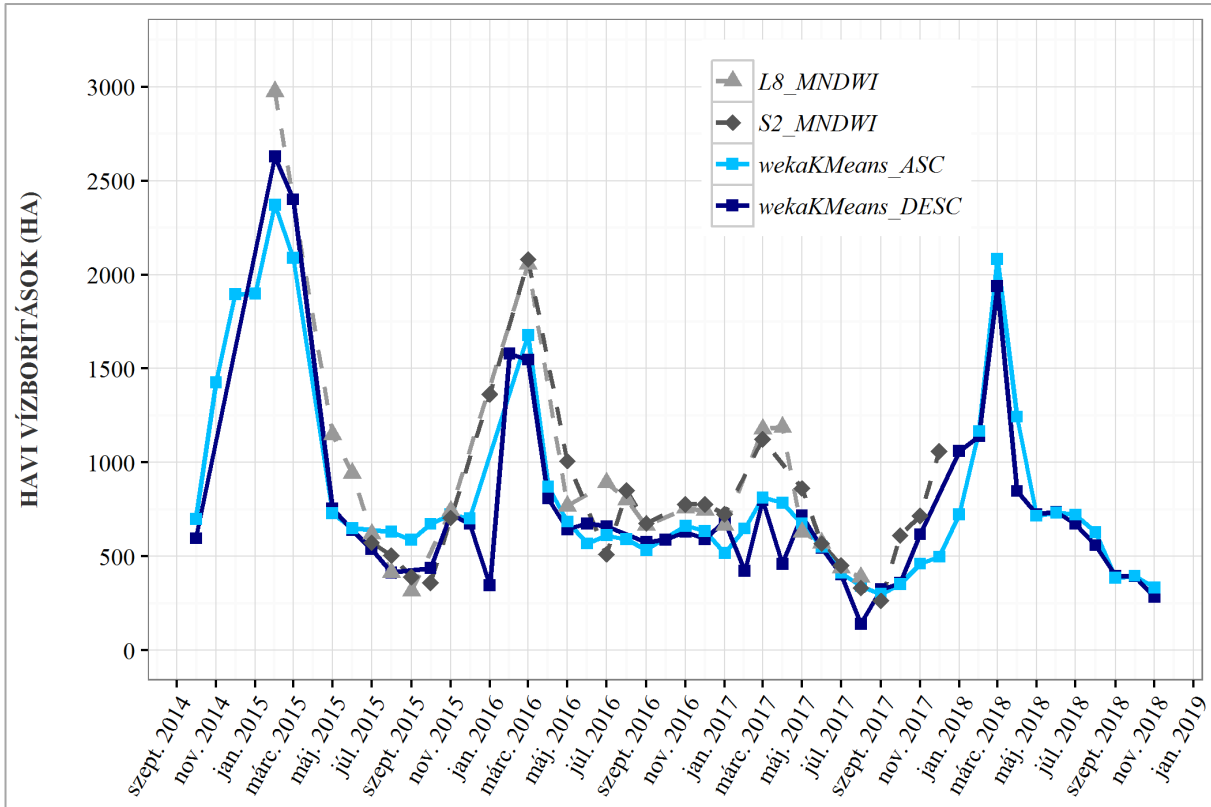
(Megjegyzés: wekaKMeans_DESC – a süllyedő pályán készült képekre végzett wekaKMeans osztályozás alapján nyert vízborítások; wekaKMeans_ASC – hasonló eljárás az emelkedő pályán készült képekre. A kék célkeresztek a számtani átlagokat jelölik.)

Figure 2. Density function (top) and box plot (bottom) of the monthly water coverage

(Note: wekaKMeans_DESC – water coverage yielded from the classification of images captured on descending path; wekaKMeans_ASC – the same procedure for ascending path. The blue cross-hairs represent arithmetic averages.)

2016 és 2017 esetén a tavaszi csúcspont kevésbé volt markáns a többi évhez képest. Ami még érdekesség lehet, hogy a nedvesebb években is az 500-1000 ha közötti tartományba esik vissza a felszíni vízborítás, hiába magasabb a tavaszi csúcspont. A feltöltődés elmaradásának hatását jól mutatják a 2017. nyári – az adatsor legalacsonyabb – értékei, mivel a 2016. évi alacsony tavaszi maximum értékeket

2017-ben is alacsony tavaszi maximum követte (3. ábra). A vizsgált időszak (2014 október és 2018 november között) átlagos vízborítása a süllyedő pálya esetén 529 ha (253 db radarfelvétel alapján) és az emelkedő pálya esetén 633 ha-nak adódott (300 db felvétel alapján). Az 1. ábrán a süllyedő pálya átlagképe látható. Az összes feldolgozott radarkép száma 553 db volt.



3. ábra. A havi vízborítások időbeli alakulása 2014 október és 2018 augusztusa között a Sentinel-1 (emelkedő és süllyedő pályák), a Sentinel-2 és a Landsat 8 adatok alapján

Figure 3. Monthly Sentinel-1 (both ascending and descending path), Sentinel-2 and Landsat 8 water cover time series between October 2014 and August 2018

A vizsgált időszakban 2015 februárjában volt a legnagyobb a víz kiterjedése: 2628 ha (a süllyedő pálya esetén) (3. és 4. ábra). Ez augusztusra kevesebb, mint 1/6-od részére, 415 ha-ra zsugorodott össze. 2016-ban a csúcspont 1579 ha, 2017-ben 800 ha, míg az idén 1938 ha volt. Mindegyik márciusban. A minimum érték 575 ha volt 2016 szeptemberében, 141 ha 2017 augusztusában és 283 ha 2018 novemberében (a decemberi adat még nincs meg). Tehát a 2015-2017 közötti éveket tekintve rendre 6,3-szeres, 2,7-szeres, 5,7-szeres, illetve 6,8-szeres különbség adódik. Ez a szélsőséges változékonyság egybevág a mintaterületen végzett korábbi, Landsat műhold alapú kutatásokkal (Kovács 2009).

Nem mutatható ki statisztikailag szignifikáns különbség az emelkedő és süllyedő pályán készült felvételek alapján számolt havi vízborítások között (Pearson-féle R-érték 0,96), bár ennek ellenére vannak jelentősebb eltérések! Az esetek 24%-ában (8) 15 ha alatti, 56%-ában (19) 50 ha alatti, míg az esetek 44%-ában (15) 100 ha feletti az eltérés. 4 esetben 300 ha-nál nagyobb az eltérés. Például 2015 februárjában és márciusában 257, illetve 312 ha különbség volt a havi vízborítások között emelkedő, illetve süllyedő pálya esetén. Az összes eltérés átlaga: 110 ha. Mivel havi átlagokat képezzünk, ezért nem mindegy, hogy a

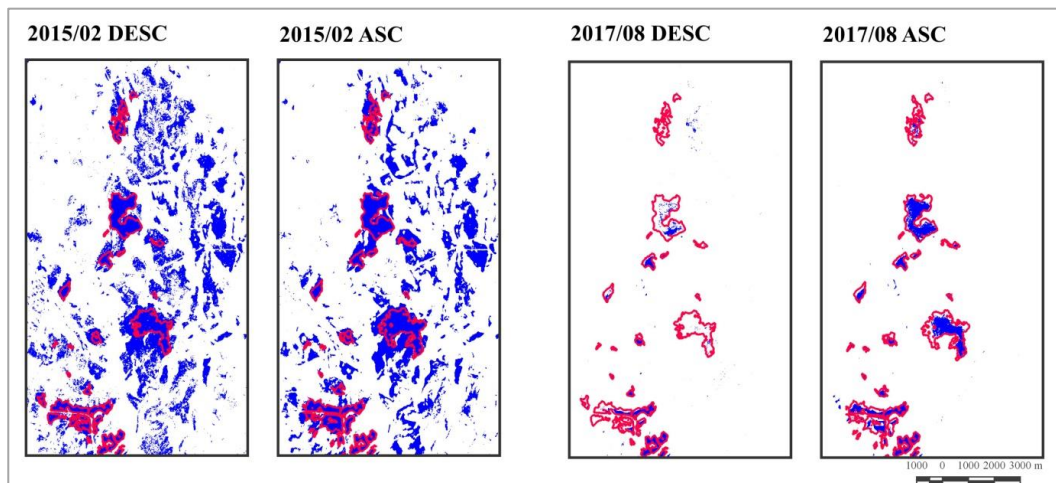
hónap mely részéről vannak felvételeink és mennyi kép állt rendelkezésre, a hónapban mely napokon fújt a szél. A vízborítás még egy hónapon belül is változhat, így az eltérő időben történő felvételezések eltéréseket okozhatnak. Néhány hónapban több adatot ki kellett zárni a szeles idő miatt: a süllyedő pálya esetén ilyen volt 2014 november és december, 2015. január, április és szeptember, 2016. augusztus és 2017. december, míg az emelkedő pálya esetében 2015. április és július, 2016. január, február és október.

Verifikáció az MNDWI vízindex adatokkal

A verifikációhoz az összes elérhető felhőmentes Landsat 8 (21 db) és Sentinel-2 (23 db) műholdképet felhasználtuk. Rendre 21, illetve 23 adatpontunk van, amire lineáris regressziót számoltunk (5. ábra). Statisztikailag szignifikáns kapcsolatokat ($p < 0,001$ és $p < 0,01$ szinteken) tárt fel az elemzés, magas és közepes korrelációkkal. A Sentinel-2 adatokkal való kapcsolat viszont lényegesen gyengébb volt a Landsat 8-hoz képest. A Pearson-féle korrelációk 0,79-0,96 közöttiek, míg a Spearman-féle rangsor alapú korrelációk jelentősen alulmaradnak: 0,57-0,79 (1. táblázat). A nagy befolyású adatpontok a csúcspontértékek miatt a minta nem normál eloszlású, ezért a nem-

parametrikus Spearman-féle korreláció a mérvadó, ugyanis az robosztus, nem igényli a normál eloszlást, ami esetünkben egyáltalán nem teljesül. Az eredményekből egyértelmű, hogy valós kapcsolat áll fenn a radar és az MNDWI alapján kapott vízborítások között, ennek ellenére lehetnek nagyobb eltérések a havi vízborításokban,

tehát jelentős bizonytalanság terhelheti az eredményeket. Nem nélkülözhetők a terepi felmérések, drónfelvételek. Sajnos a radar alapú távérzékelés sem mentes a hátrányoktól, bár sokkal teljesebb képet nyerhetünk vele a vizes élőhelyek vízborításbeli változásairól, mint például korábban, a Landsat felvételek alapján.



4. ábra. Vízborítás-térképek: a 2015. februári csúcs- és a 2017. augusztusi minimális vízborítások (Megjegyzés: DESC – süllyedő pálya; ASC – emelkedő pálya. Piros vonalakkal jelöltük a legnagyobb vízfelszíneknek/tavaknak a teljes vizsgált időszakra vonatkozó átlagos határát.)

Figure 4. Water cover maps: the peak coverage at February, 2015, and the minimum coverage at August, 2017 (Notes: DESC – descending path; ASC – ascending path. We depicted the average boundary of the largest water patches for the examined period as red lines.)

1. táblázat. A lineáris regresszióhoz tartozó Pearson- és Spearman-féle korrelációs együtthatók
Table 1. Pearson's and Spearman's correlation coefficients for the linear regressions

Statistikai kapcsolatok	Lineáris regresszió	
	Pearson-féle R-érték	Spearman-féle ρ -érték
wekaKMeans_DESC ~ L8_MNDWI	0,95**	0,70**
wekaKMeans_ASC ~ L8_MNDWI	0,96**	0,79**
wekaKMeans_DESC ~ S2_MNDWI	0,79**	0,65*
wekaKMeans_ASC ~ S2_MNDWI	0,85**	0,57*

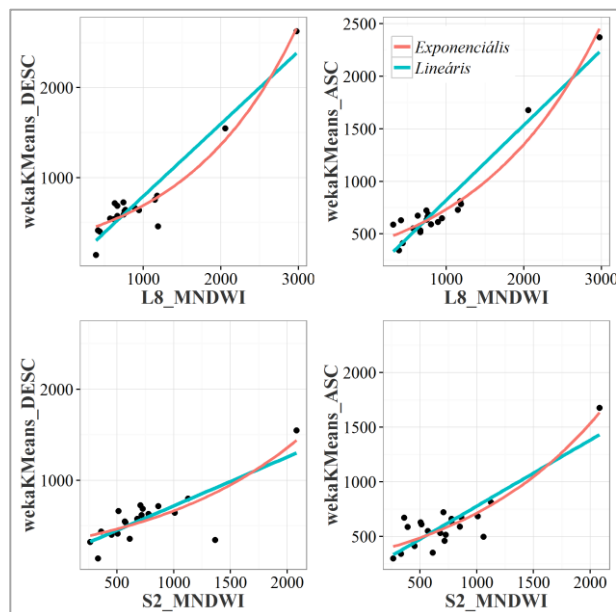
Megjegyzés: * szignifikáns 1%-os szinten, $p < 0,01$.; ** szignifikáns 0,1%-os szinten, $p < 0,001$.

Note: * significant at 1 percent level, $p < 0,01$.; ** significant at 0.1 percent level, $p < 0,001$.

KÖVETKEZTETÉSEK

Nincsen jelentős különbség az emelkedő vagy süllyedő pályán vételezett adatok között, a 3. ábrán a görbék jól együtt mozognak, kivéve néhány hónap esetén, a rossz képminőség miatt. 2017 februárjában, áprilisában és augusztusában a süllyedő pálya esetén, amikor egy hónapra lezuhantak a vízborítás-értékek, majd visszaálltak az emelkedő pálya szintjére. 2017 februárjában a süllyedő pálya esetén 5, míg az emelkedő pálya esetén 10 kép állt rendelkezésre; a szélességek rendre 5,9 és 8,9 m/s voltak. 2017 áprilisában a süllyedő pálya esetén csupán 4, míg az emelkedő pálya esetén 10 kép állt rendelkezésre; a szélességek rendre 10,5 és 5,6 m/s voltak. Ez esetben valószínűsíthető, hogy a szél általi hullámok szerepet játszottak az alacsonyabb vízborítás-értékekben. 2017 augusztusában a süllyedő pálya esetén 6, míg az emelkedő pálya esetén 10 kép állt rendelkezésre;

a szélességek rendre 5,4 és 8,8 m/s voltak. Ezeken a képeken nem különül el olyan kontrasztosan a vízborítás és lényegesen szemcsésebb a kép.



5. ábra. Lineáris regressziók (kék vonal) a radar és a vízindex (referencia) alapján számolt havi vízborítások (ha) között (Megjegyzés: A piros vonal egy exponenciális illesztés, de csak tájékoztató jellegű. L8_MNDWI a Landsat 8 alapján, míg az S2_MNDWI a Sentinel-2 műholdak alapján számolt vízborítást rövidíti.)

Figure 5. Linear regression lines (blue lines) between monthly water coverage (in ha) calculated from the radar and the water index (reference) data

(Note: The red line is an exponential fit, but for informative purposes only. L8_MNDWI and S2_MNDWI are for water cover data derived from Landsat 8 and Sentinel-2 images, respectively.)

A 2016. januári és februári vízborítások között jelentős a különbség. Mindkét hónapban rossz volt a képminőség: januárban 2, míg februárban is csak 3 kép állt rendelkezésre. A szélsősebesség havi átlaga rendre 8,4 és 11,3 m/s volt. Sajnos összehasonlítási alap nincsen az emelkedő pályával, ugyanis a nagy szélsősebesség (> 12 m/s) miatt az emelkedő pálya adatait ki kellett zárni. E két hónap eredményei ezért megbízhatatlanok.

Összességében kijelenthetjük, hogy az emelkedő műholdpálya esetén kicsivel jobbnak mondható az adatminőség a vizsgált területen, ugyanis a legtöbbször több kép áll rendelkezésre havonta, mint a süllyedő pálya esetén.

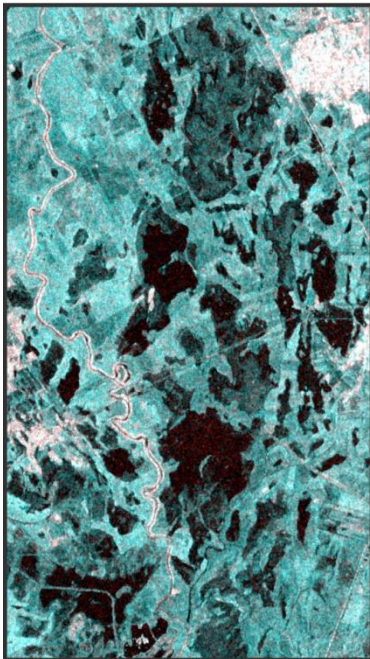
A minimum és maximum borítások az emelkedő pálya esetén is ugyanazokra a hónapokra esnek, viszont az értékekben eltérnek. Ennek oka az eltérő időben készült felvételek, a szél által keltett hullámok miatti rossz képminőség és a felvételek eltérő száma az emelkedő és a süllyedő pályák esetén.

Következtetéseinket alátámasztják a Sentinel-1 SAR és Sentinel-2 optikai adatok integrációs lehetőségét a belvízi elöntés térképezéséhez kötődően vizsgáló hazai kutatócsoportok eredményei (van Leeuwen és társai 2017, Vekery és társai 2018). A radarfelvételezés alapú, stabil időfelbontású értékelést jól kiegészítik a multispektrális osztályozás és a spektrális index információk.

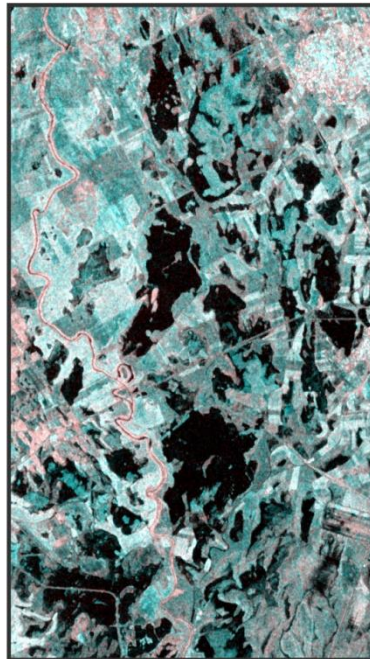
Ezt a következtetést szintén levonhatjuk a saját eredményeinkből, ugyanis egyértelműen látszik, hogy az optikai és a radaradatokból számolt vízborítások jól egybevágnak. Ennek szemléltetésére a 6. ábrán a 2015. februári radarkompozitokat hasonlítottuk össze egy 2015. februári 18-i Landsat 8 hamis színes kompozitképpel. A Landsat 8 képen sötét- és világoskék, esetenként fekete szín jelzi a vízfoltokat, míg a radarnál egyértelműen a fekete szín.

Megnéztük, hogy a téli jégborítás mennyire befolyásolja a vízborítás érzékelését. 2017 januárjában fedte jég a tavakat, de mégis szinte megegyezik a két különböző pályán vételezett adatokból számolt vízborítás. Ennek magyarázata, hogy a jég is hasonlóan sima felszín képez, mint a nyugodt víztükör. Azt tapasztaltuk, hogy a radar esetén a téli időszak jégpáncélja nem befolyásolja lényegesen az érzékelés pontosságát. A vízindexek esetén viszont problémát okozhat a vízhez hasonló, magas indexértékeket felvevő hóborítás, ezért ez esetben célszerű elkerülni a havas képek használatát, ahogyan mi is tettünk. A 7. ábrán összehasonlítottuk a radar, a Sentinel-2 és Landsat 8 adatokat a 2017 januárjában, amikor jég- és hóborítás is jellemző volt. Az optikai képek érdekesebbek számunkra. Cián színnel szépen látszódik a hóborítás, a sötétkék árnyalatok a tavak feletti jégborítást jelzik. A Sentinel-2 kép január 8-án készült, míg a Landsat 8 mediánkép január 6-án, 15-én és 22-én készült felvételekből áll össze, ezért tér el a hóborítás kiterjedése.

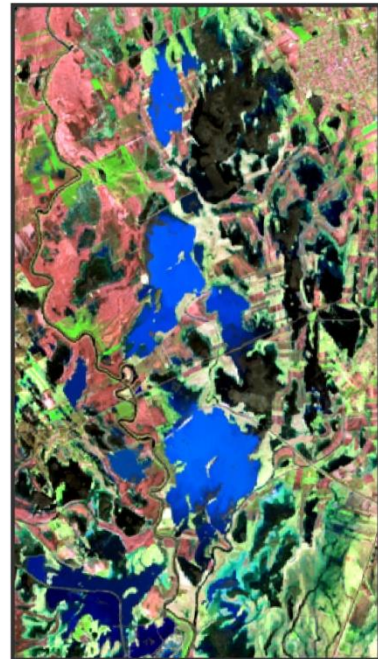
Sentinel-1 DESC
RGB: VH/VV/VV



Sentinel-1 ASC
RGB: VH/VV/VV



Landsat 8
RGB: 7/5/4



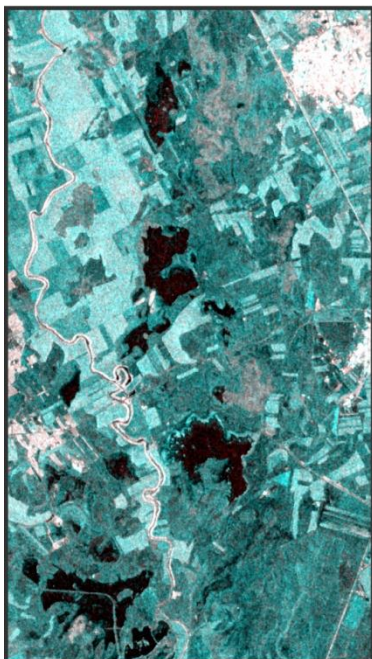
Dátum: 2015/02

1000 0 1000 2000 3000 m

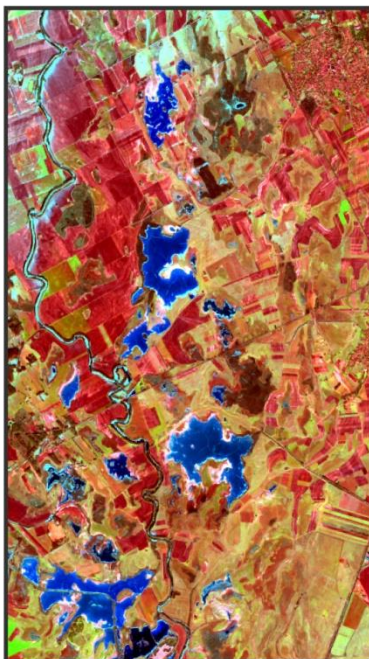
6. ábra. A 2015. februári Sentinel-1 radar és Landsat 8 felszíni reflektancia kompozitok összevetése (Megjegyzés: Az RGB: 7/4/3 a MIR/NIR/látható vörös műholdkép-sávok kombinációját jelenti. MIR (middle-infrared): középső infravörös sáv ($\lambda=2,1 \mu\text{m}$); NIR (near infrared): közeli infravörös sáv ($\lambda=0,8-0,9 \mu\text{m}$).

Figure 6. Comparison of Sentinel-1 radar and Landsat 8 surface reflectance composites in February 2015 (Note: RGB: 7/4/3 means the combination of MIR/NIR/visible red satellite image bands. MIR: middle infrared band at $\lambda=2,1 \mu\text{m}$; NIR: near infrared band at $\lambda=0,8-0,9 \mu\text{m}$)

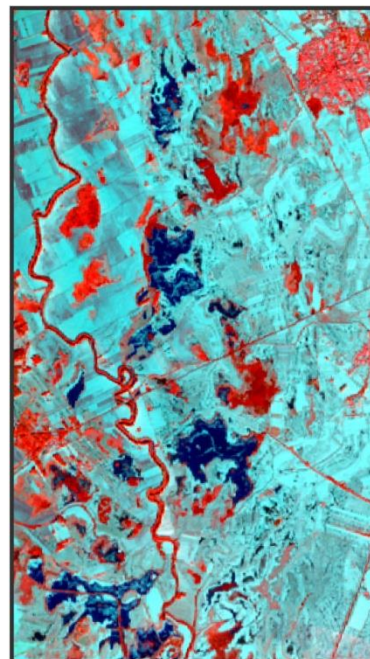
Sentinel-1 DESC
RGB: VH/VV/VV



Sentinel-2
RGB: 12/8/4



Landsat 8
RGB: 7/5/4



Dátum: 2017/01

1000 0 1000 2000 3000 m

7. ábra. A 2017. januári Sentinel-1 radar, Sentinel-2 és Landsat 8 felszíni reflektancia kompozitok összevetése. (Megjegyzés: Az RGB: 7/4/3 és az RGB: 12/8/4 szintén a MIR/NIR/látható vörös műholdkép-sávok kombinációját jelenti. MIR (middle-infrared): középső infravörös sáv ($\lambda=2,1 \mu\text{m}$); NIR (near infrared): közeli infravörös sáv ($\lambda=0,8-0,9 \mu\text{m}$))

Figure 7. Comparison of Sentinel-1 radar, Sentinel-2 and Landsat 8 surface reflectance composites in January 2017 (Note: RGB: 7/4/3 and RGB: 12/8/4 both mean the combination of MIR/NIR/visible red satellite image bands. MIR: middle infrared band at $\lambda=2,1 \mu\text{m}$; NIR: near infrared band at $\lambda=0,8-0,9 \mu\text{m}$)

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmányban a Sentinel-1 C-SAR radarfelvételek alapján egy olyan távérzékelési módszert dolgoztunk ki, amivel képesek vagyunk a felszíni vízborítás időjárástól többé-kevésbé független érzékelésére, havi léptékben, közepes térbeli felbontással. Az állandó nagy időfelbontású monitoring biztosított. Az eredményeinket a LANDSAT 8 OLI és a SENTINEL-2 MSI műholdképekből számolt vízborításokkal vetettük össze (MNDWI alapján, küszöbértékes osztályozással). Két teljesen különböző módszerrel, és különböző hullámhossz-tartományokon többé-kevésbé egybevágó eredményeket kaptunk, magas és közepes korreláció-értékekkel.

Egy pixel a radarképen 0,01 ha területnek felel meg a valóságban, tehát csak az ennél nagyobb vízfoltok érzékelhetők potenciálisan. A túskezűrés ellenére kis mértékű problémát okoz a radarképekre jellemző szemcsés zaj (tűskék) miatti tévesen víznek osztályozódott, elszórt pixelek jelenléte. A módszerünk további érvényesítésre szorul, amihez a belvizes időszakban készült nagyon nagy felbontású műholdképekre, illetve légi-, vagy drónfelvételekre van szükség, mivel a terepi felmérés ennél a jelenségnél nem kivitelezhető.

A képminőség a szél által keltett hullámok miatt néhány hónapban (pl. 2016 januárja és februárja, 2017 februárja, áprilisa és augusztusa a süllyedő pályák esetén) rossz, ami használhatatlanná teszi ezeket a felvételeket.

A jelenlegi vizes élőhely monitoring továbbfejlesztve belvizi kiértékelést is támogathat. A felhő alapú számítástechnika segítségével tömördek mennyiségű és ingyenes műholdas távérzékelési adatot tudunk már gyorsan és magas fokon automatizáltan feldolgozni. A Google Earth Engine felhőplatform számítási teljesítménye rendelkezésünkre áll, hogy egy vizes élőhely vagy belvizi monitoring rendszert működtessünk, talán a jövőben előremozdíthatná a belvizekkel való gazdálkodás ügyét is. A szkriptek kódját együttműködés keretében szívesen megosztjuk.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást az Interreg-IPA Magyarország-Szerbia Határon Átnyúló Együttműködési Program keretében és az Európai Unió társfinanszírozásával (IPA) megvalósuló HUSRB/1602/11/0057 WATERatRISK projekt támogatta.

IRODALOM

Alsdorf D. E., Rodríguez E., Lettenmaier D. P. (2007). Measuring surface water from space. *Reviews of Geophysics* 45(2), 24 p.

Arthur D., Vassilvitskii S. (2007). k-means++: the advantages of careful seeding. In: *Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*, 1027-1035.

- Baghdadi N., Bernier, M., Gauthier R., Neeson I. (2010). Evaluation of C-band SAR data for wetlands mapping. *International Journal of Remote Sensing* 22(1), 71-88.
- Bourgeau-Chavez L. L., Kasischke E. S., Brunzell S. M., Mudd J. P., Smith K. B., Frick A. L. (2010). Analysis of space-borne SAR data for wetland mapping in Virginia riparian ecosystems. *International Journal of Remote Sensing* 22(18), 3665-3687.
- Dawson T. P., Berry P. M., Kampa E. (2003). Climate change impacts on freshwater wetland habitats. *Journal for Nature Conservation* 11(1), 25-30.
- Elyouncha A., Neyt X., Stoffelen A., Verspeek J. (2015). Assessment of the corrected CMOD6 GMF using scatterometer data. In: *Proceedings of SPIE 9638, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions*, 11 p.
- Engman E. T. (1996). Remote sensing applications to hydrology: future impact. *Hydrological Sciences Journal* 41(4), 637-647.
- Erdélyi M. (1975). A magyar medence hidrodinamikája. *Hidrológiai Közlöny* 55. évf. 4. szám, pp.147-155.
- Erwin K. L. (2009). Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management* 17, 71-84.
- Google Earth Engine Team (2015). Google Earth Engine: A planetary-scale geospatial analysis platform. <https://earthengine.google.com/>
- Gorelick N., Hancher M., Dixon M., Ilyushchenko S., Thau D., Moore R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment* 202, 18-27.
- Gulácsi A. (2017). A vizes élőhelyek vízborítottságában bekövetkező változások vizsgálata radarfelvételekkel, a Google Earth Engine használatával. In: *Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században*, V. Blanka, Zs. Ladányi (eds.), Szegedi Tudományegyetem Földrajzi és Földtudományi Intézet, Szeged. pp. 188-199.
- Hess L. L., Melack J. M., Simonett D. S. (1990). Radar detection of flooding beneath the forest canopy: a review. *International Journal of Remote Sensing* 11(7), 1313-1325.
- Kasischke, E. S., Melack J. M., Dobson M. C. (1997). The use of imaging radars for ecological applications—A review. *Remote Sensing of Environment* 59(2), 141-156.
- Kohán B. (2014). GIS-alapú vizsgálat a Duna–Tisza közti homokhátság szárazodásának témakörében. Doktori (Phd) értekezés. ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest. 138 p.
- Kovács F. (2009). Változékonyság értékelése vizes élőhelyeken – műholdképek alapján. *Hidrológiai Közlöny* 89(2), 57-61.
- Lang M. W., Kasischke E. S. (2008). Using C-Band Synthetic Aperture Radar Data to Monitor Forested Wetland Hydrology in Maryland's Coastal Plain, USA. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 46(2), 535-546.
- Lee J. S. (1980). Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 2(2), 165-168.
- Lee J. S. (1981). Refined filtering of image noise using local statistics. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 15, 380-389.
- Li W., Du Z., Ling F., Zhou D., Wang H., Gui Y., Sun B., Zhang X. (2013). A Comparison of Land Surface Water Mapping Using the Normalized Difference Water Index from TM, ETM+ and ALI. *Remote Sensing* 5(11), 5530-5549.
- Mádlné Szőnyi J., Simon Sz., Tóth J., Pogácsás Gy. (2005). Felszíni és felszín alatti vizek kapcsolata a Duna–Tisza közti Kelemen-szék és Kolon-tó esetében. *Általános Földtani Szemle* 30, 93-110.
- McFeeters S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing* 17(7), 1425–1432.
- Mezősi G., Blanka V., Ladányi Zs., Bata T., Urdea P., Frank A., Meyer B. (2016). Expected mid- and long-term changes in drought hazard for the South-Eastern Carpathian Basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 11(2), 355-366.
- Pálfai I. (1994). Összefoglaló tanulmány a Duna-Tisza közti talajvízszint süllyedés okairól és a vízhiányos helyzet javításának lehetőségeiről. A Nagyalföld Alapítvány kötetek 3, Békéscsaba. pp. 111-125.
- Pálfai I. (2010). A Duna-Tisza közti hátság vízháztartási sajátosságai. *Hidrológiai Közlöny* 90. évf. 1. szám, pp. 40-44.
- Rakonczai J. (2013). A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájon. (A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei). Akadémiai doktori értekezés, Budapest. 167 p.
- Rakonczai J., Fehér Zs. (2015). A klímaváltozás szerepe az Alföld talajvízkészleteinek időbeli változásaiban. *Hidrológiai Közlöny*, 95. évf. 1. szám, pp. 1-15.
- Saha S., Moorthi S., Pan H-L., Wu X., Wang, J. et al. (2011). The NCEP Climate Forecast System Reanalysis. *Bulletin of American Meteorological Society*, 91, 1015-1057.
- Simon, Sz. (2010). Characterization of groundwater and lake interaction in saline environment, at Kelemenszék lake, Danube-Tisza Interfluve, Hungary. PhD dissertation, Manuscript, ELTE Budapest. p.177.
- Szalai J., Kovács J., Kovácsné Székely I. (2011). A Duna – Tisza köze csapadék és talajvízszint-adatainak vizsgálata klaszteranalízissel. In: *Környezeti változások és az Alföld*, J. Rakonczai (ed.), Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba. pp. 111-118.
- Szanyi J., Kovács B. (2009). Egyesített 3D hidrodinamikai modell a felszín alatti vizek használatának fenntartható fejlesztéséhez a magyar-szerb országhatár menti régióban. INTERREG III/A HUSER0602/131.
- Szilágyi J., Vörösmarty Ch. (1993). A Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedések okainak vizsgálata. *Vízügyi Közlemények*, 75. évf. 3. szám, pp. 280-294.

Torres R., Snoeij R., Geudtner D., Bibby D., Davidson M., Attema E., Potin P., Rommen B., Floury N., Brown M., Traver I. N., Deghaye P., Duesmann B., Rosich B., Miranda N., Bruno C., L'Abbate M., Croci R., Pietropaolo A., Huchler M., Rostan F. (2012). GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sensing of Environment* 120, 9-24.

Tóth J., Almási I. (2001). Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian basin. *Geofluids* 1,11-36.

Ulaby F. T., Moore R. K., Fung A. K. (1982). *Micro-wave remote sensing: active and passive. Vol. 2, Radar remote sensing and surface scattering and emission theory.* Addison-Wesley Reading, MA, USA.

van Leeuwen B., Tobak Z., Kovács F., Sipos Gy. (2017). Towards a continuous inland excess water flood monitoring system based on remote sensing data. *Journal of Environmental Geography* 10(3-4), 9-15.

Vekerdy Z., Qiu Y., Csorba Á., Czakó-Gál E., van Leeuwen B. (2018). Belvíztérképezés Sentinel-1 és Sentinel-2 képek integrációjával. FÉNY-TÉR-KÉP Konferencia, 2018. november 15-16., Gárdony.

VITUKI (2006). A Duna–Tisza közti hátság hidrometeorológiai, felszíni és felszín alatti vizeinek mennyiségére vonatkozó mérő- és megfigyelőrendszer működtetése és értékelése. Zárójelentés. VITUKI Kht., Hidrológiai Intézet, Budapest.

Völgyesi I. (2006). A Homokhátság felszín alatti víz-háztartása – vízpótlási és vízvisszatartási lehetőségek. <http://volgyesi.uw.hu/dokuk/homokhatsag.pdf>

Weiß T. (2018). Sar-pre-processing Documentation. https://media.readthedocs.org/pdf/multiply-sar-pre-processing/get_to_version_0.4/multiply-sar-pre-processing.pdf

Xu H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 27(14), 3025-3033.

Yommy A. S., Liu R., Wu S. (2015). SAR Image Despeckling Using Refined Lee Filter. In: *Conference: 2015 7th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC) 2*, 260-265.

A SZERZŐK



GULÁCSI ANDRÁS doktorandusz a Szegedi Tudományegyetem Földtudományi Doktori Iskolájában. Végzettségét tekintve okleveles környezettudós. Kutatási témája: spektrális indexek alkalmazása az aszályok vizsgálatára a MODIS adatok segítségével, vizes élőhelyek monitoringja a Sentinel-1 C-SAR radarfelvételekkel. Webfejlesztéssel és design-nal is foglalkozik.



KOVÁCS FERENC Ph.D. habil, geográfus és térinformatikus. A Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék egyetemi adjunktusa. Kutatási területe a klímaváltozás földrajzi hatásainak értékelése, amelynek keretében az 1990-es évek óta foglalkozik a Felső-Kiskunsági tavak megfigyelésével.

Limitáló tényezők a szubmerz és emerz hínárnövények versenyében

Koleszár Gergő*, Fedor Noémi**, Szabó Sándor**

* Eszterházy Károly Egyetem, Természettudományi kar, H3300 Eger, Eszterházy tér 1.

** Nyíregyházi Egyetem, Környezettudományi Intézet, H4400 Nyíregyháza, Sóstói u 31/B.

Kivonat

A szubmerz és az úszó emerz hínárnövényzet gyakran hoz létre stabil dominanciájú állományokat. A fényért és a tápelemekért folyó versenyük aszimmetrikus, ami miatt képes mindkét növénycsoport önstabilizáló körülményeket fenntartani. Az köztudott, hogy az úszó emerz vízinövények az árnyékolással gátolják a szubmerz növények növekedését. Azt viszont még nem ismerjük, hogy melyek azok a tényezők, amelyekkel gátolják a szubmerz növények az úszó emerz növények térhódítását. Akvárium kísérletekkel bizonyítottuk, hogy a púpos békalencse (*Lemna gibba*), mint vizsgált úszó vízinövény növekedését a szubmerz növények (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*) erősen gátolták. A vizsgált két szubmerz növényfaj a közeg pH-ját ellúgosította (pH 10,2-10,5) és emellett a tápoldat nitrogén-, foszfor-, vas- és mangánkoncentrációját drasztikusan csökkentette. Ezt követően a vizsgált tápelemek visszapótlásával és a pH semlegesítéssel a békalencsék növekedése ismét helyre állt. Következésképpen a kompetícióban a szubmerz növényeknek a békalencsékre gyakorolt gátló hatása a pH emelés és a tápanyagok (N, P, Fe) elvonása révén jött létre. Egy pH gradiens mentén (pH 7-11) a békalencsék növekedési rátája, klorofillhozama pH 9,5 értéken több mint 50%-kal csökkent, pH 10,5 felett pedig teljesen megállt. Terepi körülmények között vizsgáltuk a szubmerz növények állományaiiban a pH napszakos változásait. A mért vízkémiai eredmények azt erősítették meg, hogy a szubmerz növények által eredményezett lúgos pH -függetlenül a víz hipertróf voltától önmagában elegendő ahhoz, hogy a felszínen az úszó emerz növények növekedése akár teljesen megálljon.

Kulcsszavak

Emerz növényzet, szubmerz növényzet, *Lemna*, *Ceratophyllum*, tápelemvisszapótlás, pH gradiens.

Limiting factors in the competition of submerged and emergent plants

Abstract

Both the floating emergent and the submerged macrophytes can form stable dominance. Their competition for light and for nutrients is asymmetric, therefore both groups can sustain self-stabilizing conditions. It is obvious, that shading effects of emergent plants is the strongest limiting factor on submerged macrophytes. However, there is not a single study has been done regarding to the limiting factor resulted by submerged macrophytes on floating plants. Here we demonstrated that duckweed (*Lemna gibba*) growth was found to be strongly reduced by submerged macrophytes (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*). These submerged plants reduced N, P, Fe and Mn concentrations of the medium drastically moreover they increased the pH beyond 10. Subsequent additions of nutrients and pH neutralisation removed the growth inhibition of duckweed. This growth inhibition is, therefore, concluded to be due to pH increase and N, P and Fe removal. Of the four factors significantly inhibiting duckweed growth, increase in pH was the strongest depletion of N was second, followed by reduction of P and Fe. Along an artificial pH gradient (pH 7-11) above pH 9.5, the growth rate and chlorophyll production of *Lemna* were reduced by 50%. Moreover, above pH 10.5, the growth was completely stopped. In field conditions *Ceratophyllum* and *Elodea* dominated stands, the diurnal changes of pH in the water body was followed. Chemical composition of the water showed that alkaline pH due to photosynthetic activity of submerged plants was the main inhibiting factor for the growth of floating plants (*Lemna*).

Key words

Emergent vegetation, submerged vegetation, *Lemna*, *Ceratophyllum*, nutrients replenishment, pH gradient.

BEVEZETÉS

Felszíni vizeinkben a szubmerz és emerz növények között egy csereviszony áll fent, amelyben a fényviszonyok optimális felhasználása áll szemben a tápelemfelvétel maximális kihasználásával. Azt, hogy melyik növénycsoport lesz a domináns egy adott vízterületen, nagyban befolyásolja a vízben felvehető tápelemek koncentrációja. Magasabb tápelemterhelés mellett, hullámszáznak kitett nyílt vízterületeken fitoplankton-dominancia (Scheffer és Nes 2007), ugyanakkor hullámszámentes tavakban és lassú folyású csatornáknban úszónövény dominancia figyelhető meg (Scheffer és társai 2003, Smith 2014). Alacsonyabb vízszint esetén csökkent tápelemterhelés mellett olyan körülmények alakulhatnak ki, amelyek szubmerz növények stabil dominanciáját eredményezik (Zuidam és Peeters 2013). Korábbi kísérleteink során sikerült bizonyítanunk, hogy a szubmerz növények

(*Elodea nuttallii*, *Ceratophyllum demersum*) a víztest pH értékének jelentős mértékű növelésével, illetve a tápelemek elvonásán keresztül képesek megakadályozni azt, hogy az úszó vízi növények (békalencsék) stabil dominanciája kialakuljon (Szabó és társai 2010, Nagy és társai 2015). Az egyes tápelemek közül a szerves nitrogén koncentráció a szubmerz hínárállományok víztestjeiben gyakran kimutatási határérték alatti (Goulder 1969). Ezt az alacsony tápelemekonzentrációt nemcsak a makrofitonok tápelemfelvétele okozza, hanem ezen túlmenően a növényeken élő perifiton algák tápelemfelvétele is (Scheffer 1998, Koleszár és társai 2017). A növényi tápelemfelvételen túl a tápelemek hozzáférhetőségét tovább csökkenti a foszfát és a mikroelemek (Fe, Mn) kicsapódása, mely az intenzív fotoszintézis következtében kialakuló lúgos pH miatt megy végbe (Wetzel 1983).

Jelen vizsgálatainkban választ kerestünk arra a kérdésre, hogy a szubmerz növények (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*) által okozott lúgos pH és tápelem hiány közül melyik tényező korlátozza leginkább az emerz növények (*Lemna gibba*) növekedését.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokhoz szükséges púpos békalencsét (*Lemna gibba*) és érdes tócsagazt (*Ceratophyllum demersum*) Nyíregyháza mellett, az Igrice csatornából, az aprólevelű átokhínárt (*Elodea nuttallii*) pedig Kótaj mellett a Lónyay-főcsatornából gyűjtöttünk. A növényeket Barko és Smart (1985) által kifejlesztett tápoldaton (BS tápoldat) preinkubáltuk, amely NH_4NO_3 és K_2HPO_4 törzsoldat hozzáadásával 2 mgN l^{-1} -re és $0,4 \text{ mgP l}^{-1}$ -re volt kiegészítve. A tápoldat mikroelem ellátását Tropica Suplier oldattal (10000 szoros hígítás) biztosítottuk az oldat kiindulási pH-ja 7,3 volt. A növényeket $220 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ megvilágításon, 16/8 óra foto-perióduson, 25 C° hőmérsékleten preinkubáltuk.

Lemna-szubmerz növény ko-kultúrák

A kultúrákhoz 2 l tápoldatot tartalmazó műanyag akváriumokat használtunk. Minden akváriumba 20 g nedvestömegű szubmerz növényt (*Ceratophyllum demersum*, vagy *Elodea nuttallii*) helyeztünk, melyeket a bemérés előtt centrifugáltunk. A kultúrákban a kiindulási *Lemna* biomasza 0,2g (nedves tömeg) volt. A szubmerz növénytől mentes kontroll *Lemna*-kultúrákban a békalencsék optimális növekedését Szabó és társai (2003) módszere segítségével biztosítottuk. 12 napon keresztül négy naponta mértük a békalencsék biomaszáját, 48 órás mintavétel mellett vizsgáltuk a tápoldat kémiai összetételét (pH, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, P, Fe, Mn). A kísérlet végén a békalencsékét learattuk, megmértük a biomaszájukat. A szubmerz növényekkel kezelt tápoldatot dekantáltuk, $10 \mu\text{m}$ porúsátmérőjű algaszűrőn szűrtük, majd a szűrletet tápelem-visszapótlásos kísérlethez használtuk fel.

Tápelemvisszapótlásos kísérlet

A kísérletünk célja, hogy megvizsgáljuk, hogy a szubmerz növények tápelem elvonása révén az egyes tápelemek közül melyek a leginkább limitálók a békalencsék számára. A kísérlethez 2 l-es sötét falú akváriumot használtunk, melyben a *Lemna*-szubmerz növény ko-kultúrák kísérletből származó tápoldat szűrletét (2l) helyeztük. Hogy megbizonyosodjunk, hogy a szubmerz növény-*Lemna* kompetícióban egy adott tápelem (pl. foszfor) ténylegesen mennyire limitáló, az adott tápelem kivételével az összes többi kémiai összetevő koncentrációját az eredeti tápoldat szintjére egészítettük ki. (1. táblázat). A kezelés során a tápelemeket az alábbi formában használtuk: nitrogén- NH_4NO_3 , foszfor- K_2HPO_4 , vas- FeSO_4 , mangán- MnCl_2 . A közeg pH értékét $0,1 \text{ M HCl}$ és KOH oldattal állítottuk be. A kontroll kultúra tápelemvisszapótlása során a tápelemek koncentrációja a kiindulási BS tápoldattal lett azonos.

A pH hatása a békalencsék növekedésére

A kísérletet során beállítottunk egy pH sort (pH=7; 8; 8,5; 9; 9,5; 10; 10,5; 11), ahol szintén Barko és Smart (1985) által kidolgozott tápoldaton neveltük a hínárnövényeket. A kiindulási *Lemna* biomasza akváriumonként

200 mg volt. A békalencsékét 14 napon keresztül neveltük, majd a kísérlet végén a learattuk, megmértük nedves tömegüket, 200 mg növényből 95%-os etanolos extrahálás után megmértük a növények klorofilltartalmát. Végül megmértük a növények száraz tömegét, majd kiszámoltuk a növekedési rátájukat.

1. táblázat. A tápelem-visszapótlásos kísérlet tápoldatainak kémiai összetétele

(Megjegyzés: A kontroll tápoldat 12 napig *E. nuttallii* kezelésnek volt kitéve, részletek a szövegben.)

Table 1. Chemical composition of nutrient replacement experiment's nutrient solution

(Note: The control nutrient solution was exposed to *E. nuttallii* for 12 days, details in the text.)

Kezelések	Tápelem (mg l ⁻¹)			
	N	P	Fe	Mn
Kontroll	2	0,400	0,070	0,040
Elodea kezelt *	0.12	0.021	0.005	0.006
N hiány	0.17	0,400	0,070	0,040
P hiány	2	0.021	0,070	0,040
Fe hiány	2	0,400	0.005	0,040
Mn hiány	2	0,400	0,070	0.006
pH: 10,2	2	0,400	0,070	0,040

Megjegyzés: * Az *Elodea* kezelésnek kitétt oldat pH-ját 10,2-re állítottuk. Note: * The pH of the solution exposed to *Elodea* treatment was adjusted to 10.2.



1. fénykép. Lemna-szubmerz növény ko-kultúráinak nevelése
Picture 1. Cultivation of Lemna-submerged plant co-cultures

PH értékek terepi körülmények között

A Lónyay-főcsatornán (Kótaj) a szubmerz növények (*E. nuttallii*, *C. demersum*) sűrű állományaiban mértük a víz pH-értékének napszakos változását reggel 6 órától 21 óráig.

EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

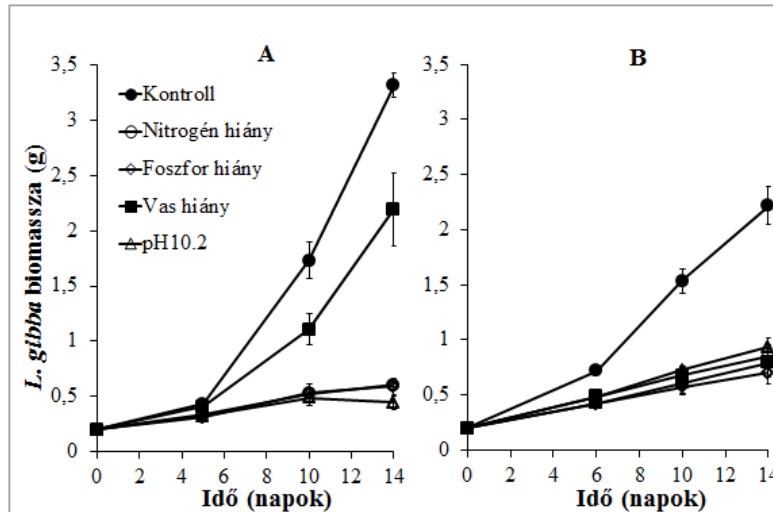
Tápelemvisszapótlásos kísérlet

A békalencsék növekedésére a szubmerz növények által előidézett mangánhiány nem volt jelentős hatással, sem az átokhínárral, sem a tócsagazzal kezelt tápoldat esetében. A vashiányos állapot viszont szignifikánsan csökkentette a békalencsék növekedését a kontroll kultúrákéhoz képest, mind átokhínárral ($P=0,005$, ANOVA), mind tócsagazzal ($P=0,002$, ANOVA) kezelt tápoldaton (1. ábra).

A szubmerz növények által előidézett foszfor-, illetve nitrogénhiány ugyancsak szignifikánsan ($P < 0,000$, ANOVA) gátolta a békalencsék növekedését, amely nagy hasonlóságot mutat átokhínárral kezelt tápoldat esetében (1. ábra).

Azokban az akváriumokban, amelyekbe minden tápanyagot visszapótolunk, de a pH-t 10,2-es tartományban tartottuk, szubmerz növényekkel kezelt tápoldat esetében a békalencsék növekedése szignifikánsan kisebb volt ($P \leq 0,001$,

ANOVA), mint a kontrollkultúráké (1. ábra). Az átokhínárral kezelt tápoldaton tenyésztő békalencsék növekedése a 10. napon megállt, majd biomasszája csökkenni kezdett (1. ábra, A panel). A *L. gibba* biomasszáját a kísérlet 14. napjára átokhínárral kezelt tápoldat esetében a vashiány 34%-al, a nitrogén- és foszforhiány 82%-al, a lúgos pH 87%-al csökkentette, míg tócsagazzal kezelt tápoldat esetében a lúgos pH 58%-al, a vashiány 61%-al, a nitrogén 64%-al és a foszfor 68%-al csökkentette.



1. ábra. Az átokhínár (*E. nuttallii*) (A) és a tócsagaz (*C. demersum*) (B) által előidézett tápelemhiány (N, P, Fe,) illetve a lúgos (10,2) pH hatása a békalencse (*L. gibba*) biomasszájának változására (Megjegyzés: A hibásávok az eredmények szórásai, $n=3$.)

Figure 1. The impact of nutrient limitation and high pH caused by submerged plants (*E. nuttallii* (A), *C. demersum* (B)) on the biomass of duckweed *L. gibba*

(Note: Error bars represent the standard deviation, $n=3$.)

Az átokhínár által előidézett mangán- és vashiánynak nem volt szignifikáns hatása a békalencsék klorofilltartalmára, míg a lúgos pH (10,2), a nitrogén- és foszforhiány szignifikánsan ($P=0,002$, ANOVA) csökkentette a békalencsék klorofilltartalmát a kontrollkultúrákhoz képest. A tócsagaz által előidézett mangánhiány -hasonlóan az átokhínáras kezeléshez- nem volt szignifikáns hatással a békalencsék klorofilltartalmára. Viszont ebben az esetben a lúgos pH ($P=0,022$, ANOVA), a nitrogén- ($P=0,003$, ANOVA) és foszforhiány ($P=0,007$, ANOVA) mellett, a vashiány ($P=0,012$, ANOVA) is szignifikánsan csökkentette a békalencsék klorofilltartalmát (2. ábra).

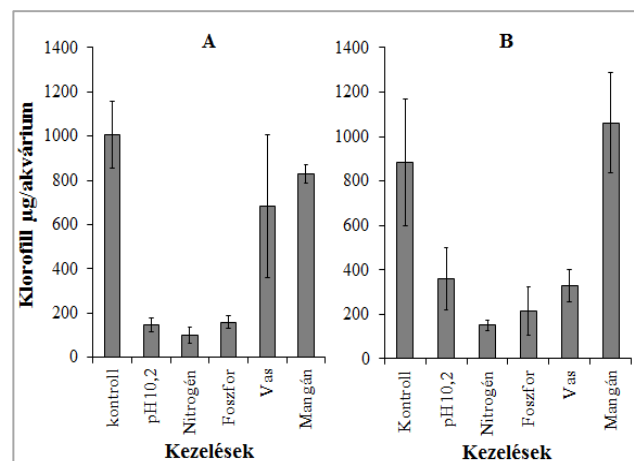
A pH hatása a békalencsék növekedésére

A békalencsék növekedési rátája a tápoldat pH értékének emelkedésével fokozatosan csökkent. 7-es pH mellett a békalencsék növekedési rátája $0,259 \text{ RGR nap}^{-1}$, 9-es pH fölött kezdett szignifikánsan ($P \leq 0,008$, ANOVA) csökkenni. 11-es pH-n növekvő kultúrákban viszont a növekedésük teljesen megállt (3. ábra). A békalencsék klorofill hozama a tápoldat lúgosodásával 9-es pH fölött szignifikánsan csökkent ($P < 0,000$, ANOVA), 10-es pH fölött pedig a hozam nem volt már kimutatható (3. ábra). Semleges pH-jú tápoldaton a békalencsék optimális szaporodást mutattak és klorofill hozamuk a kísérlet 14 napja alatt több mint $545 \mu\text{g}$ volt akváriumonként (3. ábra).

PH értékek terepi körülmények között

A hínárnövények sűrű állományai fölött -a víz legfelső 2-4 cm-es rétegében- kora reggel mind az érdes tócsagaz,

mind az aprólevelű átokhínár állományok víztesteiben a víz pH értéke 7,6 volt. Ez az érték három órán belül már 9 fölé emelkedett. A legnagyobb pH délután 15 órakor volt mérhető, tócsagaz állományok fölött 11,1; átokhínár állományok fölött pedig 10,2. A víz pH-ja 15 óra után folyamatosan csökkent (4. ábra).

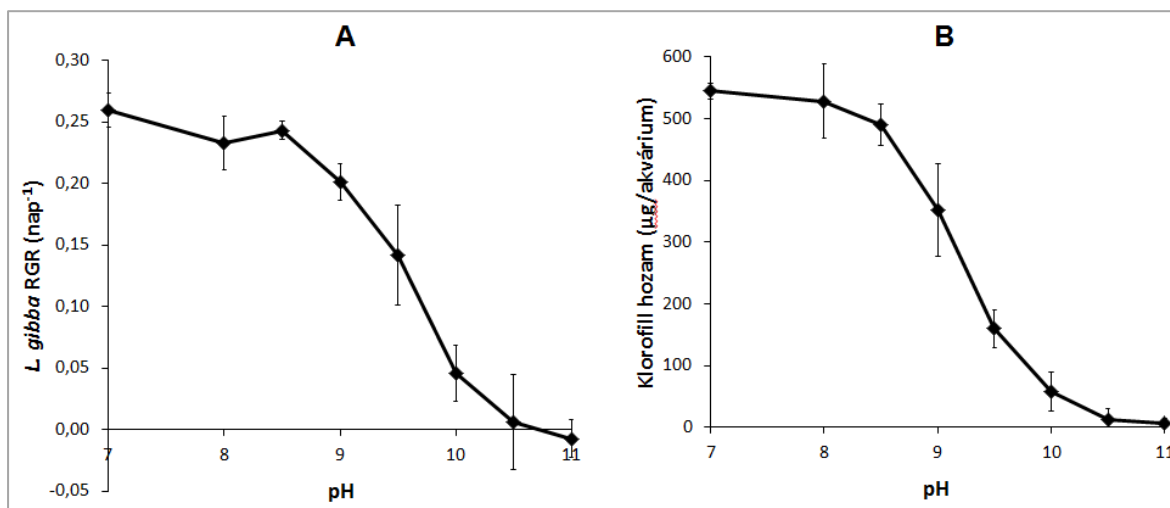


2. ábra. Az átokhínár (A) és a tócsagaz (B) által előidézett tápelemhiányok és a nagy (10,2) pH hatása a békalencse kultúrák klorofilltartalmára

(Megjegyzés: A hibásávok az eredmények szórásai, $n=3$.)

Figure 2. The impact of nutrient limitation and high pH caused by submerged plants (*E. nuttallii* (A), *C. demersum* (B)) on the chlorophyll content of duckweed *L. gibba*

(Note: Error bars represent the standard deviation, $n=3$.)

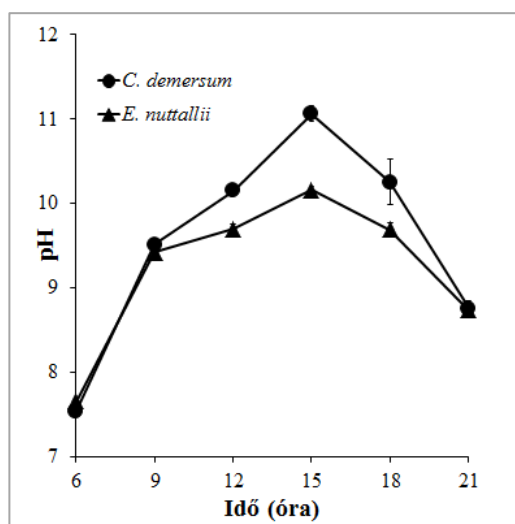


3. ábra. A pH hatása a békalencsék (*L. gibba*) növekedési rátájára (RGR) (A) és klorofill hozamára (B)

(Megjegyzés: A hibasávok az eredmények szórásai, n=4)

Figure 3. The impact of pH on the relative growth rate (RGR) (A) and chlorophyll production of duckweed (B) (*L. gibba*.)

(Note: Error bars represent the standard deviation, n=4)



4. ábra. A pH értékek napszakos változásai szubmerz növények állományaiban a Lónyay-főcsatornán augusztus folyamán

(Megjegyzés: A hibasávok az eredmények szórásai, n=3)

Figure 4. Diurnal change of pH in water of densely grown *Ceratophyllum* (green) and *Elodea* (red) stands

(Note: Error bars represent the standard deviation, n=3)

A szubmerz növények fotoszintézisük következtében a vízből történő hidrogénkarbonát-ion felvétele révén ellúgosítják a víz pH értékét, aminek következtében az egyes mikroelemek kicsapódnak a vízből, így a növények számára hozzáférhetlenné válnak. Ezen túl gyors tápelemfelvételük révén, a víz felvehető nitrogén koncentrációja is a békalencse fajok számára messze a szuboptimum alá esett ($\text{NH}_4\text{-N} < 0,05 \text{ mg L}^{-1}$, $\text{NO}_3\text{-N} 0,17 \text{ mg L}^{-1}$). Az ammóniumion koncentrációjának csökkenését nemcsak a növényi tápelem felvétel okozhatta, hanem a magas pH által létrejött szabad ammónia távoztása az oldatból. A mikroelemek (Fe, Mn) hiánya kisebb hatással van a békalencsék növekedésére, mint a nitrogén hiány. A kísérleteinkhez hasonlóan békalencsék tápelemlimitációját nem csak a szubmerz növények, hanem a planktonikus algák is képesek voltak előidézni (Szabó és társai 2010). Vizsgálatainkban a három leginkább limitáló tényező a *Lemna* növekedésgátlásban a

szubmerz növények által létrehozott foszfor- és nitrogén hiány, továbbá a lúgos (10,2) pH volt. A kísérlet végén a szubmerz növények által okozott lúgos pH teljesen megállította a békalencsék növekedését. Hasonló nagy pH-t mérünk korábbi laboratóriumi kísérleteinkben, ahol a pH szintén kulcstényező lehetett a *Lemna*-szubmerz növény kompetícióban (Szabó és társai 2010, Nagy és társai 2015, Koleszár és társai 2017). A lúgos pH nem csak a nitrát és foszfát biológiai hozzáférhetőségét csökkenti, hanem a foszfát és más mikroelemek kicsapódásához is hozzájárul (Novacky és Ullrich-Eberius 1982, Wetzel 1983). A *Lemna* kultúrák növekedése újra helyreállt, ha a szubmerznövény kezelésnek kitett oldatba visszapótoltuk az azok által felvett, vagy immobilizált tápelemeket. A terepi körülmények között mért adatok alátámasztják, hogy a hínárnövények természetes élőhelyükön is kialakíthatnak hasonló életkörülményeket. A békalencsék növekedésgátlásában szerepet játszó limitáló tényezők közül a foszfor elvonás volt a legerősebb (75%), ezt követte a nitrogénelvonás (73%), majd a lúgos pH (72%), illetve a vas tápelem elvonása (48%). Kísérleteink meglehetősen extrém képet adnak az egyes gátló hatások mértékéről, mivel számos –a természetben fennálló– pufferelő hatás ki volt zárva. A békalencsére ható limitáló tényezők intenzitását terepi körülmények között az üledékből történő tápelem felszabadulás és a víz áramlása jelentősen gyengítheti. A limitáló tényezők intenzitásának pontosabb megállapításához terepen elvégzett mezokozmosz kísérletek eredményei adhatnak realisabb képet.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az úszó emez és a szubmerz hínár egyaránt képes stabil dominanciájú állományokat létrehozni. Két növénycsoport között a fényért és a tápelemekért folyó versenyük aszimmetrikus, ami miatt képes mindkét növénycsoport önstabilizáló körülményeket fenntartani. Választ kerestünk arra a kérdésre, hogy a szubmerz növények (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*) által előidézett nagy (10,2) pH és tápelem hiány közül melyik a leginkább limitáló tényező az emez növények (*Lemna gibba*) növekedésére nézve. A púpos békalencse (*Lemna gibba*)

és érdes tócsagaz (*Ceratophyllum demersum*), illetve a púpos békalencse és aprólevelű átokhínár (*Elodea nuttallii*) növények statikus tápoldaton, 2 literes akváriumokban lettek tenyésztve. A növényekkel kezelt tápoldatot leszűrjük, majd visszapótoljuk a szükséges tápelemeket a *Barko és Smart (1985)* által meghatározott értékig egy adott tápelem kivételével, illetve voltak olyan kezelések, ahol minden tápelemet visszapótolunk, de a víz pH-ját 10,2-es tartományban tartottuk. A kísérlet során a tenyészedenyekben a kísérleti növények biomassza-változásait mértük. Bizonyítottuk, hogy a púpos békalencse (*Lemna gibba*), mint vizsgált úszó vízinövény növekedését a szubmerz növények (*Ceratophyllum demersum*, *Elodea nuttallii*) erősen gátolták. A kísérletünk eredményei nagy hasonlóságot mutatnak a *Szabó és társai (2010)* által elvégzett alga-békalencse kompetíció eredményeivel. A vizsgálatunk során a két szubmerz növényfaj a közeg pH-ját ellúgosította (pH 10,2-10,5) és emellett a tápoldat nitrogén-, foszfor-, vas- és mangánkoncentrációját drasztikusan csökkentette. Ezt követően a vizsgált tápelemek visszapótlásával és a pH semlegesítéssel a békalencsék növekedése ismét helyre állt. Következésképpen a kompetícióban a szubmerz növényeknek a békalencsére gyakorolt gátló hatása a pH emelés és a tápanyagok (N, P, Fe) elvonása révén jött létre. Egy pH grádiens mentén (pH 7-11) a békalencsék növekedési rátája, klorofillhozama pH 9,5 értéken több mint 50%-kal csökkent, pH 10,5 felett pedig teljesen megállt. Terepi körülmények között vizsgáltuk a szubmerz növények állományaiban a pH napszakos változásait. A mért vízkémiai eredmények azt erősítették meg, hogy a szubmerz növények által eredményezett lúgos pH -függetlenül a víz hipertrof voltától- önmagában elegendő ahhoz, hogy a felszínen az úszó emersz növények növekedése akár teljesen megálljon.

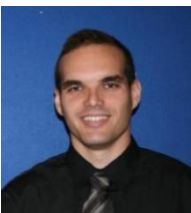
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet az Emberi Erőforrások Minisztériumának, amely a kutatáshoz szükséges anyagi támogatást az ÚNKP-18-2 kódszámmal biztosította az Új Nemzeti Kiválóság Program keretén belül.

IRODALOMJEGYZÉK

Barko J. W., Smart R. M. (1985). Laboratory culture of submerged freshwater macrophytes on natural sediments. *Aquatic Botany*, 21., 251-263.

SZERZŐK



KOLESZÁR GERGŐ Tanulmányait a Nyíregyházi Egyetem Biológia BSC szakán 2016-ban fejezte be, jelenleg MSC hallgató az Eszterházy Károly Egyetem Biológia-Testnevelés szakán. Kutatási témája a vízi makrofitonok és algák közötti interakciók. Vizsgálataiban arra keresi a választ, hogy hogyan befolyásolják a perifiton algák a hínárnövények közötti kompetíció kimenetelét.

FEDOR NOÉMI Jelenleg a Nyíregyházi Egyetem 3. éves Biológia- rajz és vizuális kultúra tanár szakos hallgatója. Kutatásaiban a lúgos pH-t, mint limitáló tényező hatását vizsgálja úszó növényeken.

SZABÓ SÁNDOR A Nyíregyházi Egyetem Környezettudományi Intézetének oktatója. Kutatásaiban kísérleti módszerekkel arra keresi a választ, hogy milyen folyamatok okozzák, hogy a vízinövények közötti versenyben egyik növénycsoport akár teljesen kiszorítja a másikat. A vizsgálatokat kontrollált fény és hőmérséklet viszonyok között végzi úszó emersz és szubmerz hínárnövényeken.

Goulder R. (1969). Interaction between the rates of production of freshwater macrophyte and phytoplankton. *Oikos*, 20, 300-309.

Koleszár G., Nagy Z., Vicei T. T., Szabó S., (2017). Hogyan befolyásolják az epitifikus algák a hínárnövények kompetícióját? *Hidrológiai Közlöny*, 97. évf., Különszám, 5-8.

Nagy Z., Lengyel A., Vicei T. T., Csabai J., Szabó S. (2015). Ki mikor győz a békalencse tócsagaz versenyben? *Hidrológiai Közlöny*, 95. évf., Különszám (5-6), 64-67.

Novacky A., Ullrich-Eberius C. I. (1982). Relationship between membrane potential and ATP level in *Xanthomonas campestris* pv. *malvacearum* infected cotton cotyledons. *Physiological Plant Pathology*, 237-249.

Scheffer M. (1998). *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman and Hall. London.

Scheffer M., Szabó S., Gragnani A., Van Nes E. H., Rinaldi S., Kautsky N., Norberg J., Roijackers R. M. M., Franken R. J. M. (2003). Floating plant dominance as a stable state. *National Academy of Sciences*, 100, (7) 4040-4045.

Scheffer M., van Nes E.H. (2007). Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size. *Hydrobiologia*, 584, 455-466.

Smith S. D. D. (2014). The role of nitrogen and phosphorus in regulating the dominance of floating and submerged aquatic plants in field mesocosm experiment. *Aquatic Botany*, 112, 1-9.

Szabó S., Kotroczó Zs., Vincze Gy., Hörcsik Zs., János I. (2010). Kulcstényező az alga-békalencse versenyben. *Hidrológiai közlöny*, 90. évf., 6. szám, 136-138.

Szabó S., Scheffer M., Roijackers R., Waluto B., Braun M., Nagy P., Borics G. and Zambrano L. (2010). Strong growth limitation of a floating plant (*Lemna gibba*) by submerged macrophyte (*Elodea nuttallii*) under laboratory conditions. *Freshwater Biology*, 55, 681-690.

Wetzel R. G. (1983). Biochemical cycling of essential micronutrients. *Limnology* (ed. R. G. Wetzel), 298-349. Saunders College Publishing, London.

Zuidam J. P., Peeters E. T. H. M. (2013). Occurrence of macrophyte monocultures in drainage ditches relates to phosphorus in both sediment and water. *SpringerPlus*, 2, 564.

A Panama-csatorna új zsilipje

Nagy László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Geotechnika és Mérnökgeológiai Tanszék
(lacinagydr@gmail.com)

Kivonat

A Panama-csatornát joggal nevezték a modern világ hét csodája közül az egyiknek. Az óceánokat összekötő víziút a francia tervezők szerint az emberi eszme bizonyítéka, a mérnöki alkotás csúcsa. Végül is a francia szabadpiaci erőlködés felett egy az amerikai állam által vezérelt expanziós politika győzedelmeskedett a megvalósításban. A Panamán átvezetett víziút megteremtése minden korábbi idők legnagyobb emberi teljesítményei közé tartozik, egy négyszáz esztendőes álom beteljesülését jelenti. Az óceánok közötti 78 km-es víziút a több, mint 20 000 áldozat ellenére az emberi akarat győzelme. David McCollough, a csatorna építéséről írt egyik könyv szerzője szerint: A csatorna a civilizáció alkotása. A cikk a Panama-csatorna történetének áttekintését követően bemutatja a legújabban elkészült zsilipeket.

Kulcsszavak

Panama-csatorna, suvadások, építési költségek, az építés története, Ferdinand de Lesseps, George Washington Goethals.

New locks on the Panama Canal

Abstract

The Panama Canal was rightly called one of the seven wonders of the modern world. According to French designers, the waterway connecting the oceans is the proof of the human belief, the peak of engineering. Ultimately, over the French free market effort, an American-led expansion policy triumphed in realization. Creating a Panamanian waterway is one of the greatest human achievements of all past times, it means the fulfilment of a four hundred-year-old dream. The 78 km waterway between oceans, despite more than 20 000 victims, is a victory for human will. David McCollough, author one of a book on the construction of the canal sad: The canal is the creation of civilization. After reviewing the history of the Panama Canal, the article presents the most recently completed shiplocks.

Keyword

Panama-canal, slope slides, construction costs, history of the construction, Ferdinand de Lesseps, George Washington Goethals.

BEVEZETÉS

1501-ben Rodrigo de Bastidas Európából elsőnek érte el a mai Panamát. Amikor 1502-ben Christopher Columbus elhajózott a Panamai partoknál, 1503. január 9. visszatért a Belen (Panama) folyó torkolatához, garnizont alakított ki, majd április 16-án három hajóval visszahajózott Spanyolországba, még nem sejtette, hogy rövid 400 év múlva óceánokat összekötő csatorna épül a keskeny földszoroson.

1513. szeptember 25. Vasco Nuñez de Balboa spanyol felfedező átkelt a földszoroson és az általa Déli-tengernek nevezett területet (Csendes-óceánt) Spanyolorzágnak követelte. 1520-ra a spanyolok elfoglalták Új-Granada (a mai Kolumbia, Ecuador, Panama és Venezuela) területét, egyre másra jöttek a telepések.

Elsőnek V. Károly király 1534-ben felmérte, hol lehet csatornát építeni a földszoroson keresztül. Francisco López de Gómara szerzetes könyvében a csatorna helyének kérdésében a legjobb választási lehetőségek között Panamát, Nicaraguát, Dariént és Tehuantepecet sorolta föl 1552-ben.

1573. február 11. Sir Francis Drake támadása Panama ellen, majd száz évvel később 1671. január végén Henry Morgan kalóz elfoglalta Panama-várost és felgyújtotta. A Csendes-óceáni parton hajóval érkező aranyat és ezüstöt, az ún. „Királyi úton”, a földszoroson keresztül szállították az atlanti oldalon lévő Portobelloba, ahonnan hajón vitték

a Cartagenai gyűjtőhelyre. Az Armada kétszer jött egy évben Cartagenába elszállítani az összegyűjtött kincseket, aranyat, ezüstöt.

Alessandro Malaspina expedíciója 1788-1793 között bizonyította a csatorna megvalósíthatóságát, és ismertette az építkezésre vonatkozó terveit.

1815-ben Simon Bolivar a Latin-Amerikai szabadságharcos, a Panama szorosnál egy csatorna építését tervezte, de csak egy Colon és Panama közötti vasút építésére készült el az első tanulmány 1827-29 között a Kolumbiai kormány megrendelésére.

1835. Andrew Jackson az Egyesült Államok elnöke megparancsolta, hogy végezzenek megvalósíthatósági vizsgálatot egy óceánokat összekötő csatorna kialakíthatóságára, azonban megint csak a vasút terve merült fel. A vasút megépítésének motorja a Kaliforniai aranyláz lett. William Henry Aspinwall engedélyt szerzett Új-Granada kormányától 1848-ban, hogy a szoroson keresztül vasutat építsen. Ez a vasút később meghatározó szerepet játszott Panama életében.

1840-ben John Lloyd Stephens amerikai utazó szerint, aki később a Panama vasút első elnöke lett, a csatorna megépítése 25 millió dollárnál nem kerülne többre. Rá 8 évre New York-i üzletemberek, megalapították a Panama Hajótársaságot. Egy korai felmérés szerint a két óceán között 6 méteres szintkülönbség van, ami lehetetlenné tenné óceán szintű csatorna építését.

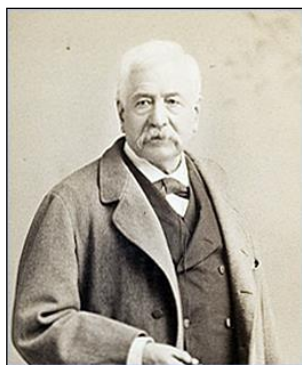
1850. Megkezdődött a Panama vasút kivitelezése. Az építkezés ideje alatt egyes becslések szerint 40 000 halott volt (minden talpfa egy keresztfa), akik túlélték, egyszerűen csak „Pestisfészek”-nek nevezték Panamát! Az első 12 km-es szakasz 1851-re készült el, mely mérföldenként fél dollárért szállította az utasokat (mikor a munkások napi bére kevesebb, mint egy dollár volt). Akik az Egyesült Államok keleti partjáról a nyugatira akartak gyorsan utazni, azok hajóval Panamán keresztül mentek. Azonban a vasúti költség olyan magas volt, hogy sokan inkább talpfáról talpfára lépkedve 2-3 nap alatt érték el a túlsó partot. Ugyanakkor az arany felfedezése Kaliforniában nagy érdeklődést keltett az Atlanti- és a Csendes-óceán közötti új lehető legrövidebb idejű megtételére.

1855. január 28. Elkészült a Panama vasút 8 millió dollárért, a két óceán közötti távolságot mintegy négy óra alatt tette meg a vonat a 25 dolláros menetjegyért. A vasútépítésnél megtalálták a Culebra hágót (84 m a tengerszint felett), ami 19 méterrel alacsonyabb, mint a korábbi legalacsonyabbnak vélt hágó. Ugyanakkor kiderült, hogy a két óceán között nincs vízszint különbség, csak a Csendes-óceánnál nagyobb az árapály.

1860-as években az amerikai kontinentst átszelő csatornára 17 elképzelhető változat volt, ezek közül kellett a legmegfelelőbbet kiválasztani. Az Egyesült Államok expedíciókat küldött a helyszínre a lehetőségek felmérésére, ami alapján az évtized végére a Nicaragua-csatorna építése mellett döntöttek.

A FRANCIA ÉPÍTKEZÉS

1875 nyarán a francia Geográfiai Társaság nemzetközi kongresszusán Ferdinand de Lesseps (1. kép), a Szezi csatorna hőse kijelentette, hogy a két óceán között a legmegfelelőbb hely a földszoros, ahol legkisebb a távolság a két óceán között. Lesseps a Szezi csatornánál szerzett tapasztalatait akarta autodidakta módon megvalósítani nem számolva a különbségekkel.



1. kép Ferdinand de Lesseps a Szezi-csatorna építkezésének szervezője, az évszázad embere, a zseniális alkotó 1880-ból származó mellképe

Picture 1. Ferdinand de Lesseps is the organizer of the Suez Canal's construction, a man of the century, the bust of the brilliant creator from 1880

1875 végén indult az első francia expedíció a csatorna nyomvonalának felmérésére, azonban gyakorlatilag semmilyen felmérést nem végeztek. Ebben az expedícióban részt vett Gerster Béla magyar mérnök is.

1875. Kolumbia a Panama-vasúti szerződést megújította. A Vasúttársaság 1 millió dollárt fizetett aranyban, valamint évente 250 000 dollárt a szerződés lejártáig (99 évig). A vasúttársaság meghosszabbította a síneket a panamai öböl, hogy a mélytengeri hajók is kapcsolódhassanak a vasúthoz. A kolumbiai posta, a hivatalos szervek és a katonaság számára ingyenes volt a szállítás. A szerződés szerint az Egyesült Államoknak joga van megvédeni a vasút érdekeit. Ez tette később lehetővé az amerikai beavatkozást Panama életébe.

1876. Párizsban Ferdinand de Lesseps új nemzetközi „geográfiai” konferenciát hívott össze (Türr István elnöklése alatt) tudatni a világgal, hogy a franciák a föld legnagyobb építkezésébe kezdenek. A konferencián döntésre kellett jutni, melyik a kedvező útvonal és milyen csatorna legyen (tengerszinti vagy zsilipes) Panamában.

1878 elején a második francia expedíció úgy tölt el csaknem két hónapot Panamában, hogy még hossz-szelvénnyel sem rendelkeztek, amikor hazatértek. A vizsgálatokat Armand Réclus hadnagy vezette, aki később a csatornaépítés első vezetője lett Panamában. Az expedícióból kiválva Bonaparte Lucien Wyse Bogotában 99 évre megkötötte a csatorna koncessziót egy társaság (Société Civil) nevében (ez az un. Saglar-Wyse megegyezés). A koncesszió szerint Kolumbia az első 25 évben 5 %-t kap a bevételből, de legalább 250 000 USD-t, 500 000 ha földet átenged a csatorna társaságnak, ami egy 50 km széles földszávnak felel meg. A Société Civil a koncessziót a később megalakuló francia csatorna társaságnak, az Universelle du Canal Interocéanique-nak adta el 2 millió USD összegért. Türr a rá jutó összegből azonnal kiváltotta a Korinthiszi csatorna koncessziót.



2. kép. Bonaparte Lucien Wyse mérnök, katonatiszt, Bonaparte Napoleon testvérének az unokája

(Fontos szerepet játszott a csatorna előkészítő munkáiban azzal, hogy megszerezte a koncessziót a francia érdekeltségnek. Az első három expedíció tagja volt, bár a harmadikra már saját költségén utazott, mert kegyvesztett lett Ferdinand de Lessepsnél, ugyanis bár támogatta a tengerszinti csatornát, azonban a vízvázlató alatt alagutat akart építeni.)

Picture 2. Bonaparte Lucien Wyse engineer, the grandson of Bonaparte Napoleon brother

(He played an important role in the preparatory work of the canal by acquiring a concession for the French interest. He was a member of the first three expeditions, although he had traveled to the third at his own expense because he had been disgraced at Ferdinand de Lesseps, though he supported the sea-level canal but wanted to build a tunnel under the watershed.)

1878. A csatorna becsült ásási munkái a korábbi 46-ról 75 millió köbméterre nőttek.

1879. májusban újabb geográfiai konferenciát hívtak össze Párizsban a csatorna megvalósítása ügyében. Az

amerikaiak hiányolták a műszaki előkészítettséget, de a világ a Szezi-csatorna hőseinek Ferdinand de Lessepsnek hitt, aki elérte, hogy a tengerszinti csatorna építését támogassák. Gerster Béla a zsilipes csatorna megvalósítását támogatta, Wyse alagutastengerszinti csatornát javasolt, Menocal 2×12 zsilipes csatornahidat képzelt el a Charges folyó felett. (Csak a teljesség kedvéért el kell mondani, hogy Lesseps az Egyesült Államokban megismert még egy változatot, amelynél párhuzamos síneken mozdonyok húznák át a hajókat egy hatalmas keresztbe fektetett vasúti kocsin a túlpartra hegyen-völgyön át.) Egyikőjük sem vehetett részt többet a csatorna építkezés előkészítésében. Ferdinand de Lesseps elvállalta a Csatorna Társaság irányítását. A konferencián legnagyobb megoldatlan kérdés a heves vízjárású Charges folyó megrendszabályozása volt.

1879 decemberében Lesseps a száraz évszakban Panamába látogatott, és jellepeesen 1880. január elsején egy kapavágással megkezdődött a Panama-csatorna építkezése. A fizikai munka csak egy évvel később indult meg. Lesseps a haza úton a 214 milliós költséget február 14-én 168 millióra, február 20-án 131 millió dollárra csökkentette, ami a 45 foknál meredekebb rézsűhajlással képzelhető csak el. Március elsején Lesseps bejelentette, hogy a Panama-csatorna megépítése csak 120 millióba fog kerülni. Tessék, így lehet hatékonyan gazdálkodni! Ugyanakkor Szezi-csatorna ünnepelt hőse az Egyesült Államokba érkezve toborzó körútján bejelentette, hogy a tervezett 12 év helyett nyolc év alatt épül meg a csatorna. De az amerikai pénztárcák nem nyíltak meg.

1880. március 8. Rutherford B. Hays elnök a vasúti szerződésre hivatkozva deklaráta, hogy az Egyesült Államoknak illetékessége van minden csatornaépítés felett Panamában.

1880-1902. Több lázadás tört ki Panama függetlenségéért, azonban a kolumbiai kormány könnyen elnyomta azokat.

1881 január végén megérkezett az első csapat Panamába, mintegy negyven francia mérnök és elkezdődött a geodéziai felvétel. Az első vezető Réclus, aki három évvel korábban már járt Panamában. Csakhamar bebizonyosodott, hogy nem lehet a csatornát a vasút nélkül megépíteni. Jóval a piaci ár felett 20 millió USD-ért a francia csatorna társaságnak meg kellett vásárolnia a panama vasút részvényeit – meg kell jegyezni, hogy a részvények hatszoros áron keltek el – ami elvitte a meglévő pénz harmadát. A vasutat személy- és földszállításra egyaránt alkalmazták.

1882. január 20-án kezdődött az építkezés. A csatornát 9 méter mélyre akarták ásni, az Árok összmélységének 93 méternek kellett volna lennie a legmagasabb pont alatt. A fenékszélességet 22 méterben, a vízszinti szélességet pedig 27 méterben szabták meg. Már első évben 20 000 Nyugat-Indiai munkást vettek fel.

1882. szeptember 7-én erős földrengés rázta meg Panamavárost és másnap újra. Ennek ellenére a csatorna alapító-részvényei már 15-szörös áron cseréltek gazdát.

Réclus távozása után egy ügyvéd, majd egy sorhajó kapitány vezette az építkezést, amíg 1883. március elsején megérkezett a munkamániás (Charles) Jules Isidore Dingler (szerinte csak a lusták kapják el a sárgalázat). Dingler csökkentette a rézsűk hajlásszögét 1:1-ről, véleménye szerint a korábban megállapított 74 millió m³ helyett csak 45 millió m³ földet kell kifejtetni. A műszaki előkészítettségére jellemző, hogy fél évvel később több, mint 100 millió m³-el számolt.

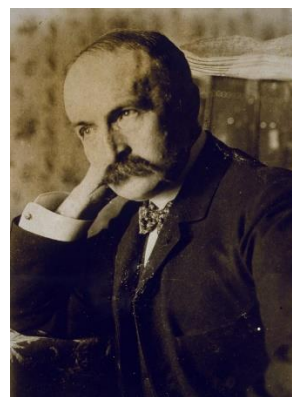
1883-ban ismét felmerült a kérdés, hogy nem a Nicaraguai-csatornát kellene inkább megépíteni? (Ott csak 47 m magas a hágó, óriási a víztartalék a Nicaragua-tóban és kevesebb a betegség).

1883 áprilisában új nagy kotrók érkeztek. A havi bejelentett teljesítmény 2 millió m³ lett, ami valójában alacsonyabb volt.

1883 májusában már 19 000 fő dolgozott a csatornán, a napi bérlista 40 ezer dollárra emelkedett. Dingler fizetése évi 20 000 dollár volt.

1883 őszén megérkezett Charles Dingler családja is, ekkor már 19 000 ember dolgozott az építkezésen, amiből csak 2 000 fehér. A napi bérlista 40 000 USD. A csatornaépítés műszaki előkészítettségére jellemző, hogy 1884 elején Dingler újraszámolta a kiásandó föld mennyiségét, ami 120 millió köbméterre jött ki, ez 45 millió m³-rel (a teljes Szezi-csatorna földmunkájának nagyságával) volt több a Párizsban számítottnál. A Culebra domb 103 méter magas, a csatorna mélysége 9 méter a tengerszint alatt, fenékszélessége 22 méter. Hová kerüljön ez a roppant földmennyiség?

1883 végén a 25 éves Philippe Bunau-Varilla (3. kép) francia mérnök utazott Panamába, először a Csendes-óceáni szakasz építésvezetője lett. 1884 elején meghalt Charles Dingler felesége sárgalázatban, aki nem sokkal élte túl gyerekei elhalálózását. A vezető lelkileg megtörtén távozott, utódja Bunau-Varilla.



3. kép. Philippe Bunau-Varilla, a francia csatornaépítkezés vezetője, aki kiközvetítette az Egyesült Államoknak a csatornaépítést és megszervezte Panama elszakadását Kolumbiától
Picture 3. Philippe Bunau-Varilla the leader of the canal construction in the French times, he transferred the canal construction to the United States and organized the separation of Panama from Colombia

1884. március 4. Párizsban a további költségek fedezésére vonatkozó sorsjegy kibocsátás meghiúsult, 2 millióból csak 800 000-t jegyeztek.

1885-ben már jelentkeztek suvadások, amit a geológusok végtelenül izgalmasnak, a mérnökök pedig egy lidércnyomásnak tartottak. A lesuvadt anyag eltávolítása tovább növelte a kitermelendő földmennyiséget. A földmunkák előrehaladásával a suvadások egyre veszélyesebbé váltak. A korabeli leírás alapján a munkaterületet bugyborékoló források borították, a talaj olyan agyagból állt, amely, ha ráragadt az ember lapátjára, képtelenség volt levakarni róla. Már ekkor megfigyelték, hogy a suvadások esőzések keletkeztek. A dombon, mintegy 100-150 m-re a csatornától 60-70 cm széles repedés keletkezett a suvás előtt. A 14 km hosszú kontinentális vízválasztó, a culebrai terület, részben üledékes, részben vulkanikus eredetű geológiai képződmények kusza keveréke. Az utólagos vizsgálatok szerint egy oligocén korú kék agyagréteg tehető felelőssé a suvadások kialakulásáért. Az agyag ellenállása kisebb volt, mint a nagyon meredek hajlású részsúly.

1885 márciusában újabb 24 millió USD kölcsön felvétele vált szükségessé. Így 1885 júniusában visszatértek az eredeti 240 millió USD költségvetéshez. A pazarló hazai gazdálkodás mellett csökkent a kivitelezésre szánt összeg, felvetődött, hogy a jövőben finanszírozási problémák alakulhatnak ki.

1887 szeptemberében Ferdinand de Lesseps feladta elképzelését a tengerszinti csatornáról, elfogadta, hogy zsilipes csatornát kell építeni. A csatorna vízszintjét 49 méteres magasságban határozták meg. Hiába cselekedett Lesseps azonnal, a döntés későn született meg. Csőddel fenyegetett a Panama-csatorna építése.

1887 októberben Gustav Eiffel megbízást kapott a zsilipek tervezésére és építésére 24 millió USD összegben.

1887. A földmunka bevágása 23 méteres fenékszélességgel épül keresztül a dzsungelen. A legnagyobb erőfeszítések 1887-1888-ra estek, amikor 18 000 munkás (az átlagbér 1 dollár/nap) évente mintegy 15 millió köbméter földet távolított el. Naponta 120 vasúti szerelvény kitermelt föld hagyta el a bevágást.

1888. június 5. A sorsjegy kibocsájtást a francia szenátus több mint felének anyagi meggyőzése után megszavazták. (A későbbi bírósági ítéletek részben fényt derítettek az elkövetőkre, de valójában csak egy embert zárnak börtönbe. A szenátus megvesztegetését nevezték el panamázásnak, amit a magyar köznyelv is átvett a XIX. század végi hasonló magyar esetek rövid jellemzésére.) A pénzügyi csőd hatására 1889. február 4-én a polgári törvényszék felszámolót jelölt ki a csatorna társasághoz.

1889. Ferdinand de Lesseps felhagyott a Panama-csatorna projekttel. Több mint 5 000 francia, valamint több mint 25 000 más nemzetiségű halt meg az építkezés 8 éve alatt, főként maláriában és sárgalázban. 1889. május 5-én a felszámoló is leállította az építkezést. Még ugyanebben az évben Philippe Bunau-Varilla megszerezte a csatorna koncessziót, majd felvásárolta a részvények nagy részét.

Kiderült, hogy a csatorna társaság 2 575 napilapot fizetett le a kedvező hírek szolgáltatásáért! 1893-ban első fokon két év börtönre és 4 000 dollár pénzbüntetésre ítélték Gustav Eiffelt, de másodfokon a bíróság megállapítása szerint nem követett el bűnt, csak tisztességtelen haszonnal

dolgozott. Eiffel a lelki megrázkódtatás hatására felhagyott minden műszaki projekttel és a művészetek felé fordult.

1902. január 4. A francia tulajdonosok felajánlották a Panama-csatorna jogainak, valamint az elvégzett munkának az eladását az Egyesült Államok részére 109 millió USD-ért.

1902. június 19-én megszületett a Kongresszusi döntés 42:34 arányban Panamának Nicaraguával szemben. Az Egyesült Államok 40 millió USD-t ajánlott az addigi építkezésért, amibe a franciák Philippe Bunau-Varilla javaslatára belemennek.

1903. Az Egyesült Államok 10 millió dollárt akart fizetni Kolumbiának a csatorna jogokért, de keveselték a pénzt és 1903. március 14-én elutasították az ajánlatot. Az Egyesült Államok szenátusa ratifikálta, hogy az USA jogot formál a Panama-csatorna megépítésére és a 10 km széles csatorna övezetre.

1903. október 10. Philippe Bunau-Varilla találkozott Roosevelttel elnökkel Washingtonban, majd tájékoztatta, hogy a panamaiak egy csoportja forradalomra készül. Megkérdezte, hogy az Egyesült Államok meg tudja-e előzni azt, hogy a kolumbiai csapatok szétverjék a forradalmat. Utána többször egyeztetett a külügyminiszterrel. Később Philip Bunau-Varilla, mint közvetítő tárgyalt Dr. Manuel Amador panamai orvossal, a későbbi első panamai elnökkel az Egyesült Államokban a Kolumbiától történő elszakadásról.

1903. szeptember 17. Az Egyesült Államok csapatokat küldött Panamába, hogy biztosítsák a vasútvonalat, ha esetleg támadás érné. 1903. november 2-án több mint 200 kolumbiai katona érkezett Cartagena-ból egy hadihajón Colónba, és befutott a Dixie csatahajó is az USA (vasúti) érdekeinek védelmére. A vasút vezetője „elrejtette” a személyszállító kocsikat, így csak a kolumbiai tiszteteket szállították el a túlparti Panama-városba, ahol fogságba estek. 57 évvel a vasúti egyezmény megkötése után az Egyesült Államok Kolumbia ellen fordította azt.

1903. november 3. Választások az Egyesült Államokban, ezen a napon kell a függetlenséget kikiáltani Panamában. A függetlenség kikiáltása után 80 perccel az Egyesült Államok már elismerte Panamát. 3-án és 4-én további hét csatahajó érkezett mindkét partra, hogy biztosítsa az ország függetlenségét. Panama megalakulásának kiadásait a Brandon bankhoz finanszírozta, mert az USA az évi költségvetésében nem volt költségvetési sor más országban puccs támogatására.

1903. A Panama-csatorna, Roosevelttel elnök agresszív külpolitikájának sarkköve, 11 év múlva készült el.

AZ AMERIKAI ÉPÍTKEZÉS

1903. november 18. Bunau-Varilla (3. kép), aki a forradalom napján felhatalmazást kapott, hogy mint panamai külügyminiszter Washingtonban tárgyaljon a csatornáról. Egy nappal a panamai delegáció megérkezte előtt aláírta a szerződést, mely az Egyesült Államoknak egy földsvábot biztosít a panamai földszoroson keresztül, valamint a jogot a Panama-csatorna építésére.

1904. Az Egyesült Államok megvásárolta a vasutat, a gépeket és az infrastruktúrát Franciaországtól 40 millió dollárért, valamint az ellenőrzés jogát a Panama-csatorna területére, 10 millió dollárért. A vasutat 5 millió dollárra értékelték, ami benne foglaltatott a vételárban.

1904. május 4. A francia létesítmények átadása, az amerikaiak 23 millió m³ bevágást ismertek el.

1904. Megkezdődött a Panama-csatorna építése. Rooseveltnél első vezető mérnökké nevezte ki John Findley Wallace-t, aki 25 000 dolláros évi fizetést kért (csak az Egyesült Államok elnöke kapott ennél nagyobb fizetést a közszférában). Wallace a Culebra bevágásnál a francia gépekkel azonnal munkához látott, saját bevallása szerint kaotikus körülményeket talált az építkezésen.

1904. Wallace „civilizált” körülményeket akart biztosítani a Panamában dolgozóknak. Korábban a munkások egyszerű házakban laktak, nem voltak nyilvános épületek, kevés út volt, és hiányzott a szennyvízelvezető rendszer. Az emberek megbetegedtek, belehaltak a maláriába és a sárgalázba.

1904-ben Panama az US dollárt nyilvánította saját valutájának, de a lakosság érezte az erőszakos expanziót, így 1904. október 21-én kitört az első lázadás az Egyesült Államok ellen. Panamaiak csaptak össze amerikai katonákkal Panamavárosban egy rövid felkelés során.

1904. november 13-án, vagyis egy nappal azután, hogy az első nagy teljesítményű Bucyrus-kotró a Culebra árokban megkezdte a munkát, egy kisebb földcsuszamlás következett be. Az amerikaiak is 1:1 rézsűhajlással indították a földkitermelést, de az évek alatt kialakult suvadások a rézsűhajlás laposításához vezettek. Így a Cucaracha szakaszon az átadás idejére már 1:4 rézsűt alakítottak ki. Később tovább laposodott a hajlás, az új zsilipek építésénél már 1:6,7 szerepelt. Ezzel a legmagasabb ponton már több, mint egy kilométeres lett a rézsűknek a tereppel történt kiemelésének a távolsága.

1905 elején megérkezett több mint 100 db, minden korábbinál nagyobb Bucyrus-kotró. A folyóméterenként kiemelendő földmennyiség 50 000 m³.

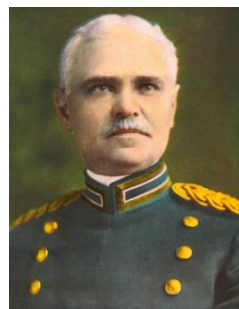
1905. június 20. John Findley Wallace panaszgó lehelét az elnök felmondásként értelmezte, és leváltotta. Wallace egyéves munkája során végig a mérhetetlenül felduzzasztott bürokráciára panaszgó, pl. írásbeli engedély kellett egy 3 méternél hosszabb gerenda elfürészeléséhez stb.

1905. június 25. Wallace leváltása után öt nappal a nagy vasútépítő John F. Stevens az elnök kinevezte az építkezés irányítására. Stevens a meghatározó, erőskező vezető, felismerte, hogy mielőtt a munkások belefoghatnának a munkába, megfelelő lakásokra, víz- és szennyvízhálózatra, biztonságra és pihenési lehetőségekre van szükség. A jó életfeltételek ösztönzik a dolgozókat, hogy kitarssanak a projekt befejezéséig. Stevens kérte a bürokrácia csökkentését, amit el is ért.

1905. augusztus 1. Stevens minden munkát leállítat a Culebra bevágásnál. Egy év leforgása alatt 1250 lakást,

kórházat, igazgatósági épületeket és pihenőközpontot építetett és 1200 valamikori francia épületet hozatott rendbe. Stevens legjobb döntése volt, hogy lehetővé tette, hogy dr. William Crawford Gorgas a csatornaépítés egészségügyi vezetője megkapta az embereket és eszközöket, amire csak szüksége volt a sárgaláz megszüntetéséhez. Így három hónap alatt felszámolta a sárgalázat Panamában.

1906. január 10. a végleges terv bemutatása Washingtonban, mindkét óceánál 3-3 zsilip épül, a csatorna tó vízszintje 29 méterrel van a tenger szintje felett.



4. kép George Washington Goethals mérnök-ezredes
Picture 4. George Washington Goethals Colonel-Engineer

1906. november 9. Theodore Rooseveltnél egy 17 napos Panama és Puerto Rico úton vett részt. Ő az első elnök, aki hivatalos út miatt elhagyja az USA-t. 1907 elején Stevens, az autodidakta vasútépítő lemondott. A rossz nyelvek szerint félt, hogy nem tud megbirkózni a vízépítési kérdésekkel.

1907. március 31. George Washington Goethals (4. kép) a mérnökhadtest ezredesét nevezték ki a csatornaépítés vezetőjévé, aki szisztematikus munkával 7 év alatt megépítette a csatornát és műtárgyait. („Kis szocialista, jóléti” állapot teremtett a csatorna övezetben a dzsungel közepén. Munkáját nagy körültekintéssel, mindenki megelégedésével végezte. 1914-ben dandártábornokká léptették elő.)

1907 közepére két nyomvonalúra építették át a Panama vasutat.

1907 kora ősze suvadás következett be a Gold Hill-től (Aranydombtól) közvetlenül délre. A Cucaracha rézsűvel már a franciáknak is többször támadt bajuk, újra és újra mozgásba jött. 1907. október 4-én éjjel a napokon át tartó szokatlanul heves esőzések után a rézsű talaja lavinaszerűen az árok fenekére csúszott, és összetört két útjában lévő gőzextraktor, elsöpörte a vasúti pályatesteket. A mozgás még napokon keresztül folytatódott. A 24 óránként 3-4,5 méter elmozdulást az akkori leírások „afféle trópusi gleccser”-ként jellemezték. A mozgó felszínre tűzött cölöpök helyét 24 óránként háromszögeléssel ellenőrizték. Mire a földcsuszamlás 10 nap múlva megállt, addigra már 380 000 köbméter talaj került az árokba.

1908. évben rekord mennyiségű földet emeltek ki. Több mint 19 millió köbméter talajt távolítottak el a Culebra bevágásból, majdnem annyit, mint az elismert francia földmunka mennyisége volt. A legerősebb hónap 1908 január volt, több mint 1,8 millió m³ földet termelt ki 68 gőzextraktor.

1908. Új vasúti pályát kezdtek építeni a korábbinál magasabb terepszinten, hogy a keletkező un. Gatun-tó el ne öntse a vasútvonalat.

1909. augusztus 24. Megkezdődött a zsilipek építése. A zsiliptornyok 80 láb magasak és 100 láb hosszúak. A zsilipkamra mélysége 13 láb. A zsilipeket öntött betonból építették, a betont látványos drótkötélpályán vitték a helyszínre.

1910-ben a Cucaracha kétszer is újból megindult. Exkavátorokat, pályatesteket, mozdonyokat, vasúti kocsikat és sűrített levegő vezetékeket temetett be. Az árok déli végét hónapokra eltorlaszolta a lava. Gaillard egy év múlva azt jelentette, hogy a legrosszabb földcsuszamlásokon már túl vannak. De valójában azokat még a jövő tartogatta.

1911-től kezdve, amikor az árok már lényegesen mélyebb lett, minden évszakban történtek földmozgások, még hozzá egyre fokozódó erővel. Suvadások játszódtak le Las Cascadas-nál, La Pita-nál, Empire-nél, Lirionál és kelet Culebránál. Összesen huszonkétszer indult meg a föld ezeken a helyeken az építés ideje alatt. Cucaracha úgyszólván sosem maradt nyugton. 3 hónapba telt, amíg az 1911-es földcsuszamlások után az árokba zúdult követ és talajt sikerült kiásni. 1912-ben 4,5 hónapot a földlavinák elhordására kellett fordítani.

1912. január 19-én a Cucaracha újból megmozdult. Ez a földmozgás a teljes csatornafének alatt átvágott és a csúszólap belemetszett a szemközti rézsűbe. Ez a felszínmozgás ekkor már hatodszor semmisítette meg hónapok munkáját. 1912-es évből, amikor már a sokadik suvadás játszódtott le Culebránál, maradt fenn egy történet. Gothard főmérnöktől elkéserevde kérdezte a szakasz építésvezetője, hogy most mit csináljon? Mire Gothard kissé közömbösen válaszolt: „Azt, amit eddig, laposítsd a rézsűket.”

1912. A Chagres folyón létesült Gatun gát (8. kép) a Culebra bevágásból származó meddő tonnáinak felhasználásával. A Gatun gát feladata a csatorna vízszintjét állandó szinten tartani. Az elárasztott város Matachin (fordítása: öngyilkos kínaiak) a vasútnál dolgozó kínai munkások után kapta a nevét, akik néhány hónap alatt a körülmények miatt százával követtek el öngyilkosságot. A Gatun gát hossza mintegy 2 400 m volt, az alapszélessége mintegy 15-szöröse a magasságának. Az elkészített betongát 1930-ig, a Hoover-gát átadásáig, a föld legmagasabb gátja volt. A gát tetején 14 db árapasztó nyílás van.

Az építkezés utolsó éveiben a teljes munkaerőlétszám 45-50 ezer fő között mozgott, ami csaknem elérte Colon és Panamaváros együttes lélekszámát. Az észak-amerikai fehérek száma kb. 6 000 volt, ebből 2 500 asszony és gyermek. 1913-ban az un. aranybérlistán (fehérek és néhány vezető beosztású fekete alkalmazottak és hozzátartozók száma) 5 362 fő szerepelt. Havi 150 dollár átlagbérrrel. Egy ápolónő 60 dollárt kapott, egy tisztviselő 100-at, egy orvos 150 dollárt. A gőzexkavátor-kezelők fizetése havi 300 dollár volt. Ugyanennyit kapott egy fiatal kezdő, diplomás mérnök. A fizetések így is önmagukban is magasabbak voltak, mint az Egyesült Államokban. Ehhez még sok kedvezmény is járult, ami nem volt az USA-ban. A fizetési

osztály és a család jelenléte határozta meg, hogy ki mekkora lakásra jogosult. A 200-300 dollár jövedelmű alkalmazottaknak már egy 6 szobás villa járt, ha a családjuk is a csatorna-övezetében volt. Ugyancsak nem szabad elfelejteni azt sem, hogy az árak 10-15 %-kal alacsonyabbak voltak, mint otthon. Anyagilag tehát megérte Panamában munkát vállalni.

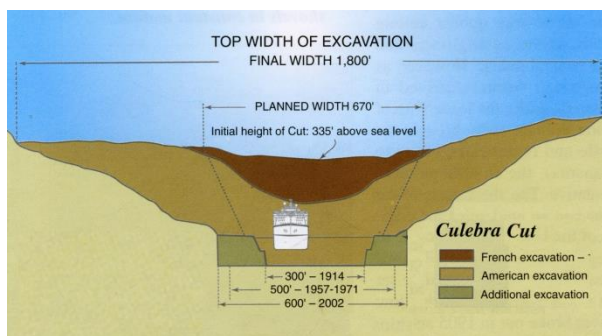
1913. május 10. Elkészültek a zsilipek. Először a Csendes-óceáni oldalon a Pedro Miguel-i egyetlen lépcső 1911-ben, a mirafloresi kettő és a Gatun-zsilip (6. kép) pedig 1913-ban.

1913. szeptember 26. Az első hajó feljut a Panama-csatornába.

1913. október 10. A Panama-csatorna elárasztását Woodrow Wilson elnök vezényelte, amikor is a Fehér Házban (Washington D.C.) megnyomott egy gombot, jelet küldve a Gamboa gát közepének robbantásához. Ezzel végre lehetővé vált, hogy a Csendes óceán és az Atlanti óceán vize keveredjen.

1914. június 7. Az első hajó átszeli a Panama-csatornát, fizetni a rakomány minden tonnájáért 90 centet kell.

1914. augusztus 15. Hivatalosan megnyílt a Panama-csatorna az SS Ancon áthaladásával, egy évvel a tervezett átadás előtt. A Panama-csatorna 74 kilométer hosszú víziút, melynek bekerülési költsége 352 millió dollár volt, alapvetően a tervezett költségvetésen belül. Az építkezésen mintegy 50 000 munkás dolgozott rajta, közülük 3 500 volt fehér. Az amerikaiak 173,3 millió m³ földet ástak ki, megfogalmazásuk szerint a világ hasznára ("pro mundi beneficio") épült a csatorna. Ez a jelmondat később a panamai zászlóra is felkerült.



1. ábra. A csatorna fenékszintjének és szélességének változása
Figure 1. The canal bottom level and the excavation volume changed in different execution phases

A PANAMA-CSATORNA KÖLTSÉGE

A Panama-csatorna építésére tervezése és építése alatt több költség változat készült. Volt, amelyiket a részvényárfolyamok befolyásolása alakított, volt, amelyiknél az ismeretek hiánya játszott a szerepet. Kétségtelen, hogy az első költségbecslés nem a XIX. század közepéről való 1785: \$200,000 és 1843-ban \$26 millió. Az 1850-es években Vanderbuilt amerikai utazó 65 600 000 USD-re becsülte a csatornaköltséget tíz-tíz zsilip építésével. A franciák első becslése 240 millió dollárról szólt, ennyiért kívánták részvényt kibocsájtani. 1875 előtt, amikor az Egyesült Államok élénken érdeklődött a csatorna megvalósítása

íránt a zsilipes csatorna kialakítását 94,6 millió USD költséggel látták megvalósíthatónak, az újabb vizsgálat azonban azt mutatta, hogy 209 millió USD a várható költség, majd ezt megemelték 240 millióra. 1879-ben a geográfiai konferencián a francia költségbecslés 214 millió USD-ről szólt, ami háromszorosa volt a Szezei csatorna nyolcéves építési költségének. A szépséghibája a francia költségeknek, hogy tengerszinti csatornára vonatkozott. Amikor 1879-1880-as évek fordulóján Ferdinand de Lesseps Panamába látogatott, a haza úton előbb 170 millióra csökkentette a várható költségeket, majd 131,72 millió dollárra, amit természetesen a befektetők kitörő lelkesedéssel fogadtak. Amíg 1876-ban 3 millió dollárért meg lehetett volna venni a Panama vasutat, egy ügyes befektető felvásárolta a részvényeket, és 1881-ben a francia csatorna társaságnak hatszoros árat, 20 milliót kell a vasútert fizetni (valamint további közel 10 milliót egyéb kiadásokra). Hasonló méretű tétel volt a befektetők pénzére fizetendő kamat, 26 millió dollár. Amikor Charles Dingler, mint az építkezés vezetője elfoglalta hivatalát, az első évben kétszer is kiszámolta a várható költségeket, mindkétszer több jött ki, mint Lessepsnek. Már ezek az összegek is előrevetítették, hogy minden idők legnagyobb mérnöki alkotása készül. Végül a Párizsi vezetés is visszatért a 240 milliós költségvetéshez, de akkor már nem volt pénz. Az amerikai kimutatások szerint a Panama-csatorna teljes összege 352 millió dollár volt. Elképesztő összeg abban az időben.

Könnyen dobálóztak a millió dollárokkal. Nem volt részletes terv, ezért nagyok voltak a becslések közötti eltérések. Azért, hogy érezni lehessen, hogy mekkora összegekről volt szó összehasonlításként álljon itt néhány korabeli nagyobb bevásárlás összege: 1867-ben az Egyesült Államok 7,2 millió dollárért vette meg Alaszkát Oroszországtól. Louisianáért 15, a Fülöp-szigetekért 20 millió dollárt fizettek az amerikaiak.

Azonban volt egy másik ár is, amit a csatornáért kellett fizetni. Az amerikai építkezés 10 éve alatt 5 609 volt az elvesztett emberéletek száma. Ha a francia építkezés idejét is hozzá vesszük, akkor mintegy 25.000 fő volt a veszteség az emberi életekben (több, mint 300 halott kilométerenként).



5. kép. 1913-ban a Culebra árokba becsúszott talaj
Picture 5. A slope slide in the Culebra cut in 1913

1914 októberének egyik éjszakáján, két hónappal az átadás után, Kelet-Culebránál a bevágás oldala újra megcsúszott, s egy fél órán belül az egész csatorna elzáródott. A következő év augusztusában ugyanez megismétlődött.



6. kép. Gatun zsilipek építés közben 1913-ban
Picture 6. The construction of the Gatun locks in 1913

1914. november 17. Az Egyesült Államok garantálja a csatorna övezet semlegességét.

1914 – 1916. George W. Goethals tábornok az átadás után még két évig, mint a csatorna-övezet kormányzója dolgozott a helyszínen.

1915. Az első évben a teljes áthaladt áru mintegy 5 millió tonna (annak ellenére, hogy a suvadások miatt nem volt egész évben járható a csatorna), a bevétel pedig 4 millió USD volt.

1915. szeptember 18-án következett be a valamennyi között legkétségbeejtőbb földomlás a Culebra bevágásban, hét hónapra megakadályozta a csatorna forgalmát. Amikor a csatornát újból megnyitották, Goethals fogadkozott, hogy a problémát „végrelegesen, egyszer s mindenkorra megoldották”. Ám ennek a napja talán csak 1986-ban következett be.

1919. Az USA hadihajóiból 33 keresztezi a földszorost. Megvalósult Theodore Roosevelttől álma, a csatorna az amerikai expanziót szolgálja.

1924. Évente több mint 5.000 hajó használta a csatornát, körülbelül annyi, mint a Szezei-csatornát.

1925. A kuna indiánok lázadása egy figyelmeztetés Panama bekebelezése ellen.

1928. George W. Goethals, főmérnök, később Panama első konzulja meghalt. A West Point Akadémián dísztemetés keretében helyezték örök nyugalomra. Ugyanebben az évben a Howard légi bázis kialakítását kezdte meg az Egyesült Államok. Az 1980-as években már nyolc amerikai bázis üzemelt Panamában.

1928. Richard Halliburton úszva kelt át a csatorna hosszán, ezzel a legalacsonyabb átkelési díjat fizette, 36 centet.

1930-as években már tervezték a csatorna zsilipek bővítését, de a projekttel 1942-ben leálltak. A második világháború éveitől Panamát és az Egyesült Államok kapcsolata nem mindig volt felhőtlen.

1934. július 11. Roosevelttel az első elnök, aki végig hajózik a Panama-csatornán.

1936. Megkezdődött a 16 000 mérföld hosszú Pan-American autópálya építése.

1936. Panama az Egyesült Államok protektorátusa lett. 1939-ben pedig Panama felett megszűnt az Egyesült Államok védnöksége.

1936. Elkészült a Madden-gát (7. kép), ami vízutánpótlást biztosította a Gatun-tóhoz.



7. kép. A Madden-gát

(Megjegyzés: A gát a csatorna 29 méter magas vízszintje felett további csaknem 50 méterrel magasabb vízszintet tart - feladata hosszú ideig a csatorna vízszintjének tartása volt. Manapság már Panama-város vízellátásáról gondoskodik.)

Picture 7. The Madden dam

(It keeps the water level by an additional 50 meters above the canal water level of 29 meters. The task of the dam was to maintain the water level of the canal for a long time Nowadays it provides the water supply to the city of Panama.)

1936. Átadták a Queen Mary-t, az első hajó amelyik nagyobb a zsilipek méreténél. A hajóépítési tendenciát figyelembe véve az amerikai kongresszus 1939. augusztus 11-én hivatalossá tette az új, nagyobb zsilipek építésének kezdetét.

1938. Roosevelt meghirdette a "Jószomszédság politikát" a Pánamerikai békekonferencián, majd 1939-ben az Egyesült Államok megkezdte a csatorna bővítését felve a japán bombázóktól a II. világháború alatt. Ekkor már több, mint 7 000 hajó haladt keresztül a csatornán évente.

1940. Népszavazás Panamában az Egyesült Államokkal kötött Bunau-Varilla által összehozott szerződés újratárgyalásáról.

Az új, nagyobb kapacitású zsilipeknél a munkák 1940 július elsején, a földmunka Mirafloresnél 1941. február 19-én indult. jelentő mennyiségű földkiemelés történt a munkálatok 1942 évi felfüggesztéséig.

1966. Éjszakai világitással javították a hajók éjszakai forgalmát a csatornán.

1970. A Panama-csatorna forgalma meghaladta az évi 15 000 hajót. Az áthaladt tonna több volt, mint 100 millió, és a csatorna használati díj meghaladta a 140 millió USD-t.

1973. Az első veszteséges év a csatornánál.

1974. Újabb suvadás a Culebra bevágásban, a becsúszott föld mennyisége mintegy 800 000 m³.

1974. Először emeltek árat, tonnánként 1,09 dollárt kellett fizetni. Így a díj kb. a tizede a Horn-fok megkerülési költségének.

1977. szeptember 7-én Egyesült Államok és Panama 13 éves tárgyalásai befejeződtek a Csatorna Övezetről: 1999 utolsó napján Panama visszakapja a csatorna-övezetet, az amerikai katonák pedig addigra kivonulnak. 1978. április 18-án az Egyesült Államok Szenátusa 68-32 arányban ezt jóváhagyta. Ez alapján 1979 – 1999 közötti időre közös Panama-csatorna bizottságot állított fel az USA és Panama a csatorna fenntartási munkák ellenőrzésére és a csatorna üzemeltetésére.



8. kép. A Gatun gát elkészülte után még 16 évig a Föld legmagasabb gátja volt

Picture 8. The Gatun dam was the highest dam on the Earth till 16 years after the construction



9. kép. Ezidáig az utolsó suvadás a Culebra bevágásban 1986-ban a Contractor's Hill mellett a Cucaracha részen

Picture 9. The last slope slide till this time in 1986 in the Culebra cut at Contractor's Hill

1986. Ezidáig az utolsó suvadás a Culebra bevágásban (9. kép). Ennek hatására 1992-ben indult a Culebra bevágás szélesítésére vonatkozó program. Végül a sorozatos suvadások és földkiemelések hatására már 1:5 rézsűhajlást alakítottak ki a Cucaracha bevágásban.

1999. december 31. Az Egyesült Államok zászlójának levonása a Csatorna Övezetben. Az egyezmény megkövetelte az Egyesült Államoktól, hogy fizessen a környezetvédelmi károkért.

2000. Panama a csatorna turizmus fellendítésére több hajótársasággal kötött szerződést.

2000. november. Panama 5,9 milliárd USD projekttel tervezte növelni a csatorna kapacitását, az akkori 65 000

tonnás hajóknál nagyobb 330 000 tonnás hajók átvonulását is lehetővé teszik az új zsilipek (1. táblázat).

2005. Amikor a Panama-csatorna Hatóság el kezdte tervezni az új zsilipekkel történő fejlesztést, az egyik cél a forgalom átszívása volt a Szezi-csatornától, az 5 000 konténer szállító hajók helyett lehetővé téve már a 13 000 konténeresek áthaladását is. A Szezi-csatorna ugyanis tengerszintű, és nincsenek zsilipek, melyek lassítanák az áthaladást, ugyanakkor a méretek szempontjából sokkal kedvezőbbek a körülmények. A Sanghaj-Európa útvonal a Panama-csatornán annak ellenére két nappal hosszabb, hogy a Szezi-csatorna a maga 280 kilométerével hosszabb, és az alacsony sebesség miatt egy napba telik az átjutás rajta.

2006-ban bejelentették az új tervet az új zsilipek építésére, részben felhasználva az 1940-es évek elején épült földmunkát. 2007-ben el is kezdődött a munka. Az új, Csendes-óceáni zsilipekhez vezető megközelítő csatornákra és az északi bejárat mélyítésére és szélesítésére a munkát vállalatba adták.

2008. Az 1914-es megnyitás óta csaknem 1 millió hajó haladt át a csatornán, mert már évente 12-15 ezer hajót irányítanak át a szoroson. Elkészült az új világítórendszer, mely a Panama-csatorna megvilágítását 300 %-al növeli.

2009. július 8. A csatorna kibővítéséről (1. táblázat) szóló szerződést egy konzorcium kapta meg, melynek tagjai Panama, Spanyolország, Olaszország, Hollandia, Belgium és az Egyesült Államok mely vezető szerepet vállalt a zsilipek tervezésében. 3-3 új zsilip készül a Miafiores zsiliptől nyugatra 400 méterre, illetve a Gatun-zsiliptől keletre 800 méterre.

1. táblázat. A Panamax méret változása
Table 1. Changes in the Panamax size

	Régi zsilipek	PANAMAX	Új zsilipek	Új PANAMAX
Hossz	320,04 m	294,13 m	427 m	366 m
Szélesség	33,53 m	32,31 m	55 m	49 m
Merülés	12,56 m	12,04 m	18,3 m	15,2 m

2014. Százéves a Panama-csatorna, az óceánokat összekötő víziút. Mint ahogy az átadási ceremónia hangját elnyomta az I. világháború zaja, úgy a 100 éves megnyitási évforduló ünnepségeire is árnyékot vetett az első világháború hasonló ünnepsége.

2016. június 26-án áthalad a Panama csatornán az első hajó, mely már az új zsilipeket használta.

A Panama-csatornát joggal nevezték a modern világ hét csodája közül az egyiknek. Az óceánokat összekötő víziút a francia tervezők szerint az emberi eszme bizonyítéka, a mérnöki alkotás netovábbja. Végül is a francia szabadpiaci erőlködés felett egy, az amerikai állam által vezérelt expanziós politika győzedelmeskedett a megvalósításban. A Panamán átvezetett víziút megteremtése minden korábbi idők legnagyobb emberrel teljesítményei közé tartozik, egy négyszáz esztendő álom beteljesülését jelent. Az óceánok közötti 78 km-es víziút a több mint

25000 áldozat ellenére az emberi akarat és az amerikai expanziós politika győzelme.



10. kép. Utasszállító hajó a Pedro Miguel zsilipben
(Megjegyzés: Egy ilyen cirka 3.300 utast szállító hajó mintegy 0,4 millió dollárt fizet az átkelésért.)

Picture 10. Cruise with 3300+ passengers crossing the gate
(Note: The fee is around 0,4 million dollars.)

MERRE TOVÁBB PANAMA-CSATORNA?

A Panama-csatornánál kevés fejlesztési lehetőség maradt. A 24 órás üzem megvalósult, a vízpótlás a Madden-gáttal megoldott, a konténer társaságok hatalmas telepeket létesítettek a csatorna két végén, hogy csak az áruval megrakott konténerek után kelljen fizetni, a villamosított vasút is szállít konténereket, az előre bejelentett utasszállítók elsőbbséget élveznek, nem kell várakozni. Mégis esetenként hajók tucatjai várakoznak a nyílt tengeren a behajózásra.

Az áthaladási költség állami bevételt is jelent, ami hozzájárult a szegénység csökkentéséhez Panamában. Csaknem 9 000 alkalmazottja van a csatorna társaságnak, mely könnyedén hozza az évenkénti 20 %-nál magasabb nyereséget. Az alkalmazotti létszám jelentősen csökkenhet, ha a csatornának konkurense jelentkeznek, és csökkenteni kell az áthaladás tonnánkénti díját.



11. kép. A zsiliptábla beillesztése a zsilipkamrába
Picture 11. The lock gate into the lock-chamber

Az új zsilipek (12. és 13. képek) és a csatorna bővítése 5,2 milliárd dollárba került. Panama és a csatornát üzemeltető társaság reméli, hogy már a 2016 évi bevétel is jelentősen nőni fog, és meghaladja a 2015. évi 2,6 milliárd dollárt. Az új zsilipeknél három újítást is bevezettek, az egyik, hogy nincs szükség az ún. csatorna ősvérekre. Ezek a kis villanymotorral felszerelt mozdonyok húzták-vonták a ha-

jókat a zsilipekbe, nehogy önzáró szerkezetként befejezést magukat. A másik újítás az oldalról becsúszó zsiliptáblák (11. kép), a harmadik pedig a víztakarékos zsilipelés, az évi 15 000 hajó átkelésekor a vízvesztés csökkentésére (különösen száraz években fontos) az oldalvíztározós medencék kialakítása (2. ábra). Az új zsilipekkel lehetővé vált, hogy a közepesnél nagyobb hajók is átkelhessenek a földrészen. A szupertankerek előtt azonban továbbra is zárva marad a Panama-csatorna. Kétségtelen tény, hogy a jelenlegi legnagyobb utasszállító hajók az Oasis of the Seas és az Allure of the Seas beférnének az új zsilipbe, azonban nem férnek át a PanAmerika-híd alatt. Már most is vannak olyan hajók, amelyek az új, nagyméretű zsilipekben nem férnek el. Ezeknek más útvonalat kell választaniuk. Konkurensként jelentkezik a világhajózásban a Szuzei-csatorna, mely egy nappal rövidebb utat kínál a távolkelet és Európa közötti útvonalon, különösen, amióta a csatorna mintegy harmadán elkészült a kétirányú forgalmat lehetővé tevő új csatorna.

Az első hajó, ami áthaladt az új Panama zsilipeken, talán nem véletlenül, éppen egy kínai konténerszállító hajó volt 9 000 konténerrel. Kínai befektetők táplálták a Panama-csatorna riválisaként épülő Nicaragua-csatornát. Bár ennek a csatornának a hossza több mint háromszorosra a Panama-csatorna hosszának, összesen 278 km, azonban csak egy 50 méternél alacsonyabb hágót kell átszelni, és a Nicaragua-tó vize jelentős vízutánpótlást jelent a csatornához.



12. kép. Az elkészült Csendes-óceáni zsilipek, jobbra a háttérben a Pedro Miguel zsilip

Picture 12. The ready locks on the Pacific side with the Pedro Miguel lock in the background

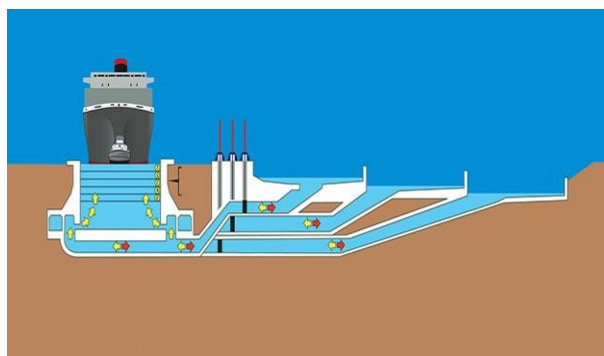
A SZERZŐ



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



13. kép. Az épülő új zsilip az Atlanti-óceáni (Karib-tengeri) oldalon
Picture 13. New lock construction on the Atlantic side



2. ábra. A zsilipek töltése és ürítése a víztakarékos oldaltározós medencékből

Figure 2. Filling and emptying the locks from the water-saving reservoir pools

IRODALOM

Snapp J.S., Fitzgerald G. (2000). *Destiny by Design: The Construction of the Panama Canal*,

Keller U. (1983). *The Building of the Panama Canal in Historic Photographs* Courier Corporation, ISBN-13: 978-0486244082, p. 111.

David McCullough (1978). *The Path Between the Seas: The Creation of the Panama Canal, 1870-1914*.

Major J. (2003). *The United States Government and the Panama Canal, 1903-1979*.

Parker M. (2008). *Hell's Gorge: The Battle to Build the Panama Canal*.

River C. (2014). *The Panama Canal: The Construction and History of the Waterway Between the Atlantic and Pacific Oceans*.

FÓRUM

A szakemberek előtt is ismert tény volt, hogy 1919 májusában, a Tanácsköztársaság uralma idején a Tiszán komoly – gátszakadásokkal és gátszakításokkal terhelt – árvíz vonult le. A részletek azonban nem közismertek. Fejér László és Kiss József Mihály cikke betekintést ad az árvízvédekezés rendkívüli körülményeiről, a sokszor reménytelen árvízvédekezési helyzetekről és okokról, melyek árvízi elöntéshez vezettek.

100 éve történt – A Tanácsköztársaság árvize

Fejér László* és Kiss József Mihály**

* A Magyar Hidrológiai Társaság tiszteleti tagja, a Hidrológiai Közöny rovatvezetője (fejerla@gmail.com)

** A Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár igazgatója (kissjosefmihaly@gmail.com)

Kivonat

A cikk a magyar árvízvédelem történetének egy kevésbé ismert eseményét dolgozza fel a rendelkezésre álló levéltári források alapján. Magyarországon a vesztes első világháború után forradalmak törtek ki, amelyek utolsó jelentős állomása a Tanácsköztársaság 1919. március 21-i kikiáltása volt. A szovjet típusú rendszerrel szemben szinte azonnal megindult az antant támadása, s az ehhez szükséges katonai erőt a csehszlovák, román és szerb csapatok adták. A román támadás során a frontvonalat a Tisza folyó jelentette, amelyen május első felében egy igen jelentős árhullám vonult le, elválasztva egymástól a Vörös Hadsereg és a román királyi hadsereg alakulatait. Az árvíz során a szolnoki folyammérnöki hivatal sokszor reménytelen helyzetben próbálta az árvédekezési tevékenységet folytatni. A harcoló felek kevésbé voltak tekintettel az árvédelmi munkákra, a román csapatok lőttek a védekező műszakiakra, a vörös katonák pedig azzal kísérleteztek, hogy a gátak átszakításával ellenségeik nyakába eresszék az áradást. Ilyen körülmények között szinte csoda, hogy a szolnoki folyammérnöki hivatal által kezelt közel 150 km-es folyószakaszon alig több mint 40.000 kh (230 km²) került víz alá. Szolnok városa megmenekült, pedig a tiszai árhullám tetőző szintje több mint fél méterrel meghaladta az addig mért legmagasabb értéket.

Kulcsszavak

Árvíz, háború, árvízvédekezés, Tanácsköztársaság, gátszakadás, gátrongálás.

AZ 1919. ÉVI ÁRVÍZRÓL ÍRTÁK

A szakemberek előtt is ismert tény volt, hogy 1919 májusában, a Tanácsköztársaság uralma idején a Tiszán komoly – gátszakadásokkal és gátszakításokkal terhelt – árvíz vonult le. A részletek azonban nem közismertek. Oka lehet ennek az is, hogy az árvíz idején a Tisza mentén harcok folytak a Vörös Hadsereg és az ország megszállására törekvő román királyi csapatok között. Azt mindenesetre tudjuk, hogy a tiszai árvíz rendkívüli magasságát a Hármaskörösnek „köszönhetjük”, amennyiben a Körösök árhullámának csúcsa találkozott a Tisza csongrádi tetőzésével.

A magyar vízgazdálkodás történetét feldolgozó Vizeink Krónikája a könyv időrendi részében a következőket írja:

„1919. április–június

Rendkívüli árhullámok haladtak le a Tiszán, a Körösökön és a Maroson. A Tisza Tiszafüred felett átlag 25 cm-rel maradt el az addigi legmagasabb 1888. évi árvízről, míg az alább fekvő szakaszon átlag 50 cm-rel meghaladta a korábbi maximumot. A tiszai árvédekezést nehezítették a Tanácsköztársaság haderői és a román királyi csapatok közötti harcok, mert sok helyen a védelmi vonalat a tiszai töltések jelentették, amelyek így a hadműveletektől is sérültek. A szolnoki hidat ekkor robbantották fel, s Csongrádon hajókat süllyesztettek el. A Körösökön levonuló árvíz is "korszakos" volt. Ennek hatására határozta el a Fehér-Körös Armentesítő Társulat a töltéskorona szintjének egy méterrel való megemelését. A Maros árvize viszont alatta

maradt a korábbi csúcshoz. A Szamos áradása abnormálisan magas volt, a Bodrogé közepes. Az árvízi tapasztalatok alapján a tiszai gátak 1895-ös méreteihez képest újabb méretnövelést rendeltek el.” (Fejér 2001).

Lászlóffy Woldemár alapműnek számító *A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben* című könyvében (Lászlóffy 1982) nem említi kiemelten az 1919. évi árvízi eseményeket, hanem csak a statisztikákban szerepelteti azt a tényt, hogy a Tiszán egy, a mellékfolyókon pedig 16 gátszakadás történt.

A Tanácsköztársaság vízgazdálkodásának történetével foglalkozó füzetében Károlyi Zsigmond a tények részletezésétől eltekint és néhány általánosságot említ, természetesen a kor politikai igényéhez alkalmazkodva: „Bár itt nincs lehetőségünk az 1919. évi rendkívüli árvíz lefolyására és az ellene való védekezésnek részletesebb ismertetésére, a Tanácsköztársaság vízügyi szolgálatának tevékenységéről való megemlékezés hiányos lenne ennek a hősi helytállásnak megemlékezése nélkül.

A nehézségeket fokozta, hogy a terület éppen az árhullám tetőzésekor vált a román intervenciós sereg hadművelési területévé, s ez a körülmény az árvédelmi munkálatokat a dolgozók mozgási lehetőségeinek korlátozásával, a felszerelés elhurcolásával, a védelmi művek megrongálásával, a távíró vonalak lefoglalásával, sőt sokszor fegyvertűzzel is akadályozta. Ehhez járult, hogy az intervenciós csapatok az árvédelmi szolgálatot teljesítő gátöröket, mér-

nőköket is – mint a Tanács hatalom támogatóit – nem egyszer elhurcolták. Az árvízveszély idején ugyanis az árvédelmi szervek és a helyi tanácsok, sőt a Vörös Hadsereg alakulatai között is szükségszerűen a legszorosabb együttműködés alakult ki. A községi direktóriumok által kivezényelt munkáscsapatok mellett a Vörös Hadsereg alakulatai is részt vettek a védelem munkájában.

A tiszai árvédelmi munkálatokban különösen a Szolnoki Folyammérnöki Hivatal tüntette ki magát, melynek mérnökei és dolgozói megérdemelt elismerésben részesültek.” (Károlyi 1969).

A legújabb kori szaktörténetírásban talán még Károlyi az, aki leginkább foglalkozott a 133 napos Tanácsköztársaság vízgazdálkodásának történetével. Hogy az általa rajzolt képet mely levéltári dokumentumokra alapozta, arra csak közvetetten utal¹.

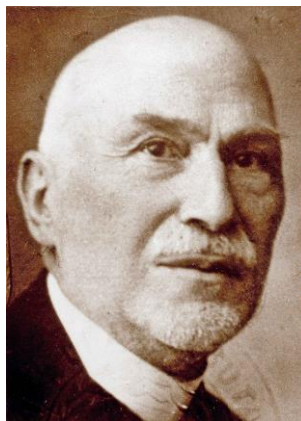
Ha tovább lapozunk a téma feltárásában, akkor meg kell még említeni Károlyi Zsigmond és Nemes Gerzson közös munkáját a Szolnok és a Közép-Tiszavidék vízügyi múltja sorozat második kötetét, amelyben Nemes Gerzson saját kutatásaira alapozott tényeket említi: „Az 1919. évi árvíz történetéhez tartozik, hogy a Tisza bal partján, Tiszasas térségében, a harci cselekmények következtében szakadt át a töltés és a Tisza–Köröszugi Társulat területéből mintegy 10.000 ha került víz alá.

Az árvédekezők – mérnökök és munkások – sokszor életveszélyben teljesítették feladatukat. A védekezéshez a Vörös Hadseregtől és a tanácsok részéről is minden támogatást megkaptak. A városi árvédelmi munkák szervezői és vezetői közül különösen az akkori munkástanács tagjainak fáradhatatlan helytállását kell kiemelni. A Tanácskormány a folyammérnöki hivatal dolgozói közül, a védelem helyszíni irányításáért többeket elismeréssel tüntetett ki.” (Károlyi és Nemes 1975).

Konkrét forrásokról ez utóbbi munka sem szól, viszont a kép teljessége érdekében az Országos Levéltárban őrzött iratanyag átnézése mellett kutatásunkat kiterjesztettük a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár gyűjteményére is. A szaklevéltár több értékes iratot őriz ebből a korból, ami segít megvilágítani az árvíz egyes eseményeit. A következő részt a Földművelésügyi Minisztérium V/B Főosztály ügyköréhez tartozó intézményeknek az ú.n. Tanácsköztársaság alatti története című összeállítás² alapján foglaljuk össze.

Amint az árvízi események komoly következményeket vetítettek előre, az FM V/B., ill. ahogy akkor nevezték a Földművelésügyi Népbizottság vízgazdasági osztályának (és így az Országos Vízépítési Igazgatóságnak) vezetője,

Bogdánfy Ödön május 8-án – két állami mérnök kíséretében – kirendelte Hubert Lajos miniszteri osztálytanácsost, az adott Szolnok–szegedi folyamszakasz kerületi felügyelőjét, hogy a szolnoki és a szegedi folyammérnöki hivatalok és az érintett (Kécske–Kecskeméti, Szolnok–Csongrádi, Csongrád–Sövényházi, Hármás–Algyői)³ társulatok rendelkezésre álló szakerejét irányítva, tegyenek meg mindent a veszélyeztetett lakosság és értékeik védelmére.



Bogdánfy Ödön, 1919-ben a vízügyi szolgálat főnöke
(Forrás: Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum archívuma)



Hubert Lajos vízügyi kerületi felügyelő
(Forrás: Magyar Környezetvédelmi és Vízügyi Múzeum archívuma)

ÁRVÉDEKEZÉS MEGSZÁLLÁSI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT

A helyzet kezelése szinte reménytelenül nehéznek ígért. A román hadsereg a Tisza bal partján, míg a Vörös Hadsereg a szemben lévő oldalon egymással viharos harci tevékenységet folytatott. A folyó védtöltései kedvező fedezetet jelentett mindkét félnek, akik ki is használták az adódó lehetőséget. Tüzérségi löállások, lövészárkok szabdalják az árvíz által is támadott gátakat. Az árvízi védekezés általában a harcok időleges csillapodásával, szürkület után kezdődhetett, s csak az éj leple alatt volt folytatható. Mindezt tetézték még azok az előkészületek is, amit a Vörös Hadsereg helyi vezetői a gátak hadi okokból történő

1 MOL Földmív. Népb. VI. Vízgazd. Osztályának iratai. 1919. ápr. 15–augusztus 1. (Kommún vízűgyek 34–40. csomó)

2 Az 1920. szeptember 6-án kelt összeállítást Vályi Béla min. oszt. tanácsos készítette az 1467/1920. Eln. sz. Földmív. min. körrendelet alapján (32.369/1920. FM. sz.) – Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár (KVL) – II. 1. 2. Országos Vízépítési Igazgatóság, Általános iratok

3 Miután a társulatok nevei a forrásokban a legkülönbözőbb írásmódokkal és rövidítésekkel szerepelnek, kötelességünknek érezzük,

hogy a teljes elnevezést megadjuk, mert bármilyen további kutatás ezt tudja használni. Tehát: Kécske–Kecskeméti Tiszai Ármentesítő Társulat, Szolnok–Csongrádi Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat, Csongrád–Sövényházi Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat, Hármás–Algyői Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat, továbbá Tisza–Köröszugi Ármentesítő Társulat, Körös–Tisza–Marosi Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat

átvágása érdekében tettek, mit sem törődve a mérnökök tiltakozásával. A körülmények szorításában Hubert táviratot intézett Bogdánfyhoz, kérve őt, járjon közre egy időleges tűzszünet érdekében. Bogdánfy Pósa Károly tiszai ügyosztályvezető társaságában felkereste gödöllői főhadiszállásán Stromfeld Aurélt, aki átlátva a helyzetet, szigorúan megtiltotta a töltések elrontását, s utasította az ottani parancsnokot, hogy parlamentar útján az árvízi védekezések idejére átmeneti fegyverszünetet kössenek.

Jóllehet a csongrád–szentesi szakaszon ténykedő vörös parancsnok megkísérelte a fegyvernyugvást, de a szerencsétlenül előkészített akció, nem járt eredménnyel. A parlamentar fehér zászlóját a románok összelődötték, amit a közelben tanyázó vöröskatonák golyózápora „torolt meg”. Így azután mindez azt a látszatot keltette a románokban, hogy a szemben álló fél sem gondolja komolyan a parlamentar átküldését.

HUBERT LAJOS BESZÁMOLÓJA

Hogy pontosan mi is történt az árvízi események során, arról Hubert Lajos tudósította az Országos Vízépítési Igazgatóságot⁴. A tókőze–istvánházi öblözet felső szakaszán az ún. „gatyaszári töltés” május 6-án átszakadt, de szerencsére a hátrább húzódó régi árvédelmi gátnál sikerült megfogni a kiáradást, így „csak” 100 kh került víz alá. Ezt a szakadást még a folyó természetes ereje okozta, nem úgy, mint a következőket! 1919. május 13-án Tizzasasnál átszakadt a Szolnok–Csongrádi Ármentesítő Társulat tiszaköröszugi öblözetének védtöltése.

Hubert írta: „...délelőtt Sövényházán ért a hír, hogy Csongráddal szemben betört az árvíz. Csongrádra siettem, hova délután megérkezve hallottam, amint vörös matrózkatonák szélteiben dicsekedtek: »vizet eresztettünk az oláh bocskorába!« A nagy templom tornyából csakhamar meggyőződhettem állításuk igaz voltáról. Ugyanakkor terjesztették azt a hírt is, hogy a baloldalon Szegvár és Mindszent között is beszakadt a gát, szerencsére ez nem bizonyult valóznak, de észlelhetők voltak olyan jelenségek, melyekből következtethető volt, hogy tervbe volt véve a Körös–tiszamarosi társulati töltés átvágása is, melyre vonatkozó kísérletük nem sikerülhetett. Igazolva feltevésemet Farkas Mór Csongrád város mérnökének azon közlése, hogy a csongrádi katonai alsó tiszai védparancsnokság ennek a társulati töltésnek átvágásától várható eredményt illetően tőle kért felvilágosítást.

Május 14-én sikerült átjutnom a csongrádi felső révnél a szemben lévő védtöltésre, hol akkor már az ártér egészen víz alatt állott és rettenetes pusztulás képét nyújtotta. Az erős szél magas hullámokat vert fel és ezek hátán bútorok, házi eszközök, épületrészek sodortattak a töltés felé.

A révnél még állott az őrház a gát oldalán, és ott találtam a gátőr 18–20 éves fiát, aki jelentette nekem, hogy a töltést átvágták vagy átszakították a vörös katonák, és a támadt rést gépfegyverrel védték, hogy a védelmet lehetetlenné tegyék.

Augusztus 16-án Tizzasas községhezánál a községi bíró és a szóban lévő öblözet 1. sz. gátjára előadták, hogy május 13-án hajnali 2 óra körül 3 robbanást és utána vízzúgást hallottak. Ezt megelőzően a figyelő segédőrök jelentették, hogy a 2,5 km-nél lévő őrházból körútjukra indulva mintegy 500 lépést haladtak, mikor az 1 km felől rájuk lőttek. Jelentésükre az őrháznál lévő román katonai őrség elindult az őrháztól fölfelé, de csak cca. 300 lépésre ment, azután visszatért, nyomban utána következett a robbanás.

Tizzasas községben is hallották a lövéseket és a robbanást, mire a megszálló kisebb csapat fegyverbe lépett és a község Tisza felőli oldalán helyezkedett el senkit sem bocsájtva ki a községből, mert a Tisza felől vörös támadástól tartottak. Az őrháztól sem közelíthették meg a szakadást, mert a szakadás előtt felállított gépfegyverrel védték a nyílást, s midőn az eléggé kifejlődött, a merénylők ismét távoztak a töltésről. A vörös matrózok még 12-én szállhattak ki Alpárra, ott szereztek egy dereglyét, melynek tulajdonosát kényszerítették, hogy őket átszállítsa. A hullámtér ott mindkét parton erdős és az erdő a bal oldalon egészen a töltés lábáig ér.

Megemlíteném, hogy Csongrádon május 10- és 12-én tárgyaltam a város védelméről a vörös katonai parancsnoksággal, 10-én jelen volt Dovcsák népbiztos is⁵. Bartha nevű dandár (vagy terrorcs...?) parancsnok is Csongrádon tartózkodott akkor, de őt soha nem láttam, tárgyalásainknál nem vett részt, állítólag ő rendelkezett a matrózok fölött...

A védtöltések helyreállítását általában késlelteti az a körülmény, hogy a megszálló csapatok gyakran felváltatnak és amit az egyik parancsnok engedélyezett azt a másik nem ismeri el. Így nem engedélyezik a munkásoknak nagyobb csapatokban való alkalmaztatását és az azok részére szükséges élelmezés beszerzését, valamint a már beszerzett élelmi anyag biztonságát nem lehet kieszközölni. Egyes parancsnokok a töltéseken létesített hadászati berendezések eltávolítását sem engedélyezik.

Véleményem szerint az elősorolt bajon csakis a főparancsnokság útján lehetne segíteni, hol a katonai kirendeltségi parancsnokságok részére általános érvényű utasítás kiadását kellene kieszközölni.

Másik akadály a munkáknak a pénz hiánya. A társulatok pénzkészlete elfogyott, a vidéki bankok üzemenben nincsenek és azért tartalékaikhoz nem juthatnak. Szükséges lenne vagy állami előleg nyújtása, vagy még célszerűbbnek mutatkozik, ha a társulatok az érdekeltől szerzik be a szükséges költségeket, avagy ha természetben munkaszolgáltatással vesznek részt az ártéri birtokosok a védelmi helyzet előállításánál, mely utóbbi módra az érdekelt községek lakosságában meg is van a hajlandóság és készség.

A tiszántúli társulatokra nézve még fennáll azon nehézség, amely abból származik, hogy a megszálló csapatok pa-

4 M. kir. Országos Vízépítési Igazgatóság 445/1919. Hubert Lajos...jelentése a Szolnok–csongrádi ármentesítő társulat védtöltéseiről és elárastott ártérén megejtett helyszíni szemléről. Bp., 1919. szept. 12. Hubert Lajos jelentését augusztus 18-iki újabb kiküldetésének tapasztalatait összefoglalva készítette el. A szemlét Lederer Gyulának,

a Szolnok–Csongrádi Ármentesítő és Belvízszabályozó Társulat elnökének társaságában ejtette meg.

5 Dovcsák Antal akkoriban a szociális termelés öt népbiztosának egyike, utóbb a forradalmi kormányzótanács elnökhelyettese volt. (Bölgöny J.: Magyarország kormányai 1848–1987. Bp., 1987)

rancsnoksága ezen területeket a hovatarthatóság szempontjából másképpen bírálja el, miért is tisztázandó lenne az a kérdés, hogy mennyiben esnek az ottani társulatok a magas földművelési ministerium hatáskörébe és milyen beavatkozást engednek meg azok ügyeinek irányítása tekintetében.”⁶

Hubert Lajos tevékenysége nem az egész Tisza-völgyet érintette, így beszámolója nem tartalmaz részleteket arról, hogy a bihari vörös ezred katonái milyen károkat okoztak a Heves–Szolnok–Jászvidéki Tisza- és Belvízszabályozó Társulat töltéseiben, árvédelmi anyagaikban és felszereléseiben. A milléri szivattyútelepet például szétlőtték, s az itteni töltést három helyen is átvágták. Szolnok városában a vöröskatonák behatoltak a folyammérnöki hivatal hivatalos helyiségeibe és minden értékes ingóságot magukkal vittek, aminek következtében a hivatal hosszabb ideig csak ideiglenes helyiségben folytathatta munkáját.⁷

FARKAS LAJOS JELENTÉSE

Erről már Farkas Lajosnak, a szolnoki folyammérnöki hivatal főnökének jelentéséből⁸ korábban is hírt kapott a vízügyi szolgálat vezetése. A földművelésügyi népbiztoshoz írt május 12-iki beszámolójában Farkas megemlítette, hogy a május 1-én a városból eltávozott, majd 3-án újra bevonuló Vörös Hadsereg egyes osztagai több lakásba behatoltak, s azokat kifosztották. A seregben azért működhetett a minimális rend, mert mint Farkas írja, a tettesek méltó büntetésüket már elnyerték, s az elrabolt holmi egy része is megkerült. Az már más kérdés, hogy a hivatalt így sem tudták használni, mert azt és az előtte lévő teret a román csapatok a túlpartról tűz alatt tartották. Május 3. és 7. között életük kockáztatásával tudták csak a legszükségesebb védelmi munkákat elvégezni Szolnokon. Este 9 óra után hajnali 3-ig lehetett valamit tenni, de ez a tevékenység elegendőnek bizonyult, mert a városnak csak kis része, a teherpályaudvar környéke került víz alá. Az is csak azért, mert a hatóságok Farkas előzetes figyelmeztetése ellenére sem gondoskodtak a csatornanyílások védelméről, s a magas vízállásnál ezeken át árasztotta el a Tisza az alacsonyabban fekvő részt. A folyammérnöki hivatal egész személyzete részt vett a védekezésben, akik közül a jelentés kiemelte Tóbiás József és Tamás Lajos államépítészeti mérnököket, Finta Árpád útbiztos⁹, valamint Donáth Géza és Józsa Gyula magán mérnököket.

AZ ÁRVÍZ LEVONULÁSA

A tiszai árvíz a szolnoki vonalon május 13-án, 882 cm-es vízállással tetőzött. Ez az addigi szolnoki maximumot (az 1895. évi 827 cm-t) 55 centiméterrel haladta meg (Barabás–Kovács–Reimann 2004). Ha nem lettek volna tudatos gátszakítások, vagy spontán gátszakadások, akkor a víz színe meghaladhatta volna a 900 cm-t.¹⁰ Mindezt olyan körülmények között, hogy a város árvédelme még korántsem volt olyan szintre kiépítve, amely biztonságos védelmet nyújthatott volna. Ugyanis a Tisza és a Zagyva Szolnokot mintegy 7 km hosszan veszélyeztette, ezzel szemben a szükséges védmű földmunkája a háború előtt alig 2,5 km hosszban készült el, de ezt is meg-megszakították a hajók kirakodása és a fa kivontatása érdekében annak idején meghagyott lejárók. Így a zagyvai vonalon 2 km, a tiszain pedig szintén mintegy 2 km hosszban kellett helyenként oly magas nyúlgátat emelni, hogy az 1,5 méteres vizet megtartsa. A tiszai árvíz fenyegető árnyéka május utolsó hetében tűnt el az ottaniak feje fölül. Ami visszamaradt, az a kiömlött vizek visszavezetése és az árvízi károk helyreállítása a változó hadi helyzet miatt még jó darabig nehézségekbe ütközött.

Más volt a helyzet Szolnoknál lejjebb fekvő Tisza-szakaszon, amint arról Becker Ádám beszámolt (Becker 1939): „...Szentest fölött az átázott tiszai töltés 200 méteren megcsúszott, a városi Vörös hatóság megtagadta a közérő kirendelését, de a Körös-Tisza-Marosi Ármentesítő Társulat félelmet nem ismerő igazgató-főmérnökének¹¹ erélyes fellépésére mégis kivonultak a gátvédelmi csapatok és leverték azt a szádfalat a töltésben, amely Szentest a pusztulástól mentette meg. Mindszent határában a töltés lábában síremlék hirdeti annak a gátőrnek hősi halálát, aki árvédelem közben a harcolók puszkagolyójától találva esett el.”

ELISMERÉSEK AZ ÁRVÉDEKEZÉSÉRT

A földművelésügyi népbiztoság Bogdánfy vezette vízgazdasági osztálya nem is maradt adós az elismeréssel. Mint azt Károlyi Zsigmond is említette, a szolnoki folyammérnöki hivatal munkatársai anyagi elismerésben is részesültek. Farkas Lajos és Iványi Bertalan mérnökök 1000–1000 korona, míg Kmety György folyamfélfelügyelő, Mészáros Sándor vízmester és Simon Sándor vízmester növendék 500–500 korona jutalmat kaptak. Az előterjesztés külön kitért arra, hogy a népbiztoság elismerését külön-külön, név szerint, és írásban is megkapják az érintettek. A névsorból az akkor 40 esztendő Iványi Bertalant kell kiemel-

6 Hubert Lajos a 4. sz. alatt idézett iratban.

7 Farkas Lajos hivatalfőnök élve a hadihelyzettel május 23-án jelentette, hogy „a Kossuth téri Strasser és König féle gabona bizományos czég egyik helyiségét elrequiráltattam s a hivatal működését ott folytattam”. (MOL Földmív. Népb. VI. 669.)

8 MOL Földmív. Népb. VI. 482., Farkas Lajos 308/1919. sz. felterjesztése „Egy csoport behatolt a hivatalba, ott az ajtókat, szekrényeket, fiókokat, a kisebb wertheim-kassát és a nagybiknak alsó részét feltörte, az iratokat össze-vissza hányta, a tanyahajóból felhozott ágyneműt, asztalneműt, evőeszközöket, pokróczokat, továbbá az alsó társulat csatornaépítő munkásai számára raktározott élelmiszereket pedig elvitte.”

9 Finta Árpád (Biharpüspöki, 1891 – Abony, 1920), 1914-ig Nagyváradi mészaki rajzoló, 1917-től Szolnokon vármegyei útbiztos, a szolnoki szociáldemokrata pártszervezet embere. A Tanácsköztársaság idején a megyeszékhely munkástanácsának tagja vagyonos

polgárok elleni tüszszedési akció egyik szervezője. Az 1919-es árvíz elleni védekezésben fontos irányító szerepet játszott. A Tanácsköztársaság bukása után egy évi börtönbüntetésre ítélték, mivel az árvízvédelemben tanúsított helytállását enyhítő körülménynek vették. A fehér különítményesek 1920. április 28-án elhurcolták és megölték. (Szolnok város utcanevei. Helytörténeti adattár. Szolnok, 1993)

10 Csak összehasonlítással, 2000-ben a legnagyobb vízállás Szolnokon 1040 cm volt.

11 Becker Mihály (1878 – Szentest, 1922), a Felső-szabolcsi tiszai ármentesítő- és belvízlevezető-társulat szakaszmérnöke, majd 1910-ben Heves-Szolnok-jászvidéki Tisza- és belvízszabályozási társulat igazgató-főmérnöke, a Magyar kir. Természettudományi Társulat tagja, 1917-től a vízügyi mészaki tanács tagja, kir. kormánytanácsos (1922), a töltések helyreállítási munkáinak felügyeleténél szerzett betegségében hunyt el.

nünk. Az ő nevéhez is fűződik a Tisza kisvízi szabályozásának végrehajtása, amely a 19. századi árvízi szabályozással ellentétben éppen a vízhiányos időszakokban biztosította a folyó hajózhatóságát. Iványi Bertalan még abban az esztendőben „átigazolt” a sátoraljaújhelyi folyammérnöki hivatalhoz, ahol a hivatal főnöke lett, majd további szakmai karrierjének csúcspontját a vízügyi szolgálat vezetői posztja jelentette 1937–38-ban.

ÖSSZEKÖZMÉS

Összességében a tiszai és körösi árvíz több mint 40 000 kh-t öntött el, és közel 1000 ház dőlt össze a szennyes árban. Az ármentesítő társulatok felszerelése, védelmi készlete is súlyosan károsodott. A telefonhálózatot lerombolták, a készülékeket leszerelték, a hullámvédő rőzseművek vagy szétmállottak a gátakon vagy a környékbeli lakosság széthordta őket tüzelőanyagként. A megszálló hatóság a gátöröket többnyire kilakoltatta az őrházakból, s a széteső közbiztonság miatt azok jó darabig nem is vállalkoztak arra, hogy a községek belterületén kívül eső őrházakba visszatérjenek.

Hubert augusztus végén a köröszugi őrházakat összeomlott állapotban találta, s megállapította, hogy a védtöltés 1100 fkm-től lefelé mintegy 150 m hosszban ment tönkre, igaz a talajban nem tapasztalt lényeges kimosódást. Adatai szerint a román parancsnokság csak augusztusban adott engedélyt a kiömlött víznek a Körösökbe történő visszavezetésére. Ennek megfelelően a békényi teleppel szemben lévő szivattyúteleptől lefelé mintegy 200 m távolságra 20–25 m szélességben vágták át a töltést.

Hogy a román katonaság milyen károkat okozott a tiszai-körösi gátakban, ezzel sem Hubert Lajos, sem pedig Vályi Béla nem foglalkozott. Azt is figyelembe kell venni, hogy a fent idézett összegzések még a román megszállás idején készültek és elsősorban a Tanácsköztársaság alatt, a vörös diktatúra által elkövetett atrocitásokra koncentráltak. Jellemző, hogy az ezekről soványka hírt adó napilapok – így pl. Az Est¹², a Budapesti Hírlap, a Pesti Napló – miután a májusi árvízi elöntések idején már nem jelenhettek meg, csak októberi számaikban, utólag tudósítottak az eseményekről. Egyedül a mindvégig megjelenő Népszavában jelent meg egy rövid, teljesen semleges hír arról, hogy gátszakadás történt.¹³

A forradalmak és az ellenforradalom, megtévezve a megszállással, a trianoni békeszerződés traumájával és az általános gazdasági leromlással nem sok kedvet ébresztettek a birtokosokban, gazdáknak és a földmunkások-

ban, hogy a legszükségesebb helyreállító munkákon kívül a központilag elrendelt töltésmagasításokhoz (a helyi legmagasabb vízszin feletti másfél méter) hozzáfogjanak. A társulatok elegendő pénzzel nem rendelkezvén, a földművelésügyi minisztertől kértek állami előlegeket, s csak az 1920-as évek első felében történtek töltéserősítések. Ezek mértékéről Tellyesniczky János, valamint Becker Ádám számolt be a Vízügyi Közlemények hasábjain (*Tellyesniczky 1923, Becker 1923*).

A Vörös Hadsereg töltésrongáló tevékenységének hadászati értelmét – nem lévén hadtörténészek – nem tudjuk megítélni. Mindez hősiesség önfeláldozás is lehet, elég csak a hollandiai gátrendszer II. világháború alatti önvédelmi elrongálására gondolni. S ha meggondoljuk, a Vörös Hadsereg az ország területi integritását is védte, akkor az idézett események elbírálása több szempontból is történhet. Ugyanakkor azt is tudjuk, hogy mindenféle hadmozdulat legfőbb kárvallottja leginkább az érintett területen élő lakosság szokott lenni.

IRODALOM

Barabás Béla, Kovács Sándor és Reimann József (2004). *Növekednek-e az árvizek?* Hidrológiai Közöny 84. évf., 3. szám. p. 1-6.

Becker Ádám (1923). *A Körös- és Berettyó-völgyi ármentesítő és belvízszabályozó társulatok legutóbbi három évi működéséről és tervezett beruházási munkálatairól.* Vízügyi Közlemények. 9. évf. 1. sz. pp. 53-56.

Becker Ádám (1939). *A keleti trianoni határ vízügyi viszonyai.* Vízügyi Közlemények. 21. évf. 2. sz. p. 145-174.

Fejér László (szerk.) (2001). *Vizeink Krónikája.* Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény, Budapest, ISBN 963 00 8967 X.

Károlyi Zsigmond (1969). *A Tanácsköztársaság vízgazdálkodása.* Az Országos Vízügyi Hivatal kiadványa, Budapest. p. 30.

Károlyi Zsigmond és Nemes Gerzson (1975). *A Középtiszavidék vízügyi múltja. II. A rendszeres szabályozások kora (1846–1944).* Vízügyi Történeti Füzetek 9., Budapest, ISBN: 963 602 029

Lászlóffy Woldemár (1982). *A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben.* Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 609. ISBN 963-05-2681-6.

Tellyesniczky János (1923). *A Tiszavölgy árvizei és ármentesítése.* Vízügyi Közlemények. 9. évf. 1. sz. január-június. p. 10-20.

12 A román katonai cenzor keznyomát címlapján viselő újság a következőket írta: „Húszezer hold földet árasztottak el vízzel a vörösök. A vörös hadsereg május 13-ra virradó éjszaka a szolnok-csongrádi ármentesítő társulat védtöltését a tiszasasi határban felrobbantotta. A robbanás helyén az árvíz oly erővel tört be a mentesített területre, hogy három nap alatt Tiszasas, Csépa és Szelevény községek határában húszezer hold termőföldet árasztott el, romba döntötte Szelevényt és Csépa egy részét és elpusztította az ártéren volt összes tanyai épületeket. A terményekben és épületekben okozott kár megközelíti a harminc millió koronát. A betört árvíz levezetésére a társulat a védtöltést több helyen kivágatta és a víz legnagyobb része már le is húzódik.” (Az Est, 1919. október 9.)

13 „A Tisza áradása. A Tisza áradásáról a legülzöttabb hírek vannak forgalomban. E hírekből mindössze annyi igaz, hogy a nagy tavaszi esőzések a Tiszát tényleg szokatlanul nagy mértékben megdagasztották, az árvíz veszedelem megfékezésére azonban már hetekkel ezelőtt megtörtént minden intézkedés. A jobbparti, tehát a felénk eső oldalon levő töltéseket a víz nem bontotta meg és sem emberéletben, sem az állatállományban nem esett kár. A Tisza balpartján, a románok által megszállott területen, Tiszasasnál töltésszakadás állott be és ennek következtében a víz rohamosan apadni kezdett. Az árvíz veszedelme most már szünőfélben van. A Maros is apadt, miért is Szegednél is szünőfélben van az árvíz veszedelem. Úgyszintén Szolnoknál is javult a helyzet.” (Népszava, 1919. május 21.)

A SZERZŐK



től a Magyar Mérnöki Kamara történeti bizottságának elnöke. Szerkesztőbizottsági tagja az MHT folyóiratainak, valamint szerkesztője a Vízügyi Történeti Füzetek című kiadvány-sorozatnak.

FEJÉR LÁSZLÓ okleveles mérnök, technikatörténész, címzetes főiskolai docens. 1974-től 1990-ig a Magyar Vízügyi Múzeum gyűjteménykezelő muzeológusa, majd vezetője. 1990–1993 között az OVF főosztályvezető-helyettese, 1993-tól a Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény igazgatója. 2010-től nyugdíjas. Kutatási területei: a vízgazdálkodási társulatok története, vízgazdálkodási politika, a vízügy és a társadalom kapcsolata a történelemben, kiemelkedő vízügyi személyiségek életrajza stb. Jelentős publikációs tevékenységet folytat: 6 könyv szerzője, 19 könyv társszerzője, szerkesztője, csaknem 140 cikket, tanulmányt írt a magyar vízgazdálkodás történetének szakterületéről. Tagja az OVF Vízügyi Tudományos Tanácsának. 2000 óta részt vesz a felsőfokú és szakmérnöki oktatásban. 1990-től az MHT Vízügyi Történeti Bizottságának elnöke, 2002-től a Magyar Mérnöki Kamara történeti bizottságának elnöke. Szerkesztőbizottsági tagja az MHT folyóiratainak, valamint szerkesztője a Vízügyi Történeti Füzetek című kiadvány-sorozatnak.



KISS JÓZSEF MIHÁLY tanulmányait az ELTE BTK levéltár-történelem szakán végezte és szerzett diplomát 1985-ben. 1985–86-ban a Magyar Országos Levéltárban dolgozott, majd az ELTE Levéltárának munkatársa volt. 2004–2006 között a KSH Levéltárosa, ezt követően a Környezetvédelmi és Vízügyi Levéltár igazgatója. Részt vett több hazai felsőoktatási intézmény iratainak rendezésében, és az ezeket a forrásokat feltáró számos repertórium szerzője, társszerzője. A külföldi magyar egyetemjárás forrásait feltáró munkaközösség tagjaként szintén több kötet, publikáció fűződik nevéhez. Ezután helytörténeti kiadványok társszerzője, majd tájtörténeti, ill. vízügyi szervezettörténeti kutatásokat folytatott, melyek eredményeiről a MHT Vándorgyűlésén és a Tajtörténeti konferencián adott számot.

Nekrológ



2018. december 18-án, életének 82. évében elhunyt Vörös Ferenc, a Fővárosi Csatornázási Művek nyugalmazott vezérigazgatója.

Szakmai munkássága végig a Fővárosi Csatornázási Művekhez (FCsM) kapcsolódik, ahol 1956-tól 1997-ig dolgozott, mint gépkezelő technikus, gyakornok, csoportvezető, 1966-tól osztály-, 1972-től főosztályvezető, 1975-től 1997-ig az FCsM (1993-tól FCsM Rt.) igazgatója, vezérigazgatója, majd nyugdíjasként a vállalat műszaki szaktanácsadója.

Szakmai tevékenysége nemcsak a csatornaművek üzemeltetésére és a szükséges rekonstrukciókra szorítkozott (ezen belül is nem csupán a szivattyú- és tisztítótelepek üzemeltetésére, a hálózati üzemeltetésre és rekonstrukciókra terjedt ki), hanem vezetése alatt több mint 100 kilométernyi főgyűjtő és több száz kilométernyi mellékhalózat épült a fővárosban. Az egyik legnagyobb fejlesztés az Angyalföldi Szivattyútelepen és az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telepen történt, melynek köszönhetően nemcsak biztonságosabb lett a főváros szennyvizének elvezetése, hanem jelentősen meg is emelkedett a tisztított víz mennyisége Budapesten. Az 1970-es években kiteljesedő nagy lakótelep építési program kapcsán munkatársaival együtt sikeresen oldotta meg azok szennyvizének elvezetését és tisztítását.

Számos szakmai szabadalom szerzője és kidolgozója, melyek közül nem egyet jelenleg is alkalmaznak. Fontos

Vörös Ferenc

Barabásszeg, 1937. X. 1. - Budapest, 2018. XII. 18.

szerepet vállalt a fiatal pályakezdő mérnökök oktatásában és nevelésében.

A Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség alapító tagja és első elnöke volt.

Szakmai tevékenységét számos kitüntetéssel ismerték el. Hatszor kapott Kiváló Dolgozó és egyszer Kiváló Szolgálat elismerést. 1981-ben az Országos Vízügyi Hivatal díjazta kiváló munkáját, 1986-ban Eötvös Loránd-díjban részesült. 1994-ben elnyerte az Év igazgatója címet a Vízügyi Közszolgáltatási Dolgozók Szakszervezeti Szövetségétől (VKDSZ). Az 1997-es lengyelországi súlyos árvízi helyzetben nyújtott társasági helytállásért elnyerte a Belügyminisztérium Aranygyűrűjét. 1997-ben nyugdíjba vonulását megelőzően pedig a Főpolgármesteri Hivatal Pro Urbe elismeréssel díjazta munkásságát. 1999-ben Víz Világnapi Emlékéremmel is elismerték tevékenységét, majd 2013-ban neki ítelték oda a víziközmű szakma legrangosabb kitüntetését, a Magyar Víziközmű Szövetség (MaVíz) Reitter Ferenc díját.

Aktív támogatója volt a Magyar Hidrológiai Társaságnak, tevékenyen részt vett a Csatornázási és Szennyvíztisztítási Szakosztály tudományos bizottságának munkájában. 1988-ban Pro Aqua kitüntetésben részesült.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

Fejér László
MHT Vízügyi Történeti
Bizottság elnöke

Dr. Szilávik Lajos
az MHTársaság elnöke

Nekrológ



2018. december 27-én, életének 81. évében elhunyt dr. Kováts Gábor az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság nyugalmazott igazgatója, a Magyar Mérnök Kamara volt elnöke.

A Budapesti Építési és Közlekedési Műszaki Egyetem (ÉKME) mérnök karán 1962-ben jeles eredménnyel szerzett vízépítő mérnöki oklevelet.

1968-ban mezőgazdasági vízgazdálkodási szakmérnöki oklevelet szerzett a Budapesti Műszaki Egyetemen, majd ugyanott 1970-ben egyetemi műszaki doktori címet.

Vízügyi munkásságát 1962. augusztus 1-jén kezdte a Szegedi Vízügyi Igazgatóság Szegedi Szakmérnökségén. 1962-től 1965-ig beosztott mérnöként, 1966-tól a Szegedi Szakmérnökség vezetőjeként, majd főépítésvezetőként, illetve a Szentesi Szakmérnökség vezetőjeként dolgozott különböző vízgazdálkodási területeken, és az árvízvédekezés irányítása területén szerzett sokrétű gyakorlatot. Részt vett a Csajtoi halastavak, illetve a Maroson megvalósított partbiztosítások építési munkálataiban.

1965-től Szeged Megyei Jogú Város Tanácsa Építési, Közlekedési és Vízügyi Osztálya közműcsoportjának vezetője. 1966–1979 között ismét a VIZIG-nél dolgozik, ahol szakmérnök, főépítésvezető, majd 1971 júniusától 1979-ig termelési igazgatóhelyettes. Ezen időszak legfontosabb feladatai voltak az 1970-es nagy Tisza-völgyi árvízvédekezésben Szentés és környéke védekezési tevékenységének irányítása, majd termelési igazgatóhelyettesként az 1970-es árvíz utáni jelentős fejlesztések kivitelezésének irányítása. Ezek között is kiemelkedő a Szeged belvárosi partfal rekonstrukciója, az algyői olajmező védelmének árvízi fejlesztése és jelentős belvízi beruházások irányítása.

1979. július 1-től a Kelet-Magyarországi Vízügyi Építő Vállalathoz (KEVIÉP) került, áthelyezéssel, igazgatóhelyettesi beosztásba. Ekkor sem szakadt el az alsó-tiszai fejlesztésektől. Tevékenységével segítette Szeged város csatornázási munkálatainak megvalósulását, az Új-Szegedi szennyvíztelep kiviteli munkálatait és Algyő közüzemi vízellátásának kiépülését.

1986. április 1-étől a Szegedi Vízművek és Fürdők főmérnöke lett, mely tisztséget 1991-ig töltötte be. Ezen időszak alatt a vízkészlet-gazdálkodásban, a Szeged környéki vízbeszerzési lehetőségek magas színvonalú vizsgálatában, majd az új vízbázis üzembeállításában, az üzemeltetés automatizálásában szerzett jelentős érdemeket. Sikeres kísérleteket végzett a nyomás alatti szennyvízgyűjtő berendezések alkalmazása területén és annak gyakorlati bevezetésében is. Tapasztalatait szakcikkekben és előadásokban ismertette meg a szakmai közvéleménnyel, elsősorban az MHT keretei között.

Dr. Kováts Gábor

Gyula, 1938. XII. 17. - Szeged, 2018. XII. 27.

1991-től – 2001-ig az Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság vezetője. A vízügyi igazgatói beosztásban eltöltött évek alatt, dinamikus változó gazdasági és társadalmi helyzetben biztosította az alaptevékenységet ellátó, szakmailag, szervezetileg és gazdaságilag is működőképes vízügyi igazgatóság kialakulását és egyúttal az Igazgatóság által alapított gazdasági társaságok igen eredményes működését. Az időszak nagy ár- és belvízvédekezéseinek vezetője, jelentős rekonstrukciós munkák, mint pl. a Hódmezővásárhely-Lúdvári szivattyútelep felújításának irányítója.

Az Alsó-Tisza-vidék vízgazdálkodási állami feladatainak ellátása során különösen nagy munkát fordított és eredményeket ért el a magyar-román és a magyar-jugoszláv nemzetközi vízügyi kapcsolatokban, a távlati vízgazdálkodási tervezésben, a vízrajzi tevékenység magas színvonalra való fejlesztésében, a vízbázis védelem és a vízkárelhárítás területén, különösképpen a vízhiányos régiók, a Maros-hordalékkúp, a Duna-Tisza közti homokhátság problémáinak feltárása és megoldása terén.

Számos szakmai megbízatása volt. Egy időben a VITUKI Rt. Igazgatótanácsának elnöke volt. 1997-ben a Vízgazdálkodási és Víziközmű Társulatok Országos Elnökségének alelnökévé választották. E tisztségében az állami vízgazdálkodási feladatok és az érdekeltségi alapon működő vízgazdálkodási feladatok összehangolásában, különösképpen a vízkárelhárítási védekezés területén és a különböző szervezeti és finanszírozási gondok megoldásában tett eredményes erőfeszítéseket.

A munkaköréhez kapcsolódó szakmai feladatok ellátásán túl, jelentős társadalmi funkciókat, illetve közéleti tevékenységet is vállalt. A Magyar Hidrológiai Társaság rendkívül aktív tagja, számos rendezvény szervezője, előadója volt. A Csongrád Megyei Mérnöki Kamara (CSMMK) alapító tagja, első elnöke, később elnökségi tagja. 2001. évi nyugdíjazását követően a Magyar Mérnöki Kamara elnöke két cikluson keresztül. Fontos szerepet vállalt a Kamarán belül a vízmérnöki tagozat létrehozásában, a kamarai törvény megalkotásában és a Kamara szervezésében. Ennek lejártaival 2009-ben újra Szegeden tevékenykedett, a CSMMK tiszteletbeli elnöke volt.

Munkásságát számos hazai és külföldi kitüntetéssel ismerték el, birtokosa a Magyar Köztársasági Arany Érdemkeresztnek (2000). Szakmai lapokban nagyszámú írása jelent meg, 8 éven át a Mérnök Újság szerkesztő bizottságának elnöke volt.

Társaságunknak az 1960-as évek óta tagja, a Vándorgyűlések rendszeres előadója, egy ideig az MHT elnökségének tagja. 1997-ben Pro Aqua kitüntetésben részesült.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

Dr. Kozák Péter
MHT Szegedi Területi
szervezet elnöke

Fejér László
MHT Vízügyi
Történelmi Bizottság
elnöke

Dr. Szlávik Lajos
az MHT elnöke

Nekrológ



2018. december 27-én, életének 96. évében elhunyt Takács Lajos, a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság nyugalmazott igazgatója.

A négy polgári iskola elvégzése után, 1939-1944 között a gyulai Dürer Nyomdában volt nyomdász, majd 1944-től a gyulai Államépítészeti Hivatalnál (ÁÉH) talált állást, munkavezető, útbiztos volt. A munka mellett tanult tovább, 1950-ben érettségizett a gyulai Karácsonyi János Gimnáziumban. Az ÁÉH megszűntével 1954-ben a Békés megyei Légoltalmi Parancsnokságra helyezték át műszaki helyettesi beosztásba.

1957. április 1-jével a gyulai Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóságnál helyezkedett el. Ekkor már a Budapesti Műszaki Egyetem levelező hallgatója volt, ahol 1959-ben a mérnöki kar út-, vasút- és alagútépítő szakán államvizsgázott, mérnöki oklevelet kapott. A vízügyi igazgatóságnál – csoportvezetői munkája mellett, mellékállásban – 1964-66 között a Gyulai Városi Vízközmű Társulat műszaki vezetői tisztségét is ellátta, a városi vízmű építését irányította. Erről a megbízatásról azonban az építési munkák befejezése előtt lemondott, mert 1966. június 20-án a Körös-vidéki Vízügyi Igazgatóság igazgatójává nevezték ki. Ezt a feladatkört látta el több mint 15 éven át, az 1981. december 31-én történt nyugdíjazásáig.

Vízügyi igazgatói működése alatt az igazgatóság területe és tevékenységi köre kibővült, termelési volumene nőtt, szakembergárdája megerősödött. Kifejlesztették az igazgatóság hidrológiai észlelőhálózatát. A gőzüzemi szivattyútelepeket diesel, illetve villamos üzeművé építették át. Kezdeményezésére megépültek a térség öntözésfejlesztési főművei, a Békési, a Körösladányi duzzasztómű, a gyulai fix fenékgát, az NK-XIV. öntözőrendszer. Javultak a vízminőségvédelem feltételei. Ösztönzője és segítője volt a belvízrendszerek fejlesztésének, az üzemi vízrendezéseknek, majd ezt követően a komplex meliorációs tevékenységnek is.

Védelemvezetése mellett rendkívüli árvízvédekezéseket kellett folytatni 1970-ben, 1974-ben, 1980-ban és 1981-ben. A nagy árvizek után megindult a védőművek hatékony fejlesztése; lokalizációs töltések, árvízi és belvízi tározók épültek.

Ezek mellett a magasépítések terén is számos fontos építmény létesült. Többek között nagyarányú székházbővítésre került sor, épült két szakaszmérnökség, két árvíz-

Takács Lajos

Gyula, 1923. IX. 23. - Gyula, 2018. XII. 27.

védelmi osztagtelep, vízminőségi laboratórium, üzemi konyha, megvalósult két műhelyfejlesztés, elkészült 35 gátórház újjáépítése, közel 100 dolgozó részesült vállalati bérlakásban. Szentendrén üdülőt építettek.

Az igazgatóság dolgozói, de különösen a fiatal mérnökök képességeinek kibontakoztatására, eredményeik, bevált műszaki megoldásaik publikálására 1968 novemberében kéthavonta megjelenő műszaki folyóiratot alapított „Körös-vidéki Vízügyi Szemle” címmel, amelyet az igazgatóság azóta is folyamatosan kiadja. Gondot fordított a Körös-vidék vízügyi múltjának, emlékeinek megőrzésére. Nevéhez fűződik a Bodoki Károly Vízügyi Múzeum 1974. évi létrehozása. A múzeum a mai napig fennáll, és széleskörű látogatottságot élvez. 2010-től a Bodoki Károly Vízügyi Múzeum Baráti Kör tiszteletbeli elnökeként tevékenykedett a vízügyi múlt értékeinek megőrzéséért.

Több cikke jelent meg a szaklapokban, többek között a Vízügyi Közleményekben, foglalkozott a térség vízi történetével is. 1974-től – nyugdíjazásáig – az OVH Elnöki Kollégiumának tagja volt.

Állami, szakmai és társadalmi területen is számos jelentős kitüntetésben részesült. Több miniszteri kitüntetés mellett 1966-ban a Munka Érdemrend bronz fokozatával, 1969-ben ezüst fokozatával, 1970-ben és 1980-ban a rendkívüli Körös-árvizek kivédésében játszott szerepéért arany fokozatával tüntették ki. Gyula város 1969-ben a Kiváló Polgár címet – pecsétgyűrűvel – adományozott részére. A Budapesti Műszaki Egyetem 2009-ben 50 éves eredményes mérnöki munkásságát Arany diploma adományozásával ismerte el.

17 éven át, 1967–1984 között az MHT Békés megyei Területi Szervezetének elnöke volt. Az egyéni és jogi tagok összefogásával, Békés megye állami és társadalmi szerveivel, Társaságunk különféle szervezeti egységeivel együttműködve elérte, hogy a Területi Szervezet a térségben meghatározó jelentőségű, általános tekintélynek örvendő szervezetté vált. Egy időben tagja volt a MHT Felügyelő Bizottságának is. Kiemelkedő társasági munkáját az MHT 1975-ben Vásárhelyi Pál-díjjal, 1987-ben Tiszteleti Tag címmel ismerte el.

Emlékét kegyelettel megőrizzük!

Bak Sándor
MHT Békés megyei
Területi szervezet
elnöke

Fejér László
MHT Vízügyi
Történelmi Bizottság
elnöke

Dr. Szilávik Lajos
az MHT elnöke

Könyvismertetés

Dobos Irma és Scheuer Gyula: Tanulmányok a hazai és külföldi hidrodinamikai rendszerekről című könyvét ismerteti Szlabóczky Pál.

A könyv 297×210 mm, álló formátumú, 101 oldal terjedelmű, részletes irodalomjegyzékkel, képekkel, ábrákkal. Kiadó: Magánkiadás. Budapest, 2018.

A hazai vízföldtan kiemelkedő munkásságú szerzőpárosa magánkiadásában született mű már megjelenésében is rendkívüli, nem utolsó sorban a műszaki szerkesztő *Piros Olga* és a PR-Innovation nyomda érdeméül. A szerzőpáros hét évtizednyi tudományos és ipari termékenységének szakmai életrajza az Előszó függeléke. Az A4 méretű, 101 oldalas füzeteszerű mű, három hazai és egy vietnami ásványvizes, illetve karsztos terület régebbi és mostani hidrogeológiai vizsgálati eredményeit foglalja össze következetes rendszerezéssel és alaposággal, angol nyelvű összefoglalókkal és irodalom felsorolással, színes ábrákkal és félszáz fényképpel. Az A-B-C fejezetek hazai helyszíneket, a D-fejezet a második szerző vietnami expedíciójának eredményeit ismerteti.

A *Balatonfüred környéki* szénsavas ásványvizek több mint két évszázados történetének, valamint a fürdőorvosok szerepének újabb részleteit is tartalmazó, fényképekkel és archív rajzokkal, korabeli leírásokkal illusztrált ismertetése után részletes tájékoztatást kapunk a lovasi, csopaki és a balatonfüredi gyógyvizek hidrogeokémiai adottságairól az 1930-2017 közötti makro- és mikro-vízkeimiai elemzések összevetésével, utalva a hidrodinamikai tektonikus rendszer vízminőséget meghatározó közetformációira. (permi homokkő, alsótriász dolomit, evaporit).

A *büki, sárvári, rábasömjéni* hévízfeltárások az 1950-es évektől indított térségi szénhidrogén kutatásoknak köszönhetőek. Az egyedülálló, izgalmas kutatástörténet mellett megismerhetjük a fürdőépítés és rekreációs fejlesztések 1960-as és 1990-es évek közötti történetét, amely jeles közreműködőinek névfelsorolását *Pup Vilmos* főmérnökkel kell kiegészítenünk. A Rába-vonal menti, különleges devon korú karsztos mélyszerkezeti kép és a rátelepülő neogén üledékes tározó rendszer hidrodinamikai kapcsolatában, az 56 évnyi hévíz termelés nyomán igen jelentős fizikokémiai változások következtek be a kútvizek minőségénél: „...a vizsgált két devon időszakos tároló rendszer kialakulásában és fejlődésében meghatározó szerepet játszottak azok a lemeztektonikai folyamatok, amelyek főleg a neogénben zajlottak le.” A folyamat vizsgálatához tengervizet is analizáltak. Külön fejezet foglalkozik a sárvári gyógyászat előállításával, osztrák kézbe kerülésével, majd az egykor évi 1200 tonnányi termálkristály előállítás megszüntetésével.

A C-fejezet a *hajdúszoboszlói* gyógy- és ásványvíz palackozásával foglalkozik. A trianoni ország- és ásványvagyon-vesztés után fellendülő szénhidrogén kutatások hévízfeltárási eredményei itt is nemcsak a fürdőfejlesztési-gyógyászati-turisztikai ipar alapját biztosítják, hanem az 1930-as évek közepétől már ivókúrára is használták, helyszíni fogyasztással és palackozással is, bár az utóbbi időben „...az Európa Unióba való belépésünk hatására a mediterrán irányzat érvényesült a kis ásványi-anyag tartalmú vizek mindinkább kiszorították a korábbi 1000 mg/l, vagy annál nagyobb mennyiséget tartalmazó palackozott ásványvizet.” A mai nevén *Hajdúszoboszlói Pávai Vajna természetes ásványvíz* elsősorban emésztőszervi megbetegedések és csontritkulás ellen javasolt.

A *vietnámi tengeri szigethegyes karsztosodás* részben szakirodalom, útikönyv alapján, de helyszíni megfigyelésekkel kiegészített ismertetése nemcsak a rendkívüli látványosság, hanem hazai fejlődéstörténeti analógiák miatt is érdekes lehet a szélesebb látókörű szakmai érdeklődők számára. A jégkorszak végétől 120 m-el megemelkedett tengerszintből manapság 50-150 méterrel kiemelkedő 4000 karsztos sziget formaelemeit nemcsak a trópusi éghajlati tényezők, hanem a variszkuszi lemeztektonikai események is alakították, aminek nagy szerepe van a beszivárgásnál. A közetanyag főként paleozoos mészkő, ritkábban triász, amelyen nagy tömegekben váltak ki az édesvízi mészkő zuhatagok. A fejezet kitér a felszíni vízfolyások fejlődésmenetére és ismerteti a trópusi szigethegyes karszt változatait. A szerző által meglátogatott Ha Long-öböl látványos elvi metszetekkel kiegészített leírásából idézve: „...a különböző korokban lejátszódó lemeztektonikai folyamatok a térségben meghatározó szerepet játszottak és játszanak ma is a térség karsztosodásában, és ezen belül egyes karsztos hidrodinamikai rendszerek fejlődésében, valamint napjaink szigethegyes karsztváltozatainak kialakulásában.”

A kiadványt nemcsak szakembereknek, hanem a gyógyvizek iránt vonzódó polgárok számára is ajánlom! Hozzáférhető a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (Budapest, Stefánia út 14) könyvtárában.

Szlabóczky Pál
aranydiplomás ipari geomérnök

Hogyan lehet előfizetni a Hidrológiai Közlönyt?

Előfizethető a lap:

1) A Magyar Hidrológiai Társaság internetes honlapján található megrendelőlap kitöltésével.
http://www.hidrologia.hu/mht/index.php?option=com_jellap15&Itemid=209

2) Az alábbi megrendelőlap kitöltésével, majd postán vagy emailben történő visszaküldésével is megrendelhető a Hidrológiai Közlöny.

Magyar Hidrológiai Társaság
 1091 Budapest, Üllői út 25.
 Tel: (1)201-7655
 E-mail cím: hk@hidrologia.hu

Előfizetési díjak 2019-ben:

Cégeknek:

A 2019. évi (99. évfolyam) 1-4. száma: 9600 Ft/év
 A különszám cégeknek (Hidrobiológus Napok kiadványa): 2400 Ft/év.

A Magyar Hidrológiai Társaság egyéni tagjainak:

A 2019. évi (99. évfolyam) 1-4. száma: 4000 Ft/év
 A különszám egyéni tagoknak (Hidrobiológus Napok kiadványa): 1000 Ft/év

Az árak az 5 % áfát tartalmazzák!

MEGRENDELŐ LAP

A jelen lap kitöltése megrendelésnek minősül, melyről e-mailben küldünk visszaigazolást.

Alulírott megrendelem a Hidrológiai Közlöny c. folyóirat

2019. évi 1-4. számait példányban,

2019. évi különszámát példányban,

és kérem megrendelésemet a következő évekre is folyamatosnak tekinteni.

Név vagy cégnév:

Céges megrendelés esetén kapcsolattartó neve:

Telefonszáma:

E-mail-címe:

A számlát kérem küldjék az alábbi címre:

A folyóiratot kérem az alábbi címre postázni, amennyiben eltér a számlázási címtől:

.....

Megrendelés száma (nem kötelező mező):

Megrendelési szám esetén – amennyiben elektronikusan küldik be a megrendelést - az aláírt megrendelés csatolása pdf formátumban kötelező.

Kelt: _____, 2019. _____ hó. _____ nap.
