

GONDOLATOK A KÁRPÁT-MEDENCEI FOLYÓK ÁRVIZEIRŐL

VARGA GÁBOR – FÁBIÁN SZABOLCS ÁKOS
– KOVÁCS ISTVÁN PÉTER – SCHWEITZER FERENC

SOME THOUGHTS ON RIVER FLOODING IN THE CARPATHIAN BASIN

Abstract

Early river regulation and flood prevention works considered the river network of the Carpathian Basin as a complete system. However, these complex drainage areas were split by the newly-formed state borders in 1920. The improper management of the truncated catchments, combined with the increased sediment accumulation in the channels, resulted in increased flood levels and extreme water regimes in and along the water courses. To overcome these challenges, flood prevention practices aimed to heighten flood control embankments and levees, while emergency reservoirs and retention pools have also been constructed over the past decade along the Tisza River. Local depressions and the vadose zone of the floodplains, however, could provide an environmentally and ecologically sustainable solution for optimal floodplain water management, which could deliver desirable ecological, hydrological, and geomorphological conditions for the catchments. Moreover, the original discharge capacity of the rivers and water courses needs to be restored in respect to the resilient land use management of the active floodplains. Nonetheless, Hungary, in a way similar to the Reform Era of the nineteenth century, must implement new flood protection policies and should closely collaborate with the neighboring countries for a flood-safe future.

Keywords: Carpathian Basin, flood levels, flood control embankments, floodplain accumulation, low floodplain reservoirs

Bevezetés és történelmi háttér

ÉLISÉE RECLUS (1830–1905) híres francia földrajztudós szerint a Kárpát-medence tökéletes vízrajzi egység. Folyói nagy számban a tágan értelmezett medencét körülölelő hegykoszorún belül erednek. Ugyanakkor a Kárpát-medence vízrajzi tengelyét jelentő Duna Dévénynél jut be a Kárpát-medence belsejébe, amelyet – az Oltot kivéve – az egyetlen jelentősebb vízfolyásként a Vaskapun át hagy el. A vízválasztóval elkülönülő Kárpát-medence szinte egésze közel ezer éven át, az első világháborút lezáró trianoni békediktátumig (1920) a Magyar Királyság területe volt. Az árvízvédelem kérdése Magyarországon a 19. század óta – különösen a Duna és a Tisza vonatkozásában – a nemzeti stratégiai gondolkodás kiemelt területe lett. A vízügyi szakemberek figyelmét az árvízvédelemre, illetve a folyószabályozásra első ízben 1816-ban, a Tisza, a Körös és a Maros együttes szegedi árvize és az 1838-as pesti árvíz drámai és pusztító hatásai irányították (DUNKA S. et al. 1996). A Tiszavölgyi Társulat 1846. évi megalakulását követő nagy folyószabályozási és ármentesítési munkák (főként a Duna, a Tisza és nagyobb mellékfolyóik fő medrei vonalvezetésének és az árvízi fővédvonalak – nagyvízi medrek – kialakítása, mesterséges mederszakaszok megépítése, a mederkanyarulatok átvágása, a mocsárvilág lecsapolása, a hajózási viszonyok megjavítása, a jeges és jégmentes árvizek elhárítása) főként SZÉCHENYI I. (1846), VÁSÁRHELYI P. (1846) és PALEOCAPA, P. (1846) elképzelése szerint valósultak meg. A kétoldalú töltésezésen és a kanyarulatok átvágásán alapuló árvízvédelmi és folyószabályozási módszer már VEDRES I. (1830) munkájában is felvetődött.

A szabályozás, illetve a töltésepítések előtt majdnem az egész Alföld a völgy nélküli Tisza és mellékfolyóinak tál alakú árterülete volt. Ez lett a mentett ártér vagy természetes ártéri felszín, a hullámtér pedig (a nagyvízi meder részeként) az ember által létrehozott folyamatosan változó térszín.

Az akkori Európa legjelentősebb természetátalakító tevékenysége egyszersmind hazánk eddigi legnagyobb területfejlesztési programja lett, amelynek megvalósításához (pl. a legnagyobb beavatkozást igénylő Tisza estében VÁSÁRHELYI PÁL) vízgyűjtő alapon dolgozták ki a javaslatokat.

Trianont követően azonban a Kárpát-medence területén Magyarországon kívül még négy ország: Ausztria, Csehszlovákia, Románia és a Szerb-Horvát-Szlovén Királyság osztozott. A megcsonkított Magyarország vízgazdálkodása is katasztrofális helyzetbe jutott. Az ország teljes vízhalózatának, vízgyűjtő területének hegységi és hegységelőteri része az országhatáron kívülre került, így a folyóvizek 95–96%-a külföldi eredetű lett. Az ország határait a medenceperemeken úgy jelölték ki, hogy a Dráva és a Tisza torkolata is a mai határokon kívülre, az egykori Jugoszlávia területére esett. Vízgazdálkodási szempontból az államhatárok jelentős vízfolyásokat is több részre osztanak, sőt az elmúlt évszázadban az utódállamok határai is átalakultak, ami tovább bonyolítja a helyzetet.

A politikai helyzetből eredő bizonytalanságot jól érzékeltetik, hogy a Körösök 20. század eleji (1913, 1915, 1919) nagy árhullámai során a korábbi tetőzési rekord megdőlt és a töltések áthágását csak nyúlgátakkal tudták megakadályozni. Az akkor még egységes Fehér-Körösí Ármentesítő Társulat ekkor határozta el a töltéskorona szintjének egy méterrel történő megemelését. A trianoni döntés értelmében azonban az ármentesítési társulat érdekeltségi területe kettészakadt. A magyar fél a töltések koronaszintjét megemelte, míg az Arad megyei társulatokhoz csatolt részeken a koronaszint változatlan maradt. Ennek is tudható be az 1925 decemberében Kisjenőnél bekövetkezett két töltésszakadás, aminek következtében az országhatáron átzúduló víz óriási magyar területeket öntött el. Sajnálatos, hogy a magyar fél sem a vízszint emelkedéséről, sem a gátszakadásról nem kapott értesítést (BECKER Á. 1939; REICH GY. 1999).

A forrásvidékeken fekvő felvízi államok legtöbbször nem érezték magukat felelősnek az alvízi területeket érintő árvízi, vagy folyószennyezési – pl. a 2000. évi borsabányai és nagybányai cianidszennyezés, vagy a 2000-es évek elején a jennersdorfi bőrgyár okozta – károkért sem.

A Kárpát-medencei folyók árvízekkel veszélyeztetett részlein több millió ember él, s itt húzódik a vasutak és közutak jelentős hányada, nem beszélve az itteni értékes mezőgazdasági földterületekről és jelentős ipari üzemekről. A Kárpát-medence folyóinak árvízvédelme a medence államaiban mára tehát nemzetbiztonsági kérdés lett. Az 1999-ben, 2000-ben és 2006-ban bekövetkezett tiszai árvizek, a 2005. évi Temes-Béga-, a 2013-as dunai és a 2014-es szávai árvíz esetén láttuk, hogy rendkívüli anyagi és emberi erőfeszítések árán kellett javítgatni a 170 éves árvízvédelmi rendszert.

Az eltelt 170 év alatt megtapasztalhattuk, hogy a kiépített árvízvédelmi létesítmények ma már nem minden folyószakaszon nyújtanak védelmet. Védőképességük az árvízszintek emelkedése és egyéb okok miatt – például a nagyvízi meder gyorsan romló állapota, a feliszapolódás, a folyók munkavégző képességének változása, meanderezése, tektonikus mozgások (főként süllyedések), klímaváltozás stb. – a jövőben tovább fog csökkenni. Figyelmeztető, hogy az 1850-es évektől, tehát a nagyarányú gátépítésektől kezdve egyre gyakrabban jelentkeznek nagy árvizek (MUSZKALAY L. – VARSA É. 2003). Ettől az időponttól csak a Tiszán közel 30, a Dunán több mint 20 jelentősebb árvízszint alakult ki, de hasonlóan sok árvíz volt a Dráván, a Száván, a Maroson és a többi mellékfolyón is (TÓRY K. 1952; VÁGÁS I. 1982).

A töltések állékonyasága csökkent (NAGY I. 2011), a szabályozások következményeként a nagyobb folyók szállítóereje megnőtt, a folyók felgyorsultak, a kisvízi medrek mélyen bevágódtak, a medermélyülés következtében pedig a talajvíztükör átlagos szintje is süllyedt, ami PÁLFAI I. (2004) szerint az aszályhajlam növekedéséhez vezetett. Az alacsony ártér töltésekkel történt szűkítése a hullámtér felszínét (nagyvízi meder) az áradások következtében lerakódó folyóvízi hordalékkal jelentősen és egyre magasabb szintre emeli, így az azonos magasságú vízhozamok levonulásának szintjét és idejét is növeli (REMO, J. W. et al. 2009).

Az elmúlt 170 év alatt az is bebizonyosodott, hogy az akkori politikai és gazdasági körülmények között végrehajtott terv – pl. hajózási célok, az árterek szűkre szabása, az alacsony ártéri területek mocsarainak lecsapolása, a nagytáblás mezőgazdasági termelői érdekek biztosítása, a főcsatornák kijelölése és megépítése – nem mindenben volt helyes koncepció (IHRIG D. 1952).

Jelen tanulmány célja, hogy a 2000-es évek nagy árvizei és a megindult árapasztó tározóépítési program kapcsán felhívja a figyelmet az egyre növekvő árvízszintek kezelésének domborzati alapú, a meglévő felszíninformákat sokkal jobban figyelembe vevő alternatív, természetközeli módjára, lehetőségére.

A 2000-es évek nagyobb árvizei a Kárpát-medencében

Duna. A Duna legutóbbi árvizei (2002, 2006 és 2013) új LNV-re (legnagyobb víz; legnagyobb tetőző vízszint) emelték a maximális árvízszinteket (*1. táblázat*). Hazánkban 2013-ban Mohács kivételével minden vízmércén megdőlt a korábbi rekord. Budapestenél június 9-én a 2006-os tavaszi árhullám magasságát 31 cm-rel meghaladó szinten, 891 cm-en tetőzött a Duna, ekkor a főváros (is) óriási veszélyben volt (*1. kép*).

2013. május 26. és június 5. között a térségünk fölé vonuló ciklon déli oldalának meleg, nedves légtömege Európa északi területéig jutott, ahonnan visszaáramlott az Alpok É-i részéhez. Ennek következtében a 2013. május 30. és június 3. közötti négy napon a Duna bajor és osztrák vízgyűjtőin (pl. Inn, Traun, Enns) nagymennyiségű csapadék hullott. Az orográfia okozta csapadéktöbblet következtében a négy nap csapadékösszege több helyen meghaladta a 200, sőt néhol a 300 mm-t is (HOMOKINÉ UJVÁRI K. 2013).

A sajátos, de nem példa nélküli hidrometeorológiai helyzet (mint például 2002-ben is) és a domborzat szerepe nyilvánult meg a csapadékkintenzitás erősödésében és a csapadékmennyiség megnövekedésében. Ennek következtében a Duna felső szakaszán régóta nem tapasztalt áradás indult el, amely sorra döntötte a rekordokat.



1. kép Az eddigi legmagasabban tetőző 2013-as dunai árvíz Budapesten a Vigadó téri hajóállomásnál (Fotó: Kispados)
Photo 1 The highest flood peak of the Danube in Budapest at Vigadó Square Pier in 2013 (photo by Kispados)

Tisza. A Tisza egyes vízmércéin rekord árvízszintek alakultak ki 1998-ban és 1999-ben is, de ezt követően szinte minden vízmércén új, ma is aktuális LNV szinteket mértek a 2000-es, 2001-es és a 2006-os árvizek során (1. táblázat).

1. táblázat – Table 1

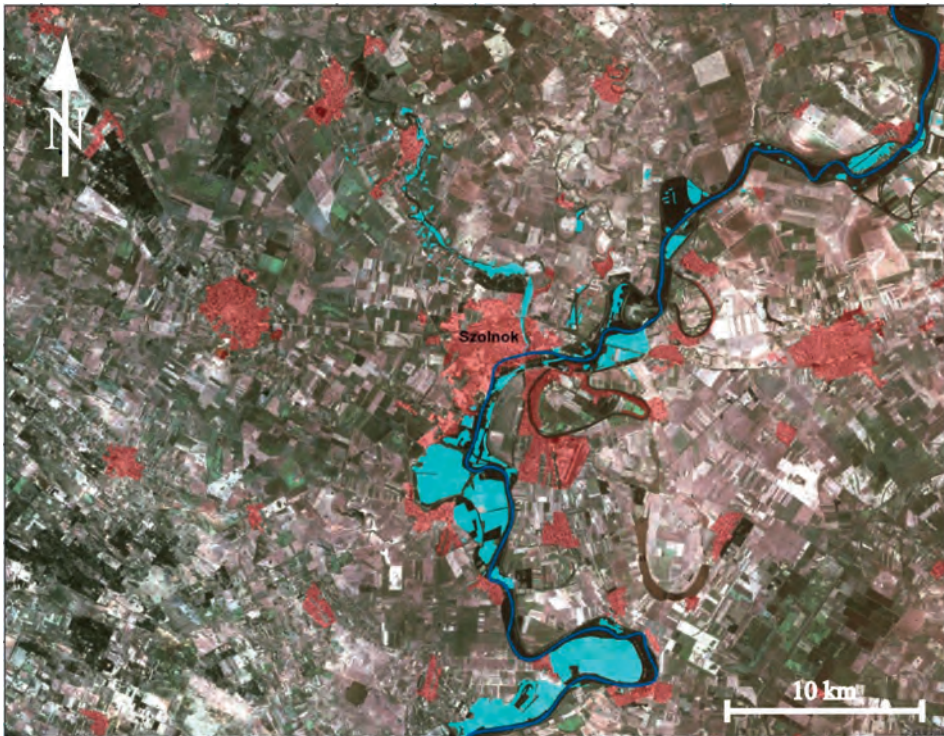
A Duna, a Tisza és a Száva legmagasabb árvízszintjei (LNV)
The highest flood levels (HFL) of the Rivers Danube, Tisza and Száva

A vízmérce helye	Duna			Tisza			Száva				
	LNV (cm)	Dátum	LNV növ. (cm)	A vízmérce helye	LNV (cm)	Dátum	LNV növ. (cm)	A vízmérce helye	LNV (cm)	Dátum	LNV növ. (cm)
Pozsony	1034	2013	41	Tiszabecs	719	2001	11	Jasenovac	928	2018	21
Nagybajcs	907	2013	35	Tivadar	1014	2001	50	Stara Gradiška	906	1974	43
Komárom	845	2013	43	Vásárosnamény	941	2001	18	Mačkovac	1023	1974	
Esztergom	813	2013	42	Záhony	752	2001	1	Davor	1037	1974	100
Nagymaros	751	2013	37	Tokaj	928	2000	34	Slavonski Kobaš	941	2014	4
Budapest	891	2013	31	Tiszalök	831	2000	36	Slavonski Brod	939	2014	56
Dunújváros	755	2013	13	Tiszafüred	881	2000	46	Slavonski Šamac	891	2014	114
Dunaföldvár	721	2013	18	Kisköre-alsó	1030	2000	52	Županja	1191	2014	127
Paks	891	2013	19	Tiszaroff	1088	2000	55	Gradiška	855	2014	
Baja	989	2013	13	Szolnok	1041	2000	67	Grebnice	1161	2014	167
Mohács	984	1965	60	Martfű	1003	2000	77	Jamena	1265	2014	161
Apatin	825	1970		Csongrád	1033	2006	39	Semska Mitrovica	866	2014	66
Vukovár	768	1965	90	Mindszent	1062	2006	62	Šabac	664	2014	74
Újvidék	778	1965		Szeged	1009	2006	49	Beljin	764	1981	
Szendrő	845	2006		Zenta	926	2006		Belgrád	738	2006	

Forrás: OVf, RHMS of Serbia, DHMZ

Ezek elsődleges kiváltó okaiként a vízgyűjtő területre érkező nagymennyiségű csapadékot és a hóolvadásból származó lefolyást kell megemlíteni. Például 2000 márciusában is a több hullámban érkező csapadék, illetve a gyors felmelegedés miatt bekövetkező, de még fagyott talajon (az intenzív erdőirtás következtében a fagyhatár alacsonyabb szintre húzódott) meginduló jelentős lefolyás volt a rekordokat döntő árvíz fő okozója (HOMOKINÉ UJVÁRY K. 2003; SZLÁVIK L. – KOVÁCS S. 2003). Március végén a Felső-Tisza, a Bodrog és a Zagyva–Tarna vízgyűjtőjén a havi átlagos csapadékmennyiség 150–194%-a hullott le, az átlagnál nagyobb hőmérsékletek kíséretében. Mindezek eredményeként a Felső-Tiszán egymás után több árhullám indult el, amelyek a Közép-, és Alsó-Tiszán hosszan elnyúló, Tiszabercel és Martfű között ma is érvényes, új LNV szinteket adó árhullámmal vonultak le. A 2001. évi árhullám, amely a Felső-Tiszán, Tarpánál két töltésszakadást is okozott, szintén háromnapos intenzív csapadékhullás és az egészen 2000 méter magasságig jellemző, gyors felmelegedés okozta hóolvadás következménye volt (PETRÁSS A. 2000; SZLÁVIK L. 2003). Az Alsó-Tiszán rekordot döntő 2006-os tavaszi árvíz (1. ábra) a vízgyűjtőn felhalmozódott nagy mennyiségű hócsapadék olvadása és a Duna egyidejű áradása miatti visszaduzzasztás következményeként keletkezett. Szegednél április 21-én 1009 cm-en tetőzött a Tisza, ezzel új szintre emelte az LNV-t (VÁGÁS I. 2006).

Száva. 2014 májusában szinte minden eddigi rekordot megdöntő árvíz vonult le a Száván (1. táblázat). A csapadékot a Genovai-öböl térségében felépülő, majd keleti irányban elmozduló mediterrán ciklon szállította, amely tartós és több napos heves esőzést okozott május



1. ábra A 2006-os tavaszi árvíz Szolnoknál műholdfelvételen (Kanadai Űrtügyökség 2006, az Egyesült Államok Geológiai Szolgálat 2000, GMES RISKEOS)

Figure 1 Satellite image on spring flood at Szolnok in 2006 (Canadian Space Agency 2006, USGS 2000 Image processing, map created 18/04/2006 by DLR in the framework of GMES RISKEOS)

13–17. között (ICPDR 2015). Az extrém csapadékmennyiséget jól jelzi, hogy a Kolubara folyó mellett fekvő Valjevo meteorológiai mérőállomásán a 30 éves májusi csapadékátlag (72 mm) 281, míg a belgrádi mérőállomáson 264%-át regisztrálták. A Száva középső és alsó szakaszán több helyen megdőlt a korábbi legmagasabb vízállás rekordja. Az LNV legnagyobb mértékű növekedését Slavonski Šar (114 cm), Županja (127 cm), Grebnice (167 cm) és Jamena (161 cm) vízmércéin mérték (KRATOFIL, L. et al. 2011; JURKOVIĆ, R. S. 2016).

A Száva gyorsan emelkedő árhulláma következtében a víz több helyen átlépte a töltések koronamagasságát és a töltések nem megfelelő állapota miatt töltésszakadások is történtek. A műholdfelvételek alapján Horvátország, Bosznia-Hercegovina és Szerbia területén az elöntött területek nagysága 342,2 km²-t tett ki. Különösen kritikus helyzet alakult ki a Kolubara torkolatánál, a Belgrádhoz közeli Obrenovacnál (2. kép). Innen a teljes lakosságot ki kellett telepíteni. Ugyanakkor veszélybe került az ország energiaellátása is, hiszen a villamos energia 50%-át adó Nikola Tesla hőerőművet kiszolgáló bányaterület is több méteres víz alá került (ICPDR and ISRBC 2015).



2. kép Az elöntött Obrenovac 2014 május 18-án. Háttérben a Száva és a Nikola Tesla hőerőmű (Fotó: Szerb Rendőrség)
Photo 2 The flooded town of Obrenovac in 18 May of 2014 with the Nikola Tesla Power Plant in the background
(photo by Serbian Police)

Temes-Béga. A Kárpát-medence DK-i részének egyik legmélyebben fekvő térszínén, a Bánátban régóta gyakoriak az árvizek. 1753 óta átlagosan 30, az utóbbi 50 évben pedig jóval gyakrabban, átlagosan 10 évente fordult elő rekordot döntő árvizek (ARBA, A. M. 2010). A Temes-Béga Románia és Szerbia területén fekvő, több mint 13 ezer km² vízgyűjtő területére 2005 áprilisában nagymennyiségű csapadék hullott. Több mérőállomáson megdőlt az addigi rekordok (pl. Oravica 226,4 mm, Resica 205,3 mm). További kedvezőtlen körülményként vehetjük számításba, hogy ebben az évben már februártól árvízi helyzet volt a Temesén, tehát az áprilisi lefolyás már magas vízszinten érte el a folyót. A Bánát

másik két jelentős folyóján, a Bégán és a Berzaván sem volt ez másként. Az árvízi helyzet rendkívüli hosszúságával is kitűnt a korábbiakhoz képest, hiszen az februártól szeptemberig tartott. Az amúgy is rendszeresen árvízveszélyes román-szerb határ menti területeken több helyen töltésszakadás történt. Az elöntött területek nagysága 1000 km²-t tett ki (3. kép) (NICHITA, C. et al. 2006; CODEA, D. M. 2013).



3. kép A Temes árvize 2005-ben Temeskeresztesnél (Fotó: ALDESCU, C.)
Photo 3 Flood of River Temes at Temeskeresztes in 2005 (photo by ALDESCU, C.)

Az árvízszintek emelkedése és okai

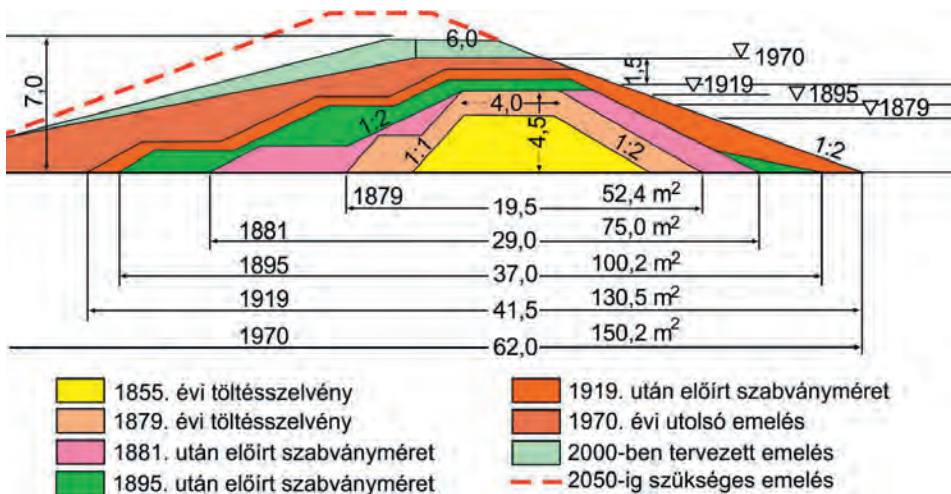
Általánosságban megállapítható, hogy a vízfolyásokon levonuló árvizek okozója a vízgyűjtőre hulló csapadék. Az egyre emelkedő magasságú árvízszintek kialakulásának okaként főként a rekord mennyiségű csapadékot produkáló hidrometeorológiai helyzetet jelölhetnénk meg. A feltételes mód indokolt, hiszen az ezredforduló tiszai árvizei és ezek vizsgálatának eredményei hívták fel a figyelmet arra, hogy kisebb vízhozam mellett is emelkedhet az LNV magassága (SCHWEITZER F. 2001).

A 19 században megkezdett és nagyrészt megvalósított folyamszabályozás és árvízvédelem egyik legfontosabb célja a folyók árterének szűkítése, az árvizek töltések közötti (árvízi meder, hullámtér) elvezetése volt. Az ezredfordulóig, az egyre emelkedő árvízszinteket követve, a megfelelő árvízi biztonság elérését a töltések koronamagasságának emelésében látta a vízügy. A töltések magasítása az LNV jelentős emelkedésével azonban nem „tudott” lépést tartani. Több helyen a MÁSZ (mértékadó árvízszint) és a töltések koronamagassága közötti szintkülönbség – aminek leggyakrabban elfogadott 100–150 cm-es értéke, mint biztonsági tartalék – vészesen lecsökkent. Különösen rossz a helyzet a Duna Pozsony–Komárom és Vác–Budapest közötti szakaszán, a Közép- és az Alsó-Tiszavidéken, valamint a Körösöknél és a Dráva-torkolatnál.

A Közép-Tiszavidéken például Szolnoknál 1932-ben 894 cm-en tetőzött a Tisza, majd a hozzá előírt töltésmagasságot 1044 cm-re (MÁSZ + 150 cm) emelték. A 909 cm-en tetőző következő 1970-es árvíz után az előírt töltésmagasság 1061 cm (MÁSZ + 100 cm) lett. (Az 1970-es évekig a MÁSZ magassága megegyezett az LNV szintjével, ezt követően viszont a MÁSZ számított érték, általában az 1%-os eséllyel kialakuló legnagyobb árvíz szintje.) Ezt követően az 1999. és a 2000. évi árvíz Szolnoknál 974 cm-en, majd 1041 cm-en tetőzött, ami rövid idő alatt 132 cm-es LNV-emelkedést jelent. Ugyanakkor a MÁSZ 961 cm-en, míg az árvízvédelmi töltések előírt magassága továbbra is 1061 cm-en maradt, ami a 2000-ben mért LNV-t mindössze 20 cm-el haladja meg (NAGY I. et al. 2010).

A tiszai árvizek után 2014-ig kellett várni arra a belügyminisztériumi rendeletre (74/2014. (XII. 23.) BM rendelet), amely új értékeket állapított meg a hazai vízfolyásaink vízmércéihez tartozó mértékadó árvízszintekre. Például a fent említett szolnoki vízmércén 961 cm-ről 1085 cm-re emelték a MÁSZ szintjét és a magassági biztonságot 120 cm-ben állapították meg.

A folyamatosan emelkedő árvízszintek kialakulásából következik az eddigi gyakorlatot követő logika, hogy a szükséges biztonság eléréséhez emelni kell az árvízvédelmi töltések magasságát (BABOS Z. – MAYER L. 1939). A töltéseket megépítésük óta több alkalommal magasították és erősítették is (2. ábra). Mivel a magassággal a töltések keresztmetszete és felülete is növekszik, minden egyes magasítás egyre több töltésanyagot és annak mozgatását kívánja meg, ráadásul ehhez a mederszelvény műszaki létesítményeit is emelni vagy átépíteni szükséges.



2. ábra Az árvízvédelmi töltések magasságának növekedése Szolnoknál és a Közép-Tiszavidéken (VÁGÁS I. 1984 alapján kiegészítette: SCHWEITZER F. 2001)

Figure 2 Rise of embankments at Szolnok (modified by SCHWEITZER F. 2001 after VÁGÁS I. 1984)

A Kárpát-medencei folyók árvízszintjeinek vizsgálatából kitűnik, hogy a vízszint emelkedése erőteljesen felgyorsult, és az árhullámok magassága pl. a Tiszán több mint 200 km-en haladta meg a töltéskorona magasságát (NAGY I. et al. 2001; VÁRADI I. – NAGY I. 2003). A nagyvízi meder vízvezető képességének romlása miatt pl. a Tiszán Szolnoknál 1970 és 2000 között az árhullámok magasságának átlagos növekedése elérte a 4,4 cm/év értéket. Az árvízszintek emelkedése a Duna esetében is figyelmeztető jel lehet, ahol az átlagos emelkedés mértéke Vác és Budapest között ugyanezen időszak alatt 1 cm/év volt,

de a Palotai-szigetnél MOLNÁR D. (1935) adatai alapján a mederszűkítő folyószabályozási munkálatok miatt akár sokkal erősebb feltöltődéssel is számolhatunk.

Jelenleg tehát a nagyvízi medrek eredeti feladatukat, az árvizek biztonságos levezetését egyre kevésbé képesek ellátni. Amikor 2000-ben a Tiszán minden időnk legnagyobb árvize vonult le, az árvízi vízhozam Szolnok térségében (Tiszasüly és Veszény között) alig volt nagyobb, mint az 1970. évi esetében. Az árvízszint viszont Szolnoknál 132 cm-rel magasabban – 1041 cm-en – tetőzött, mint korábban. Ennek egyik fő oka lehet, hogy 30 év alatt a nagyvízi meder vízszállító képessége jelentősen leromlott, amit a hullámtéri feltöltődésnek a szakirodalomban közölt értékei jól magyaráznak (SCHWEITZER F. 2001; BRAUN M. et al. 2001; NAGY I. et al. 2001; SCHWEITZER F. – NAGY I. 2011).

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy ha a 2000. évi tiszai árvíz ma megismétlődne, akkor az árhullámot például a Közép-Tiszán a nagyvízi meder már nem tudná levezetni. Ha feltételezzük, hogy a nagyvízi meder vízvezető képességének romlása az elmúlt 50–60 évben tapasztalt ütemben folyik és a maihoz hasonló környezeti fizikai állapotok változatlanok maradnak, az árvízi tetőzés szintje a Közép-Tiszán 2030-ban 1131 cm, 2050-ben pedig 1151 cm magasságot fog elérni (4. kép) (BARABÁS B. et al. 2003).



4. kép Katasztrófa helyzet a Tiszán Tiszasülynél 2000-ben (fotó: KÖTIVIZIG).

– 1 – az árvízi tetőzés magassága (1041 cm) 2000-ben; 2 – a tetőzés várható magassága (1131 cm) 2030-ban;

3 – a tetőzés várható magassága (1151 cm) 2050-ben (BARABÁS B. – KOVÁCS S. – REIMANN J. 2003 számításai alapján)

Photo 4 Catastrophic flood of River Tisza at Tiszasüly in 2000. (KÖVIZIG).

– 1 – flood peak in 2000 (1041 cm); 2 – predicted flood peak in 2030 (1131 cm); 3 – predicted flood peak in 2050 (1151 cm) (according to the calculations of BARABÁS, B. – KOVÁCS, S. – REIMANN, J. 2003)

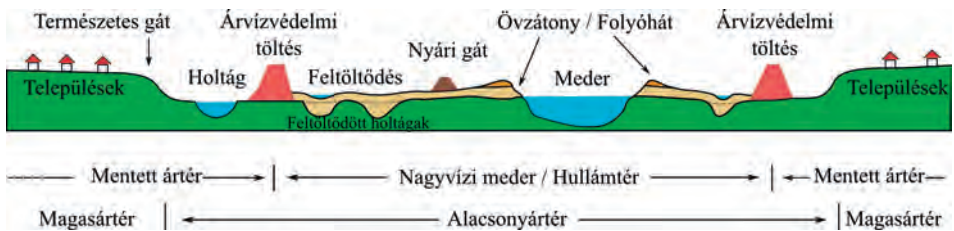
A Kárpát-medencei országok közül Magyarországon az 1960-as évekig nagy gondot fordítottak a nagyvízi meder állapotára és az árvizek szabad levonulásának biztosítására. Ekkortól azonban elkezdődött a hullámtereken a fásítás, a nyári gátak, illetve az üdülők építése, a korábbi szántóföldi és legelőgazdálkodás felhagyása, egyes területeken idegen növényfajok (pl. gyalogakác, zöld juhar, amerikai kőris stb.) elterjedése, ami jelentősen hozzájárulhat az árvízszintek gyors emelkedéséhez, a hordalék fokozott kiülepedéséhez (BENEDETTI, M. M. 2003; CZEGLÉDI J. 2003; KEESSTRA, S. D. 2007). Az árvizek csak a középvízi medrek növényzet nélküli részén folyhatnak le akadálymentesen. Úgy is fogalmazhatunk, hogy hazánk lényegében lemondott a nagyvízi meder vízvezető képességének

fenntartásáról és főként a töltések előírás szerinti kiépítésére helyezte a hangsúlyt. A vizsgálatok azt mutatják (KÁROLYI Z. 1960; CSÉPES E. et al. 2003), hogy a folyók Magyarország területére több hordalékot szállítanak, mint amennyit továbbvisznek.

A feliszapolódás látványos helyei az átvágott kanyarulatok medermaradványainak védőtöltések közé került részei (NICHOLAS, A. P. – WALLING, D. E. 1996; LÓCZY D. – KISS T. 2008). Ezek a medermaradványok – különösen a Maros mentén – az árvizek hordalékától mára jórészt feltöltődtek (KISS T. et al. 2011). Jól mutatja a hullámtéren belüli feltöltődés gyorsaságát az is, hogy hozzájuk képest a gátakon kívüli, mentett ártéri medermaradványok (morotvatavak) száma és vízfelülete még ma is számottevő. Ilyenek például Magyarországon a Duna mellett a Szelidi-tó, a Tisza mentén az Alcsi Holt-Tisza, vagy a Dráva mellett az Ó-Dráva-holtág.

Az ártér és aktívan fejlődő része: a hullámtér

A Kárpát-medence ártéri területein elhelyezkedő települések mindenhol magas ártéri szintekre települtek, amelyeket a legnagyobb árvizek is csak nagyon ritkán öntötték el. Ezekről 5–7 m-rel alacsonyabban az ún. alacsony ártéri szintek helyezkednek el, amelyeket öntésiszap, öntésagyag és egyéb ártéri üledékek borítanak (LÓCZY D. 2013). Az Alsó-Tisza mentén a klasszikus két ártéri szint mellett újabban kimutattak egy harmadik szintet is (HERNESZ P. et al. 2015). Az alacsony ártéri felszínekbe elhagyott holtmedrek mélyülnek. Ezek a felszínek helyezkednek el az árvízvédelmi töltések és köztük a hullámtér (3. ábra).



3. ábra Az alacsony és magas ártér, valamint a hullámtér kapcsolatának vázlata (szerk.: SCHWEITZER F. 2001)
 Figure 3 Rising of the flood control embankments since river regularisation (SCHWEITZER F. 2001)

A szinte kizárólag a Tiszára és nagyobb mellékfolyóira korlátozódó mérések és a szórványosan rendelkezésre álló történelmi adatok alapján meggyőződhetünk arról, hogy az eddig soha nem tapasztalt árvízszint-növekedések a hidrometeorológiai tényezők és az antropogén beavatkozások (a vízgyűjtők területén a fakitermelés, a bányászat, a töltés-vonalazás) kedvezőtlen egybeesésén kívül döntően a nagyvízi meder vízszállító képességének csökkenésével magyarázhatók, ami főként a hullámtér feliszapolódásának, illetve feltöltődésének következménye (SCHWEITZER F. 2001). Ezt a felismerést később több kutató nagyvízi medervizsgálatai is igazolták (GÁBRIS GY. et al. 2002; KISS T. et al. 2002; KONCSOS L. – KOZMA ZS. 2007; DEZSŐ Z. et al. 2009; NAGY J. et al. 2017). KÁROLYI Z. (1960, 1963) felhívta a figyelmet arra, hogy a töltések vonalazása nem felel meg a folyószabályozás követelményeinek, így például a torlódó (szűk) és szétterülő (széles) szakaszok miatt az árvizek levonulása nem egyenletes. Ennek következtében a változatos mikrodomborzatú hullámtér (pl. folyóhátak, övzátónyok, nyári gátak stb.) a víz levonulását és a hordalék lerakódását jelentősen befolyásolja (NANSON, G. C. – CROKE, J. C. 1992; NAGY I. et al. 2001; HUDSON, P. F. et al. 2008; PIERCE, A. R. – KING, S. L. 2008).

A Vásárhelyi-féle szabály hajdani alkalmazásakor nem számoltak azzal, hogy a Tisza holocén medréhez tartozó közvetlen ártér sem volt képes a nagy árvizeket teljesen levezetni. Ezért a síkságra érve a víz több helyen áttörte a természetes ártéri peremeket, síksági vízválasztókat és a folyóhátakat megszakító fokokon keresztül a süllyedékekbe áramlott és csak azokon keresztül jutott vissza a főmederbe (IHRIG D. 1952; SCHWEITZER F. 2001; GÁBRIS GY. et al. 2002). Elképzelhető, hogy ezeknek az úgynevezett második vagy másodlagos medreknek sokkal nagyobb szerepe lehetett az árvizek levezetésében, mint ahogy azt Vásárhelyiek gondolták (SCHWEITZER F. – NAGY I. 2011).

Bár a folyóhát, az övzátony, illetve a zátonyképződés jelensége több évszázad óta ismert, annak árvízszintet erősen módosító szerepére csak az utóbbi két évtizedben figyeltek fel (NAGY I. et al. 2001). Ez annál is inkább meglepő, mert a Vásárhelyi-féle koncepció tervvitájának egyik kulcskérdése volt. Számoltak ugyan azzal, hogy a tervezett szűk ártéren a árvizek magassága emelkedni fog, de a hordaléklerakódás mértékét nem tartották jelentősnek (VÁSÁRHELYI P. 1846; PALEOCAPA P. 1846). Ez oda vezetett, hogy a gátakat időszakonként magasítani kellett (BABOS Z. – MAYER L. 1939; NAGY I. et al. 2001) és ha minden így marad, magasítani kell majd most is (2. ábra).

A Pó hullámtere már csaknem két méterrel magasabb, mint az alacsony ártér szintje (LITTKÉ A. 1917), a Hoang-Ho pedig 11,5 m magasra iszapolta fel a 14 m magas gátak közé szorított nagyvízi medrét (CHOLNOKY J. 1913). A Tisza Szolnoknál 2,5 m-rel (SCHWEITZER F. 2001), Törökbecsnél 3,5–4 m-rel (Vajdasági Vízügyi Szolgálat, 2012), a Körös Békésszentandrásnál 1,6 m-rel emelte meg a nagyvízi meder felszínét (BABÁK K. 2006). A Szamos hullámtere Tunyogmatolcsnál a gátak megépítése óta 150–210 cm-t töltődött fel (BORSY Z. 1972). Ez igen jelentős érték, különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy a Szamos gátjainak magassága csak 3–6 méter. Emiatt az 1970-es árvíz idején a roppant nagy víztömeget már nem lehetett a gátak között tartani: először az államhatáron túl szakadt át a gát, majd a hazánkba átzúduló víz órák alatt több települést pusztított el (VÁRKONYI I. 1971).

Láthatjuk, hogy az aktív árterek területén felgyorsult a feltöltődés, így a hullámtér jelentősen magasabb lett, mint a mentett árterek szintje, amely az egykori árvizek során vízbőrtés alatt állt. A folyók tehát már nem a legmélyebb térszínen, hanem az egykori alacsony árteréből kiszakított és felmagasított hullámtéren folynak. Az esetleges töltésmeghágásokat követően a víz így már nem fog tudni természetes úton visszafolyni a magasabban levő folyómederbe.

Az árvízvédelmi biztonság javításának lehetőségei

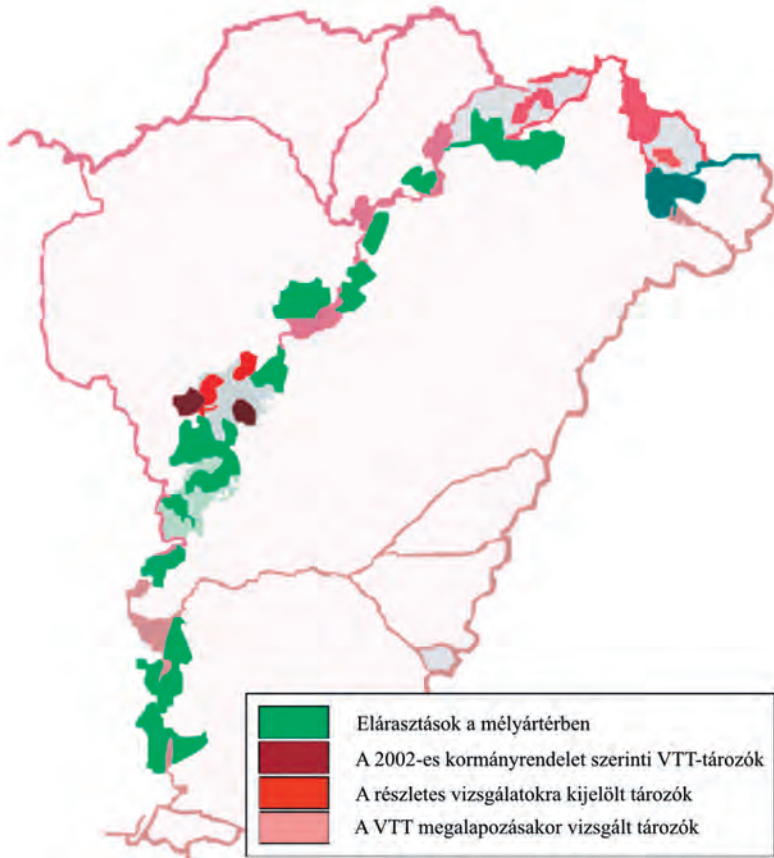
Az árvízvédelem legfontosabb szempontja mindig a töltések erősítése, magasítása volt. Ezen kívül a biztonság fokozására korábban felmerült a másodrendű védvonal kiépítésének lehetősége is (LÁSZLÓFFY W. – BÖHM W. 1932). Más megoldással, a szükségtározók megépítésével az árhullámok tetőző magasságát csökkenteni lehetne. Például 1970-ben a szükségtározónak köszönhetően menekült meg Szeghalom települése is. Itt ugyanis a Kutasi-tározó megnyitásával a Berettyó fenyegető árvizétől menekült meg a város. Később, 1999–2015 között hatalmas emberi és anyagi ráfordítás mentette meg a Kárpát-medence folyóinak több szakaszát a töltésszakadástól. 2001-ben azonban a beregi öblötzetben, Tarpánál, 2005-ben a Temes-Béga völgyében Belsőmajornál, 2014-ben a Száván Obrenovacnál stb. a gátak már nem tudták feltartóztatni a folyók állandósulni látszó árhullámát és átszakadtak (ITHACA 2014).

A 3. ábra alapján látható, hogy az árvizek kivédésére épített töltéseket a nagyvízi meder szállítási kapacitásának csökkenése következtében vagy ismételtén magasítani kell, mint

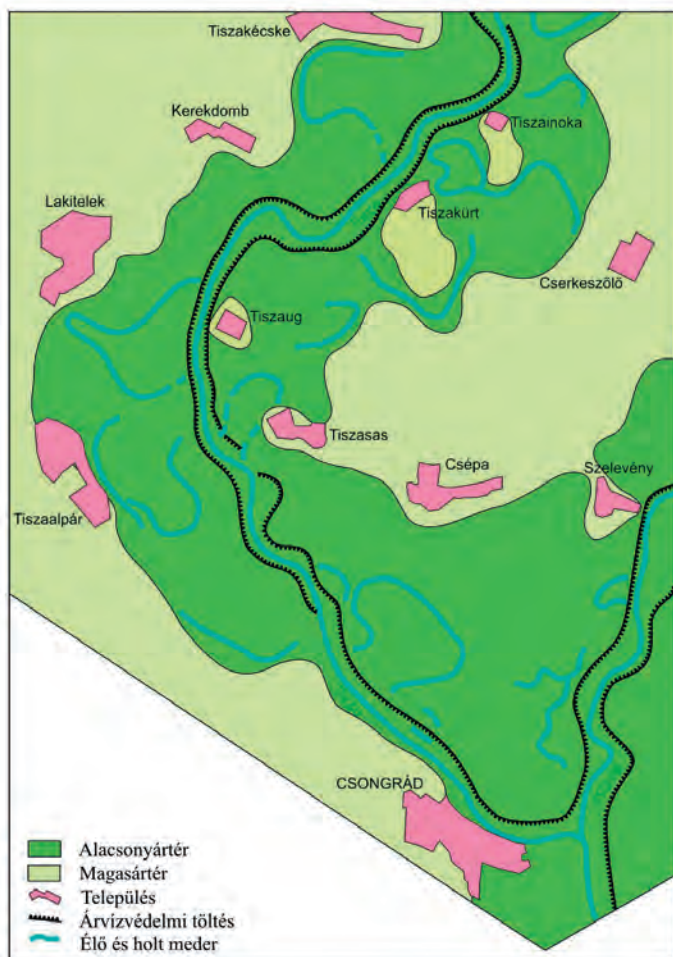
eddig tették, vagy ezt egy új megoldással kell kiegészíteni. Az alacsony ártéri területeken az árvízvédelem biztonságos megoldására az elmúlt 170 év alatt a védőtöltések erősítése vagy emelése volt az egyedüli lehetőség, de ez – lokális megoldások mellett – a jövőben nem lehet járható út, mert a hullámteret a folyó hamar fel fogja tölteni hordalékával.

A Kárpát-medence ártéri területein még mindig elegendő tározótérfogat áll rendelkezésre. Csak Magyarországon, a Duna és a Tisza alacsony árterén 96 olyan öblözet van (4. ábra), ahol „síkvídek, mélyártéri” árvíz tározás megoldásával az árvízszintek hatékonyan csökkenthetők (ORLÓCI I. 1987; SCHWEITZER F. 2001). Így a töltések szerepét a síkvídek folyók bizonyos szakaszain a 2–5 fokos lejtővel az alacsony ártérhez kapcsolódó magas ártéri partszakaszok vennék át (3. ábra), amelyet az árvíz az ármentesítés előtt csak ritkán öntött el. Az újholocén alacsony ártéri felszíneket – öblözeteket – pedig előnthei az árvíz, így teret lehet biztosítani a folyónak. Ez a hullámterek bővítését, „kinyitását” jelenti ott, ahol a geomorfológiai, a gazdasági és a társadalomföldrajzi viszonyok, valamint az infrastruktúra ezt lehetővé teszik (5. ábra). Ez a megoldás hozzájárulna egy természetközelibb állapot kialakulásához (SCHWEITZER F. 2001, 2003).

Szabályozott kivezetés esetén az árvizek nem válnak sem esetlegessé, sem bizonytalaná, és nem utolsósorban ez jóval olcsóbb megoldás is. A megfelelő öblözetek mellett



4. ábra Tározási alternatívák a Tisza-völgyében (BME 2006)
 Figure 4 Water storage alternatives along the River Tisza (BME 2006)



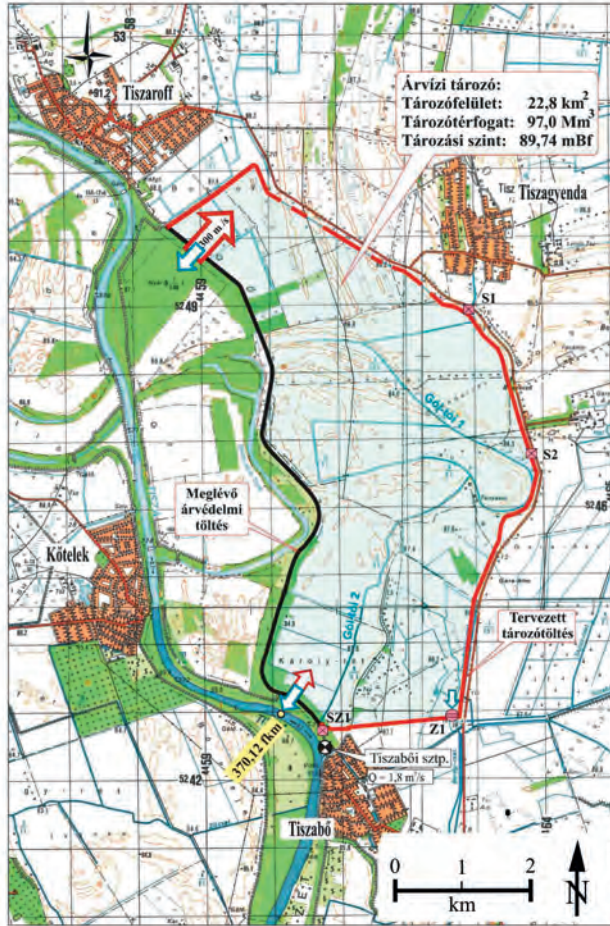
5. ábra Térképábrázlat a mélyártéri tározás lehetőségéről a Tiszakécske és Csongrád közötti Tisza-szakaszon (SCHWEITZER F. 2001)

Figure 5 Sketch about a potential flood storage area of the deep floodplain on the section of River Tisza between Tiszakécske and Csongrád (SCHWEITZER F. 2001)

a töltésekbe épített nagyméretű szilipekkel csapolja meg e rendszer a nagyvízi mederben levő árhullámok csúcsait (SCHWEITZER F. 2001, 2003; KONCSOS L. 2006).

A Tisza fővonalára mentén kb. 2 milliárd köbméter mélyártéri tározókapacitás áll rendelkezésre. E tározóterek mélysége pedig 1,0–1,5 méter körüli. Az igényelt földterület kb. 2000 km² (KONCSOS L. 2006, 2011). A korábban említett második medrek hasonlóan jó, természetes lehetőséget biztosítanak nagyobb mennyiségű vízkészlet tározására. A Tisza-völgyéhez hasonló nagyságú öblözetek vannak a Dráván és a Száván is.

Folyóvölgyeink, ártereink népességének biztonsága érdekében hosszú távra szóló stratégiai döntést kell hozni. Ezért született meg többek között az a gyors politikai döntés (2004. évi LXVII. törvény) hat árapasztó tározó megépítéséről a magyarországi Tisza-szakasz mentén, amelyeknek jelentős része meg is épült hatalmas, több mint 110 milliárd forintos költséggel (6. ábra).



6. ábra A Tiszaroffi árvízi (VTT) tározó átnézeti helyszínrajza
 (Országos Vízügyi Főigazgatóság, <http://www.vizugy.hu/uploads/files/Tiszaroff%20.jpg>)
 Figure 6 Plan view of the flood storage reservoir (VTT) at Tiszaroff
 (General Directorate of Water Management, <http://www.vizugy.hu/uploads/files/Tiszaroff%20.jpg>)

Az ún. mélyártéri tározás lehetőségét 2000-ben a Magyar Tudományos Akadémián SCHWEITZER F. mutatta be és 2001-ben publikálta (SCHWEITZER F. 2001). Ebben az esetben a változó, de jelentős nagyságú öblözetek a vízszintesökkentő hatást, a magas ártéri szintek pedig a gátak szerepét biztosították volna. A Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése (VTT) tározók ennek a mélyártéri tározási javaslatnak a későbbi változata. E „VTT tározók” feltölthetősége kb. 30–35 évenként valószínűsíthető és nem biztos, hogy a tározók minden esetben fel is töltődnek. A vizet ezt követően addig kell visszatartani, ameddig az árhullám le nem vonul. A VTT tervezőinek számítása szerint a tározók csúcsmagasságú árvíz során 5–7 nap alatt tölthetők fel, a tározási idő 2–3 hétre tehető, míg leürítésükhöz 1–2 hónapra lenne szükség.

Hasonlóan gyorsan építettek ki Szentendre védelmére egy mobilgát rendszert, amely lokálisan ugyan védelmet nyújthat, de nagyobb léptékben a természeti adottságok, a beruházás költségei és a rendszer fenntartása sem jelenthet kielégítő megoldást az árvízi véde-

kezésben. Ráadásul a töltésmagasítás és a feltöltődés fent vázolt problémáját egyáltalán nem oldja meg.

Magyarország árvízvédelme szempontjából nagy fontosságú lehetne pl. a hegyvidéki tározás lehetősége. A történelmi Magyarország területén ezt már KVASSAY J. (1875), és JANKÓ-BREZOVAY M. (1939) is felvetette. Ehhez a Felső-Tisza kárpátaljai (1939–44) és észak-erdélyi (1940–44) vízgyűjtőjének Magyarországhoz történő visszacsatolása után MOSONYI E. (1943) készített tanulmánytervet. A Szovjetunió a II. világháború után magyar tervek alapján építette meg a Talabor és a Nagygagy folyót összekötő Tereblia–Rika vízierőművet és a hozzá kapcsolódó 20 millió m³-es égermezői (Olsani) tározót. Szóba került még a mai Romániához tartozó Visó-völgyi nagy víztározó megépítése is, de mivel több mint 10 ezer lakost kellett volna kitelepíteni, a tározó építését elvetették (MOSONYI E. 1944).

Rendkívül fontos lenne, hogy a Kárpát-medence országai őszintén és nyíltan áttekintsék a hidrológiai, földtani, geomorfológiai és gazdasági lehetőségeket az árvízvédelem érdekében. Kétoldalú együttműködési megállapodások ugyan születtek, de ezek inkább csak formális jellegűek, ezért jó lenne a már létező kapcsolatokat újjáéleszteni! Úgy gondoljuk, célszerű lenne a jelenleg létező, de olykor elszigetelve dolgozó (pl. Temesvár, Orsova, Újvidék, Szolnok, Szeged, Pécs, Beregszász, Törökbecse stb.) „vizes” kutatóhelyeket – akadémiai intézetek, egyetemi tanszékek, vízügyi intézetek stb. – interdiszciplináris rendszeren működő hálózattá kiépíteni, mondjuk, Kárpát-medence Vízügyi Kutatóintézet néven.

A Kárpát-medencei államoknak, de főként Magyarországnak most a reformkori tervekhez hasonló feladatokat kell felvázolnia és vállalnia egy megnyugtató árvízi biztonságot nyújtó 21. század érdekében! Remélhetőleg a 2015-ben elkészült és a Magyar Kormány határozatával 2017-ben elfogadott Nemzeti Vízstratégia (1110/2017. (III. 7.) Korm. határozat), a Kvassay Jenő Terv (KJT) ehhez megfelelő keret lesz. A KJT a megelőzésre fekteti a hangsúlyt, amelyben az árvízszint csökkentésének megvalósítása a cél. A terv csak ott fogadta el a gátak koronamagasságának emelését, ahol az feltétlenül szükséges.

Összefoglalás

A Kárpát-medence 19. században megkezdett folyószabályozási és ármentesítési munkálatai még egységesen kezelték a medence vízrendszerét, amelyet a trianoni döntés óta országhatárok szabdalnak fel. Az egyre gyakoribb és egyre magasabb szintet elérő árvizek elleni védekezés tapasztalatai azt mutatják, hogy ez jelentős problémát okoz az árvizek kialakulásában és kezelésében is. A 2000-es évek rekord magas árvízszintjeinek kialakulásáért nem csak a vízgyűjtőre hulló csapadék volt a felelős. A vizsgálatok szerint jelentős mértékben hozzájárul ehhez a „szűkre szabott” hullámtér feltöltődése is, ami azt eredményezi, hogy ugyanazon vízhozam mellett is emelkednek az árvízszintek. A védekezés során az eddigi gyakorlat az volt, hogy a töltéseket az árvízszintek emelkedéséhez igazodva magasították. Ez a gyakorlat azonban nem lehet megoldás, hiszen a hullámtér felszíne összességében minden egyes árvíz során emelkedik. Az árvízszintek csökkentésére hivatott az a legújabb és legnagyobb volumenű munka, amely a VTT keretében árapasztó véstározók kiépítését jelenti. Véleményünk szerint azonban ennél olcsóbb és környezetkímélőbb megoldás lenne az alacsony ártéri, mélyártéri tározás megvalósítása, ami jobban kihasználja a természetföldrajzi-geomorfológiai adottságokat. Emellett a nagyvízi meder vízszállító képességét is helyre kell állítani a hullámtér művelési módjának helyes megválasztásával, a túlbujánzott hullámtéri növényzet eltávolításával. Magyarországnak – karöltve a szomszédos államokkal – vállalnia kell azt az áldozatos munkát, amellyel a megnyugtató árvízi biztonság elérhetővé válik!

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak „Az árvízveszély lehetséges ökológiai mérséklése Magyarország és Szlovénia dombosági területein” c. pályázat (SNN 125527) keretében nyújtott támogatásért. A kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériumának Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Programja (20765-3/2018/FEKUTSTRAT) is finanszírozta, a Pécsi Tudományegyetem 3/1-es tématerületi programja keretében.

VARGA GÁBOR

PTE TTK Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, Pécs
gazi@gamma.ttk.pte.hu

FÁBIÁN SZABOLCS ÁKOS

PTE TTK Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, Pécs
smafu@gamma.ttk.pte.hu

KOVÁCS ISTVÁN PÉTER

PTE TTK Térképészeti és Geoinformatikai Tanszék, Pécs
vonbock@gamma.ttk.pte.hu

SCHWEITZER FERENC

PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, Pécs
MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest
schweitzer.ferenc@csfk.mta.hu

IRODALOM

- ARBA, A. M. 2010: History of floods occurred in Banat. – Review of Historical Geography and Toponomastics 5. 9–10. pp. 45–52.
- BABÁK K. 2006: A Hármas-Körös hullámterének feltöltődése a folyószabályozások óta. – Földrajzi Értesítő 55. 3–4. pp. 393–399.
- BABOS Z.–MAYER L. 1939: Az ármentesítések, belvízrendezések és lecsapolások fejlődése Magyarországon (Második rész). – Vízügyi Közlemények 21. 2. pp. 227–287.
- BARABÁS B.–KOVÁCS S.–REIMANN J. 2003: Növekednek-e az árvizek? In: A Szolnoki Műhely Szemelvények a Vásárhelyi terv továbbfejlesztését megalapozó tanulmányokból. – Szolnok, Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság. pp. 39–50.
- BECKER Á. 1939: A keleti trianoni határ vízügyi viszonyai. – Vízügyi Közlemények 21. 2. pp. 145–174.
- BENEDETTI, M. M. 2003: Controls on overbank deposition in the Upper Mississippi River. – Geomorphology 56. pp. 271–290.
- BME 2006: A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében. – NKFP kutatási zárójelentés.
- BORSY Z. 1972: Üledék- és morfológiai vizsgálatok a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után. – Földrajzi Közlemények 96. 1. pp. 38–42.
- BRAUN M.–DEZSŐ Z.–HADNAGY GY. 2001: A Tisza bal part, Szolnok övzátóny (árapasztó) fejlődésének rekonstrukciójáról. – Kézirat.
- CHOLNOKY J. 1913: A sárkányok országából. Életképek és utirajzok Khinából. – Lampel R. Kk. (Wodianer F. és Fiai) Könyvkiadóvállalata, Budapest. pp. 310–326.
- CZEGLÉDI J. 2003: Hullámtéri erdőgazdálkodás. Szemelvények a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztésének megalapozó tanulmányaiból. – Szolnoki Műhely, Szolnok. pp. 77–94.
- CODEA, D. M. 2013: Timiş river flooding in Banat (Romania) in 2005. – Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research 15. – special issue „The Timiş River Basin” pp. 13–22.

- CSEÉPES E.–BANCISI I.–VÉGVÁRI P.–ARANYNÉ RÓZSAVÁRI A. 2003: Hordalékviszonyok vizsgálata a Tisza középső (Kisköre–Szolnok közötti) szakaszán. – Szemelvények a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztésének megalapozó tanulmányaiból. Szolnoki Műhely, Szolnok. pp. 57–76.
- DEZSŐ Z.–SZABÓ SZ.–BIHARI Á. 2009: Tiszai hullámtér feltöltődésének időbeli alakulása a ¹³⁷Cs-izotóp gamma-spektrometriai vizsgálata alapján. – In: MÓCSY I.–SZACSVAI K.–URÁK I.–ZSIGMOND A. (szerk.): Proc. V. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Sapientia, Kolozsvár pp. 438–443.
- DUNKA S.–FEJÉR L.–VÁGÁS I. 1996: A verítékes honfoglalás. A Tisza-szabályozás története. – Vízügyi Műzeum. 215 p.
- GÁBRIS GY.–TELBISZ T.–NAGY B. 2002: A tiszai hullámtér feltöltődésének vizsgálata DDM segítségével. – In: KISS T.–MEZŐSI G. (szerk.): Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon. Földrajzi Tanulmányok II. Szeged. pp. 65–72.
- HERNÉSZ P.–KISS T.–SIPOS GY. 2015: Ártéri szintek és paleo-medrek: ártérfejlődés az Alsó-Tisza mentén. – Földtani Közlöny 145. pp. 1–18.
- HOMOKINÉ URVÁRY K. 2003: Az 1999. és 2000. év meteorológia viszonyai. – In: SZLÁVIK L. (szerk.) Az 1999–2000. évi ár- és belvizek. Vízügyi Közlemények Különszám II.
- HOMOKINÉ URVÁRY K. 2013: Történelmi árvíz a Dunán. – 2013 június. – OMSZ.
- ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River and ISRBC. – International Sava River Basin Commission 2015: Floods in May 2014 in the Sava River Basin. (https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/nodes/documents/sava_floods_report.pdf)
- HUDSON, P. F.–MIDDELKOOP, H.–STOUTHAMER, E. 2008: Flood management along the Lower Mississippi and Rhine Rivers (The Netherlands) and the continuum of geomorphic adjustment. – *Geomorphology* 101. pp. 209–236.
- IHRIG D. 1952: Folyóink hullámtérének vízjárása, hordalékmozgása és szabályozása. – In: KONYA L. (szerk.): A hullámtéri fásítás kérdései. – Erdészeti Tudományos Kiskönyvtár 5–6., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 3–20.
- IHRIG D. 1953: A tiszai árvízvédelem fejlesztése. – Vízügyi közlemények 35. 2. pp. 231–251.
- ITHACA 2014: Balaton- Bosnia and Herzegovina flood 13/05/2014 (<https://3c1703fe8d.site.internapcdn.net/newman/gfx/news/hires/2014/sentinel1aid.jpg>)
- JANKÓ-BREZOVAY M. 1939: Máramaros és Ugocsa vármegyében építhető vízerőtelepek. – Vízügyi Közlemények 21. 3–4. pp. 341–364.
- JURKOVIĆ, R. S. 2016: Water balance components during recent floods in Croatia. – *Croatian Meteorological Journal* 51. pp. 61–70.
- KÁROLYI Z. 1960: A Tisza mederváltozásai, különös tekintettel az árvédelemre. – VITUKI Tanulmányok és kutatási eredmények 8. 102 p.
- KÁROLYI Z. 1963: A nyári gátakkal való árvízirtás a Tiszán. – VITUKI 1960. évi beszámoló pp. 145–162.
- KISS, T.–ÓROSZI, V. GY.–SIPOS, GY.–FIALA, K.–BENYHE, B. 2011: Accelerated overbank accumulation after nineteenth century river regulation works: A case study on the Maros River, Hungary. *Geomorphology*, 135. pp. 191–205.
- KISS T.–SIPOS GY.–FIALA K. 2002: Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán. – Vízügyi Közlemények 84. 3. pp. 456–472.
- KEESSTRA, S. D. 2007: Impact of natural reforestation on floodplain sedimentation in the Dragonja basin, SW Slovenia. – *Earth Surface Processes and Landforms* 32. pp. 49–65.
- KONCSOS L. 2006: A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében. – Magyar Természetvédők Szövetsége, Budapest. 32 p.
- KONCSOS L. 2011: Árvízvédelem és stratégia. – In: SOMLYÓDY L. (szerk.): Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. MTA, Budapest. pp. 207–230.
- KONCSOS L.–KOZMA ZS. 2007: A hullámtéri feltöltődés becslése a Tisza magyarországi szakaszán. – *Hidrológiai Közlöny* 7. 5. pp. 59–63.
- KRATOFIL, L.–HAVOIĆ, M.–JURIŠKA, Z. 2011: Floods along the Sava River. – *Hrvatska vodoprivreda* 194. pp. 37–43.
- KVASSAY J. 1875: Vizeinkről. – Budapest. 118 p.
- LÁSZLÓFFY W.–BÖHM W. 1932: A Tiszavölgy (The Tisza basin). – Vízügyi Közlemények. 14. pp. 108–142.
- LITTKÉ A. 1917: Lombardia és a Velencei-síkság. – Földrajzi Közlemények 10. pp. 415–426.
- LÓCZY D. 2013: Az árterek geomorfológiai osztályozásai a nemzetközi szakirodalomban. – Földrajzi Közlemények 137. pp. 105–120.
- LÓCZY D.–KISS T. 2008: Ártérfejlődés és holtágfeltöltődés sebességének vizsgálata. – In: KISS T.–MEZŐSI G. (szerk.): Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon. Földrajzi Tanulmányok 2., Szegedi Egyetemi Kiadó, Szeged. pp. 43–55.
- MOLNÁR D. 1935: A Székesfőváros vízműveinek vas- és mangántalanító berendezése. – Vízügyi Közlemények 17. 1. pp. 115–128.

- MOSONYI E. 1943: A hegyvidéki tározás jelentősége a Tiszavölgyi öntözéses gazdálkodásban. – Önt. Közl. pp. 79–105.
- MOSONYI E. 1944: A visóvölgyi víztározó medence. – A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye 78. 9. pp. 113–122.
- MUSZKALAY L.–VARSA E. 2003: Árvizek statisztikai vizsgálatának eredményei. – In: SZLÁVIK L. (szerk.) Elemző és módszertani tanulmányok az 1998–2001. évi ár- és belvizekről. Vízügyi Közlemények Különszám IV. pp. 83–116.
- NAGY I. 2011: Árvízvédelmi gátak történelmi tönkremeneteli mechanizmusa. – Hidrológiai Közlöny 91. 1. pp. 21–26.
- NAGY, I.–LIGETVÁRI, F.–SCHWEITZER, F. 2010: Tisza river valley: future prospects. – Hungarian Geographical Bulletin 59. 4. pp. 361–370.
- NAGY I.–SCHWEITZER F.–ALFÖLDI L. 2001: A hullámtéri hordalék-lerakódás (övezet). – Vízügyi Közlemények 83. 4. pp. 539–564.
- NAGY J.–FIALA K.–BLANKA V.–SIPOS GY.–KISS T. 2017: Hullámtéri feltöltődés mértéke és árvizek közötti kapcsolat az Alsó-Tiszán. – Földrajzi Közlemények 141. 1. pp. 44–59.
- NANSON, G. C.–CROKE, J. C. 1992: A genetic classification of floodplains. – Geomorphology 4. pp. 459–486.
- NICHITA, C.–HAUER, E.–CROITORU, A.-E. 2006: Situații de vreme severă cauzate de producerea precipitațiilor abundente: inundațiile din Banat, aprilie 2005. – vol. III, Riscuri și catastrofe, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj Napoca.
- NICHOLAS, A. P.–WALLING, D. E. 1996: The significance of particle aggregation in the overbank deposition of suspended sediment on river floodplains. – Journal of Hydrology, 186. pp. 275–293.
- ORLÓCI S. 1987: Az árvízvédelem módosítási irányításai. – Árvízvédelem. Budapest. pp.16–26.
- PALEOCAPA, P. 1846: Vélemény a Tisza-völgy rendezéséről. (Olaszból ford. Sasku Károly) – Budapest. 139 p.
- PÁLFAI I. 2004: Belvizek és aszályok Magyarországon (Excess water and drought periods in Hungary). – Budapest, KVM.
- PETRÁSS A. 2000: tavasi árhullám kronológiája. – Vízminőségi Tájékoztató. 7. 4. (http://www.kotikvtf.kvvm.hu/menu/vizmin_tajek/pdf/2000_4.pdf)
- PIERCE, A. R.–KING, S. L. 2008: Spatial dynamics of overbank sedimentation in floodplain systems. – Geomorphology 100. pp. 256–268.
- REICH GY. 1999: A külföldi beavatkozások hatásai a magyar vízgazdálkodásra. A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. – MTA Stratégiai Kutatások Programja (kézirat), Budapest.
- REMO, J. W.–PINTER, M.–HEINE, R. 2009: The use of retro- and scenario-modeling to assess effects of 100+ years river of engineering and land-cover change on Middle and Lower Mississippi River flood stages. – Journal of Hydrology 376. pp. 403–416.
- SCHWEITZER F. 2001: Társadalom és környezet: Gátépítés vagy hullámtér bővítés. Folyóink hullámtereinek fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. – In: ILLYÉS Z. (szerk.): A táj megértése felé. Eger–Debrecen. pp. 95–103.
- SCHWEITZER F. 2003: Folyóink hullámtereinek fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. – In: TEPLÁN I. (szerk.): A Tisza és vízrendszere. 1. kötet. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest. pp. 107–116.
- SCHWEITZER F.–NAGY I.–ALFÖLDI L. 2002: Jelenkori övezet (parti gát) képződés és hullámtéri lerakódás a Közép-Tisza térségében. – Földrajzi Értesítő 51. 3–4. pp. 257–278.
- SCHWEITZER F.–NAGY I. 2011: Döntési kényszer a hazai árvízvédelemben. – In: SCHWEITZER F. (szerk.): Katasztrófák tanulságai. MTA CSFK Földrajztudományi Intézet, Budapest. pp. 13–48.
- SZÉCHENYI I. 1846: Eszmetoredékek, különösen a Tisza-völgy rendezését illetőleg. – Trattner-Károlyi ny., Budapest. p. 73.
- SZLÁVIK L. 1999: Gondolatok az árvízvédelem időszerű kérdéseiről. – Hidrológiai Közlöny 79. 4. pp. 241–260.
- SZLÁVIK L.–KOVÁCS S. 2003: Az 1999. és 2000. évi Tisza-völgyi árhullámok hidrológiai jellemzése. – In: SZLÁVIK L. (szerk.): Az 1999–2000. évi ár- és belvizek. Vízügyi Közlemények Különszám II.
- SZLÁVIK L. 2003: A 2001. évi felső-tiszai árvíz kialakulása és hidrológiai sajátosságai. – In: SZLÁVIK L. (szerk.): A 2001. évi árvíz. Vízügyi Közlemények Különszám III pp. 13–34.
- TÖRY K. 1952: A Duna és szabályozása. – Akadémiai Kiadó, Budapest. 454 p.
- VÁGÁS I. 1982: A Tisza árvizei. – VÍZDOK. Budapest. 283 p.
- VÁGÁS I. 1984: A Tisza hidrológiájának múltja és jövője. – Hidrológiai Tájékoztató pp. 142–147.
- VÁGÁS I. 2006: Tavasz vízek – a Duna és a Tisza rendkívüli árhullámairól. – Mérnök újság 13. 5.
- VÁRADI I.–NAGY I. 2003: A Tisza-völgy vízgazdálkodásának jövőképe. – In: TEPLÁN I. (szerk.): A Tisza vízrendszere. 1. kötet. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest. pp. 117–132.
- VÁRKONYI I. (szerk.) 1971: Mégis az ember az úr! Tisza-völgyi árvíz, 1970. – Táncsics Kiadó, Budapest.
- VÁSÁRHELYI P. 1846: A Tisza-folyó általános szabályozása tervezete. 36 p.
- VEDRES I. 1830: A' túl a' tiszai nagyobb árvizek' eltéríthetőségéről egy két szó. – Petrózai Trattner J. M. és Károlyi Istvánnál, Pest. 49 p.