

Mélyártéri vízkivételek lehetőségének statisztikai elemzése

Murányi Gábor és Koncsos László

Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. (muranyi.gabor@emk.bme.hu; koncsos.laszlo@emk.bme.hu)

Kivonat

A klímaváltozás egyre nagyobb kihívás elé állítja Magyarország meglévő vízügyi rendszerét és annak infrastruktúráját. A dolgozatban ismertetésre kerül egy új, átfogó vízgazdálkodási terv koncepciója, mely a várakozások szerint alkalmas lehet az aszály- és a belvíz kockázata mellett az árvíz kockázatának csökkentésére is. A vizsgálatok mintaterülete az Alföld, ahol az említett problémák halmozottan jelen vannak. Korábbi kutatások igazolták, hogy a Tisza mentén több, mint 2 km³ víz tározására van lehetőség mélyártéri területeken. Jelen dolgozat bemutatja a tározási célokra is alkalmas mélyártéri területek előlonthetőségének hidrológiai statisztikai vizsgálatát. Az elemzés alapján javaslatot teszünk a tározórendszer elemeinek kiválasztására.

Kulcsszavak

Mélyártér, víz visszatartás, hidrológiai statisztika, természet-alapú megoldás

Statistical analysis of inundation opportunities in the deep floodplains of the Tisza River

Abstract

Climate change poses an increasing challenge to Hungary's existing water management system and its infrastructure. This paper describes the concept of a new, comprehensive water management plan, which is expected to be suitable not only for the risk of drought and inland excess water but also for reducing the risk of flooding. The study area of the investigations is the Great Hungarian Plain, where the mentioned problems are present in cumulative form. Previous research has shown that it is possible to store more than 2 km³ of water along the Tisza River in deep floodplain areas. Based on the measured water levels a statistical analysis of the possible inundation frequency has been examined. The historical time series provides a statistical approach. As a first step before the hydrodynamical modeling it grants enough proof to consider the appropriate bottom levels of the inlet structures sill. This paper presents a system of deep floodplain storage areas which are frequent inundable not only in cases of record-high flood events.

Keywords

Deep floodplain, water retention, hydrologic statics, nature-based solution

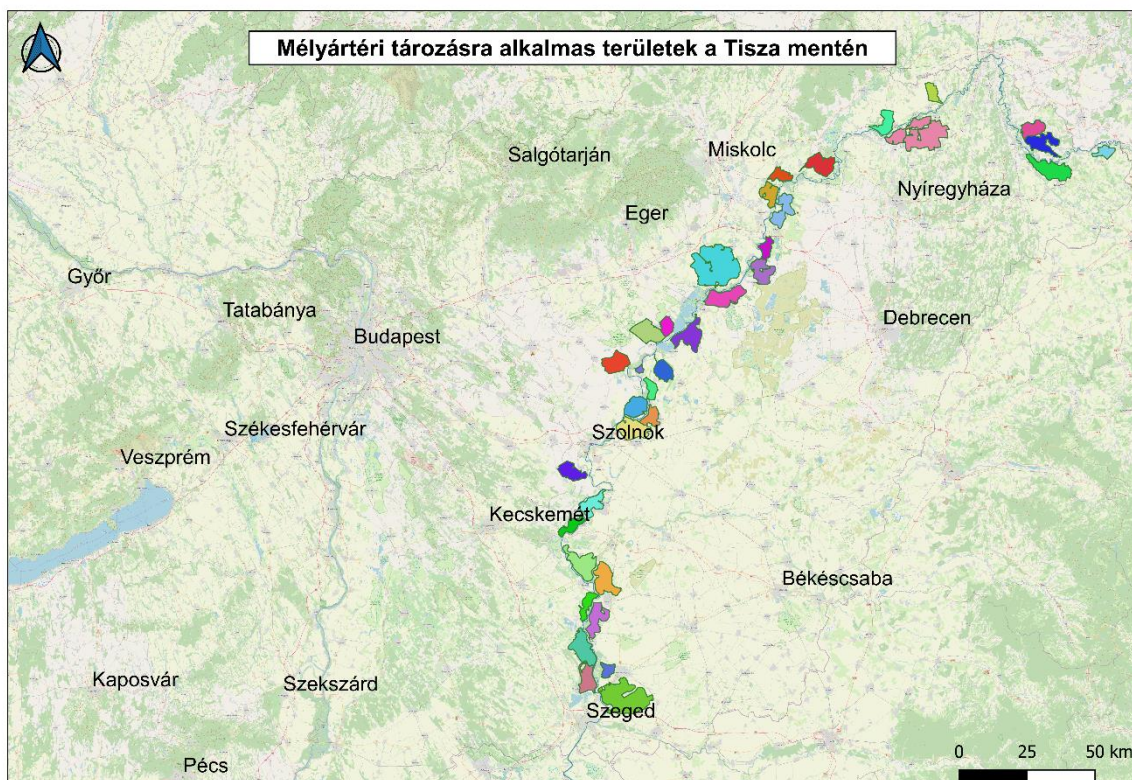
BEVEZETÉS

Az Alföldön sok helyütt jelentkezik az árvíz, a belvíz és az aszály kockázata. Ezeknek a hidrológiai szélsőségeknek a sajátossága, hogy ugyan időben többnyire elkülönülve, térben azonban jórészt ugyanott jelentkeznek. A klímaváltozás következtében a szélsőségek további fokozódása prognosztizálható (*Somlyódy 2011, Nováky et al. 2011*). Erre jó tanúbizonyságot szolgál a 2022. évi rendkívüli aszály, mely nem regionális, hanem globális háttérrel rendelkező jelenség volt. A nyarak jelentősen melegebbé váltak az elmúlt évtizedekben, az aszályhajlamot pedig a több és intenzívebb hóhullám erősíti. A XX. század elejétől kezdődően egyértelmű növekedést mutat az egymást követő száraz napok maximális évi hossza. Hazánkban az Alföld középső részének a legnagyobb a kitétsége a tartós, súlyos aszályokkal szemben (*Horváth és Breuer 2023, Erdődiné és Kovács 2023*). Ugyan a 2022. évi aszály súlyos volt, a történelmi adatokat tekintve a hasonló súlyosságú aszályok visszatérési ideje 20-50 évre tehető. Az aszályos időszakok jellemzően a felszíni vizek alacsony vízhozamát is eredményezik, ezért a vízügyi ágazatnak fel kell készülnie az aszály kockázatának csökkentésére, a meglévő vízkészletek hasznosítását optimalizálni kell (*Szamosvári 2022*).

Jelen cikk egy nagyobb kutatás részét képezi. A kutatás célja, olyan vízpótlási lehetőségek meghatározása mind a mennyiség és a minőség jellemzésével, melyek az Alföldön egyre gyakoribbá váló vízhiányokat, vízszintsüllyedéseket kompenzálni képesek.

A koncepció két tározó típust azonosított. A mélyárterek a Tisza közvetlen közelségében fekvő természetes mélyfekvésű területek, egykori folyómedrek a töltések mentett oldalán, amelyek alkalmasak a kisebb-nagyobb, gravitációsan kivezethető árvizek hatékony befogadására. A másik típus az ún. háttér-tározók, amelyekbe az árvízi vízkészlet átvezetésre kerül; funkciójuk a vízkészlet tájban történő elosztása, és szivárogtató csatornarendszeren keresztül a táji vízpótlás.

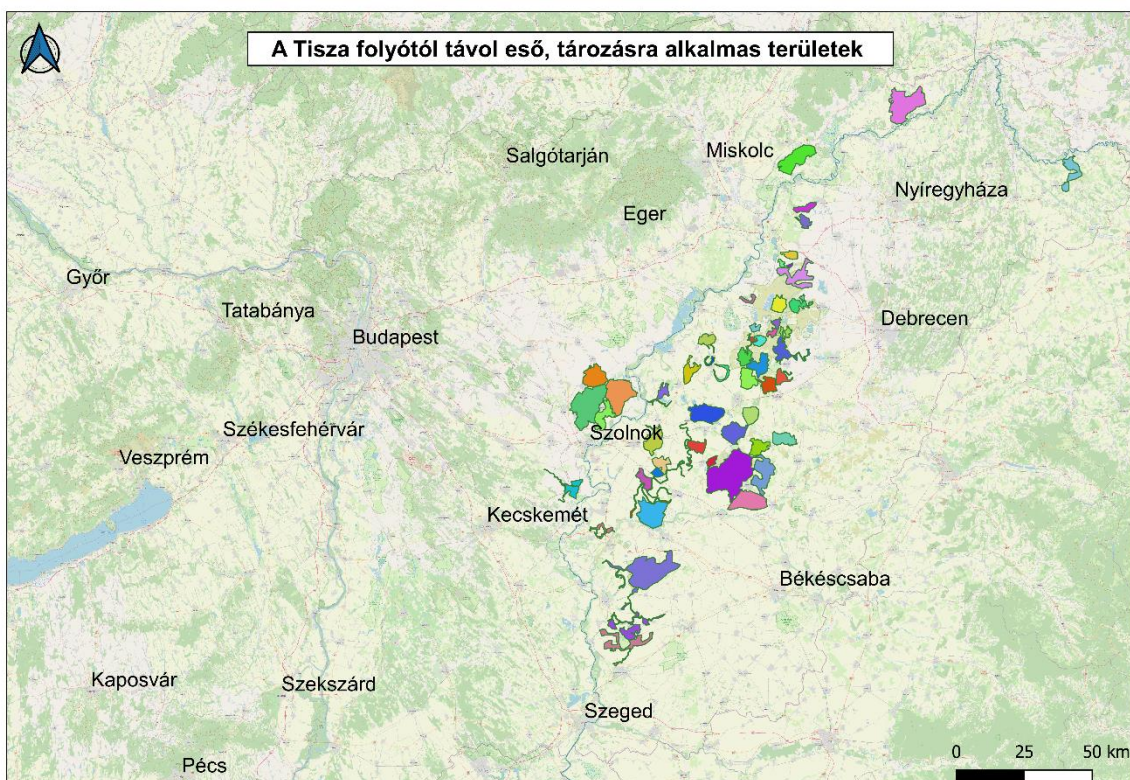
A kutatás korábbi fázisában a Tisza mentén összesen 36 db lehetséges mélyártéri tározási területet azonosítottunk, melyben számba vettük a már megépült árvízcsúcs-csökkentő tározókat is (Koncsos 2006, 2011, Koncsos és Balogh 2007, Murányi és Koncsos 2022a). A Tiszától távolabb fekvő, háttér tározók is kijelölésre kerültek, összesen 54 db (Murányi és Koncsos 2022b). A két tározócsoport elhelyezkedését a Tisza-völgyben az 1. és a 2. ábrák mutatják be. Ezek együttes tározási kapacitása megközelíti a 3 km³-t. Természetesen a kutatás során több területet tártunk fel, mint amennyi a jelenlegi területhasználat és az érintettek szempontjából még elviselhető mértékű lenne, de ezzel bővebb kínálatból határozható meg az optimális rendszer. Fontos, hogy a mélyárterekre alapozott vízvisszatartó és szétosztó rendszer elsődleges funkciója a vízpótlás, különösen a célzott felszín alatti vízpótlás (MAR), így a működési



1. ábra Mélyártéri tározók lehetséges elhelyezkedése a Tisza-völgyben (alaptérkép forrása OSMF 2022)

üzem optimalizálás célja nem árvízcsúcs-csökkentésre történik. Mindemellett a tetőző vízhozamok mérséklése is bekövetkezik.

A rendszer működésének elve a következőként foglalható össze. A mélyártéri tározók bevezető műtárgyai alapesetben nyitva vannak, ez a maximálisan kivezethető vízkészlet feltétel rendszerének elemzésével bizonyítható. Amint a folyóban a vízszint meghaladja a műtárgyak küszöbszintjét, megkezdődik a mélyártér elöntése. Ezek a műtárgyak mindaddig nyitva tartandók, még a mélyártérben a megengedett legnagyobb üzemi vízszint ki nem alakul. A mélyártérek felől a meglévő belvízelvezető és/vagy öntözőcsatorna- és vízfolyáshálózatot, illetve a mikrodombrozat adottságait kihasználva a víz átvezetésre kerül a háttértározók irányába, gravitációs úton. A vízátvétel addig történhet meg, még az egyes háttértározókban a vízszint el nem éri a kívánt szintet. A háttértározókból és a háttértározóhoz kapcsolható meglévő csatornahálózatot keresztül megtörténik a beszivárogtatás a talajba, illetve a víz egy része elpárolog, mely csökkenti a légköri aszály jelenségét. A be nem szívárogtatható, vagy el nem párologtatható vízmennyiséget vissza kell vezetni a folyóba, vagy tovább vezetni más MAR területek felé. A víz mozgásban tartásával csökkenthető a vízminőségromlás kockázata. A kijelölt tározók tehát a folyó béli víz-utánpótlódás és a meteorológiai változások függvényében ideiglenes, vagy állandó vízborítású területekké válnak, ennek megfelelően kell szabályozni a területhasználatukat. Mivel a vízátvételek gravitációs úton történnek meg, a vázolt rendszer nem alkalmas hátsági területek (Pl. Duna-Tisza közti homokhátság) vízpótlására. A működési terület hozzávetőlegesen az Ős-Tisza ár hullámainak levonulási útvonalát fedi le. Ez egybeesik a magas aszálykockázatú alföldi területekkel. Elemzésünk a Tisza által vízzel gravitációsan pótolható területekre (mintegy 20 ezer km²) korlátozódik.



2. ábra Háttértározók lehetséges elhelyezkedése a Tisza-völgyben (alaptérkép forrása OSMF 2022)

A rendszer alappilére a mélyártereken keresztül történő vízkivétel, ugyanakkor a vízlépcsők duzzasztott tározótereiből is lehetséges mélyártérbe víz átvezetés. Egy új, nagy volumenű vízkormányzási rendszer kialakítását megelőzően meg kell bizonyosodnunk róla, hogy az a jövőben is alkalmas lesz-e a vele szemben támasztott követelmények teljesítésére, milyen módon befolyásolhatják a klímaváltozás hatásai. Jelen dolgozat a tározórendszer működőképességének megfigyelt adatokkal történő igazolására fókuszál, a jövőbeni lehetséges változások vizsgálata a kutatás egy következő fázisát képezi.

MÓDSZERTAN

Vízszint idősorok előállítása a kivételi művek szelvényére

A módszertan arra irányult, hogy megalapozásra kerüljön a kijelölt tározóterületek elönthetőségének gyakorisága. A rendszer kialakítása során ki kell zárni azokat a lehetséges tározási helyeket, melyek üzemeltetése akadályokba ütközik az esetleg túl magas küszöbszint miatt, vagy azért, mert a kilépési pontokon a tiszai vízszintek meghaladási ideje rövid.

A statisztikai vizsgálatokhoz a következő adatok álltak rendelkezésre:

- 25x25 méteres rácsfelbontású digitális domborzati modell (a továbbiakban: DEM), Google Térkép (*Google 2022*), OpenStreetMap (*OSMF 2022*).
- Történelmi térképek adatbázisa (*Timár et al. 2006, Molnár et al. 2014*).
- Napi vízszint idősorok tiszai vízmérce-szelvényekben 1999-2019 évek közt.

A térképezéshez a HEC-RAS Mapper térinformatikai modul és QGIS térinformatikai szoftver került felhasználásra.

A vízkivételi műtárgyak pozíciójának kijelölési alapelvei:

- A műtárgy lehetőleg a mélyártér legmélyebb pontja, mélyvonulata közelében helyezkedjen el, az árasztás alulról történjen.
- A műtárgy küszöbszintje alkalmazkodjon a mentett oldali domborzathoz, néhány deciméterrel haladja meg a mélyvonulat szintjét az árvízvédelmi fővédvonal mentett oldali részűlábánál.
- Ha a hullámtér magasabban helyezkedik el, mint a fentiek szerinti meghatározott küszöbszint, akkor a küszöbszintnek megfelelő fenékmélységű bevezetőcsatornát kell kialakítani.

Meglévő műtárgy esetén lehetőleg a tény-pozíciót kell alkalmazni, ha az megfelel a fenti elveknek is. A meglévő műtárgyak műszaki paraméterei nem álltak rendelkezésünkre a vizsgálat során, ezért azok esetében is a fenti szemlélet szerint határoztuk meg a küszöbszintet. A magassági szempontú kiválasztás a DEM alapján történt.

A HEC-RAS segítségével minden tározó morfológiai jelleggörbét elkészítettük. A tározó morfológiai jelleggörbe segítségével egyszerűen leolvasható, hogy egy adott vízszint esetén mekkora tározótérfogat áll rendelkezésre.

A vizsgálat során feltételeztük, hogy egy adott felvízi és alvízi vízmérce-szelvényben ugyanazon a napon mért vízszintek meghatározzák a folyó víztükrét a két szelvény között. Ennek megfelelően a két mérce-szelvény közt elhelyezkedő mélyártéri kivezető műtárgy szelvényét ismerve meghatározható az egyes szelvények távolsága és e távolságok alapján a vízszint lineárisan interpolálható a kivezetési szelvényre az (1) összefüggés szerint.

$$H_{KIV,i} = H_{F,i} - \frac{(H_{F,i} - H_{A,i})(SZ_F - SZ_{KIV})}{SZ_F - SZ_A} \quad (1)$$

Ahol:

H – vízszint az Egységes Országos Magassági Alaphálózaton (EOMA) megadva [m B.f.]

SZ – folyókilométer szelvény [fkm]

Indexek:

KIV – tározó kivezető műtárgyának jele

F – tározó kivezető műtárgyához képest felvízi vízmérce jele

A – tározó kivezető műtárgyához képest alvízi vízmérce jele

i – a dátum jele

Ezzel a módszerrel elkészíthető mind a 36 db mélyártér vízkivételi műtárgyához tartozó vízszint idősor. A számítások során felhasznált vízmérce-szelvényeket és a tározók szelvényeit az 1. táblázat foglalja össze.

S.	Szelvény [fkm]	Név	Megjegyzés	Jellemző szintek [m B.f.]			
				Z _{küszöb}	Z _{MÉLY,1}	Z _{MÉLY,2}	Z _{MAX}
1	744+200	Tisza, Tiszabecs	Vízmérce				
2	731+100	SA001 Milotai	Tározó	112.00	115.00	116.90	118.89
3	706+850	SA002 Beregi (meglévő VTT tározó)	Tározó	108.00	109.20	112.80	116.30
4	705+700	Tisza, Tivadar	Vízmérce				
5	690+000	SA003 Kisar	Tározó	107.00	110.80	112.90	115.00
6	684+450	Tisza, Vásárosnamény	Vízmérce				
7	680+740	SA004 Ugornya	Tározó	105.50	108.00	110.00	111.99
8	627+760	Tisza, Záhony	Vízmérce				
9	597+700	SA005 Cigánd (meglévő VTT tározó)	Tározó	95.00	97.80	100.90	104.00
10	593+080	Tisza, Dombrád	Vízmérce				
11	569+000	Tisza, Tiszabercel	Vízmérce				
12	569+000	SA006 Dombrád	Tározó	93.00	95.80	98.40	101.00
13	566+400	SA007 Tiszakarád	Tározó	94.00	96.20	98.60	101.00
14	543+100	Tisza, Tokaj	Vízmérce				
15	518+200	Tisza, Tiszalök felső	Vízmérce				
16	518+100	Tisza, Tiszalök alsó	Vízmérce				
17	512+000	SA008 Tiszaladány	Tározó	93.00	94.60	97.80	101.00
18	503+500	SA009 Tiszakenéz	Tározó	92.00	93.70	95.60	97.46
19	500+200	Tisza, Tiszadob	Vízmérce				

S.	Szelvény [fkm]	Név	Megjegyzés	Jellemző szintek [m B.f.]			
				Z _{küszöb}	Z _{MÉLY,1}	Z _{MÉLY,2}	Z _{MAX}
20	493+500	SA010 Tiszalúc	Tározó	92.00	94.40	95.60	96.76
21	488+000	SA011 Tiszagyulaháza	Tározó	91.00	92.00	95.00	98.00
22	484+700	Tisza, Tiszapalkonya	Vízmérce				
23	470+800	Tisza, Tiszakeszi	Vízmérce				
24	468+400	SA012 Polgár	Tározó	89.50	91.90	93.70	95.43
25	457+000	SA013 Tiszacsege	Tározó	88.50	90.90	93.10	95.30
26	445+200	Tisza, Tiszadorogma	Vízmérce				
27	442+000	SA014 Tiszadorogma	Tározó	88.50	90.50	94.30	98.00
28	434+300	SA015 Tiszafüred	Tározó	87.00	89.15	91.40	93.69
29	414+000	SA016 Sarud	Tározó	85.50	89.50	90.00	90.42
30	411+700	SA017 Tiszaderzs	Tározó	85.00	88.60	90.10	91.50
31	404+500	SA018 Tizsanána	Tározó	85.00	88.65	90.50	92.32
32	403+500	Tisza, Kisköre felső	Vízmérce				
33	403+100	Tisza, Kisköre alsó	Vízmérce				
34	400+600	SA019 Nagykunsági (meglévő VTT tározó)	Tározó	85.00	88.00	90.10	92.26
35	391+000	SA020 Tiszaroff (lehetséges mintaterület)	Tározó	83.50	86.00	88.80	91.51
36	388+900	SA021 Hanyi-Tizsasülyi (meglévő VTT tározó)	Tározó	84.00	86.00	87.30	88.55
37	370+100	SA022 Tiszaroff (meglévő VTT tározó)	Tározó	83.50	87.50	89.40	91.39
38	362+000	SA023 Tiszabő	Tározó	83.00	85.60	87.80	90.00
39	354+300	SA024 Nagykörű	Tározó	83.00	86.40	88.60	90.83
40	351+400	SA025 Tiszapüspöki	Tározó	82.50	87.55	89.40	91.17
41	334+600	Tisza, Szolnok	Vízmérce				
42	321+500	SA026 Tószeg	Tározó	85.00	87.70	88.40	89.00
43	294+500	SA027 Tiszaföldvár	Tározó	79.00	83.80	85.90	88.00
44	275+500	SA028 Tizsakécske	Tározó	80.50	83.50	85.70	87.90
45	249+600	SA029 Tizsasas	Tározó	79.00	82.50	84.60	86.70
46	246+200	Tisza, Csongrád	Vízmérce				
47	238+000	SA030 Szentés	Tározó	76.50	81.50	84.10	86.60

S.	Szelvény [fkm]	Név	Megjegyzés	Jellemző szintek [m B.f.]			
				Z _{küszöb}	Z _{MÉLY,1}	Z _{MÉLY,2}	Z _{MAX}
48	228+800	SA031 Algyő	Tározó	76.50	81.00	83.80	86.55
49	217+700	Tisza, Mindszent	Vízmérce				
50	218+000	SA032 Mindszent	Tározó	77.50	79.70	83.00	86.37
51	204+700	SA033 Ópusztaszer	Tározó	76.00	79.60	82.30	85.00
52	204+000	SA034 Mártély	Tározó	78.00	79.50	82.30	85.00
53	196+700	SA035 Dóc	Tározó	76.00	81.00	83.00	85.00
54	183+700	SA036 Hódmezővásárhely	Tározó	76.50	78.50	81.80	85.00
55	173+600	Tisza, Szeged	Vízmérce				

1. táblázat Vízmérceszelvények és a tározók kivezető műtárgyainak szelvényei a jellemző szintekkel

Adott térfogathoz és szinthez tartozó meghaladások számának meghatározása

A rendelkezésünkre álló és az előállított adatok felhasználásával meghatározható az adott tározó esetén, hogy egy kitüntetett térfogathoz tartozó vízszint, vagy, hogy előre meghatározott szintek, mint a tározóhoz tartozó küszöbszint és megengedett üzemi vízszint milyen gyakorisággal fordult elő a folyóban az észlelések alapján.

A tározó morfológiai jelleggörbét a HEC-RAS diszkrét terepszint és térfogat (V , [ezer m^3]) adatpárokkal állítja elő. Ahhoz, hogy egy kívánt térfogathoz tartozó szintet megállapítsunk, lineáris interpolációt alkalmazunk. A célból, hogy a vizsgálatot gyorsítsuk, egy saját programot alkalmaztunk. Ennek megfelelően a következő képletek, összefüggések programnyelv-szerűen kerülnek megfogalmazásra. Mivel a morfológiai jelleggörbe adatpárok növekvő terepszint szerint kerülnek letárolásra, keressük az adattáblának azt a j -ik sorát, melyben a térfogat értéke még kisebb, mint a keresett térfogat (2). Az interpolációhoz a következő adatpárunk a $j+1$ -ik sorban található (3). Az egyes térfogatokhoz tartozó szintek értékeit hasonlóan kereshetjük, mint az a (4) és (5) képletben látható. Vagyis egy m sorból álló adattáblán a keresett térfogathoz tartozó szint a (6) összefüggés szerint számítható.

$$V_1 = \begin{cases} \text{for } j = 1 \dots m \\ \text{ha } V_j < V_k \text{ és } V_{j+1} > V_k ; V_1 = V_j \\ \text{különben } j = j + 1 \\ \text{end} \end{cases} \quad (2)$$

$$V_2 = \begin{cases} \text{for } j = 1 \dots m \\ \text{ha } V_j = V_1 ; V_2 = V_{j+1} \\ \text{különben } j = j + 1 \\ \text{end} \end{cases} \quad (3)$$

$$Z_1 = \begin{cases} \text{for } j = 1 \dots m \\ \text{ha } V_j = V_1 ; Z_1 = Z_j \\ \text{különben } j = j + 1 \\ \text{end} \end{cases} \quad (4)$$

$$Z_2 = \begin{cases} \text{for } j = 1 \dots m \\ \text{ha } Z_j = Z_1 ; Z_2 = Z_{j+1} \\ \text{különb en } j = j + 1 \\ \text{end} \end{cases} \quad (5)$$

$$Z_k = Z_2 - \frac{(Z_2 - Z_1)(V_2 - V_k)}{V_2 - V_1} \quad (6)$$

Ahol

Z – szint [m B.f.]

V – térfogat [ezer m³]

Indexek:

k – a keresett érték jele

1 – a keresett térfogatnál éppen kisebb térfogat érték a morfológiai jelleggörbén

2 - a keresett térfogatnál éppen nagyobb térfogat érték a morfológiai jelleggörbén

j – az adattábla sorának száma

m – az adattábla elemeinek száma egy oszlopban

Ezt követően vizsgálandó, hogy a keresett térfogathoz (V_k) milyen gyakorisággal áll rendelkezésre a folyóban a vízszint. Minden egyes i dátumhoz vizsgáljuk, hogy meghaladja-e a szintet, vagy nem. Mivel napi vízállás idősort alkalmazunk, egy meghaladást egy napnak értelmezzük (7).

$$t_i = \begin{cases} \text{for } i = 1999.01.01. \dots \langle 1 \text{ nap} \rangle \dots 2019.12.31. \\ \text{ha } H_{KIV,i} < Z_k ; t_i = 0 \\ \text{különb en } 1 \\ \text{end} \end{cases} \quad (7)$$

Ahol:

t_i – az adott dátumhoz tartozó meghaladás értéke [nap]

Az egyes években összegezzük a meghaladások számát a (8) összefüggés szerint.

$$T_{\text{év}} = \sum_{i=1}^n t_i \text{ ha } i = \text{dátumok a keresett évben} \quad (8)$$

Ahol:

$T_{\text{év}}$ – az adott évben a keresett szinthez tartozó meghaladások száma [nap]

A gyakorisági görbe számítása

A fenti számításokhoz hasonlóan nem csak az egyes térfogatok meghaladásának, hanem ki-tüntetett szintek, úgymint küszöbszint, üzemi vízszint stb. meghaladásának gyakorisága is szá-mítható minden évre. Több értékre elvégezve a lekérdezést, előállítható egy térfogat gyakori-sági görbe az adott tározóra. Ahhoz, hogy a görbe jobban simuljon, összesen 13 szintet vettünk figyelembe.

A jellemző vízszinteket az 1. táblázat tartalmazza. A küszöbszint már korábban ismertetésre került. A mélyártéri 1. szint az, amely esetén az elöntés várható mélysége (medián értéke) 1-1,5 méter között alakul. A mélyártéri 2. szint az a szint, amely esetén az elöntés a természetes

domborzati határok között történik meg, de a várható vízmélység már meghaladja a 1,5 méteres értéket. Ezekben az esetekben jellemzően nem szükséges töltést építeni a tározó lehatárolására. A maximális szint az az eset, mikor feltételezzük, hogy kisebb töltés építése szükségessé válik a tározó körül, az árvízvédelmi fővédvonal magasságával közel azonos szintben.

A térfogat gyakorisági görbe előállításához ezt a négy jellemző szintet sűrítjük, az egyes szintközöket 3-3 további egyenlő szintre osztva. Azaz 13 meghatározott szintre kérdezzük le minden évben a meghaladások számát, illetve a 14. adatsor a küszöbszint alatti vízállások tartóságát számolja. Az összegzést a (9) egyenlet szerint végezzük.

$$T_{szint} = \sum_{\substack{i=1 \\ szint=1}}^o t_{i,szint} \quad (9)$$

Ahol:

T_{szint} – a meghatározott szinthez tartozó előfordulások száma a vizsgált időszakban [nap]

t_i – az adott dátumhoz és adott szinthez tartozó meghaladás értéke [nap]

i – az idősor eleme, $i=1\dots n$, ahol n az utolsó dátum

szint – a vizsgált meghatározott szint, ahol o az utolsó szint, a fent ismertetettek szerint.

Az előfordulási valószínűségét ($p\%$) egy szint meghaladásának – vagy épp a küszöbszint meghaladásának – a (10) összefüggéssel számítjuk.

$$p_{szint}(\%) = \frac{T_{szint}}{\sum T_{szint}} \quad (10)$$

Minden évet egységesen 365 nap hosszúságúnak feltételezve meghatározható az egyes tározó víztérfogatok átlagos éves gyakorisága napokban kifejezve. A legmagasabb szinttől a legkisebb felé görgetve határozhatjuk meg az egyes szintekhez tartozó átlagos éves gyakoriságokat a (11) összefüggés szerint.

$$\bar{T}_{szint} = 365 p_{szint}(\%) + \bar{T}_{szint-1} \quad \text{ha } \bar{T}_{szint-1} \text{ értelmezhető} \quad (11)$$

A módszertan alkalmazhatóságának keretei

Az így végzett vizsgálatokban a folyó hossz-szelvényét tekintve a kivezetésnek a vízszintekre nincs visszahatása, továbbá a tározók elöntéséhez szükséges tényleges idő sem kerülhet figyelembe vételre. Ez a megközelítés alkalmas az előzetes vizsgálatok elvégzéséhez, de nem helyettesítheti egy időben változó, nem-permanens hidrodinamikai modell alkalmazását. A vizsgálattal megalapozható, hogy milyen rendszerkialakítást érdemes a későbbi vizsgálatok során figyelembe venni.

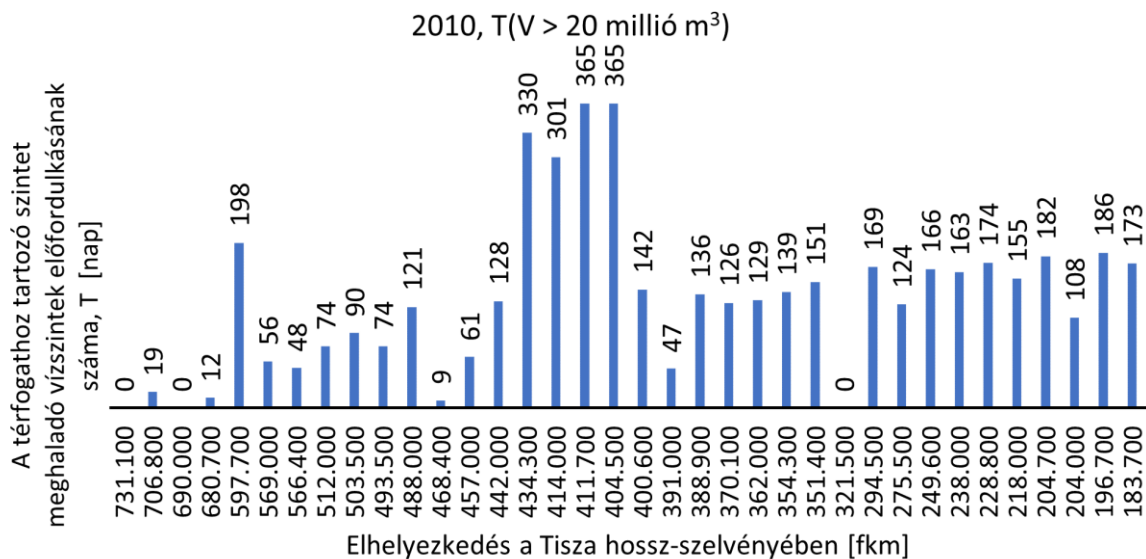
EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Víz kivételek gyakorisága térfogati kritérium alapján

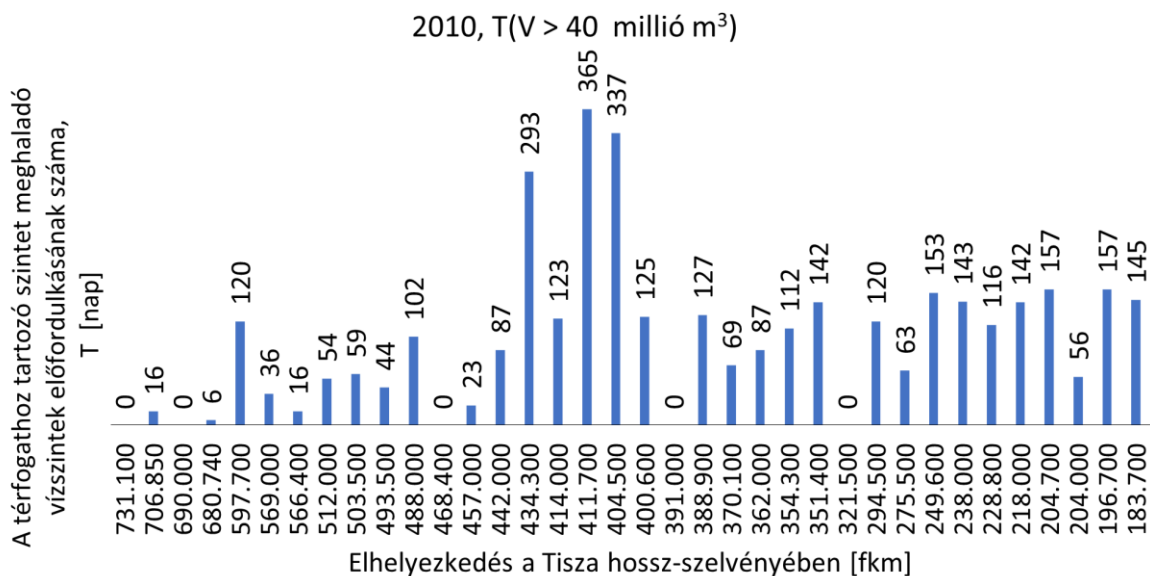
A térfogati kritériumnak jelen kutatás során 20 és 40 millió m^3 térfogat rendelkezésre állását határoztuk meg. Ez utóbbi nagyobb érték, mint a tározók kijelölési kritériuma, mely legalább 20 millió m^3 -es kapacitás volt. Ebből fakadóan nem minden tározó lenne üzemeltethető

mélyártéri üzemrendnek megfelelően, viszont rámutathatunk arra, hogy a vízkészlet a folyóban rendelkezésre állna-e.

A számítást mind a 36 db mélyártérre elvégeztük a vizsgált 20 éves időszakra. A gyors áttekinthetőség végett az eredményeket éves bontásban, a folyó hossz-szelvénye mentén ábrázoljuk. A terjedelmi korlátok végett nem kerül mind a 20 év bemutatásra, csak két jellemző év, a következők szerint. 2010. év, mely rendkívül csapadékos volt, illetve a 2012. év, mely száraznak mondható.



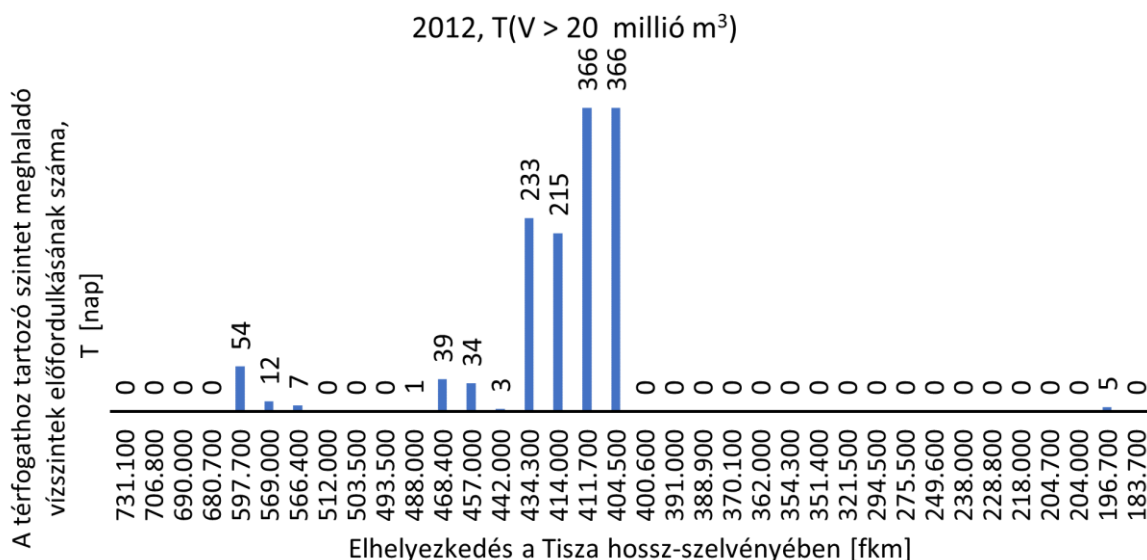
3. ábra 20 millió m³ térfogathoz tartozó szintet meghaladó vízszintek előfordulásának száma 2010-ben



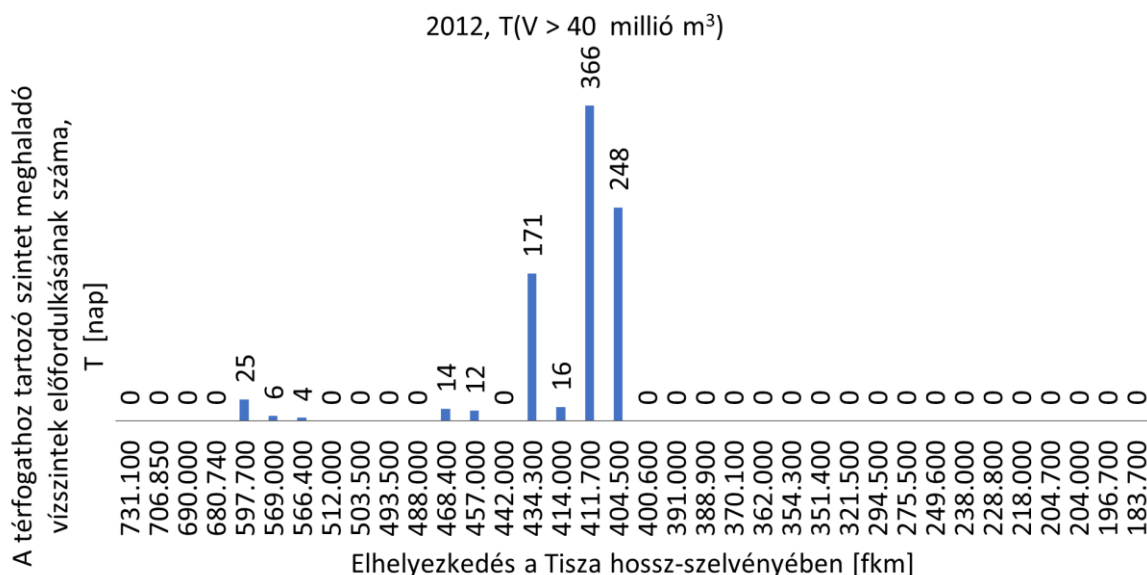
4. ábra 40 millió m³ térfogathoz tartozó szintet meghaladó vízszintek előfordulásának száma 2010-ben

A 3. és 4. ábrákon megfigyelhetjük, hogy a Felső-Tiszán jellemzően nem állnak rendelkezésre hosszú időn keresztül vízkészletek. Az SA001 és SA003 tározók a 20 millió m³-es kapacitást sem tudják kiszolgálni egy bővizű évben. Az SA002 tározó a meglévő Beregi VTT tározó, itt az év

során 16 olyan nap volt, amikor a 20 millió m³-es tározási térfogathoz tartozó vízszint meghaladásra került. Ez az előzőknél kedvezőbb, de a Közép- és Alsó-Tisza szakasznál jelentkező 100+ napos rendelkezésre álláshoz képest elhanyagolható. Az első jó adottságú tározó az 597+700 fkm szelvényben található meglévő Cigándi VTT tározó, ahol a 20 millió m³-hez tartozó szint csaknem 200 napon, a 40 millió m³-hez tartozó szint pedig 120 napon került meghaladásra. Ezt követően jól működő tározók következnek, a 468+800 és 321+500 fkm szelvényekben elhelyezkedő tározók kivételével, melyek egyszer sem teljesítették a kritériumot.



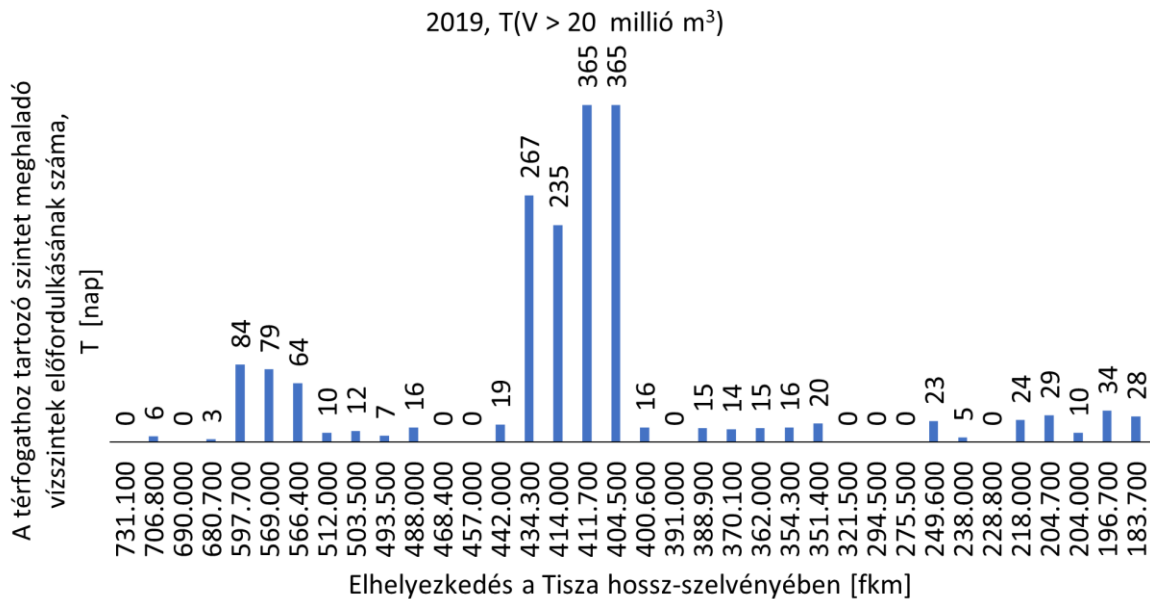
5. ábra 20 millió m³ térfogathoz tartozó szintet meghaladó vízszintek előfordulásának száma 2012-ben



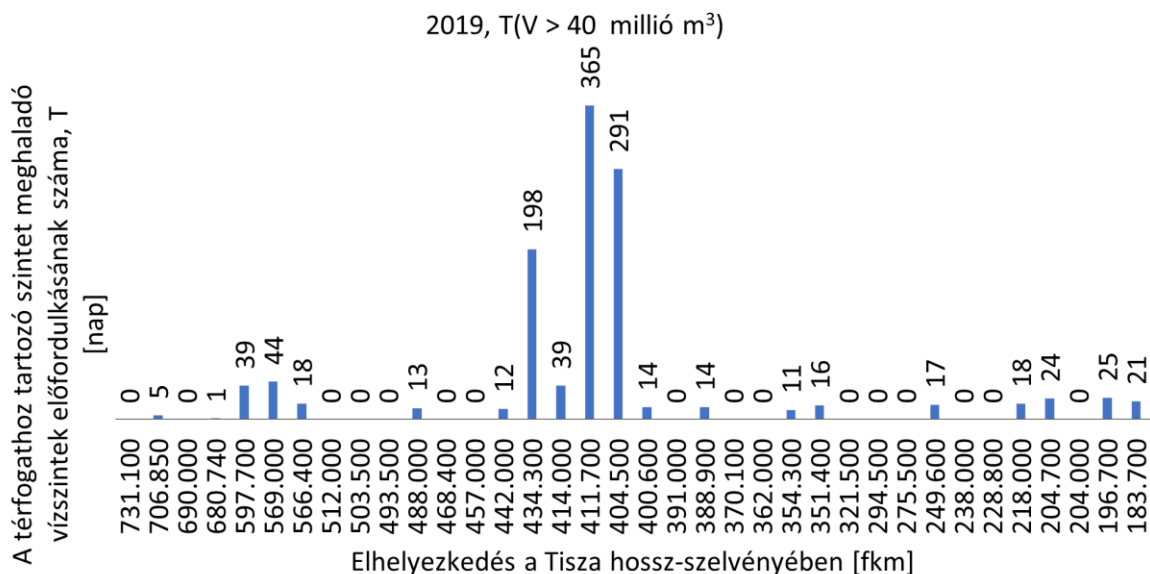
6. ábra 40 millió m³ térfogathoz tartozó szintet meghaladó vízszintek előfordulásának száma 2012-ben

A 2012. év adatait mutatja be az 5. és a 6. ábra. Ez a vízhiányos év egy fontos dologra hívja fel a figyelmet. A mélyárterek önmagukban nem kerülhettek volna előntésre a fenti kritériumok

mellett. Azonban a tiszalöki és a kiskörei vízlépcsők duzzasztásának köszönhetően megvalósítható még így is a vízkivétel. Az 512+000 fkm szelvényben lévő műtárgyat érdemes lehet felvízi irányban elmozdítani, hogy a tiszalöki duzzasztott vízszint eredményeként ott is megvalósulhasson a vízkivétel. Megjegyzendő ugyanott, hogy a duzzasztóművek önmagukban nem generálnak vízhozamot, csak magassági potenciált adnak a duzzasztás révén. Mivel ez statikus vizsgálat, nem tudhatjuk biztosan, hogy a megfelelő vízszint mellett a megfelelő vízhozam is rendelkezésre állt-e volna a kivezetéshez. Nem szabad elfelejtenünk a folyóban hagyandó, ökológiai szempontból minimálisan szükséges vízhozamról, melyet biztosítani kell. Ennek vizsgálatára hidrodinamikai modellt kell alkalmaznunk.



7. ábra 20 millió m³ térfogathoz tartozó szintet meghaladó vízszintek előfordulásának száma 2019-ben

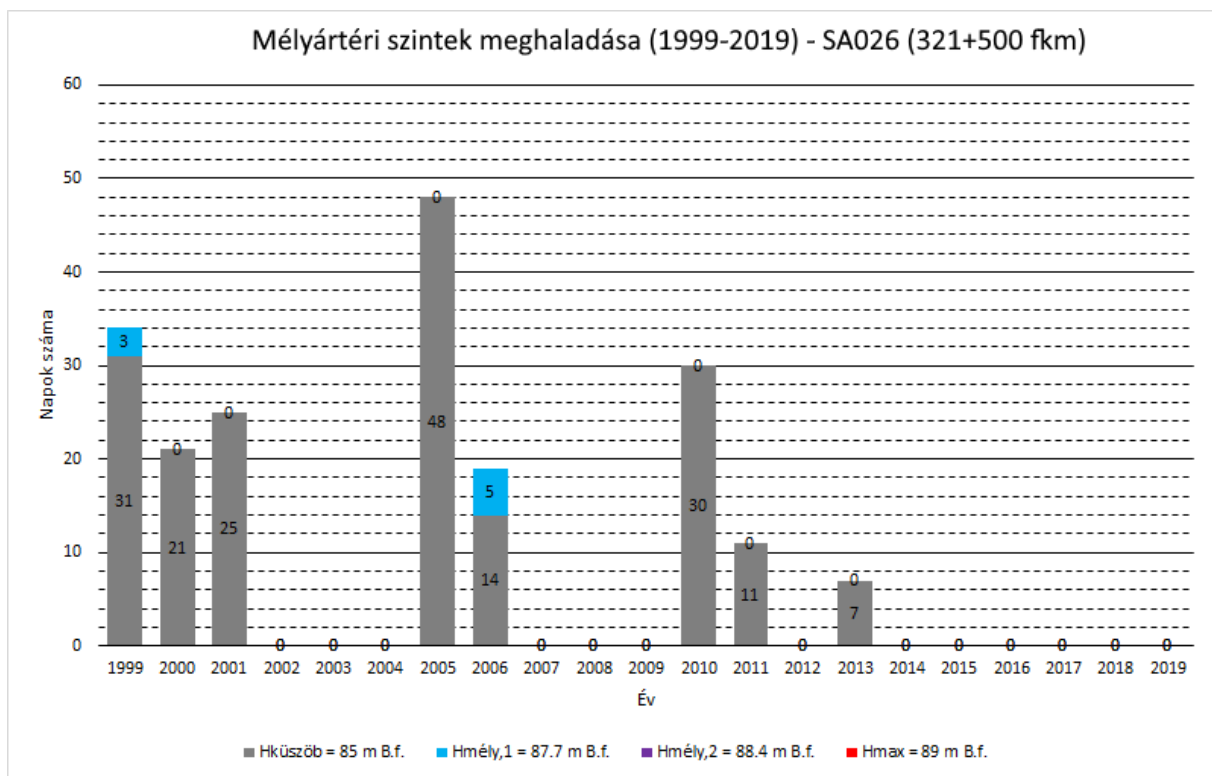


8. ábra 40 millió m³ térfogathoz tartozó szintet meghaladó vízszintek előfordulásának száma 2019-ben

A bemutatott két eset két szélsőség. A 2012-es évhez hasonlóan alakult 2014 és 2015 is, a többi évben jobb vízkivételi lehetőségek jelentkeztek. Példaként még bemutatjuk a 2019-es évet a 7. és a 8. ábrákon. Itt is tetten érhető a duzzasztás hatása, de előntésre elégséges számú nap rendelkezésre áll az Alsó-Tisza mentén is.

Vízszintek gyakorisága

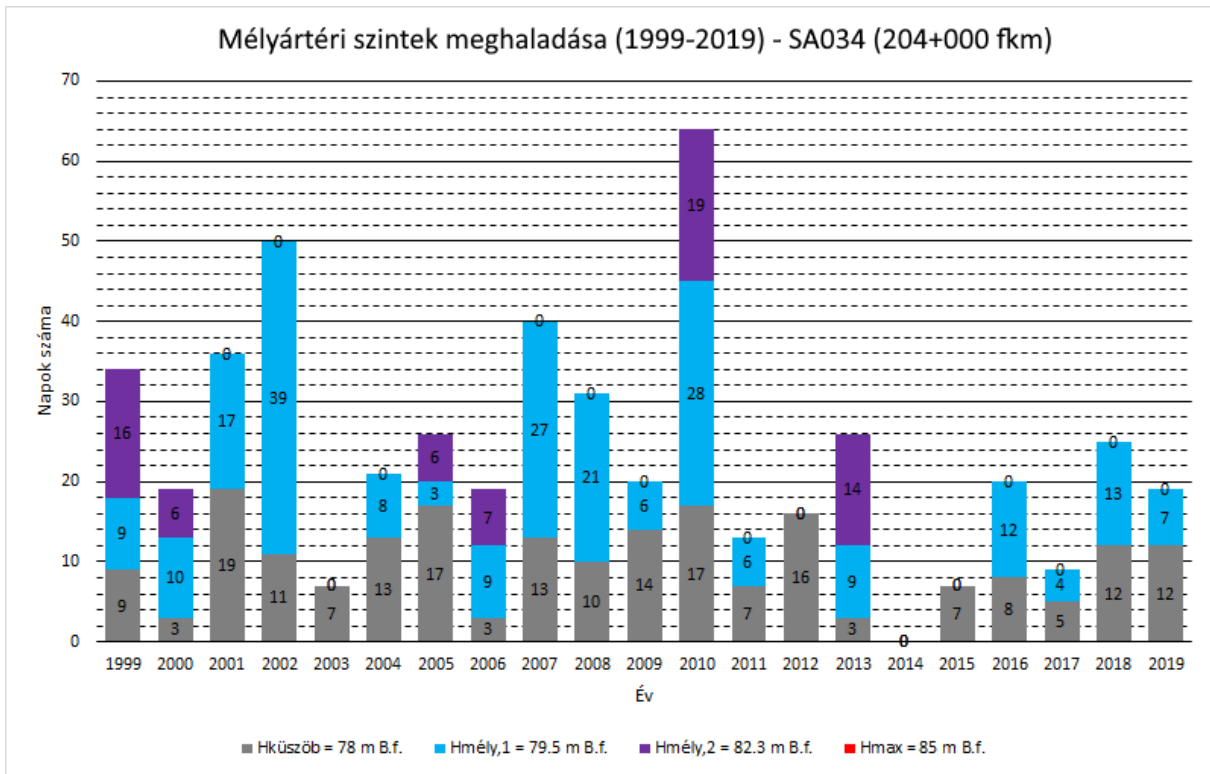
A vízszintek gyakoriságát az egyes kivezetési szelvényekben szintén minden évre meghatároztuk. Az előző fejezet részben bemutatott eredményeket árnyalhatja egy-egy részletesebb elemzése a vízkivezetésnek. A 321+500 fkm szelvényben elhelyezkedő tószegi tározó nem teljesített jól az előző vizsgálaton, a 9. ábrán látható az egyes években a kitüntetett szintek meghaladásának száma. A szürke sávok a küszöbszint meghaladását, a világoskék sávok a mélyártéri 1. szint, a lila a mélyártéri 2. szint, a vörös szín pedig a maximális szint meghaladásának napjait jelzik. Az ábráról látható, hogy ez a tározóterület kedvezőtlenül üzemeltethető, a legtöbbször épp csak a küszöbszint kerül meghaladásra.



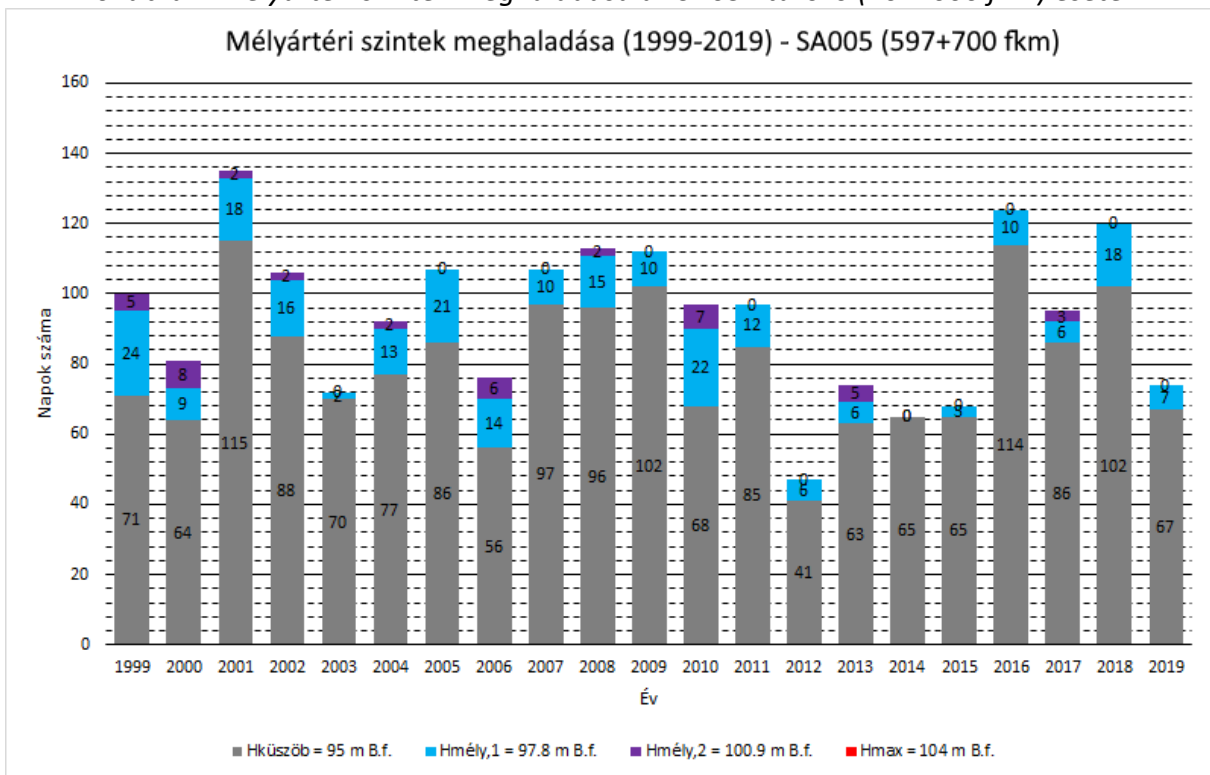
9. ábra A mélyártéri szintek meghaladása az SA026 tározó (321+500 fkm) esetén

Másik példaként tekintsük az Alsó-Tisza szakaszról a 204+000 szelvényben elhelyezkedő tározóra számított meghaladásokat a 10. ábrán. Láthatjuk, hogy 2003, 2012 és 2014. évek kivételével minden évben meghaladásra került a küszöbszint, sőt, a mélyártéri 1. szint is. A mélyártéri 2. szint csak ritkán került meghaladásra, a maximális szintet pedig egyszer sem haladta meg.

A 11. ábrán látható tározó a Cigándi VTT tározó, ahol minden évben megvalósítható a vízkivétel a vizsgált időszakban. Leolvasható, hogy a mélyártéri 1. szint egyszer sem került meghaladásra, 2014-ben pedig csak a küszöbszint került meghaladásra, mégis nagy térfogat volt tározható. Ennek okfejtését a következő alfejezetben tesszük meg.



10. ábra A mélyártéri szintek meghaladása az SA034 tározó (204+000 fkm) esetén

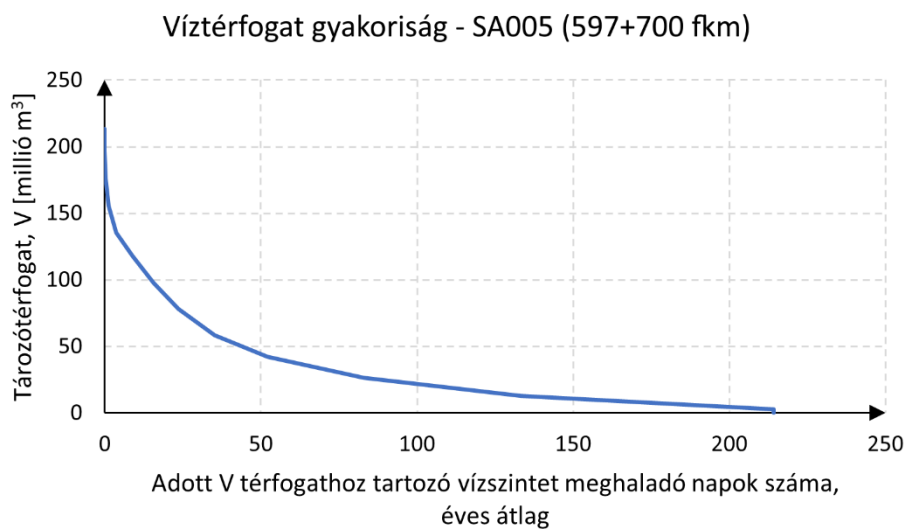


11. ábra A mélyártéri szintek meghaladása az SA005 tározó (597+700 fkm) esetén

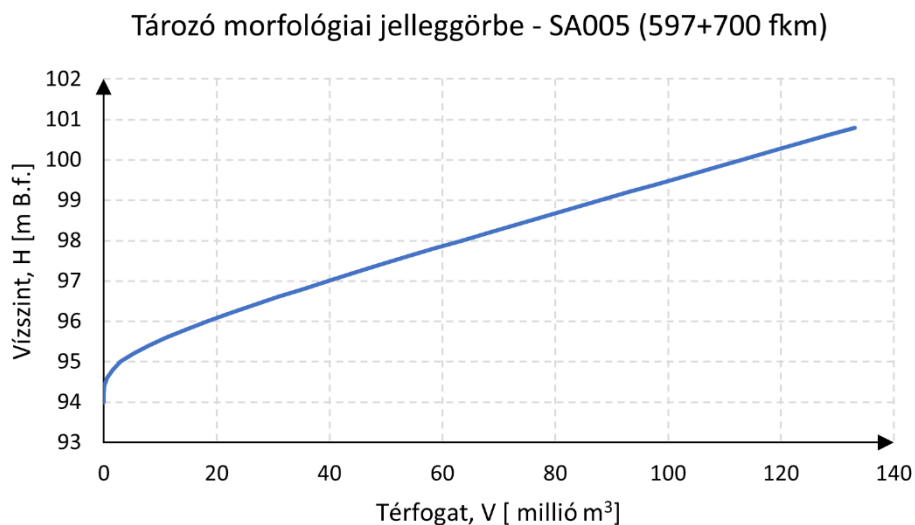
Az ábrák alapján az látszik, hogy a működés feltételei rendelkezésre állnak évről évre. A küszöbszint ugyan nem nagy tározótérfogatot jelent, viszont a mélyártéri 1. szintél már legalább 20 millió m³-es kapacitás áll rendelkezésre. Ezen meghaladási idők mellett a folyó béli vízszintnek jelentős térfogatot is lefedhetnek. A vízkivezetés mértéke így tetemes is lehet.

Gyakorisági görbék

A Cigándi VTT tározó példáján keresztül bemutatjuk a gyakorisági görbét, illetve a tározóhoz tartozó morfológiai jelleggörbét a 12. és a 13. ábrákon. Látható, hogy jól megválasztott küszöbszint (95 m B.f.) mellett gyakran ki tud lépni a víz a tározótérbe. 97 m B.f. szint esetén a tározóban már 40 millió m³-es tározási kapacitás áll rendelkezésre, és ekkor még nem értük el a mélyártéri 1. szintet (97.8 m B.f.). Ehhez már csaknem 60 millió m³-es tározási kapacitás tartozna. A víztérfogat gyakorisági ábráról leolvasható, hogy éves átlagban több, mint 200 olyan nap van, amikor a víz kiléphet a tározótérbe, és kb. 50 nap, amikor a 40 millió m³ elvi kivezetése is lehetséges. Sőt, átlagosan 10 olyan nap is előfordulhat egy évben, amikor 100 millió m³-es kapacitás kihasználható lehet. Látjuk, hogy a maximális 104 m B.f. érték túlzónak hat, ez feltehetően nem elérhető, csak a meglévő töltés magasságához lett igazítva. Ugyanis ez a tározó nem klasszikus mélyártér, a Tisza jobb partján elterülő egykori nyílt ártéren helyezkedik el, ahol töltés építése szükséges, hogy az elárasztás kontrollált módon, meghatározható területen következzen csak be.



12. ábra Víztérfogat gyakoriság az SA005 tározó (597+700 fkm) esetén



13. ábra Tározó morfológiai jelleggörbe az SA005 tározó (597+700 fkm) esetén

ÖSSZEFOGLALÁS

A statisztikai elemzés rámutatott, hogy a mélyártéri tározók bevonása a vízgazdálkodásba lehetséges, vízkészlet tájba vezetése szempontjából pedig szükséges, azok elöntése nem csak nagy árvizek esetén megoldható. Különös figyelmet érdemel, hogy a meglévő duzzasztók és a mélyártéri vízkivételek jól kiegészítik egymást, együttműködhetnek. Ugyanakkor annak az elemzése, hogy a magassági potenciál mellett a kivehető vízkészlet is rendelkezésre áll-e az adott időszakban, hidrodinamikai modellezéssel kell megválaszolni, a kutatás során alkalmazott megközelítés erre nem adhat választ. Az azonban kiszűrhető, hogy van néhány olyan tározó, melyek alkalmazása nem volna célszerű. Ezeket a későbbi vizsgálatokból kizárhatjuk.

A hidrodinamikai modellezés mellett vizsgálnunk kell klíma scenárió modellek segítségével, hogy várhatóan a vízjárás hogyan alakul a Tiszán, a jövőben is fenntarthatóan működtethető maradna-e a koncepcióban vázolt rendszer.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

A TKP-6-6/PALY-2021 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Továbbá köszönöm az Országos Vízügyi Főigazgatóságnak a hidrológiai adatok biztosítását.

IRODALOMJEGYZÉK

Erdődiné Molnár Zsófia és Kovács Attila (2023): 2022. a történelmi aszály éve – az év agrometeorológiai áttekintése. *Tanulmány*. Országos Meteorológiai Szolgálat. Budapest. https://www.met.hu/ismeret-tar/erdekessegek_tanulmanyok [Online]

Google (2022): Google Térkép. www.maps.google.com [Online]

Horváth Ákos és Breuer Hajnalka (2023): A víz körforgalma a légkörben és a 2022-es rendkívüli aszály meteorológiai háttere. *LÉGKÖR: AZ ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI INTÉZET SZAKMAI TÁJÉKOZTATÓJA* 68. évf. 1. szám 2-8. o. <https://doi.org/10.56474/legkor.2023.1.1>

Koncsos László (2006): A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében. (NKFP-3/A 0039/2002 kutatás rövid összefoglalása). Magyar Természetvédők Szövetsége. Budapest.

Koncsos László (2011): Árvízvédelem és stratégia. Somlyódy L. (szerk.): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok* c. könyvben 207-232. o. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. ISBN 978-963-508-608-5

Koncsos László és Balogh Edina (2007): Elárasztási modellel támogatott árvízi kárszámítás a Tisza völgyében. *Hidrológiai Közlöny* 87. évf.(5. szám), 23-28. o.

Molnár Gábor, Timár Gábor és Biszak Előd (2014): Can the First Military Survey maps of the Habsburg Empire (1763-1790) be georeferenced by an accuracy of 200 meters? *9th International Workshop on Digital Approaches to Cartographic Heritage*. Budapest.

Murányi Gábor és Koncsos László (2022)(a): Analysis of nature based flood management in the Tisza River Valley, Hungary. *Pollack Periodica* 17. évf., 3. szám, 83-88 o. <https://doi.org/10.1556/606.2022.00456>

Murányi Gábor és Koncsos László (2022)(b): TÁROZÁSI ALKALMASSÁGOK AZ ALFÖLDÖN. VÍZÁTVEZETÉS, VÍZVISSZATARTÁS, VÍZPÓTLÁS. Szlávik Lajos és Kaszás Gábor (szerk.): *A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIX. Országos Vándorgyűlés dolgozatai c. kiadványban*. Magyar Hidrológiai Társaság. Nyíregyháza. ISBN: 9789638172440

Nováky Béla, Ligetvári Ferenc és Somlyódy László (2011): Területi vízgazdálkodás. Somlyódy L. (szerk.): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok c. könyvben* 233-254. o. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. ISBN 978-963-508-608-5

OSMF, (2022):. OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org/> [Online]

Somlyódy László (2011): Quo vadis hazai vízgazdálkodás? Stratégiai összegzés. Somlyódy L. (szerk.): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok c. könyvben* 9-84. o. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest. ISBN 978-963-508-608-5

Szamosvári István (2022): *A 2022. évi aszály értékelése a történelmi adatok tükrében. Tanulmány*. Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest. <https://www.ovf.hu/hu/hirek-ovf/> [Online]

Timár Gábor, Molnár Gábor, Székely Balázs, Biszak Sándor, Varga József és, Jankó Annamária (2006): Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest. ISBN: 963-7374-33-7