A Szolnoki Műhely

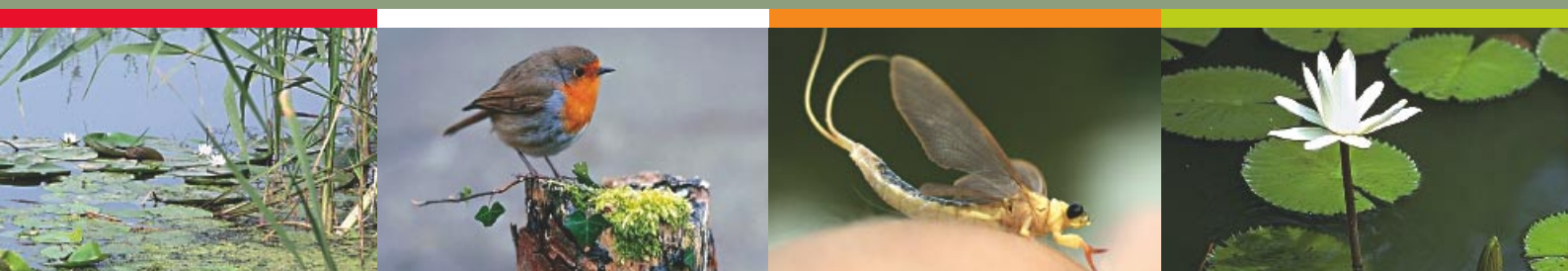
SZEMELVÉNYEK

a
Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztésének
megalapozó tanulmányaiból

KÖZÉP-TISZA VIDÉKI VÍZÜGYI IGAZGATÓSÁG • SZOLNOK •

A VÁSÁRHELYI TERV TOVÁBBFEJLESZTÉSE

Szolnok, 2003.



A Szolnoki Műhely

SZEMELVÉNYEK

a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztésének
megalapozó tanulmányaiból

Szolnok, 2003.

Nyomdai előkészítés:

MPRESS Kft.
plussz

5000 Szolnok, Ságvári krt. 15. Tel.: (56) 424-373, 516-614
E-mail: mpress@chello.hu

Nyomdai munkák:

CIFI Nyomda Kft.
5000 Szolnok, Szondi út 7. Tel.: (56) 429-748

Felelős vezető:
Czifra István

Tartalom

Gondolatok az Új Vásárhelyi-Terv koncepciójának kialakításához, különös tekintettel a közép-tisza vidéki árvédelmi helyzetre – *Dr. Nagy István* **7**

A Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztését megalapozó hidrológiai és hullámtér hidraulikai vizsgálatok eredményei a Közép-Tiszán – *Dr. Kovács Sándor, Váriné Szöllősi Irén* **31**

Növekednek-e az árvizek? – *Dr. Barabás Béla, Dr. Kovács Sándor, Dr. Reimann József †* **39**

A Közép-Tisza nagyvízi medrének vizsgálata – *Varga László* **51**

Hordalékviszonyok vizsgálata a Tisza középső (Kisköre-Szolnok közötti) szakaszán *Csépes Eduárd, Dr. Bancsi István, Végvári Péter, Aranyné Rózsavári Anikó* **57**

Hullámtéri erdőgazdálkodás – *Czeglédi István* **77**

Árvízi kockázatelemzés hagyományos és újszerű módszere – *Dr. Bogárdi István* **95**

HEC-RAS programrendszer kifejlesztése és alkalmazása az USA-ban – *Hegedűs Pál* **103**

Folyóink hullámtereinek fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel *Dr. Schweitzer Ferenc* **107**

A Tisza hullámterének új digitális felmérése és három dimenziós modellezése *Dr. Gross Miklós* **115**

Közép-tiszai hullámtéri térinformatikai adatbázis kialakítása és felépítése, a hullámtér morfológiai változásainak értékelése az elmúlt 220 évben – *Lovas Attila, Vajk Ödön* **123**

Közép-tiszai nyárigátak története – *Szín Imréné, Ivaskó Lajos* **141**

Árvíz, árvízi biztonság a Közép-Tisza vidékén – *Dr. Váradi József, Dr. Nagy István* **149**

A Tisza-völgy vízgazdálkodásának jövőképe – *Dr. Váradi József, Dr. Nagy István* **163**

Nyilatkozat **167**

ELŐSZÓ

2000. április 6-án egy új időszak kezdődött a KÖTIVIZIG életében. Katona Kálmán miniszterrel megtekintettük az előző nap megnyitott Jásztelki szükség-tározót és a Borsóhalmi vésztározót. A két tározó üzembe helyezésével tudtuk megelőzni az árvízi katasztrófát a Zagyva Jászberény alatti szakaszán. Ekkor tájékoztatott bennünket Dr. Kovács Sánd or a legújabb előrejelzésről, mely szerint a Tisza várható tetőző értéke Szolnoknál 1050 ± 20 cm, ami azt jelenti, hogy az igazgatóság teljes szakaszán MÁSZ+1 métert megközelítő, vagy meghaladó vízszintek fognak kialakulni, és az előző évi LNV fölött 80 cm-rel fog tetőzni a folyó.

Ezzel az előrejelzéssel kezdődött a szaktudást és az emberi képességét próbára tevő időszak, mely még napjainkban is tart, és véleményem szerint akkor fog befejeződni, ha a Tisza-völgyben újra elfogadható árvízvédelmi biztonság lesz.

A kialakult helyzetről – már az árvíz apadó ágában – rendszeres konzultációt folytattunk mind külső szakértőkkel (Dr. Váradi József: „Húzzátok ki a dugót Szolnok alatt a Tiszából”), mind házon belül. Végül munkatársaimmal úgy döntöttünk, hogy meghatározó szerepet kell játszanunk helyzetünk értékelésében és a jövőbeni feladatok meghatározásában.

Intenzív szakmai elemző és értékelő munkába kezdtünk, amelyhez nagyon sok segítséget kaptunk szakmai barátainktól, de sok esetben részünkről eddig ismeretlen szakemberektől is.

E vizsgálatok kezdeti eredményeként javasoltam a VITUKI-ban tartott 2000 évi árvíz kiértékelő értekezletén elhangzott előadásomban, hogy egy „Új Vásárhelyi tervet” kell készíteni a Tiszára. 2000 novemberében készült el a „Gondolatok az Új Vásárhelyi Terv koncepciójának kialakításához, különös tekintettel a Közép-Tisza vidéki árvédelmi helyzetre”, ami eljutott vezető politikusokhoz és szakemberekhez.

A vizsgálatok végzésénél, szakmai vitáknál két alapelvet fogadtunk el:

1. Nincs szakmai tabu téma.
2. Bármit javasol is valaki az árvízi biztonság növelésével kapcsolatban:
   azt „Ne kritizáld, javítsd, mondj jobbat!”

Ezen munka során alakult ki az a szakmai műhely – amit mi röviden csak Szolnoki műhelynek nevezünk. Ebben a kötetben ennek a műhelynek résztvevői, segítői részlegesen mutatják be írásaikban azt a munkát amit eddig végeztek, végeztünk.

Az eddigi intenzív munka mellett nem mindig volt lehetőség lektorált szakcikkek írására, ezért többségében kéziratokat teszünk közzé. Idő hiányában a mellékletek fekete-fehérben kerültek be az anyagba, azonban reméljük ez nem hátráltatja azok értelmezését. Tervezzük bővebb tartalmú kiadvány megjelentetését.

Munkánk során az alábbi főbb kérdések megválaszolását tekintettük elsődlegesnek:

1. Árvízi helyzetünk reális értékelése.
2. Milyen árvízi helyzetek fordulhatnak elő a jövőben, milyen tendenciákkal kell számolni?
3. Hogy lehet az árvízi biztonságot hosszú távon legcélszerűbben megoldani a Tisza-völgyben?
4. Milyen vízgazdálkodást kell – célszerű – folytatni a Tisza vízgyűjtőjén.

Tisztelt Olvasó!

Tekintsd ezt a kiadványt egy „munkaközi” anyagnak, s ha tudásoddal, javaslataiddal elő tudod segíteni az előbbi kérdések megválaszolását, kérjük tedd meg!

Dr. Nagy István
igazgató

GONDOLATOK
az Új Vásárhelyi Terv koncepciójának kialakításához, különös tekintettel a közép-tisza vidéki árvédelmi helyzetre

Dr. Nagy István
Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok
Készült: 2000. november

Az 1998. novemberi, az 1999. márciusi, de különösen a 2000. áprilisi tiszai árhullám (1. sz. melléklet) minőségileg új helyzetet teremtett az árvízvédelmi biztonság tekintetében:

298 km-en volt 20 cm-nél kisebb biztonság a védvonalakon, ebből 155 km-en kellett a töltéseket magasítani, vagy az úgynevezett magaspartokon új védműveket kiépíteni (2. sz. melléklet), több tíz km-en kellett a töltéseket erősíteni, több száz védvonali esemény (jelenség) esetén kellett beavatkozni. A védekezésben résztvevő emberek, az árvízvédelmi létesítmények a maximumot, vagy az közelében teljesítettek. (Hasonló helyzet volt 1999. márciusában a Hortobágy-Berettyó jobb partján, valamint 1999. júliusában a Zagyva Jászberény-jásztelki szakaszán.)

Segítette munkájukat, hogy a védekezés alatt nem esett eső, nem volt (15 perc kivételével) 50 km/óránál nagyobb sebességű szél, földutak, gátkoronák a védekezés túlnyomó részében gépkocsival járhatók voltak, s a kormány a lehető leggyorsabban elrendelte a rendkívüli védekezést, és biztosította a szükséges feltételeket a védekezők részére (3. sz. melléklet, 4. sz. melléklet).

A fentiek alapján az alábbi következtetések vonhatók le:

1. 2000. évi árvízszint esetén az árvízvédelmi létesítményekben nincs biztonsági tartalék.

2. Hasonló árvíz esetén nem garantálható az árvízvédekezés 2000. április-májusi eredménye.

3. Újabb árvízcsúcs esetén a katasztrófa kis valószínűséggel kerülhető el.

Mi a valószínűsége hasonló árvízi helyzet kialakulásának? Válasz: NAGY
Ezen helyzetben fel kell tenni a kérdést: HOGYAN TOVÁBB?

Hasonló esetben (1964-ig) elődeink elkezdték az árvízvédelmi létesítményeket fejleszteni, rendszerint LNV+(0,8-1,5) m-es kiépítési szintekkel (5. sz. melléklet).

Mielőtt a kiépítés értékére javaslatot tennék, nézzük mi várható az árvízszintek emelkedése terén?

Az elmúlt 30 évben: Tiszaroff négyszer
Szolnok háromszor javított csúcsot.

Az LNV Tiszaroffnál 30 év alatt 161 cm-t, Szolnoknál 160 cm-t emelkedett.

Az árvizek gyakoriságának és magasságának növekedése különösen az utóbbi 40 évben gyorsult meg, az 1955. után a vízgyűjtőn elkezdett nagymértékű munkák miatt (szovjet földmunkagépek elterjedése) (6/a, b, c, d, 7/a, b, c, d. sz. mellékletek).

Vízgyűjtőn az elmúlt 50 évben lezajlott árvízszintet befolyásoló fontosabb folyamatok:
KÜLFÖLDI VÍZGYŰJTŐ

Kedvezőtlen:
– folyók töltésezése
– belvízrendszerek kiépítése, átemelő szivattyú kapacitás növekedése
– belterületi csapadék és szennyvíz-elvezető rendszerek kiépítése
– burkolt felületek növekedése
– terület használat változása (erdő, rét, szántó, kopárhegy)

Kedvező:
– mederbe épített vízfolyási akadályok (híd pillérek, bukók, duzzasztók stb.)

Bizonytalan hatású:
– tározók építése (üzemeltetésüktől függően lehet kedvező és kedvezőtlen) (8, 9. sz. melléklet).

BELFÖLDI VÍZGYŰJTŐ

Kedvezőtlen:
– hullámterek szűkülése
– belvízrendszerek kiépítése (Tisza-völgyben 555 m3/sec átemelő kapacitás VIZIG kezelésben 10. sz. melléklet)
– burkolt felületek növekedése
– belterületi csapadék és szennyvíz-elvezető rendszerek kiépítése
– folyók hullámterén belül:
  – hullámtér feltöltődése (11/a, b. sz. melléklet)
  – övzátonyok szintjének emelkedése (11/c. sz. melléklet)
  – nyárigátak emelése
  – szántó-rét területek csökkenése
  – erdő állomány növekedése, aljnövényzet megerősödése
  – lokális vízfolyási akadályok növekedése.

Kedvező:
– mellékfolyókon vésztározók létesítése

Teljes vízgyűjtőn: időjárás változása:
– általánosan elfogadott vélemény szerint a szélsőségek növekednek (12. sz. melléklet).

Mi várható a jövőben: fenti folyamatok többségében folytatódnak a következő évtizedekben, ha tudatosan nem avatkozunk be.

Beavatkozási lehetőségek külföldön:

Nagy létesítmények esetén a magyar érdekek érvényesítése (bizonytalan eredménnyel, lásd: osztrák, cseh, szlovák atomerőművi vita)

Külföldi kapcsolataink korlátai és feladatai:

1. Külföldi vízgyűjtőn lezajló folyamatok, magyarországi folyókra gyakorolt hatásainak elemzéséhez szükséges információk biztosítása.
2. Árvízvédekezéshez szükséges információk biztosítása.
3. Meglévő és létesítendő tározók üzemeltetésénél Magyarország érdekeinek biztosítása.
4. Építendő tározók esetében – amennyiben nem biztosítható az üzemeltetésük során magyar érdekek figyelembe vétele –, a tározók építésének megakadályozása.
5. Határvízi kapcsolatok erősítése.

Beavatkozási lehetőségek belföldön:

– hullámtéri lefolyási viszonyok javítása
– árvízvédelmi töltések kijjebb helyezése
– vésztározók létesítése.

Hullámtéri lefolyási viszonyok javításával jelentős eredményt lehet elérni. (20-50 cm-re becsülhető az elérhető árvízcsúcs csökkenés. Ez tűnik leghatékonyabb és leggyorsabban megvalósítható beavatkozásnak, de folyamatos fenntartást igényel.)

Ehhez:

1. Meg kell határozni a hullámtér hasznosításánál a prioritási sorrendet (árvízvédelmi biztonság, mezőgazdasági hasznosítás, természetvédelem, idegenforgalom, erdőgazdálkodás stb.), amit törvénybe kell rögzíteni, és a meglévő törvényeket ennek megfelelően módosítani.
2. El kell fogadni a hullámtér hasznosítási tervet és hasznosítási, művelési szabályzatot.
3. El kell fogadni és finanszírozni egy „Hullámtér” programot (13. sz. melléklet).

Árvízvédelmi töltések kijjebb helyezése:

Várhatóan magas fajlagos költsége és nagymértékű lakossági ellenállás miatt csak korlátozottan alkalmazható, de nem szabad eleve elvetni (pl. Közép-Tiszán egy szakasz vizsgálata különösen kívánatos).

Vésztározók létesítése:

A Tisza mellékfolyóin esetenként a leghatékonyabb módszer lehet. Kívánatos megvizsgálni, hogy a tiszai árvízcsúcsok csökkentéséhez milyen feltételekkel (átalakításokkal) lehet igénybe venni, a mellékfolyókon létesített vésztározókat.

Tisza mellett Tokaj-Kisköre között 500-1000 millió m^3 közötti tározó létesítését kell megvizsgálni. A tározókat úgy kell megépíteni, hogy a víz ki- és visszavezetés szabályozható legyen. Becslésünk szerint tározók építésével 50-100 cm-es árvízcsúcs csökkentés érhető el.

Beemelt belvizek mennyiségének csökkentése vízvisszatartási, belvíztározási lehetőségekkel.

Árvízi biztonság növelése:

Az árvízcsúcsok csökkentésére tervezett (hullámtéri lefolyási viszonyok javítása, árvízvédelmi töltések kijjebb helyezése, vésztározók létesítése) és garantáltan megvalósítandó **létesítmények és beavatkozások figyelembevételével kell meghatározni az árvízvédelmi töltések kiépítési szintjét és töltéserősítések megvalósításának ütemét.**

AZ-AZ: EGY ÚJ „VÁSÁRHELYI" TERVET kell készíteni és elfogadni.

Ui. Nem lehet megmondani, hogy a természet mennyi időt hagy számunkra az árvízvédelmi létesítmények fejlesztésére, ezért nem szabad a döntések előkészítésével és a DÖNTÉSEKKEL KÉSLEKEDNI!

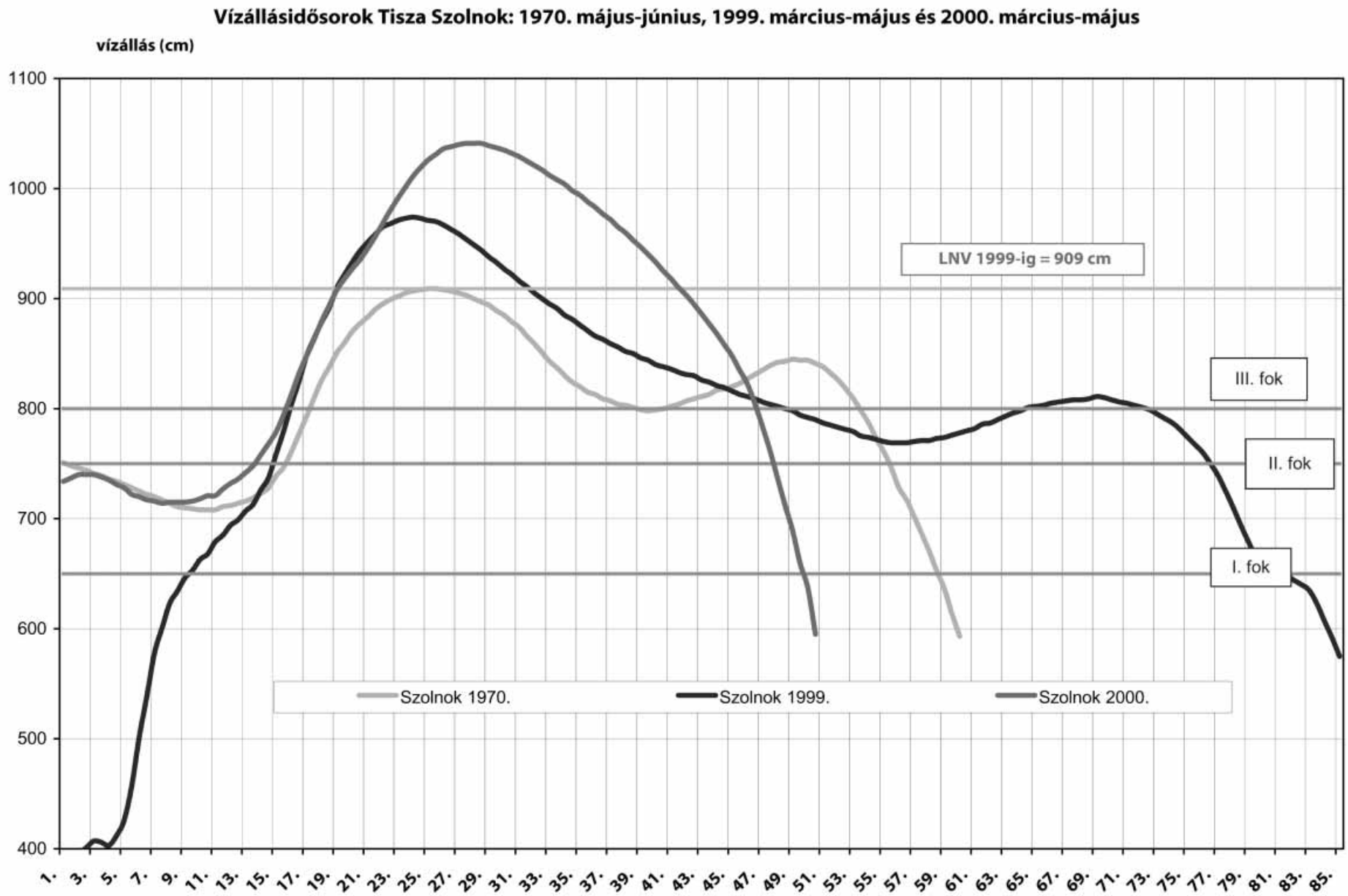
Ez esetben igaz az a mondás:

AKI IDŐT NYER, ÉLETET NYER!

Szolnok, 2000. november

Dr. Nagy István
igazgató

1. sz. melléklet

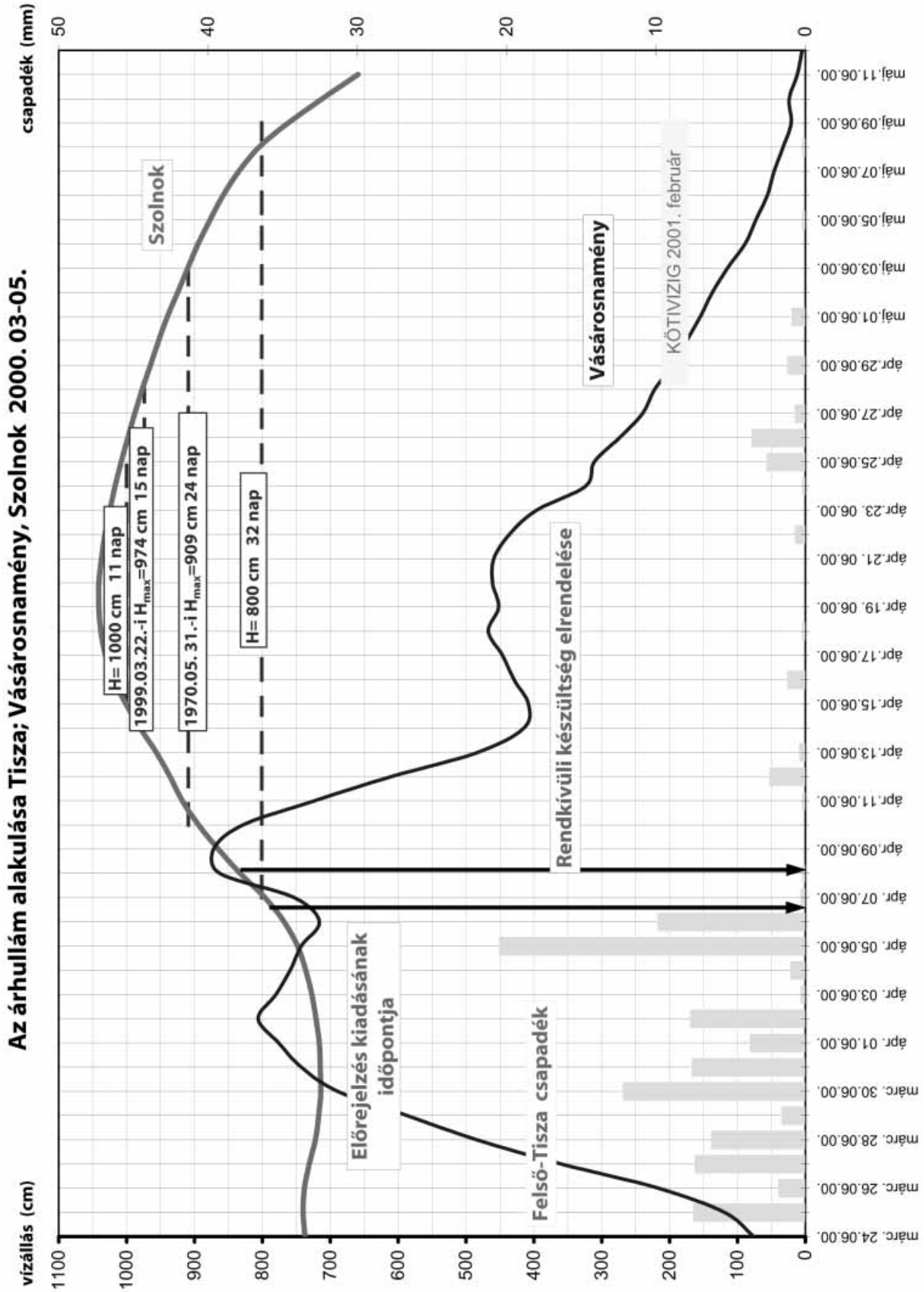


KÖZÉP-TISZA VIDÉKI VÍZÜGYI IGAZGATÓSÁG MŰKÖDÉSI TERÜLETE

Kiépítési szint - LNV < 20 cm az 1999. és 2000. évi árvizekkor:
töltés: 263,000 km
magaspart: 42,300 km
Összesen: 305,300 km

Árvízvédelmi fővédvonal összesen: 630,820 km
ebből töltés és vegyesszerkezet: 575,361 km
magaspart: 55,459 km

3. sz. melléklet



TETŐZÉSI ÉS MÉRTÉKADÓ ÁRVÍZSZINTEK A TISZÁN

VÍZMÉRCE	Mértékadó (cm)	Biztonság (m)	Mértékadó + biztonság * (cm)	LNV (cm)	E - B (cm)	D - E (cm)	Megjegyzés
A	B	C	D	E	F	G	H
Tiszabecs	662	1,00	762	736	74	26	
Tivadar	929	1,00	1029	1014	85	15	
Vásárosnamény	985	1,00	1085	943	-42	142	
Záhony	796	1,00	896	752	-44	144	
Dombrád	856	1,00	956	890	34	66	
Tokaj	916	1,00	1016	928	12	88	
Tiszalök	806	1,00	906	831	25	75	
T.palkonya	798	1,00	898	804	6	94	
Tiszafüred	816	1,50	966	881	65	85	C=100 cm esetén 35 cm
Kisköre-felső	934	1,50	1084	1040	106	44	C=100 cm esetén -6 cm
Kisköre-alsó	931	1,00	1031	1030	99	1	
Tiszaroff	990	1,00	1090	1088	98	2	
Tiszabő	994	1,00	1094	1080	86	14	
Szolnok	958	1,00	1058	1041	83	17	
Martfű	922	1,00	1022	1003	81	19	
Tiszaug	880	1,00	980	932	52	48	
Csongrád	972	1,00	1072	994	22	78	
Mindszent	1002	1,00	1102	1000	-2	102	
Szeged	971	1,50	1121	960	-11	161	

Megjegyzés: * 2001. április hónapban érvényben lévő szintek

MÉRTÉKADÓ ÁRVÍZSZINTEK ÉS ÁRVÍZVÉDELMI LÉTESÍTMÉNYEK ELŐÍRT MAGASSÁGÁNAK ALAKULÁSA TISZA, SZOLNOK

Érvényes	Mértékadó árvízszint + biztonság	LNV		Árvízvédelmi töltések előírt magassága
		értéke	éve	
1853-	1830. LNV + 0,75	**684**	1830.	684+75=**759 cm**
1855-	1853. LNV + 0,75	**685**	1853.	685+75=**760 cm**
1860-	1855. LNV + 1,26	**739**	1855.	739+126=**865 cm**
1888-	1888. LNV + 1,50	**818**	1888.	818+150=**968 cm**
1934-	1932. LNV + 1,50	**894**	1932.	894+150=**1044 cm**
1964-	Mértékadó+1,50	**894**	1932.	912+150=**1062 cm**
1976-	Mértékadó+1,00	**909**	1970.	958+100=**1058 cm**
1999-	Mértékadó+1,00	**974**	1999.	958+100=**1058 cm**
2000-	Mértékadó+1,00	**1041**	2000.	958+100=**1058 cm**

ÁRVÍZSZINTEK NÖVEKEDÉSE A TISZÁN

VÍZMÉRCE	L N V				LNV növekedése az 1998. előtti LNV-hez képest
	1998 előtt	1998-ban	1999-ben	2000-ben	
	A	B	C	D	E
Tiszabecs	680	708	260	488	28
Tivadar	865	964	656	783	99
Vásárosnamény	912	923	836	882	11
Záhony	751	737	657	711	-
Dombrád	890	815	758	833	-
Tokaj	880	872	894	928	48
Tiszalök	785	747	795	831	46
Tiszapalkonya	733	725	774	804	71
Tiszafüred	788	767	835	881	93
Kisköre-alsó	908	890	978	1030	122
Tiszaroff	958	940	1033	1088	130
Tiszabő	949	926	1023	1080	131
Szolnok	909	897	974	1041	132
Martfű	888	835	926	1003	115
Tiszaug	843	752	844	932	89
Csongrád	935	780	891	994	59
Mindszent	982	780	891	1000	18
Szeged	960	705	817	929	-

ÁRVÍZCSÚCSOK NÖVEKEDÉSE
(T I S Z A)

	VÁSÁROS-NAMÉNY	TOKAJ	TISZA-FÜRED	KISKÖRE (Taskony)	SZOLNOK	SZEGED
1772.	-	-	-	-	-	630
1830.	-	715	-	-	684	613
1855.	770	768	-	-	739	691
1876.	817	784	-	-	753	786
1877.	778	707	-	-	688	793
1879.	785	755	-	-	763	806
1881.	866	780	-	-	764	845
1888.	900	872	742	-	818	847
1895.	840	815	733	841	827	884
1919.	850	854	-	882	882	916
1932.	848	856	750	873	894	923
1967.	762	831	765	877	881	836
1970.	912	858	773	887	909	961
1979.	853	880	788	912	904	842
1998.	923	872	767	890	897	705
1999.	836	894	835	978	974	817
2000.	882	928	881	1030	1041	929

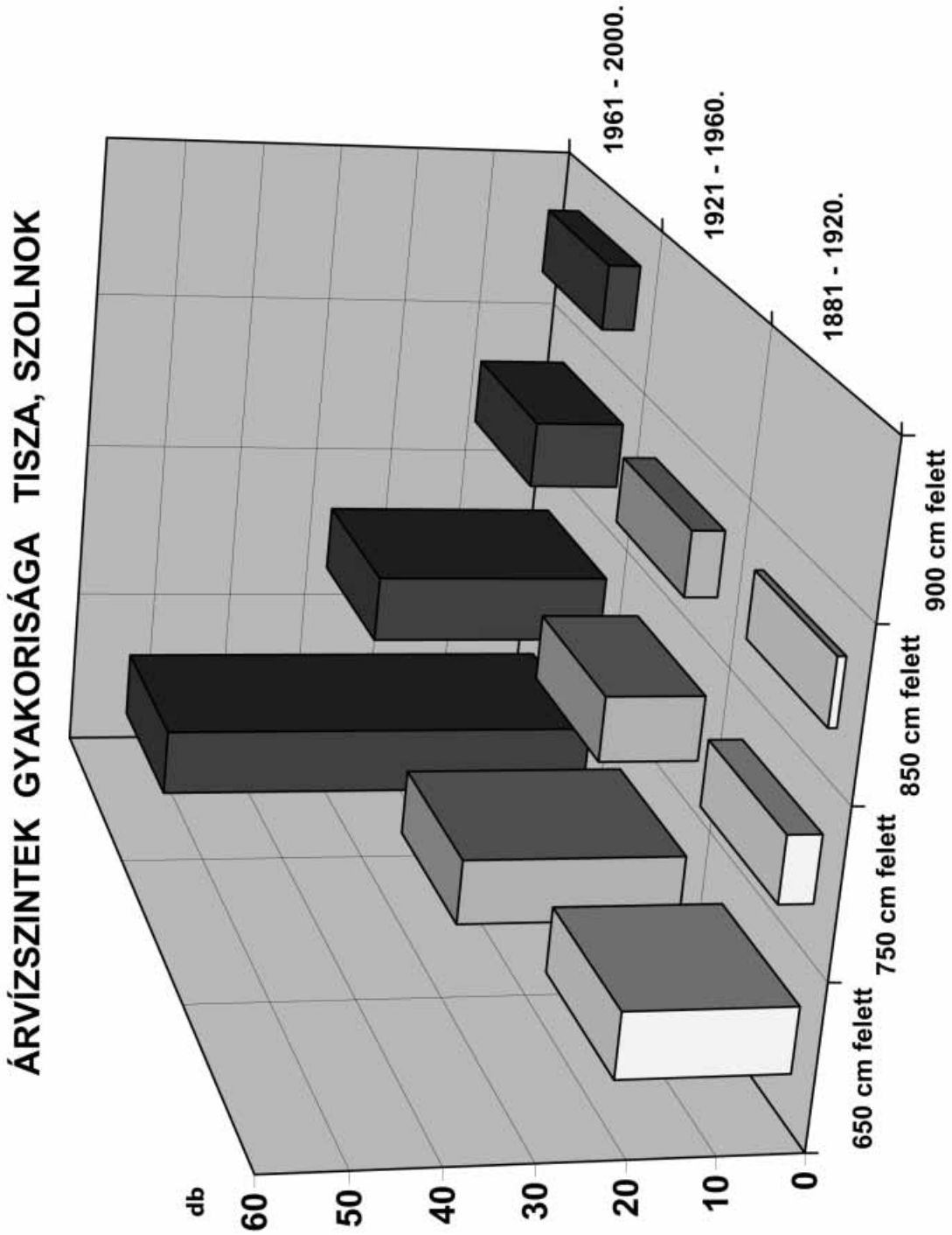
ÁRVÍZSZINTEK GYAKORISÁGA
Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	750 cm felett	850 cm felett	900 cm felett
1881 - 1920.	20	4	1	0
1921 - 1960.	27	12	4	0
1961 - 2000.	54	29	11	4

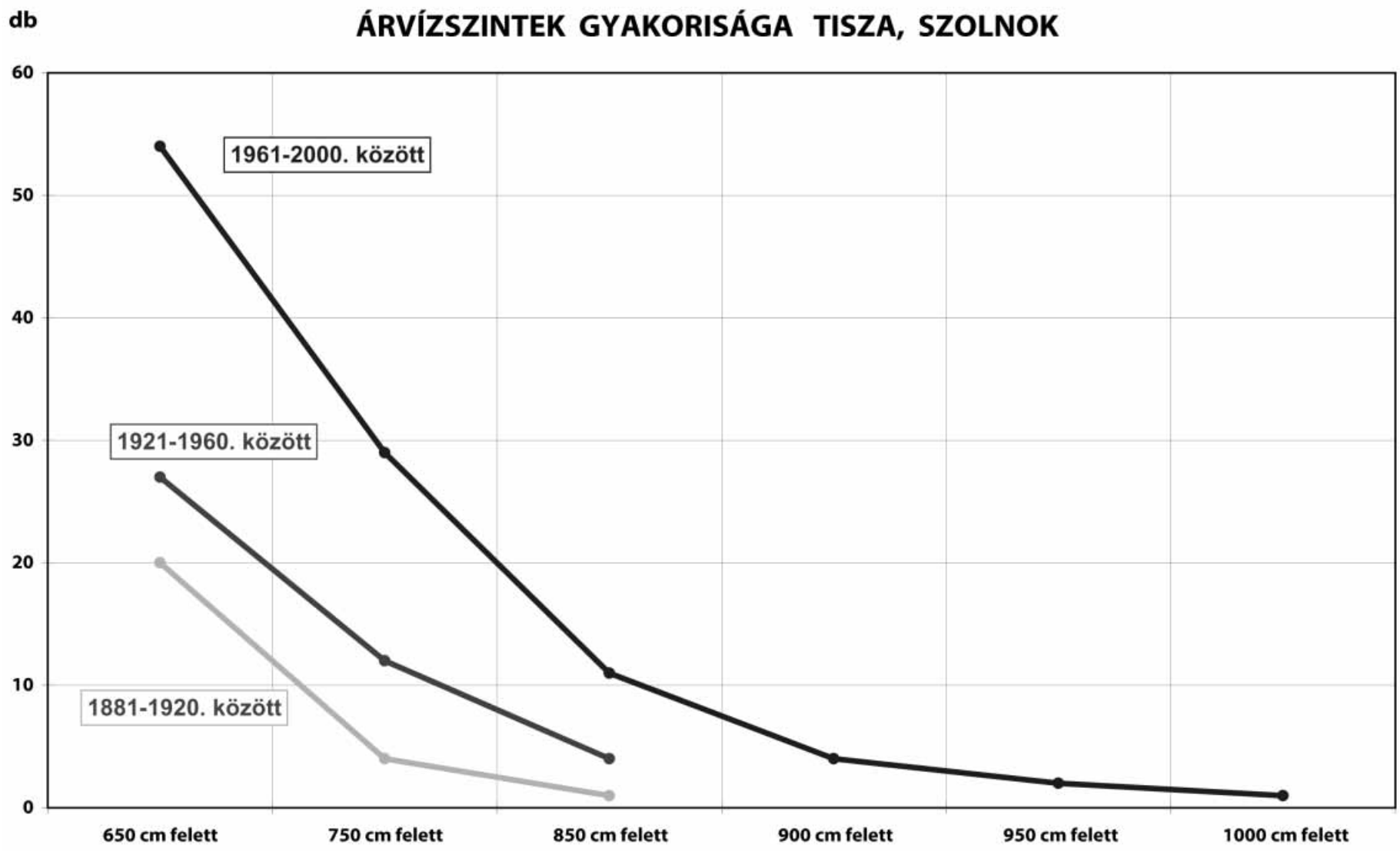
ÁRVÍZSZINTEK GYAKORISÁGA
Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	9	5	2	2	0	0	0	0
1911 - 1940.	20	15	9	5	3	0	0	0
1941 - 1970.	31	19	13	11	6	1	0	0
1971 - 2000.	41	32	21	10	7	3	2	1

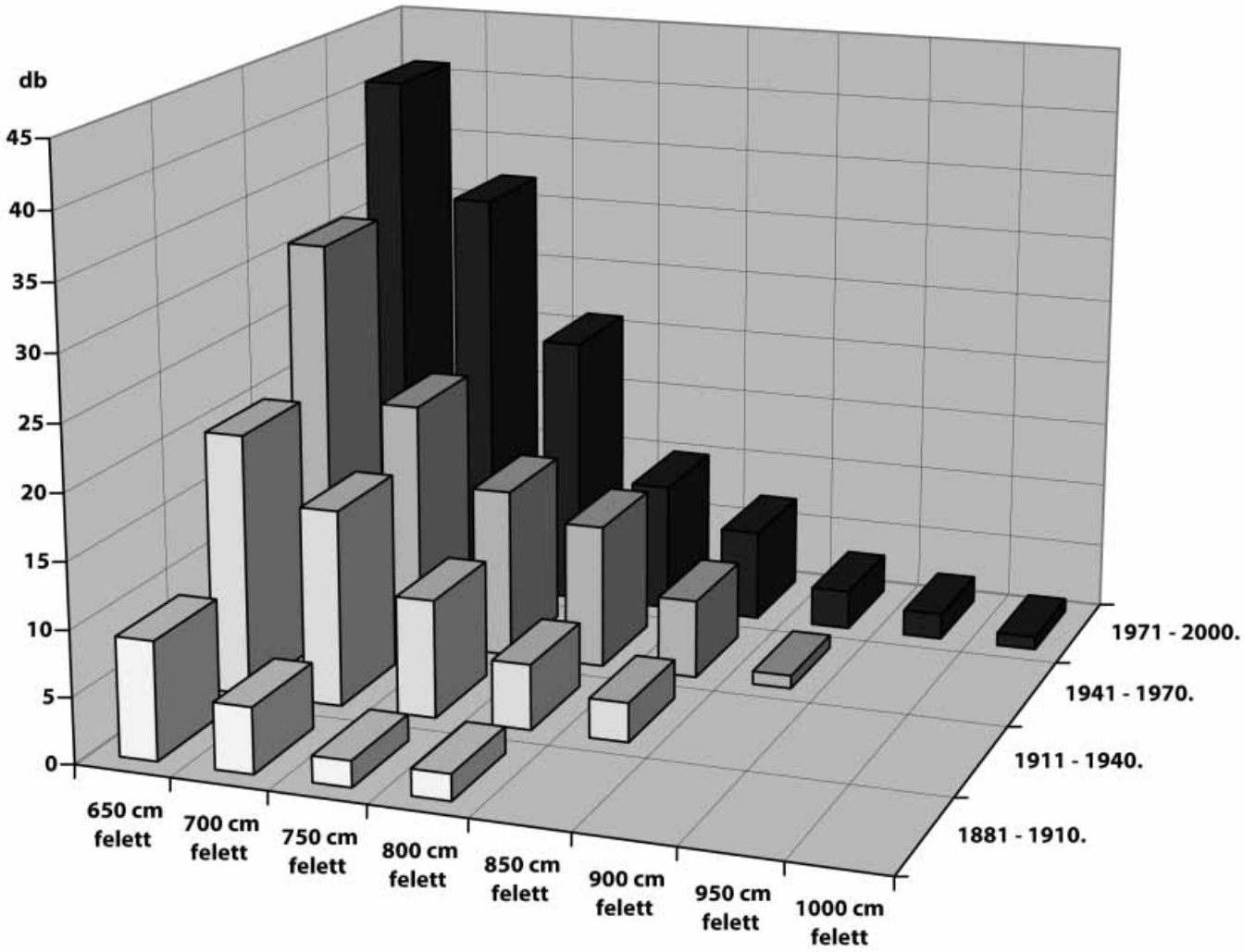
7a. sz. melléklet

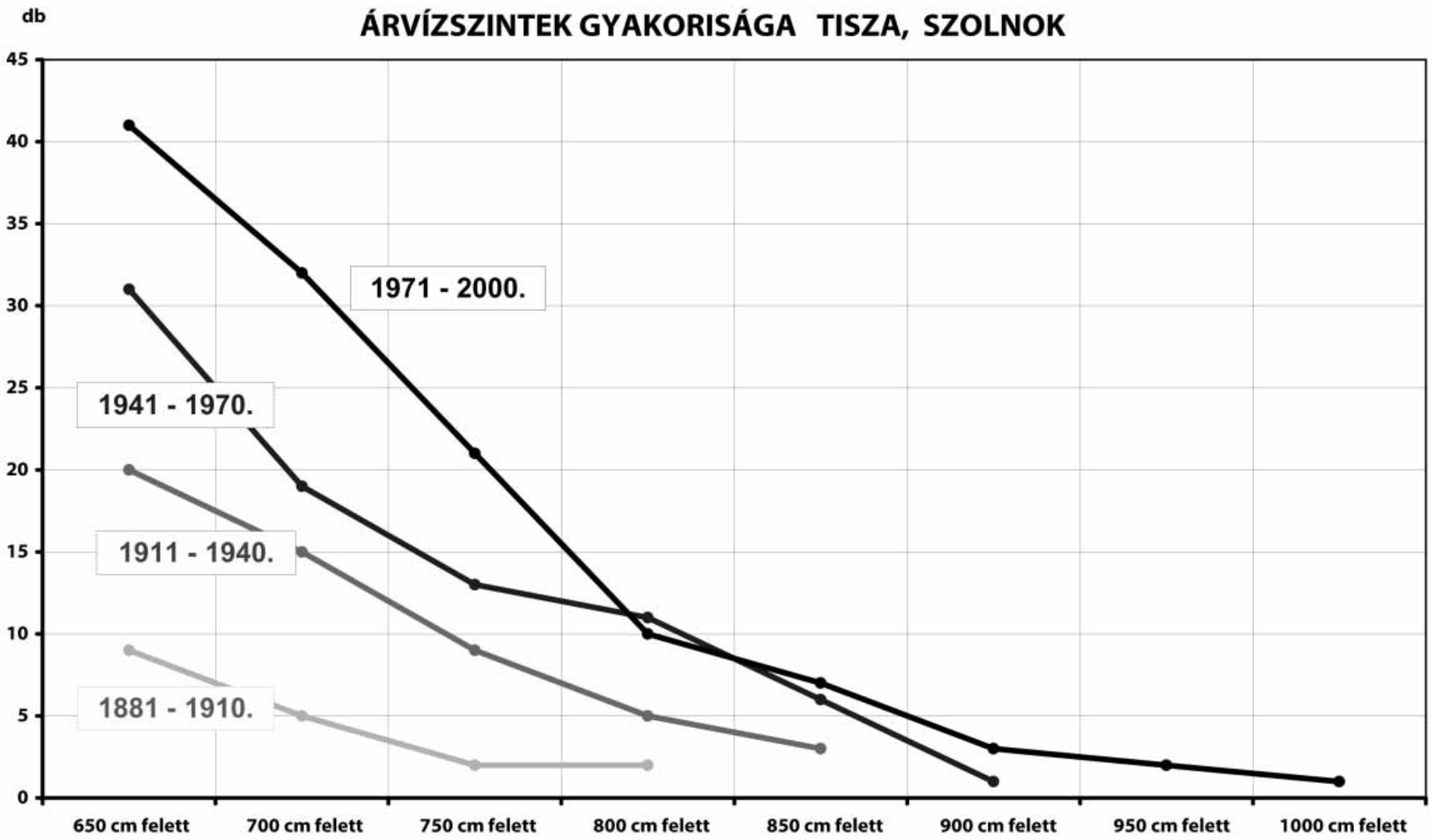


7b. sz. melléklet



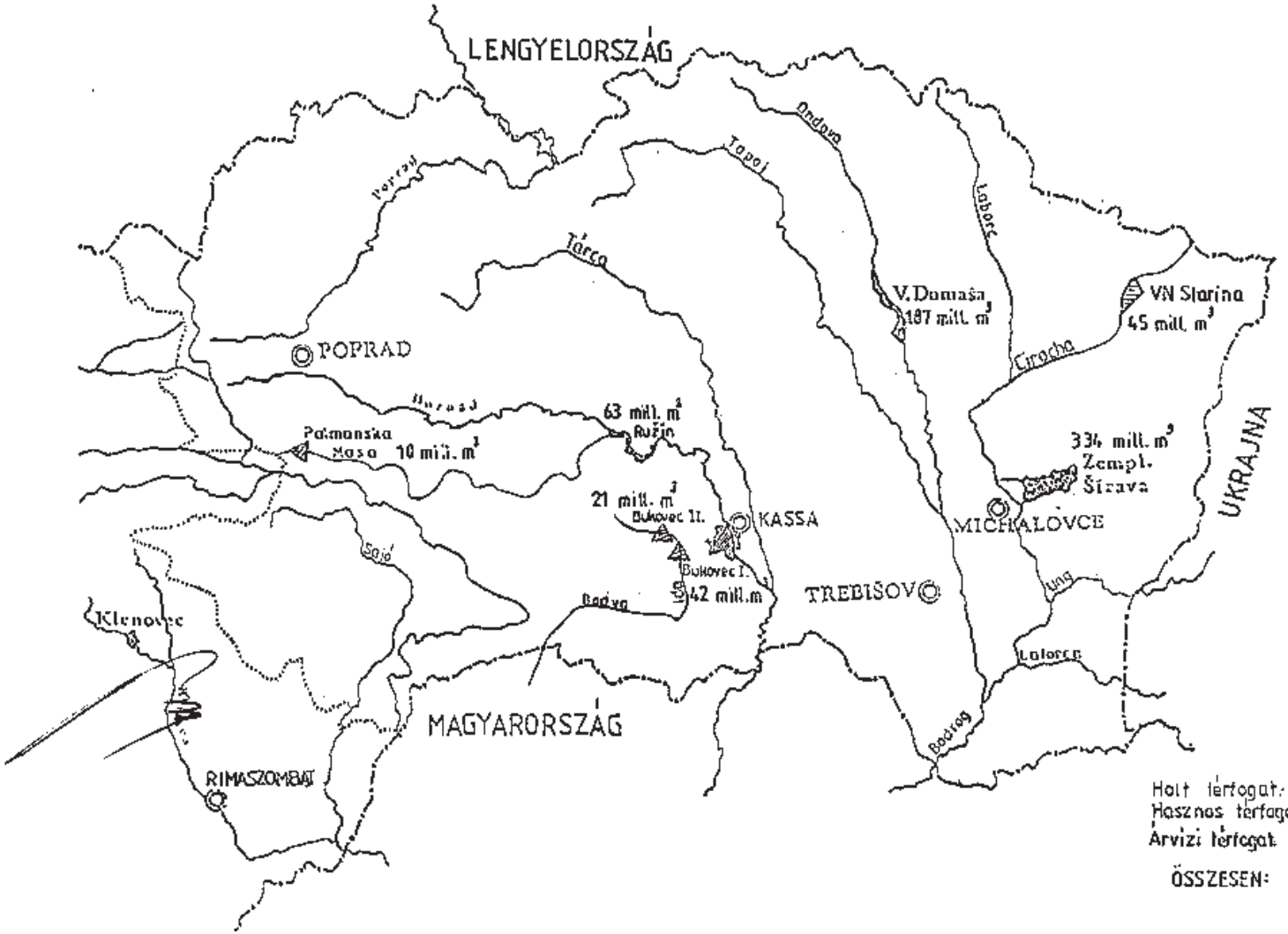
ÁRVÍZSZINTEK GYAKORISÁGA TISZA, SZOLNOK




db
ÁRVÍZSZINTEK GYAKORISÁGA TISZA, SZOLNOK
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
1971 - 2000.
1941 - 1970.
1911 - 1940.
1881 - 1910.
650 cm felett
700 cm felett
750 cm felett
800 cm felett
850 cm felett
900 cm felett
950 cm felett
1000 cm felett

8. sz. melléklet

10 millió m³ feletti víztározók a Bodrog és a Sajó-Hernád vízgyűjtőjén

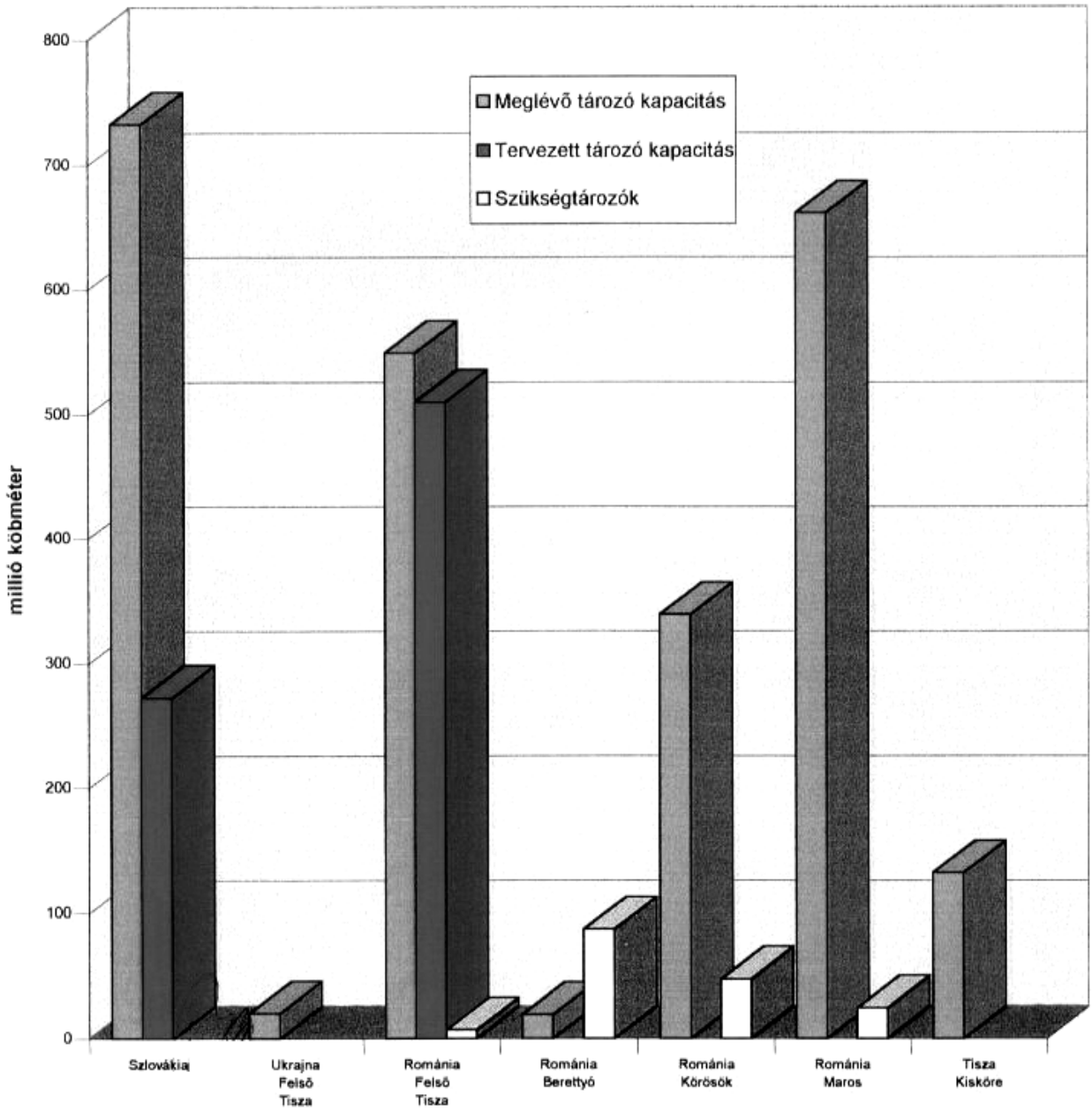


Holt térfogat:	90,94 millió m³
Hasznos térfogat:	505,03 millió m³
Árvízi térfogat	136,49 millió m³
ÖSSZESEN:	732,46 millió m³

9. sz. melléklet

Meglévő és tervezett tározók a Tisza vízgyűjtőjén

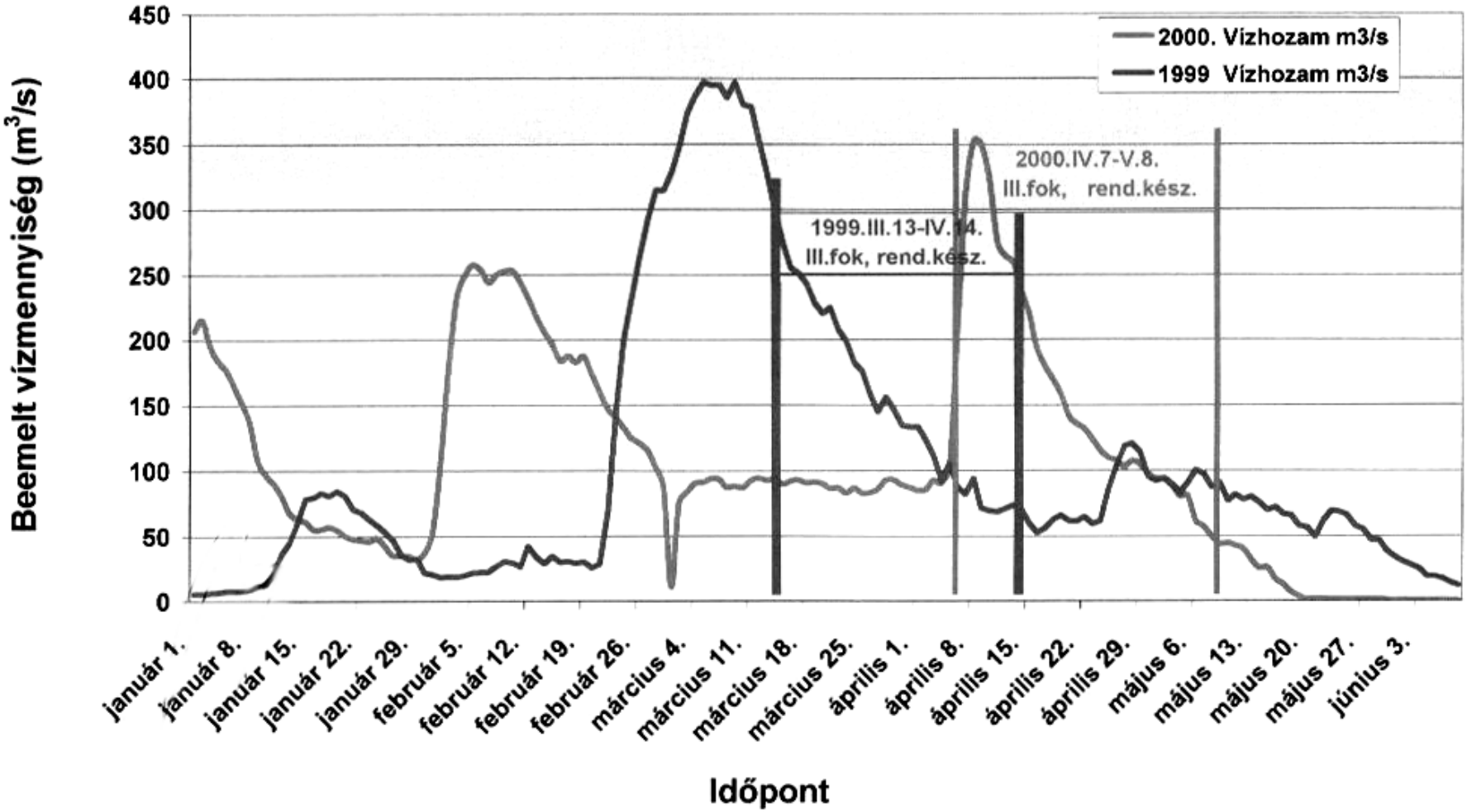
	Szlovákia	Ukrajna Felső Tisza	Románia Felső Tisza	Románia Berettyó	Románia Körösök	Románia Maros	Tisza Kisköre	Külföldi Vízgy. össz.
Meglévő tározó kapacitás	733	20	549	19	339	661	132	2321
Tervezett tározó kapacitás	273		510					783
Szükségtározók			6,8	86,9	47,5	24,5		166

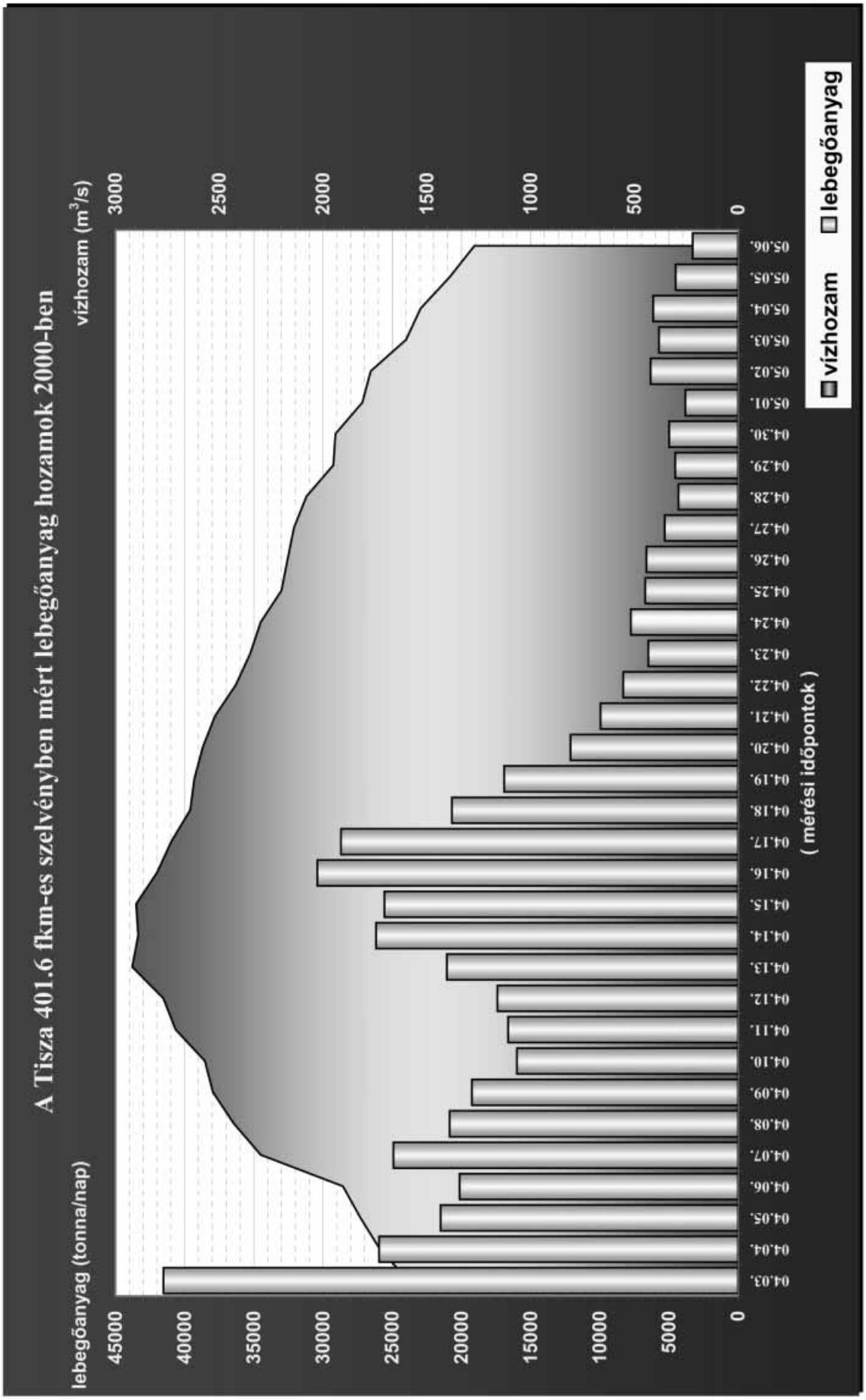


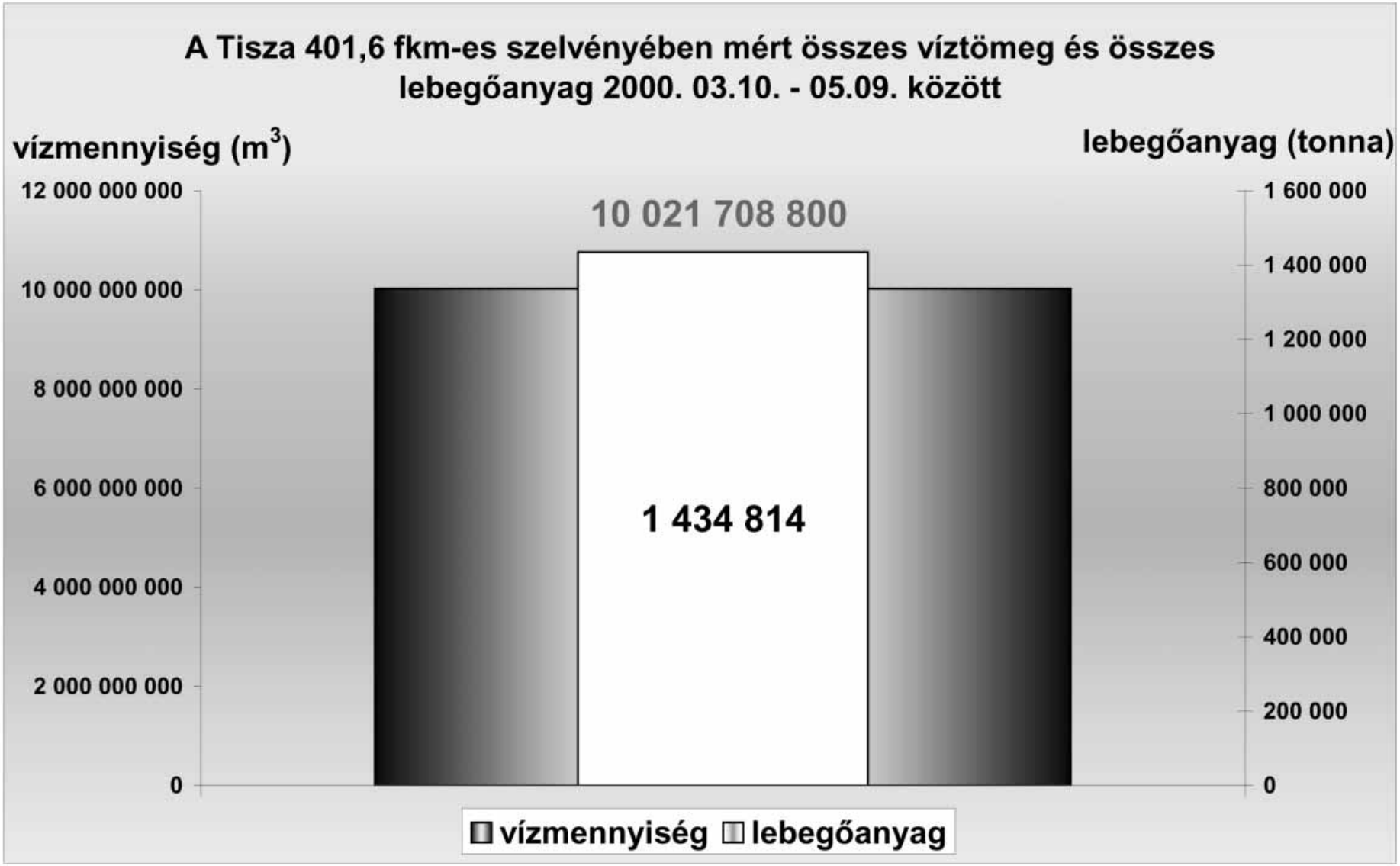
1998.03.18.

10. sz. melléklet

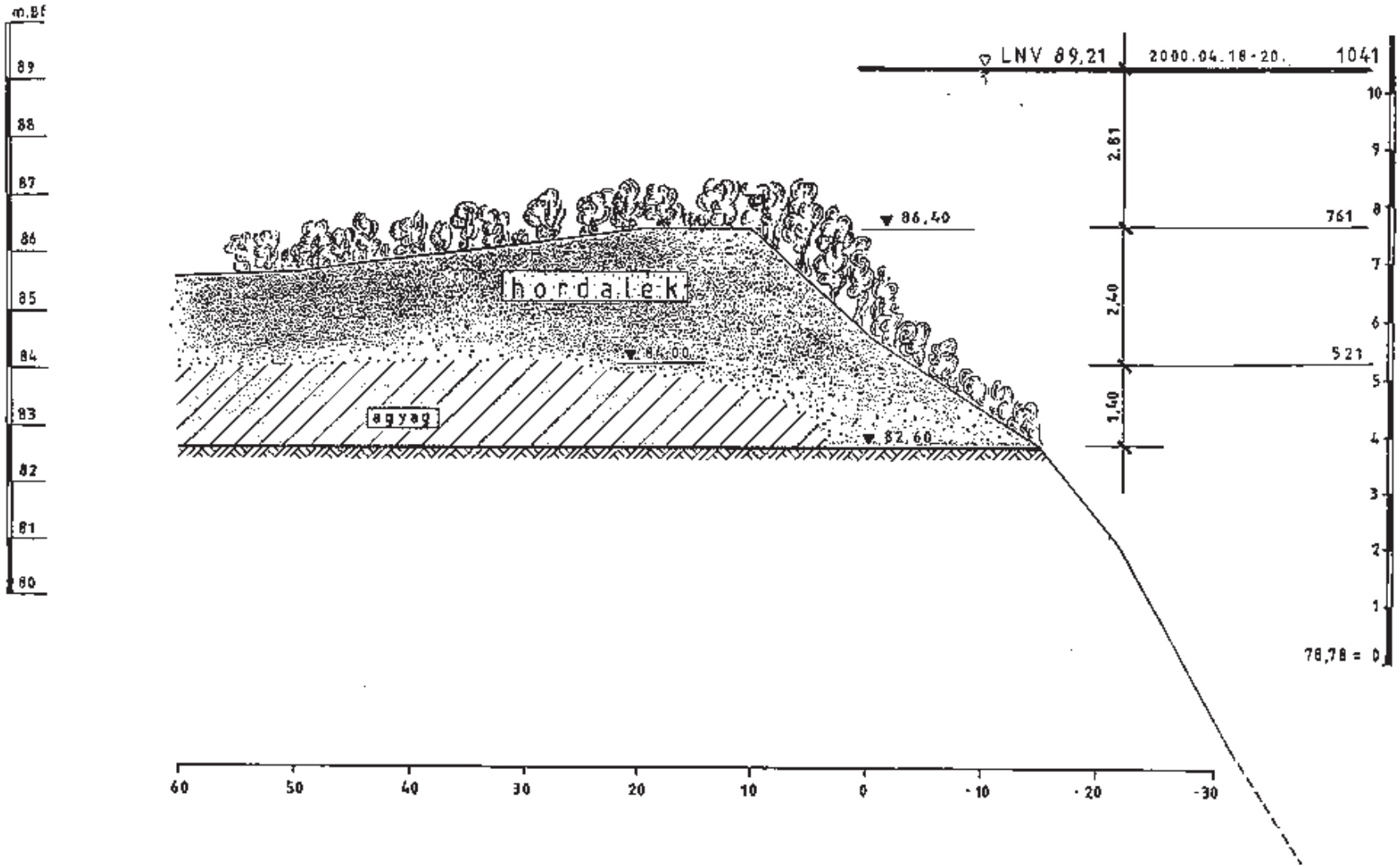
TISZAI VÍZGYŰJTŐT TERHELŐ BELVÍZ
(Csak VIZIG-ek által beemelt vízmennyiség)
1999 - 2000. év



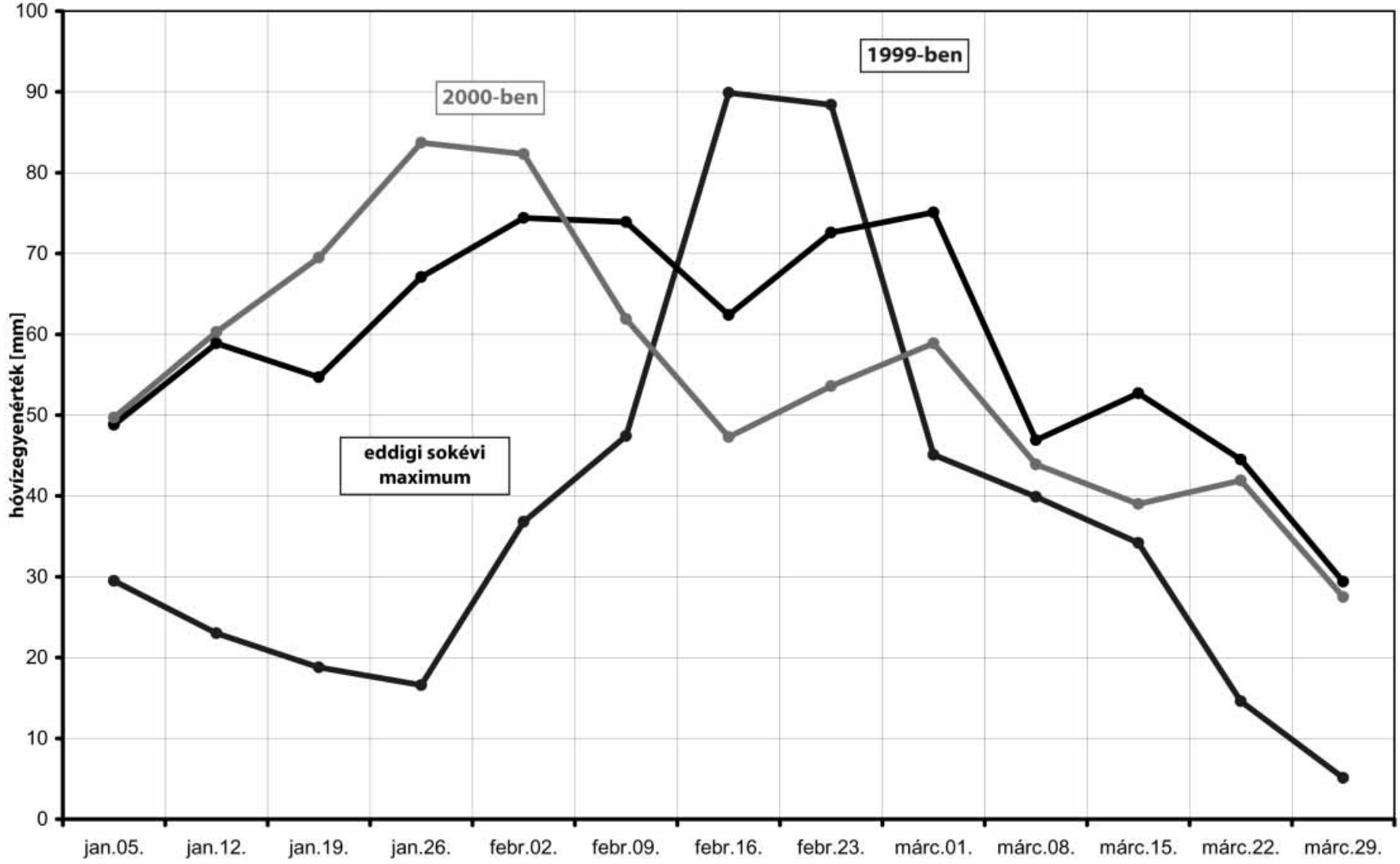

A Tisza 401.6 fkm-es szelvényben mért lebegőanyag hozamok 2000-ben
lebegőanyag (tonna/nap)
vízhozam (m3/s)
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
04.03.
04.04.
04.05.
04.06.
04.07.
04.08.
04.09.
04.10.
04.11.
04.12.
04.13.
04.14.
04.15.
04.16.
04.17.
04.18.
04.19.
04.20.
04.21.
04.22.
04.23.
04.24.
04.25.
04.26.
04.27.
04.28.
04.29.
04.30.
05.01.
05.02.
05.03.
05.04.
05.05.
05.06.
(mérési időpontok)
vízhozam
lebegőanyag


A Tisza 401,6 fkm-es szelvényében mért összes víztömeg és összes lebegőanyag 2000. 03.10. - 05.09. között
vízmennyiség (m3)
lebegőanyag (tonna)
12 000 000 000
10 000 000 000
8 000 000 000
6 000 000 000
4 000 000 000
2 000 000 000
0
1 600 000
1 400 000
1 200 000
1 000 000
800 000
600 000
400 000
200 000
0
10 021 708 800
1 434 814
vízmennyiség
lebegőanyag

TISZA BALPART, SZOLNOK
ÖVZÁTONY FEJLŐDÉSE
(ÁRAPASZTÓ)



Hóvízegyenérték a Tisza 200 m feletti vízgyűjtőjén



IDÉZETEK

Idézet az első magyar vízjogi törvényből (1885)

„Töltések közé fogott folyóknál a töltések közti előtéren a műszakilag megállapitott megfelelő normál szélességben, nemkülönben a fakadó és szivárgó vizek ellen való védelemre szükséges területeken csak a közmunka- és közlekedésügyi minister által rendeleti uton megállapitott művelési módok alkalmazhatók.

Ha a rendelet kibocsátása előtt más művelési módok voltak alkalmazva, s ha különösen - a közmunka- és közlekedésügyi minister által műszaki közegei véleménye alapján megállapitandó határig a viz szabadabb lefolyásának biztositása szempontjából - az illető területnek a fáktól, növényektől és más anyagoktól való kitisztitása szükségesnek találtatnék, ugy ezen kitisztitás költségei, valamint a művelési mód változásából eredő értékcsökkenés azok által téritendők meg, a kiknek érdekében ez intézkedés történt.”

Idézet az első magyar vízjogi törvény magyarázó szövegéből (1885)

„Hazai mérnökeink is belátták, *de ezen nézetükben megerősíttettek a szegedi katasztrófa után meghallgatott külföldi szakértők véleménye által is,* ***hogy csak töltések emelése által az árviznek kitett területek bizton nem mentesithetők, hanem szükséges, hogy az árvizeknek rendes lefolyása is biztosittassék, minélfogva a töltések közti előterekről minden a vizfolyást akadályozó ültetvény vagy épület egy bizonyos szélességben eltávolitandó s az ezen területen alkalmazandó mívelésmódok meghatározandók.*** *Az ilyen rendszabálynak rendeleti uton való végrehajtása azonban számtalan nehézségekre adott volna alkalmat s igy várni kelle azzal, míg a törvény rendelkezik.”*

Idézet Dr. Mosonyi Emil professzor 2000. április 14-én tartott előadásából

„Én úgy látom, Magyarországon a következő alapvető problémák lesznek a jövőben. Nem kell hivatkoznom az árvízvédelemre és a belvízvédelemre, látjuk, hogy mi történik az országban mostanság. Az akadémiai előadásomban tettem már néhány megjegyzést a mértékadó árvízhozam megállapítására. ***Nagyon jól tudjuk, kedves barátaim, hogy az árvédelmi töltéseket nem lehet az égig emelni. Meg kell állni, és csak helyenként lehet kisebb magasításokat végezni.*** *Tehát tinektek és a követőiteknek az a feladatuk a jövőben a XXI. század elején, hogy olyan intézkedési módszert dolgozzatok ki, amelyekkel az árvízkárokat csökkenteni lehet. Ide tartozik az előrejelzés kérdése, az árvédelmi töltések megerősítése, a stabilitásuk, hogy ne történjenek gátszakadások, stb. Azután ha az árvíz mégis elönt egy területet, mit kell előre tenni és mit kell az elöntéskor tenni, azért hogy a kár a legkisebb legyen. Erre kell koncentrálni. Ez egy alapvető feladat Magyarországon.”*

A Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztését megalapozó hidrológiai és hullámtér hidraulikai vizsgálatok eredményei a Közép-Tiszán

Dr. Kovács Sándor, Váriné Szöllősi Irén
Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok

A Tiszán az 1998-2001. években levonult árhullámok átformálták a folyó árhullámairól alkotott addigi ismereteinket és elképzeléseinket. A Tisza felső és középső szakaszán 130-140 cm-es árvízcsúcs növekedések alakultak ki, amire még a folyószabályozást követő évtizedekben sem volt példa.

Tanulmányunkban rövid bemutatást kívánunk adni az elmúlt években a Közép-Tiszán (Tiszafüred-Csongrád közötti folyószakaszon) végzett árvízi méréseinkről, az egész vízgyűjtőre kiterjedő vizsgálataink eredményeiről, okfejtéseinkről az árhullámok kialakulásának okaira, azok esetleges rendkívüliségére vonatkozóan.

Az árhullámok levonulása során számos, különböző jellegű (vízhozam, áramlásirány, hordalék) mérést végeztünk mind a főmederben, mind a hullámtéren. A mérések eredményeit összehasonlítottuk az eddigi történelmi mérésekkel. Kiszámítottuk a különböző szintek feletti árvíztömeget. Az elmúlt 120 évre elvégeztük a I. fokú árvízvédelmi szint felett tetőző árhullámok gyakoriság vizsgálatát, az 1%-os árvízszint meghatározását a tiszai törzsvízmércékre. Feldolgoztuk az igazgatósági gátőri vízmércék adatait, meghatároztuk az érdességi (simasági) tényezőt. Tiszabecstől – Orsováig (Vaskapuig), kiszámítottuk és ábrázoltuk a különböző árhullámokra vonatkozó vízfelszíneséseket és az egyes szakaszokra jellemző vízszintkülönbségeket.

A HEC-RAS nevű amerikai egydimenziós programmal számos futtatást végeztünk Tisza, Tokajtól – Zentáig terjedő szakaszára. A modellt először az 1970. évi árhullámra, majd a 2000. évi lefolyásviszonyokra kalibráltuk be. A teljes körű vizsgálatok elvégzéséhez terveink között szerepel a modell kiterjesztése a Husztól a Tisza torkolatáig.

Az eddig elvégzett számításaink alátámasztják azon meggyőződésünket, hogy a Tisza középső szakaszán eddig nem tapasztalt magas árvízszintek kialakulása – hidrometeorológiai tényezők kedvezőtlen egybeesése mellett – döntően a meder (főmeder + hullámtér) vízszállító képességének csökkenésével és a vízgyűjtőn bekövetkezett változásokkal magyarázható. A Tisza vízszállító képessége az elmúlt 100 évben egyértelműen romlott. A jelenségeket lehet különbözőképpen értékelni (hisz ez nemcsak a hidrológiában, de az élet minden területén így van), de az utókort nem ez fogja érdekelni, hanem az, milyen körülményeket, milyen biztonságot nyújtunk nekik és nem utolsó sorban az, milyen pontos adatokat, méréseket szolgáltatunk számukra.

Hidrometeorológiai tényezők

A hidrometeorológiai jelenségek kedvezőtlen alakulása, a Tisza árhullámának és a mellékfolyók árhullámainak időbeli egybeesése alapvetően meghatározza a tetőző vízszintek értékeit. Vizsgáljuk meg, az 1999/2000. évi hidrometeorológiai jelenségek mennyiben nevezhetők rendkívülinek.

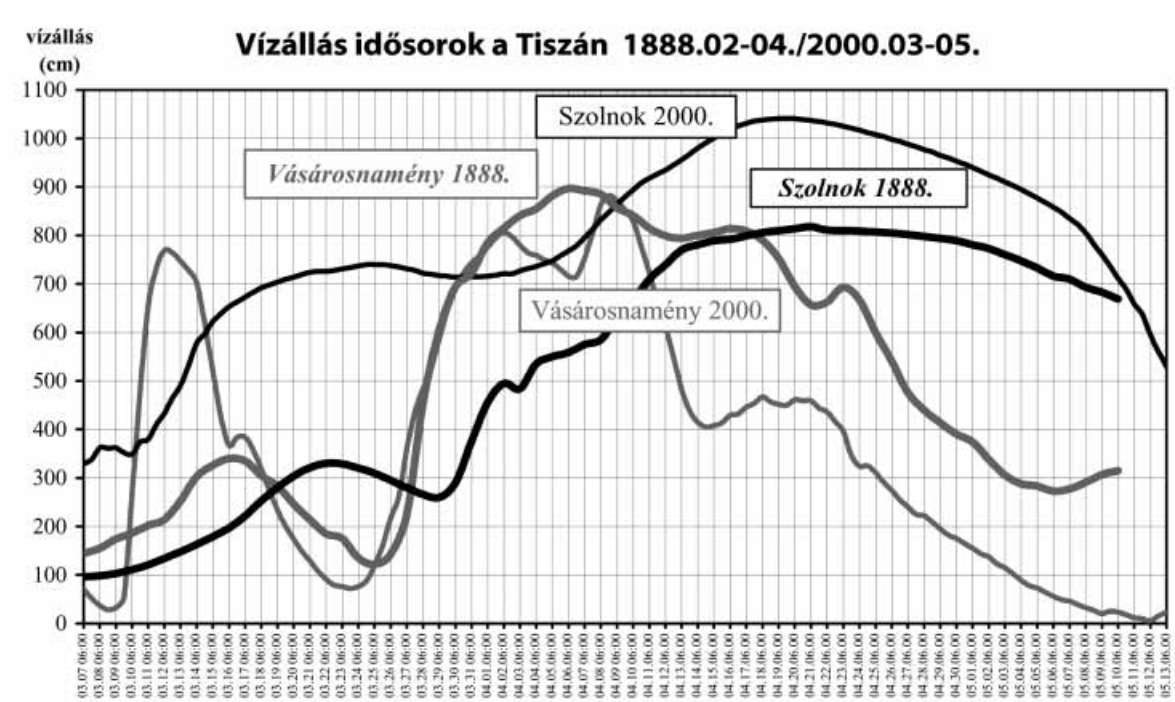
A 2000. áprilisi árhullámot hosszantartó, mennyiségében is jelentős csapadék előzte meg. A hegyekben a hófelhalmozódás már november elején elkezdődött. A kisebb felmelegedések, az ismétlődő hóesések következtében a hóréteg víztartalma fokozatosan gyarapodott. Annak ellenére, hogy a hóvíztartalom március végére a vízgyűjtőkön összességében nem érte el az 1999. évit, néhol addig nem látott vastagságú és tömörségű hóréteg keletkezett. A felhalmozódott hó mennyisége nagy volt, de rendkívülinek mégsem lehetett nevezni. (1970-ben, 1985-ben, 1987-ben hasonló mennyiségű hóréteg fedte a térséget.)

A Felső-Tiszán gyakoriak a 3-4 „pupú”, 400-600 cm szint között tetőző árhullámok, amelyek később a Tisza középső szakaszán egymásra futnak és egy, komoly méretű árhullám formájában vonulnak le. Rendkívüliség a Felső-Tiszán alakult ki, mely az árhullámok közelségében és méreteiben nyilvánult meg. A folyamatos csapadéktevékenység hatására március 8. és április 8. között a vízgyűjtőkről három egymást követő, méreteiben egyre növekedő árhullám indult el. Az első árhullám (HmaxVnamény=769 cm) feltöltötte a Közép-Tisza hullámtereit. A vízszintek még alig csökkentek, amikor megérkezett a következő árhullám (HmaxVnamény=806 cm), amely a szolnoki szelvényben 900 cm-es vízállást eredményezett volna. Ezt követően újabb, az előzőeket meghaladó árhullám (HmaxVnamény=882 cm) indult el. A vásárosnaményi szelvényben egy hónapon belül három ilyen méretű árhullám még nem keletkezett. A Felső-Tiszán kialakult árhullámokkal egy időben, a mellékfolyókon is elindult egy-egy árhullám. Az utolsó árhullám csoport a mellékfolyók határ menti szelvényeiben szinte ugyanazon a napon (április 6-7-én) tetőzött. Annak ellenére, hogy a mellékfolyók árhullámai – a Fehér-Köröst kivéve – sehol sem ered-

ményeztek új maximumokat, jelentős árvíztömegük miatt a Tisza középső szakaszán igen magas mederteltséget okoztak. Erre a nagy mederteltségre futott rá a Tisza harmadik árhulláma.

Lehetséges-e, hogy a Közép-Tiszán a 2000. áprilisi árhullámnál magasabb árhullám vonuljon le? A válasz, egyértelműen igen. A Tisza történetében voltak, és valószínűleg lesznek a 2000. évinél kedvezőtlenebb időjárási viszonyok. Gondoljuk csak arra, mekkora árhullám alakult volna ki, ha az 1999-ben felhalmozódott hómennyiségre hullott volna le a 2001. évi csapadék. Meteorológiai szempontból ez nem kizárt. Hidrometeorológiai szempontból mértékadó árvizek egyikének az 1888. év tekinthető, amikor a Tisza vízállása Vásárosnaménynál 16 napon keresztül meghaladta a 790 cm-t, és egyidejűleg a mellékfolyók vízszintje is kiemelkedően magas volt. A vásárosnaményi szelvényben az utóbbi évek árvizeinek 800 cm feletti tartóssága egyetlen egy esetben sem haladta meg a 3,5 napot. 1888-ban a 900 cm-es vásárosnaményi tetőzés úgy alakult ki, hogy a mellékfolyók mentén alig maradt ép töltés.

Az 1. ábrán az 1888. és a 2000. évi árhullámok vízállás idősorait ábrázoltuk a vásárosnaményi és a szolnoki szelvényben. Az ábrán jól látható az 1888. és a 2000. évi árhullámok közötti, eltérő víztömeg- és vízszintbeli különbség a két szelvényben.



1. ábra

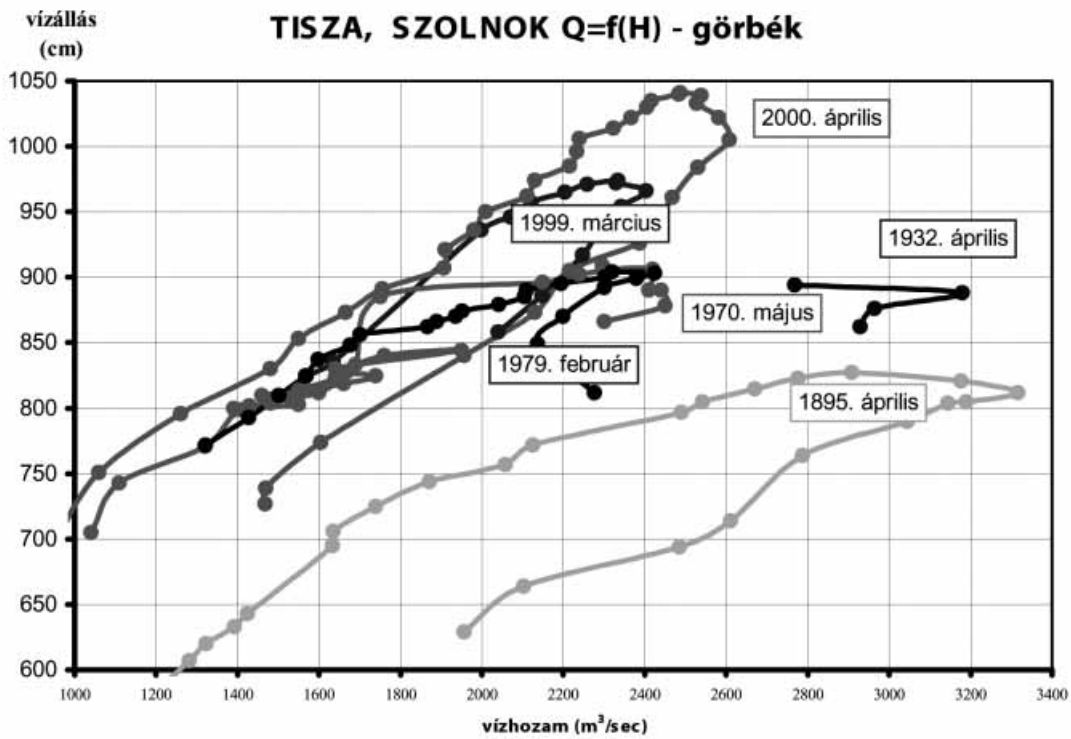
A meder vízszállító képessége

A meder vízszállító képességét legpontosabban a vízhozamok elemzésével tudjuk bemutatni. Ezt annak ellenére állítjuk, hogy a Közép-Tiszán a kis meder-, és vízfelszínesések miatt a Hármas-Körös, a Maros és bizonyos mértékig a Duna visszaduzzasztása is hatással van az árhullámok levonulására és egyben az árvízi hurokgörbék alakjára.

A vízhozammérések elemzésének egyik fontos kérdése volt, elfogadjuk-e, a vizsgálatokba bevonjuk-e a történelmi (1895. és 1932. évi) méréseket? Az alábbiakban látni fogjuk, hogy ezeket a méréseket semmiképpen nem szabad mellőzni. Csak e mérések feldolgozásával, kiértékelésével lehet magyarázatot találni (megmagyarázni) és megérteni a szabályozott mederben 100 éve lejátszódó jelenségeket.

A 2. ábrán felrajzoltuk az 1895., 1932., 1970., 1979., 1999. és a 2000. évi, kiemelkedő méretű árhullámok idején végzett vízhozammérések eredményeit. Meg kell említeni, hogy az 1895. és az 1932. évben végzett mérések nem a szolnoki szelvényben, hanem a tiszapüspöki és a vezsenyi szűkületben történtek, de a vízállásokat már a mérések idején a szolnoki vízmércére vonatkoztatták.

A mérések alapján megszerkesztett hurokgörbék között lényeges eltérés figyelhető meg, de időszakonként hasonlóság is felfedezhető.Az 1895-ben (Hmax=827 cm) és 1932-ben (Hmax=894 cm) végzett vízhozammérések maximumai hasonlóak voltak, és meghaladták a 3100 m^3/sec értéket. (1932-ben csak a maximális vízszint közelében tudtak mérni.) Az 1932. évi maximális vízhozam 140 m3/sec-al volt kisebb, mint 1895-ben, ennek ellenére a tetőző vízállás 67 cm-el magasabb szinten következett be. 1895. és 1932. között 37 év telt el. Ez alatt a közel négy évtized alatt a töltések vonalvezetésében számottevő változás nem történt. A vízszintek emelkedése a meder vízszállító képességének megváltozásával magyarázható. Sajnos az 1919. évi árhullám idején nem volt lehetőség vízhozammérések végzésére.



2. ábra

Az 1970-ben (Hmax=909 cm) és 1979-ben (Hmax=904 cm) végzett mérések szintben és vízhozamban is nagyon hasonlóak voltak. A 900 cm-t kissé meghaladó tetőzésekhez 2400 m^3/sec feletti vízhozamok tartoztak. 1932. és 1970. között 38 év telt el. (Szinte évre ugyanannyi, mint 1895. és 1932. között.) Viszont az 1932. évi szintet kissé meghaladó 1970. és 1979. évi tetőző vízállások 400-500 m3/sec-al kisebb vízhozamnál álltak elő.

Az elmúlt évek árhullámai során az eddigieknél lényegesen magasabb maximális szintek alakultak ki. 1999-ben (Hmax=974 cm) az 1970. és az 1979. évi tetőző vízhozamhoz hasonló vízhozamot mértünk, viszont 65 cm-el magasabb vízszintnél. A 2000. évi árhullám (Hmax=1041 cm) idején a maximális vízhozam 2600 m^3/sec volt.

A (vízhozam)hurokgörbék meredeksége az évtizedek múlásával fokozatosan növekedik. Meg kell említeni, hogy jelenleg a szolnoki szelvényben a 800 cm feletti vízállástartományban az 1 cm-es vízszintemelkedéshez (csak) már 3,5 m^3/sec vízhozam növekedés is elégséges (tartozik).

Árvízszintek gyakorisága, 1 %-os árvízszint

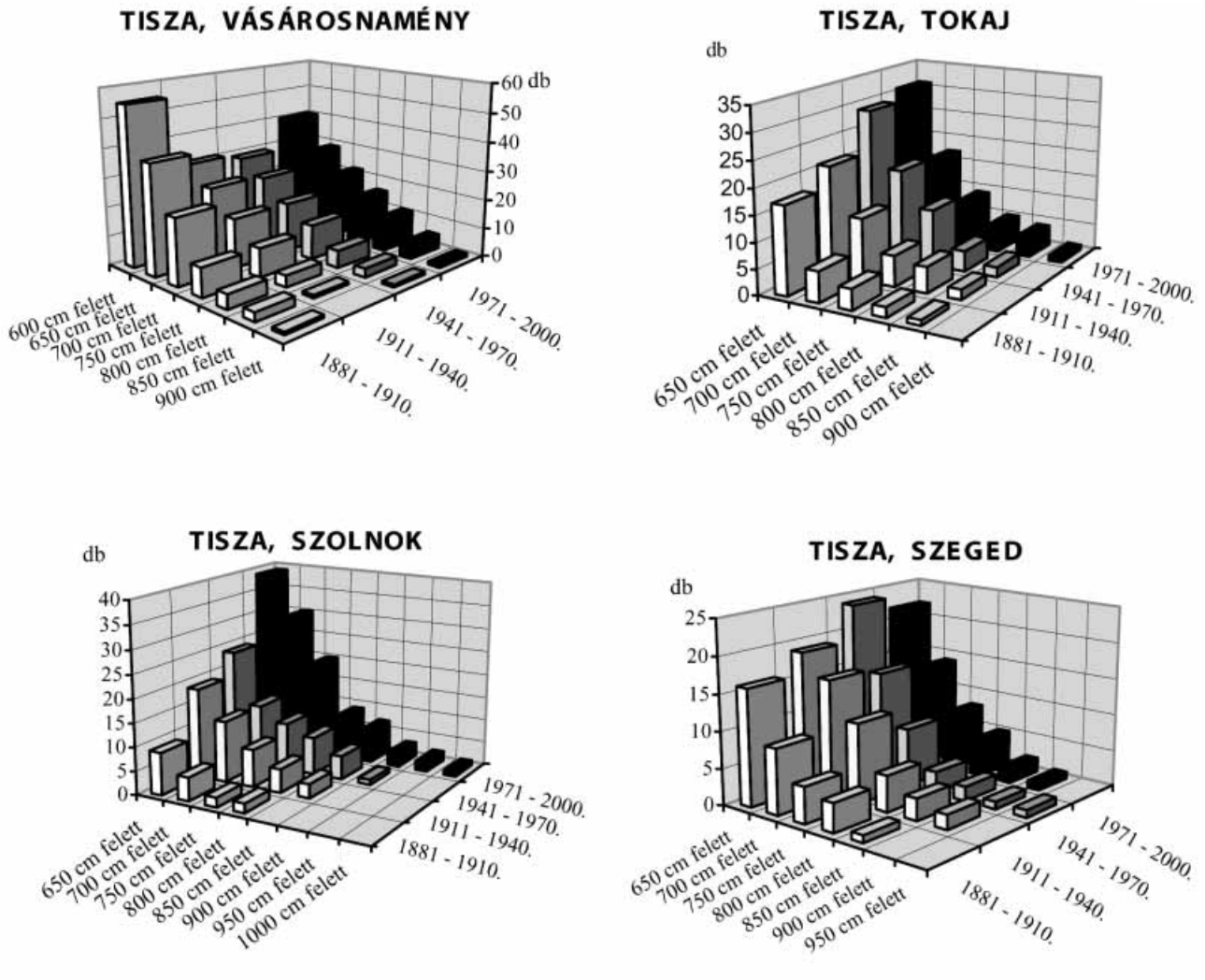
Az utóbbi évek árhullámai kapcsán (és minden hasonlóan csapadékos időszakot követően) felmerül a kérdés, mikor jöhet(nek) a következő árhullám(ok), milyen magas lesz az újabb árhullám tetőzése, és mennyivel magasabb, mint az előző, növekedik-e az árhullámok száma, gyakorisága?

A meteorológiai jelenségeknél egyre inkább a szélsőségek dominálnak. A Közép-Tiszán 2000. tavaszán volt az évezred árvize. Ugyan ebben az évben a csapadék évi összege csak néhány milliméterrel volt több, mint az évszázad legaszályosabb évében. A hidrometeorológia nem zárja ki az újabb árhullám lehetőségét, akár a közeljövőben (tartós, –20 0C alatti hideg utoljára 1985-ben és 1987-ben volt), vagy akár évekkel később sem. Ha néhány éven belül köszönt be egy újabb nagy áradás, akkor még élénken fognak élni a mostani árhullámok emlékei. Ha viszont később, 15-20 év múlva, és nem fokozatosan növekvő szintekkel, mint 1998-2001. között, akkor biztosan sok új jelenséggel kell megbírózniuk a majdani védekezőknek.

A 3. ábrán a négy legfontosabb tiszai szelvényre vonatkoztatva, feltüntettük az árhullámok különböző szint feletti gyakoriságát az 1880-as évektől. Ha az elkövetkezendő évtizedekben darabszám és szintbeli növekedésben az ábrán látható tendencia fog érvényesülni, akkor a folyó kellemetlen napokat fog okozni a térség lakosságának.

2001-ben Dr. Reimann József professzor úr vezetésével a fontosabb tiszai vízmércékre elvégeztük az 1 %-os árvízszintek meghatározását. A vonatkozó időszak 1901-2000. A számításokat az évi maximális vízszintek, valamint a metszék módszerrel végeztük el. A két módszer közötti különbség az adatbázis előállításában, illetve az eloszlásfüggvény közelítésében van. Az évi maximális vízszintek esetében az adatbázist értelemszerűen az évente mért maximális vízszintek alkotják. Az adatbázisban szerepelnek az árhullám mentes évek 350-650 cm-es vízszintjei. Viszont ha egy évben több magas árhullám is levonul a folyón, csak a mért legmagasabb vízszintet szabad figyelem-

3. ábra



be venni. Ily módon az adatsor átlaga természetszerűen kisebb lesz. Fenti esetben a háromparaméteres gamma eloszlást alkalmaztuk.

A metszék módszernél az adatbázist az I. fokú árvízszint feletti árhullámok alkotják. Minden árhullám mely elérte az elsőfokú árvíz-védekezési szintet bekerült az adatbázisba. Mivel a kiválasztás alapja nem a naptári év, hanem a ténylegesen kialakult árhullám, így voltak olyan évek melyek vízállásai nem képezték az adatbázis részét (hiszen, nem érték el a „metszés" I fokú szintjét), ugyanakkor más évek, az évi többszöri árhullám miatt nem csak egy vízszinttel képviselték az adatbázist. Az elmúlt száz évben a szolnoki szelvényben 86 db ilyen árhullám vonult le. Az eloszlást az exponenciális függvénnyel közelítettük.

A számításokat elvégeztük az 1901-1970. és az 1901-2000. évek időszakára (1. táblázat). A vizsgálatainkat érdekes elemzéssel egészítettük ki. A száz év során, a magas árhullámok idején számos alkalommal történt gátszakadás. Nagy L. kutató munkájának köszönhetően ismertek voltak számunkra a Tisza és mellékfolyóinak mentén bekövetkezett töltésszakadások időpontjai, a szakadás szélessége, az elöntött területek nagysága. Ezen adatok, valamint a szakadások helyének és a szolnoki szelvény közötti távolság ismeretében becsültük a kiömlött víz árvízcsökkentő hatását.

A számítások érdekes eredményt szolgáltattak. A gátszakadások figyelembevételével meghatározott 1 %-os vízszint alig emelkedett. Ez azzal magyarázható, hogy a gátszakadások döntő többsége a szolnoki szelvénytől távol következett be, tehát hatásuk nem jelentős. E mellett a módosított tetőzések érdemben nem változtatták az eloszlás paramétereit, különösen az átlag értékét.

Az számításokat további elemzésekkel egészítettük ki. Az adatsorokat módosítottuk a Dél-Borsodi öblözet 1939. évi betöltésezésének hatásával. Elfogadtuk az 1930-as, 1940-es évek vonatkozó tanulmányaiban megjelölt +30 cm értéket. E mellet +40 cm vettük figyelembe a közép-tiszai szűkületek, nyárigágat, hullámtéri növényzet elburjánzásának következményeit. Végeredményben az 1 %-os vízállás értékére az évi maximumokból 1043 cm-t, a metszék módszer alapján 1103 cm-t kaptunk.

1. táblázat

ÁRVÍZEK 1%-os VALÓSZINŰSÉGE TISZA, SZOLNOK

		eredeti adatsor	gátszakadások figyelembe-vételével	Dél-Borsodi öblözet betöltésezése 1939-ig (+30 cm)	Közép-Tiszai hatások 1964-ig (szűkületek, nyárigátak, hullámtéri erdők, +40 cm)
				750 cm feletti árhullámok módosítása	
1901 - 1970. között	évi maximumokból számított	963 cm			
	metszék módszer alapján a 650 cm feletti árhullámokból	1008 cm			
1901 - 2001. között	évi maximumokból számított	1004 cm	1012 cm	1020 cm	1043 cm
	metszék módszer alapján a 650 cm feletti árhullámokból	1060 cm	1066 cm	1084 cm	1103 cm

1 %-os árvízhozam meghatározása

A szolnoki szelvényre elvégeztük az 1 %-os vízhozamok meghatározását is. A vízhozamok esetében az adatok megbízhatósága okozott problémák. Az 1895. évi vízhozammérések után csak az 1932. évi árhullám idején voltak mérések. Ezt követően, 1970-ig csak nagyon kevés mérést tudtak végezni. Az 1970-es májusi nagy árhullámot szinte teljesen kimérték. Részletes mérések sajnos csak a szolnoki, a szegedi és a makói szelvényben voltak. A többi Tisza völgyi szelvényben sajnos alig történt mérés. Az 1970. évi árhullámot követően rendszeresen, minden jelentős árhullám idején volt vízhozammérés szinte minden jelentős szelvényben

A számításokat két adatsorra végeztük el. Egyrészt az 1932-2001., másrészt az 1970-2001. évi adatokra. Az 1%-os vízhozamra az 1932-2001. év közötti adatok alapján 3300 m^3/sec-ot, az 1970-2001. évek adatsorára 2810 m^3/sec-ot számoltunk (4. ábra). Ismerve a metszék módszerrel számított 1 %-os vízszintet (1060 cm), és a vízhozamgörbék alapján kiszámolt, 1 centiméteres vízszintváltozáshoz tartozó vízhozam növekményt, a 2810 m^3/sec értéket megbízható 1 %-os vízhozamnak lehet tekinteni.

4. ábra

A nemzetközi gyakorlatban nagy figyelmet fordítanak az 1 %-os árvízhozam meghatározására. A vízhozam eloszlás paraméterei eltérnek a vízállás idősorok paraméteritől, sok esetben igen jelentősen. A vízhozam idősorok pontosabban követik a folyóban lejátszódó változásokat, mint a vízállás. A vízhozam adatsorok lényegesen rövidebbek, mint a vízállás idősorok. Ennek ellenére – a hidraulikai modellek adta lehetőségek kihasználásával – a vízhozam idősorok elemzését magas szintre kell emelni.

Gátőri vízmércék adatainak elemzése

Az 1998 – 2000 évi Közép-tiszai árvizek elemzéséhez felhasználtuk a gátöri vízmércéken mért vízállásokat is. Ezt elsősorban a fő vízmércék kiegészítéseként kívántuk használni. Eddigi ismereteink szerint az ezeken a vízmércéken mért vízállásokat nem vonták be a részletes elemzésekbe, egy dimenziós modell alapelemeként pedig még nem használták. Néhány tapasztalatot szeretnénk megosztani az ezeken a vízmércéken mért adatokkal kapcsolatban.

Az árvízi vízmércéken csak fokozati szint elérése esetén folyik vízállás észlelés. Tekintettel arra, hogy vízfelszínesés és vízszint különbségek számítására kívántuk az adatokat felhasználni, ezért fontos volt a vízmércék pontos „0” pontjának meghatározása. 1998 után a gátőri vízmércék felülvizsgálatra kerültek, helyüket és „0”-kat GPS-el és hagyományos földi geodéziával pontosítottuk. 1999-ben a jelentős LNV szintmeghaladás miatt a gátőri vízmércék toldásra kerültek, a kiegészített vízmérce lapokat újra szinteztük, ahol kellet javító függvényt szerkesztettünk. 1970 után a nyári gátak magasságát több lépcsőben fokozatosan emelték, így néhány gátőri vízmérce bizonyos tartomány alatt „vak” volt, vagyis nem a tényleges vízállás mérte, hanem a nyári gáttal védett helyet. Persze ez csak egy kisebb tartományban és kevés vízmércét érintett, általánosságban megállapítható: 720 cm felett a vízmércék már befolyásmentesek voltak.

Az 1999 évi tapasztalatokra alapozva 2000-ben és a következő években már sokkal tudatosabban és nagyobb odafigyeléssel folyt az észlelés és adatszolgáltatás ezen a területen.

Persze a jó munkához szerencse is kell. Így utólag az 1999 évi árhullámot ennek tekinthetjük, hiszen mintegy „nagyminta” kísérletként segített minket abban, hogy hol is kell további mérésekkel pontosítani, „megfogni” a Tisza középső szakaszát, ahhoz hogy megfelelő adataink legyenek egy majdani modell feltöltéséhez. 2000-ben már ezen megfigyelések birtokában szerveztük meg az árvízi méréseket pl. a vezsenyi kanyarban, Tiszaugnál, Csongrádnál stb.

2000 őszén, amikor elkezdtük az adatok rendszerezését, ellenőrzését, a gátőri vízmércék adatbázisának összeállítását, arra kerestük a választ, hogy a meglévő adatokat milyen feldolgozással „bírjuk szóra”, a bennük lévő információt hogyan tudjuk minél teljesebb mértékben kibontani. A vízmércék helyük szerint két besorolást kaptak, annak megfelelően, hogy főmederhez közeli vagy hullámtéri adatokat hordoztak. 2002-re összeállt a gátőri vízmércék adatbázisa, melyben minden meglévő vagy új telepítésű vízmérce szakaszonként szerepel, az alap- és mért adatokat többszöri szűrőn keresztül ellenőriztük, javítottuk. Hosszmentén előállítottuk az eséseket, így megkaptuk az

úgynevezett érzékeny szakaszokat, melyeket tapasztalatból már ismertünk, de számszerűsített formája csak ekkor lett. A Közép Tiszán az esések 0,8 cm/km – től 8 cm/km-ig váltakoztak. A hosszmenti esésekben meredek töréseket figyelhettünk meg.

Összefüggést kerestünk az érzékeny szakaszok vízszintkülönbségei (d H) és a fő vízmércék vízállásai között az 1998-2001 évi adatok alapján. Ezeket az eredményeket az alábbi ábrán szemléltetjük.

Az árvízi biztonság javítása érdekében modelleztük a Martfű alatti Tisza szakasz várható viselkedését több tervezett beavatkozás esetére. Ezeket az eredményeket a későbbi fejezett tartalmazza. Konklúzióként megállapítható: bármilyen hidraulikai vagy üzemirányítási modell alapja a pontos, megbízható és kellő sűrűséggel mért adat. A gátőri vízmércék adatai fontos információt szolgáltatnak nekünk, ezért észleltetésükre, karbantartásukra a korábbiaknál nagyobb gondot kell fordítani, nem csak a közép tiszai részen hanem a teljes Tisza szakaszon.

Hidraulikai számítások

Folyóhidraulikai számítások végzése minden vízügyi szakember számára kuriózum, kihívást jelent, különös tekintettel a Közép-Tisza bonyolultságára. Az USA-ban tanító Dr. Bogárdi István professzor tanácsára az Internetről letöltöttük a HEC-RAS elnevezésű egydimenziós hidraulikai modellt. A program menü rendszere nagyon jól kezelhető, szinte minden lefolyási akadály figyelembevételére alkalmas. Az érdességi (simasági) tényezőt lehet függőleges és vízszintes irányban is változtatni.

Első lépésben a modellt feltöltöttük a Kisköre – Csongrád közötti szakaszt az 1970-es évek elején felmért keresztszelvény adataival. Elvégezzük az 1970. évi tiszai árhullám kalibrálását, majd ezt követően a modellt lefuttatjuk a legújabb árhullámok adataival. Második árhullám, amelyre a kalibrálásokat elvégeztük a 2000. évi árhullám volt. A bearányosítást követően lefuttattuk az 1970-1981. évek közötti kiemelkedő árhullámokat. A számítások eredményeit a 2. táblázatban mutatjuk be.

A modell felépítése, a futtatások végzése során több alkalommal konzultáltunk Hegedűs Pállal, a Stantec Consulting munkatársával, aki a program egyik USA beli tesztelője, alkalmazója.

Hidraulikai modell futtatási eredményei 2. táblázat

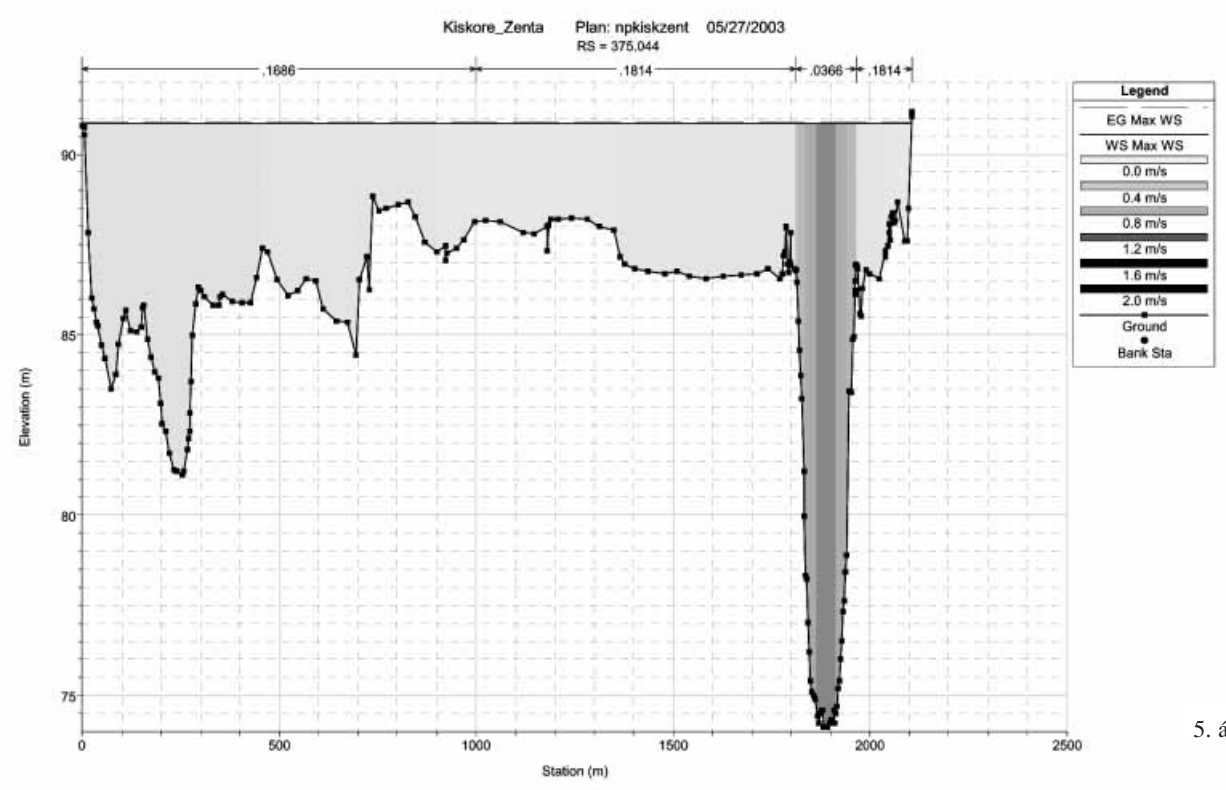
1970. évi geometria Tisza, Szolnok			
	hidraulikai modellel	valóságban	emelkedés
1970. évi árhullám	909 cm	909 cm	
2000. évi árhullám	950 cm	1041 cm	91 cm
2000. évi geometria Tisza, Szolnok			
	hidraulikai modellel	valóságban	emelkedés
1970. évi árhullám	995 cm	909 cm	86 cm
1977. évi árhullám	940 cm	880 cm	60 cm
1979. évi árhullám	975 cm	904 cm	71 cm
1980. évi árhullám	930 cm	873 cm	57 cm
1981. évi árhullám	940 cm	885 cm	55 cm
1999. évi árhullám	974 cm	974 cm	
2000. évi árhullám	1041 cm	1041 cm	

A 2. táblázat jól szemlélteti, hogy az 1970. évi lefolyásviszonyok mellett a 2000. évi árhullám az 1041 cm-es tetőzés helyett 91 cm-el alacsonyabban, 950 cm-es tetőző értékkel vonult volna le. 2000-ben viszont az 1970. évi víztömeg 909 cm helyett 86 cm-el magasabban, 995 cm-el tetőzött volna. Ezek a számok jól szemléltetik a lefolyásviszonyokban bekövetkezett változásokat.

Az elmúlt évben számos változatot futtattunk le. Változtattuk a hullámtér érdességi tényezőjét a lehetséges maximális és minimális értékek között. Lefolyási sávot jelöltünk ki a Kisköre-Csongrád közötti szakaszon. Vésztáro-

zókat helyeztünk el különböző változatokban. A megnyitásra különböző lehetőségeket vizsgáltunk. Elvégeztük a számításokat a zentai vízállások, mint alsó határfeltétel 100 cm-es emelésével.

Az 5. ábrán érdekességből feltüntettünk egy tiszai keresztszelvényben (375,044 fkm) a sebesség modell alapján számított eloszlását.



5. ábra

Növekednek-e az árvizek?

Dr. Barabás Béla – Dr. Kovács Sándor – Dr. Reimann József †

Dr. Reimann József professzor úrral igazgatóságunknak 1986 óta volt szoros szakmai és tudományos kapcsolata. Önzetlenül segített kandidátusi disszertációm – valószínűségelméleten alapuló – tiszai előrejelzési modell fejezetének kidolgozásánál. Többször kértem ki tanácsát egy-egy matematikai probléma megoldásánál. Minden esetben szívélyesen fogadott. Összhangra törekedtünk és mindig találtuk a közös pontot a mindennapi gyakorlat elvárásai és a tudomány lehetőségei között. Szakmabelieket meghazudtoló érzékkel vette észre a hidrológiai adatsorokban rejlő információkat. Tudósaink közül egyedüli volt, aki az utóbbi évek nagy tiszai árvizei előtt felhívta a figyelmet a valószínűtlennek tűnő árvízszintek igen nagy valószínűségére. Magas szintre emelte és egyben a gyakorlati mérnök számára is érthetővé tette a metszék módszert. 2001-ben, hármasban (Reimann, Barabás, Kovács) az új adatok figyelembevételével felülvizsgáltuk a tiszai vízmérce állomások 1 %-os árvízszintjét. A vizsgálatok elvégzését követően többször említette, „találjuk meg a módját, hogy át tudjam adni tudásomat". Az alábbiakban közölt közös cikkünk az utolsó, a számos tanulmánya és könyve mellett. Szerdai napon még szerette volna elolvasni a cikk nyomtatott formáját, de két napra rá, 2003. április 25-én pénteken elment örökre.

Józsi bácsi! Emlékedet megőrizzük, munkásságodra, éleslátásodra, emberségedre mindig emlékezni fogunk.

Barabás Béla, Kovács Sándor

Tanulmányunkban a nagy árvizek viselkedésének vizsgálatát tűztük ki célul. Nagy árvízen az elsőfokú készültségi szintet 200 cm-rel meghaladó tetőzésű árvizet értünk. A tapasztalat azt mutatja, hogy az utóbbi évtizedekben az árvizek tetőzési értéke, valamint a tartóssága növekvő tendenciát mutat.

Tekintsük az árvizek előfordulási gyakoriságát, például Szolnoknál, az 1881-2000 időszakban. Ha ezt az időintervallumot négy egyenlő hosszúságú (30 éves) ciklusokra bontjuk, akkor az 1. táblázatban látható adatokat kapjuk.

ÁRVÍZSZINTEK GYAKORISÁGA

Tisza, Szolnoknál, 1881.-2000. között

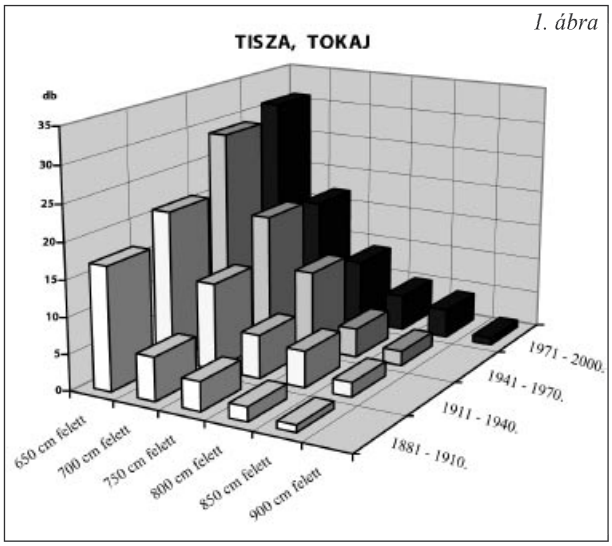
Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881.-1910.	9	5	2	2	0	0	0	0
1911.-1940.	20	15	9	5	3	0	0	0
1941.-1970.	31	19	13	11	6	1	0	0
1971.-2000.	41	32	21	10	7	3	2	1

Látható, hogy az utolsó 60 évben 13 olyan árvíz volt, amelynek tetőzése meghaladta a 850 cm-t, míg az előző 60 évben mindössze 3 ilyen árvíz fordult elő.

Hasonló jelenséget figyelhetünk meg, ha az 1. ábrát tekintjük, amely a tiszai árvízszintek Tokajnál észlelt gyakoriságát szemlélteti.

Az árvízcsúcsok növekedését több tiszai vízmércén a 2. táblázat mutatja. Az árvízcsúcsok csaknem monoton növő sorozatot alkotnak. A pirossal nyomtatott csúcsok „rekord" értékek. Rekordértéknek nevezzük azt a tetőzési értéket, amely minden korábbi tetőzésnél nagyobb.

1. ábra



ÁRVÍZCSÚCSOK NÖVEKEDÉSE, TISZA

Az európai országok között hazánk az egyik legveszélyeztetettebb árvízi szempontból. Felvetődik a kérdés, hogy ez a veszélyeztetettség növekedni fog-e a jövőben.

Nagyon fontos tehát tudni, hogy mennyire lehet előre látni az árvizek viselkedését, különös tekintettel a nagy árvizekre és a rekordokra. A kérdésre adandó válasz alapvető jelentőségű lehet az árvízszabályozás, árvízvédelmi stratégia kialakítása szempontjából. Éppen ezért a nagy árvizek viselkedésének leírását és hosszú távú előrejelzését nem elég csak a szemléletre alapozni és észrevenni a növekvő tendenciát, hanem hatékony matematikai módszerekkel kell igazolni a növekedés tényét, megalapozni a következő 30 – 50 évre vonatkozó előrejelzésünket.

1. táblázat

	VÁSÁROS-NAMÉNY	TOKAJ	TISZA-FÜRED	KISKÖRE	SZOLNOK	SZEGED
1772.	-	-	-	-	-	630
1830.	-	715	-	-	684	613
1855.	770	768	-	-	739	691
1876.	817	784	-	-	753	786
1877.	778	707	-	-	688	793
1879.	785	755	-	-	763	806
1881.	866	780	-	-	764	845
1888.	900	872	742	-	818	847
1895.	840	815	733	841	827	884
1919.	850	854	-	882	882	916
1932.	848	856	750	873	894	923
1967.	762	831	765	877	881	836
1970.	912	858	773	887	909	961
1979.	853	880	788	912	904	842
1998.	923	872	767	890	897	705
1999.	836	894	835	978	974	817
2000.	882	928	881	1030	1041	929

TRENDVIZSGÁLAT

Először arra a kérdésre akarunk matematikai választ adni, hogy van-e növekvő trend a nagy árvizek idősorában. Tapasztalataink szerint, az erre vonatkozó próbák közül az egyik nagyon megbízható módszer a Sperman-próba, amely a következő:

Legyen

(I) $x_1, x_2, \ldots, x_n$ valamely megfigyelés sorozat és rendezzük ennek elemeit nagyság szerint növekvő sorrendbe. Az így kapott rendezett mintát jelölje:

(II) $x_1^* < x_2^* < \cdots < x_n^*$

Ezután megállapítjuk, hogy az időrendben megfigyelt első x_1 mintaelem hányadik a (II) rendezett mintában. Ha $x_1 = x_j^*$, akkor x_1 rangja $r_1 = j$. Ugyan így járunk el x_2-vel. Ha $x_2 = x_k^*$, akkor $r_2 = k$. Ezt az eljárást folytatva minden megfigyelésre, megkapjuk az időrendben történt megfigyelések rangját. Helyettesítsük most az eredeti megfigyeléseket az indexükkel és írjuk mindegyik alá a rangját. Ekkor a következő táblázatot kapjuk:

$$\text{(III)} \begin{pmatrix} 1 & 2 & \cdots & n \\ r_1 & r_2 & \cdots & r_n \end{pmatrix}$$

Amennyiben az eredeti idősorban növekvő trend érvényesül, akkor a nagyobb indexhez általában nagyobb rang társul, ezért ésszerű a következő statisztika használata:

(1) $d = (r_1 - 1)^2 + (r_2 - 2)^2 + \cdots + (r_n - n)^2$

Nyilvánvalóan minél inkább növekvő tendencia érvényesül a megfigyelt sorozatban, annál kisebb a d statisztika értéke. Kimutatható, hogy abban az esetben ha az idősorban nincs trend, akkor nagy n értékre a d statisztika aszimptotikusan normális eloszlású

(2) $E[d] = \dfrac{n^3 - n}{6}$ várható értékkel és

(3) $D[d] = \dfrac{n(n+1)\sqrt{n-1}}{6}$ szórással. (lásd Lehman[2] p.292)

Mint említettük a d statisztika aszimptotikusan normális eloszlású, mégis meglepő módon, nem szükséges, hogy n igen nagy legyen. A (2) és (3) formulák már n > 10 esetén jól használhatók.

Alkalmazzuk a fenti statisztikát a Tisza Szolnoknál mért 850 cm feletti árvizeire:

tetőzés [cm]	884	894	880	856	853	855	881	909	880	904	879	885	897	974	1041
sorszám	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
rang	8	10	5	3	1	2	7	13	6	12	4	9	11	14	15

Rövid számolással kapjuk, hogy a d statisztika értéke *d = 250.* Mivel *n = 15* a (2) és (3) formulákból kapjuk, hogy

(4) $E[d] = 560$ és $D[d] = 149{,}6$.

Esetünkben tehát, ha igaz az a hipotézis, hogy nincs trend az adatsorban, akkor 95% valószínűséggel a d statisztika az

(5) $(E - 2D\ ;\ E + 2D) = (260{,}8\ ;\ 859{,}2)$ intervallumba esne. Jelen esetben azonban a d statisztika aktuális értéke kívül esik, mégpedig kisebb, mint az (5) alatti konfidencia intervallum alsó határa, ezért elutasítjuk azt a hipotézist, hogy nincs trend és helyette azt az ellenhipotézist fogadjuk el, hogy növekvő trend van.

Vizsgáljuk meg most ugyan ezt a hipotézist egy másik statisztikai próbával. Általánosan elterjedt a Student-féle kétmintás t-próba használata. Most azt a hipotézist vizsgáljuk, hogy egyenlőnek tekinthető-e az 1895 és 1967 között észlelt nagyárvizek átlaga az 1970 és 2000 között észleltek átlagával.

Az 1895 és 1967 között észlelt nagyárvizek átlaga $\bar{x}_1 = 866{,}25$ és szórásnégyzete $\sigma_1^2 = 429{,}9$.

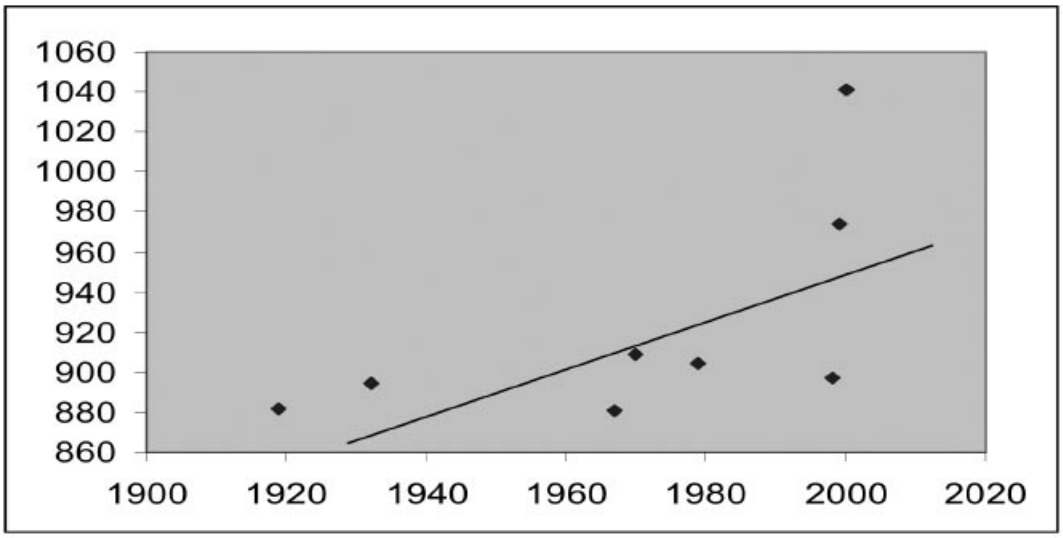
Az 1970 és 2000 között észlelt nagyárvizek átlaga $\bar{x}_2 = 920{,}38$ és szórásnégyzete $\sigma_2^2 = 2936{,}9$.

A Student-féle t-statisztika értéke:

(6) $t = \dfrac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}\sqrt{n} = 3{,}73$ Az n = 15 esetén a 95%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus érték $t_{krit} = 2{,}04$. Mivel a statisztika aktuális értéke meghaladja ezt a kritikus értéket, elutasítjuk azt a hipotézist, hogy az átlagok megegyeznek. Az utolsó 30 év nagy árvizeinek átlaga szignifikánsan nagyobb, mint az 1895-1967 időszaké.

Szemléletessé tehetjük a növekvő tendenciát az u.n. Wald-féle egyenessel, amelyet a következő módon készítünk:

Az x-tengelyen az időpontot, az y-tengelyen a tetőzési értéket ábrázolva, a kapott pontfelhőt osszuk két részre és mindkét részhalmaznak számítsuk ki a súlypontját.



2. ábra

$\bar{x}_1 = 1947;\ \ \bar{y}_1 = 866{,}25 \qquad \bar{x}_2 = 1985{,}5;\ \ \bar{y}_2 = 920{,}38$

Az $(\bar{x}_1\,;\bar{y}_1)$ és $(\bar{x}_2\,;\bar{y}_2)$ pontokon átmenő egyenes iránytangense:

$$tg\alpha = \frac{920{,}38 - 866{,}25}{1985 - 1947} = 1{,}41$$

Ezután kiszámítjuk a teljes ponthalmaz súlypontját: $(\bar{x}\,;\bar{y}) = (1966{,}25\ ;\ 893{,}22)$.

Megszerkesztjük az $(x\,;y)$ ponton átmenő 1,41 iránytangensű egyenest, amelynek egyenlete $y = 1{,}41x - 1879$ ami egy erősen emelkedő egyenes.

A módszer fontos tulajdonsága, hogy általa adható a legszűkebb konfidencia intervallummal az y tetőzési értékre becslés egy rögzített x érték esetén.

Egy általánosan elterjedt módszer a trend vizsgálatára a legkisebb négyzetek módszerével számított regressziós egyenes. Ennek egyenlete adataink alapján

(7) $\quad y = 1{,}071x - 1209$.

Ez ugyancsak emelkedő egyenes, amely a növekvő trendet mutatja. Ez az az egyenes, amelytől az ábrázolt pontok ordinátáinak négyzetes eltérése átlagban a legkisebb.

A különböző módszerek bemutatásával mindössze annyi volt a célunk, hogy megmutassuk, többféle statisztikai módszer is egyértelműen jelzi a nagy árvizek növekvő tendenciáját.

Mit hoz a jövő a nagy árvizek területén?

Az alkalmazott matematikai statisztikai módszerek tükrében tehát a nagy árvizek viselkedésében határozott növekvő trend érvényesül. Természetesen merül fel a kérdés, hogy a jövőben meddig tart ez a trend, pl. a következő 50 évben Szolnoknál hány 850 cm feletti árvíz várható, továbbá, hogy a legnagyobb tetőzés várhatólag mekkora lesz és mennyi ideig tart.

Ezeknek a kérdéseknek a megválaszolásához az összes regisztrált árvíz idősorához kell fordulnunk. Látni fogjuk, hogy a korszerű metszék módszer alkalmazásával ezekre a kérdésekre reális válasz adható. Hozzá kell tennünk, hogy árnyaltabb képet kaphatnánk, ha a meteorológiai adatsorok, különösen a nagy csapadékok idősorát is elemeznénk. A hidrometeorológusok tanulmányozzák a különböző irányú és jellegű frontok csapadékhozamát. A frontok egymásra következése, halmozódása matematikailag modellezhető a Markov-folyamatok elmélete segítségével. Így a már jól működő meteorológiai előrejelzések alapján az árvizet megelőző csapadékok és azok hatása a lefolyásra jobban becsülhető. Az árvízi tetőzés és vízhozam becslésekor, pl. a Tisza árvizeinél a csapadék eseményeken kívül a Tisza árvíz előtti vízállását, a mellékfolyók vízállását és vízhozamát, vagyis az egész vízrendszer állapotát kellene modellezni többváltozós regressziószámítással. A fentiekkel azt a véleményünket akartuk kihangsúlyozni, hogy komplex matematikai modellezésen alapuló elemzés sokkal jobb előrelátást tesz lehetővé az árhullámok várható alakulása, valamint a hosszú távú előrejelzések esetén, egyaránt.

A felsorolt körülmények együttes hatása érvényesül a keletkező árhullám méreteiben, így a rekord nagyságú árhullámok megjelenésében is. Rényi A [6] dolgozatában kimutatta, hogy egy idősor kiemelkedő rekordértékei, azok amelyek minden előző értéket meghaladnak az úgynevezett logaritmus szabályt követik, azaz n elemű minta esetében (ha n elég nagy) átlagosan logaritmus n számú rekordérték található. Ez az eredmény a Tisza árvizeire is igaz. Pl. Tiszafürednél, Tokajnál, Szolnoknál, Szegednél a rekord árvizek száma az elmúlt 100 évben 4 és 6 közé esett.

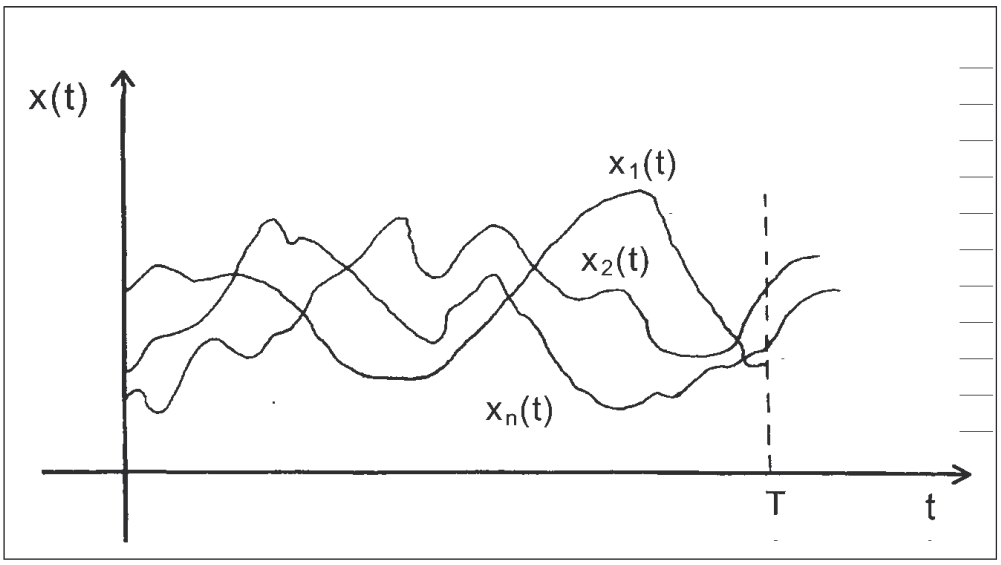
Ebben a tanulmányban foglalkozunk a rekordárvizek közötti időintervallumok hosszának eloszlásával, valamint az egymást követő rekordtetőzések közötti különbségek, a rekordok növekedésének eloszlásával (ami tudomásunk szerint új eredmény, az irodalomban nem található).

Az árvizek vizsgálatának módszerei

A matematikai vizsgálatunk érthetősége szempontjából egyértelművé kell tenni, hogy ebben a tanulmányban mit értünk árvízen.

Ábrázoljuk egy folyó adott helyen mért napi vízállásértékeit egy koordinátarendszerben és kössük össze folytonos görbével a kapott pontokat, valamely (0; T) időintervallumban, pl. egy naptári évre vonatkozóan. Ha a sok éven keresztül mért napi vízállások görbéit (trajektóriáit) ugyanazon koordinátarendszerben ábrázoljuk, akkor egy véletlen függvénysereget kapunk. Ez egy X(t) sztochasztikus folyamatot szemléltet. Minden egyes évnek megfelel egy véletlen függvény, ami a folyamat egy realizációja.

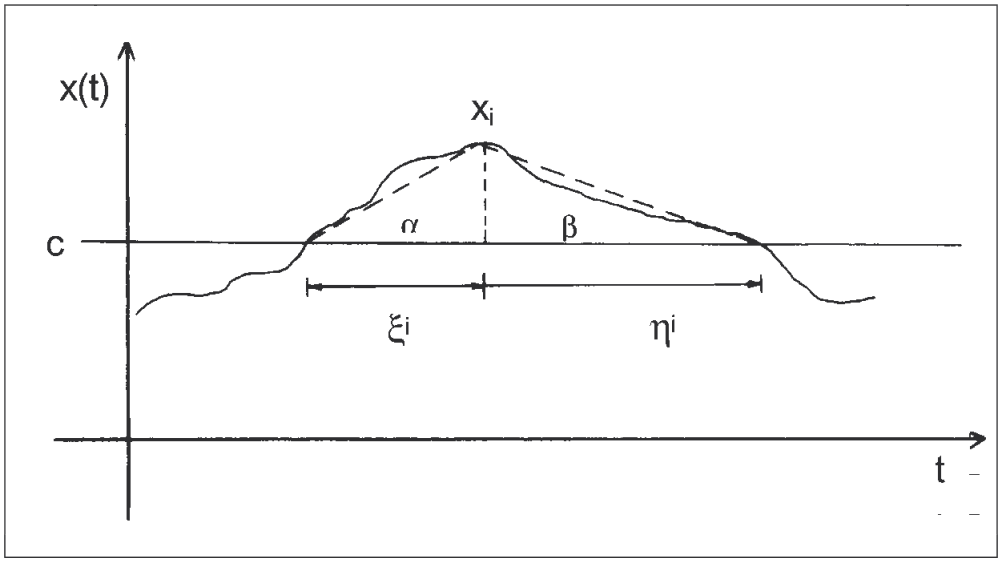
A vízjárást, mint sztochasztikus folyamatot úgy tanulmányozzuk ebben a dolgozatban, hogy a folyamat trajektóriájához valószínűségi változókat társítunk, amely változók a folyamat viselkedését bizonyos szempontból



3. ábra

jellemzik, így a gyakorlat számára a folyamat fontos tulajdonságát képviselik. Ilyen valószínűségi változók lehetnek pl. egy alkalmasan választott c-szint (többnyire az elsőfokú készültségi szint) túllépése (X_i cm) , az árvíz időtartama (tartóssága Y_i nap), a felszálló ág (ξ_i nap) és a leszálló ág (η_i nap) időtartama, az áradás illetve az apadás hevességét jellemző $\frac{X_i}{\xi_i}$ illetve $\frac{X_i}{\eta_i}$ iránytangensek, stb.

Minél több ismert eloszlású valószínűségi változót tudunk a folyamathoz társítani, annál több információt nyerünk a folyamatról.



4. ábra

Meg fogjuk vizsgálni a nagy árvizek előfordulásai közötti időszakok hosszának eloszlását, valamint egy hosszabb időszak, pl. a következő 50 év során a 850 cm-t meghaladó árvizek számát, a legnagyobb tetőzés várható értékét és szórását, valamint a rekord árvizek várható számát és a rekordok növekedésének eloszlását. Ugyancsak vizsgáljuk majd az X túllépés és Y tartósság együttes eloszlását, amelynek segítségével az árvízi terhelés becsülhető.

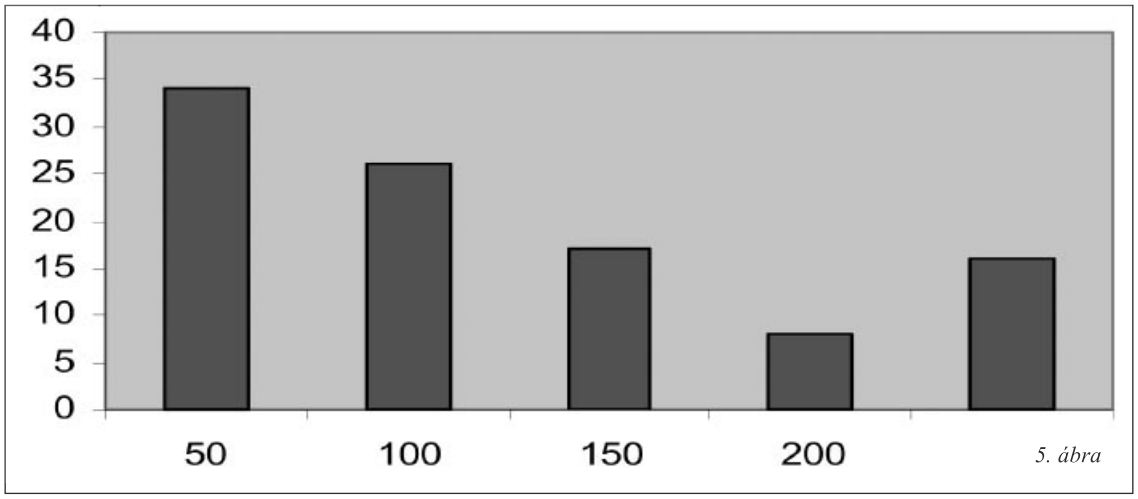
Az X túllépések valószínűségeloszlása

A Tisza Szolnoknál észlelt árvizei a c = 650 cm-es szintet az elmúlt évszázad N = 101 árvize során az alábbi gyakorisággal lépte túl.

A túllépések átlaga: $\overline{X} = 96{,}6$ cm (a tetőzések átlaga: 746,6 cm.), szórása: $\sigma_x = 82{,}54$ cm

Mivel az átlag reciproka 0,0103 felállíthatjuk azt a H_0 hipotézist, hogy a túllépések exponenciális eloszlást követnek

(8) $F(x) = 1 - e^{-0,01x}$ eloszlásfüggvénnyel.



5. ábra

A H_0 hipotézis elfogadásáról vagy elutasításáról a χ^2-próba alapján döntünk 95%-os szignifikancia szinten. Ezért kiszámoljuk az elméleti gyakoriságokat:

$$p_1 = P(X < 50) = 1 - e^{-0,5} = 0,3935 \qquad Np_1 = 39,74$$
$$p_2 = P(50 < X < 100) = 0,2356 \qquad Np_2 = 24$$
$$p_3 = P(100 < X < 150) = 0,1448 \qquad Np_3 = 14,62$$
$$p_4 = P(150 < X < 200) = 0,0878 \qquad Np_4 = 8,87$$
$$p_5 = P(200 < X) = 0,1353 \qquad Np_5 = 13,67$$

A statisztika: $\chi^2 = \sum_{i=1}^{5} \frac{(\nu_i - Np_i)^2}{Np_i} = 1,87$

Mivel a 3 szabadsági fokú χ^2-eloszlás kritikus értéke 95%-os szignifikancia szinten $\chi^2_{krit} = 7,81$ nincs okunk elvetni a hipotézist, azaz a túllépések eloszlását elfogadjuk exponenciálisnak.

Az 1%-os túllépési szint meghatározásához a

(9) $P(X \geq x_0) = e^{-0,01x_0} = 0,01$ egyenletet kell megoldani, amelynek megoldása

(10) $x_0 = 447$

amiből következik, hogy az 1%-os tetőzési szint 650+447=1097 cm. Ez az átlagosan 100 árvizenként előforduló meghágási szint.

Felmerül a kérdés, hogy mennyi a valószínűsége a 850 cm-t meghaladó árvíz előfordulásának.

A (8) egyenlet alapján erre a kérdésre könnyen válaszolhatunk:

(11) $P(X \geq 200) = e^{-2} = 0,127$

Következés képpen 100 árvíz során 850 cm-t meghaladó árvizek várható száma: $100 \cdot 0,127 \approx 13$.

Érdemes ezt az elméleti eredményt összevetni az elmúlt évszázad tapasztalatával. A XX. században a 100 árvíz között 14 olyan volt, amelynek tetőzése meghaladta a 850 cm-t.

A fentiek alapján a következő 50 évben nagy valószínűséggel 6-7 olyan árvíz lesz, amely meghaladja a 850 cm-t, hacsak nem történik lényeges emberi beavatkozás.

A rekordok eloszlása

Abból a tényből, hogy az adott c-szint feletti túllépés exponenciális eloszlású, további következtetéseket vonhatunk le. Az exponenciális eloszlásra könnyen alkalmazható a rendezett minták elmélete. Rendezzük nagyság szerinti növekvő sorrendbe az észlelt Xi túllépéseket:

(12) $x_1^* < x_2^* < \cdots < x_n^*$

A rendezett minta legnagyobb elemének eloszlásfüggvénye (lásd ....):

(13) $P(x_n^* < x) = \left(1 - e^{-\lambda x}\right)^n$

A rendezett mintaelem (legnagyobb túllépés) várható értéke:

(14) $E(x_n^*) = \frac{1}{\lambda}\left(\frac{1}{n} + \frac{1}{n-1} + \cdots + 1\right) \cong \frac{\ln n}{\lambda}$

A legnagyobb mintaelem szórásnégyzete:

(15) $D^2(x_n^*) = \frac{1}{\lambda^2}\left(\frac{1}{n^2} + \frac{1}{(n-1)^2} + \cdots + 1\right) \cong \frac{\pi^2}{6\lambda^2}$

Következés képpen a legnagyobb túllépés szórása.

(16) $D(x_n^*) = \frac{\pi}{\sqrt{6}\lambda} \cong 1{,}28\frac{1}{\lambda}$

Alkalmazva ezeket az eredményeket a Szolnoknál észlelt árvízi adatokra: 100 árvíz közül a legnagyobb túllépés várható értéke: $\frac{\ln 100}{0{,}01} = 447$ vagyis a várható tetőzés 650+447=1097 cm.

A legnagyobb túllépés szórása: 128 cm. Ennek segítségével a legnagyobb tetőzésre a következő 95%-os konfidencia intervallum adódik:

(17) $(1097 \pm 2\sigma) = (841cm;\ 1353cm)$

Szolnoknál az előző évszázad legnagyobb árvize 1041cm-en tetőzött, ami szerencsére fél méterrel kevesebb, mint a várható érték, de benne van a (17) alatti intervallumban.

A legnagyobb túllépés tanulmányozásához vezessük be az $X = \frac{\ln n}{\lambda} + z$ transzformációt.

Tehát z jelentése, hogy a legnagyobb túllépés mennyivel haladja meg a várható értékét.

(18) $P(x_n^* < \frac{\ln n}{\lambda} + z) = \left(1 - e^{-\lambda z - \ln n}\right)^n = \left(1 - \frac{e^{-\lambda z}}{n}\right)^n \Rightarrow e^{-e^{-\lambda z}}$

Tehát a Gumbel-féle kettős exponenciális eloszláshoz jutottunk. Ha most például ki akarjuk számítani, hogy mennyi a valószínűsége annak, hogy a legnagyobb túllépés Szolnoknál 100 cm-nél jobban meghaladja a várható 447 cm-es értéket, azaz nagyobb lesz, mint 547 cm (ez 1197cm-es tetőzésnek felel meg), akkor z = 100 és

(19) $P(x_n^* \le 447 + 100) = e^{-e^{-\lambda z}} = e^{-e^{-1}} = e^{-0{,}3679} = 0{,}6922$

Ebből

(20) $P(x_n^* \ge 547) = 1 - 0{,}69 = 0{,}31$.

Ez azt jelenti, hogy elég nagy a valószínűsége annak, hogy a jövőben bekövetkező árvizek között lesz olyan, ami az 1197 cm-t is meghaladja.

Megjegyezzük, hogy az 1970-es években a mértékadó (1%-os) árvízszinteket az évi legnagyobb vízállások alapján számolták. Az évi legnagyobb vízállások az elmúlt száz évben mintegy 40 százalékban nem érték el az árvízszintet (Szolnoknál 650 cm). Azokban az években pedig, amelyikben 2 vagy 3 árvíz volt, csak egyet vettek figyelembe, a legnagyobbat. Ilyenformán az évi legnagyobb vízállások adatsora nem reprezentatív az árvizek tetőzési értékeire. Az évi legnagyobb vízállások számtani közepe mintegy 60 – 80 cm-rel alacsonyabb, mint a 100 árvíz tetőzésének számtani közepe és ugyanez igaz az 1%-osnak vélt mértékadó szintre is. Ezt az eltérést a Tisza igazolta az elmúlt néhány évben. A gátakról hiányzó 60 – 80 cm következményeit kellett elszenvednünk az utóbbi három évben.

Az árvizek tartósságának valószínűségeloszlása és kapcsolata a túllépésekkel

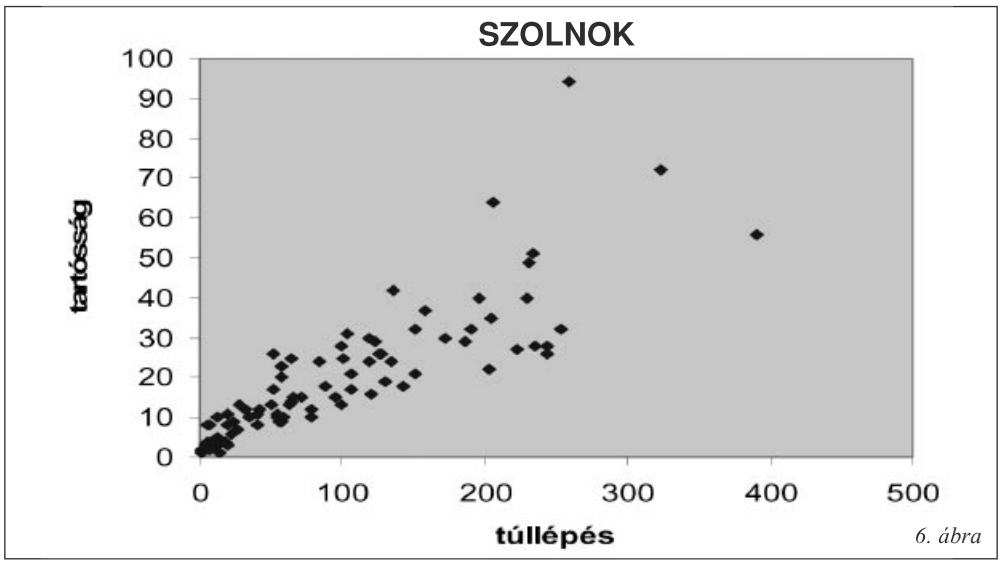
Elméleti megfontolások és gyakorlati tapasztalat szerint is egy adott c-szint feletti tartózkodási idők, az árvizek tartóssága ugyancsak exponenciális eloszlású. Az Y tartósság eloszlásfüggvénye:

(21) $G(y) = 1 - e^{-\beta y}$.

A β paraméter vízmércénként változik. Szolnoknál a számítások szerint $\beta = 0{,}05$, azaz 100 éves idősorra a tartósság eloszlásfüggvénye:

(22) $G(y) = 1 - e^{-0{,}05 y}$.

Az X túllépés és Y tartósság közötti korrelációs együttható $\rho = 0{,}85$. Ez a magas korreláció lineáris kapcsolatra utal. A túllépések és tartósságok összetartozó értékeit a 6. ábra mutatja.



6. ábra

Az X túllépés és Y tartósság közötti kapcsolat jellemezhető a regressziós egyenessel, amely a következő képpen kapható:

(23) $y = \rho \frac{\sigma_y}{\sigma_x} x + \bar{y} - \rho \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \bar{x}$

Alkalmazva a Szolnoknál észlelt adatokra, mivel a túllépések átlaga $\bar{x} = 101$ cm, szórása $\sigma_x = 86{,}1$ cm valamint a tartósságok átlaga $\bar{y} = 20{,}5$ nap, szórása $\sigma_y = 16{,}6$ nap ezért a regressziós egyenes egyenlete:

(24) $y = 0{,}16x + 4{,}34$

Ez az egyenlet felhasználható arra, hogy becslést adjunk arra, hogy adott túllépés esetén meddig tart az árvíz. Pl. x = 250 cm túllépés esetén, ami 250+650=900 cm-es tetőzésnek felel meg,

$y = 0{,}16 * 250 + 4{,}34 = 40 + 4{,}34 \approx 45$ nap.

Természetesen az y értékek valószínűségi változók, ezért szóródnak a regressziós egyenes körül.

Az X túllépés és Y tartósság együttes (kétváltozós) valószín ségeloszlása

A metszék-módszer alkalmazásának nagy előnye, hogy lehetőséget nyújt a túllépés és tartósság együttes kétváltozós függvényének becslésére. A [ ] dolgozatban kimutattuk, hogy pozitív korreláció esetén az X túllépés és Y tartóság együttes eloszlásfüggvénye $H_{(x,y)}$ százalékos pontossággal közelíthető az $F_{(x)}$ és $G_{(Y)}$ vetület-eloszlásfüggvények konvex kombinációjával a következő módon:

(25) $H(x, y) = \rho \min\{F(x), G(y)\} + (1 - \rho) F(x) G(y)$

ahol ρ az X és Y változók közötti korrelációs együttható, $F(x) = 1 - e^{-\alpha x}$, $G(y) = 1 - e^{\beta y}$.

Alkalmazva ezen formulákat a Szolnoknál észlelt adatokra, a következő összefüggéshez jutunk:

(26) $P(X < x, Y < y) = H(x, y) = 0{,}85 \min\left\{1 - e^{-0{,}01x}; 1 - e^{-0{,}05y}\right\} +$

$$+ 0{,}15\left(1 - e^{-0{,}01x}\right)\left(1 - e^{-0{,}05y}\right)$$

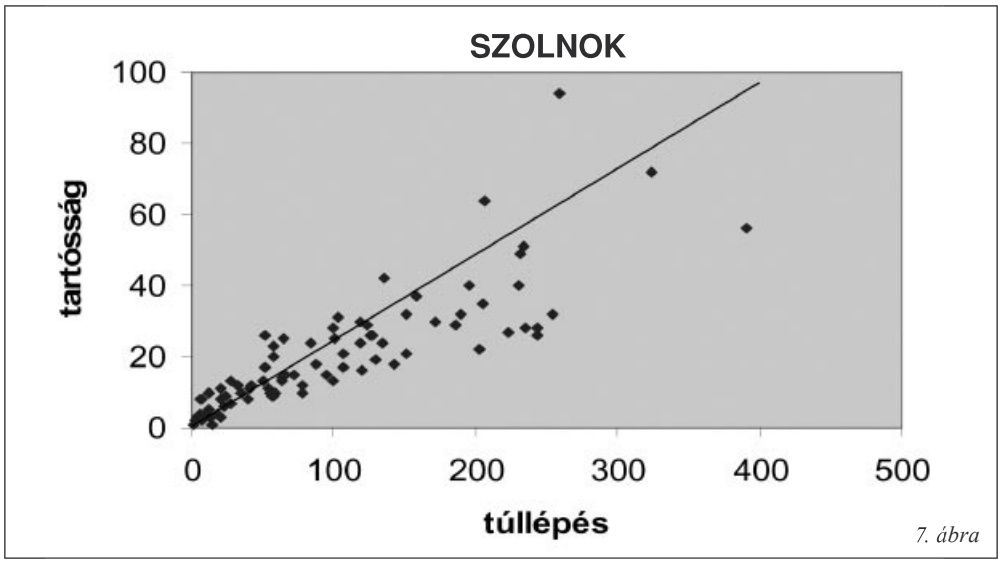
Ez a képlet látszólagos bonyolultsága ellenére egyszerűen használható. Rajzoljuk be a túllépések és tartósságok együttes értékeit ábrázoló ponthalmazba az $F_{(x)}=G_{(y)}$ kvantilis-görbét. Mivel mindkét eloszlás exponenciális, ezért az

(27) $1 - e^{-\beta y} = 1 - e^{-\alpha x}$ egyenletből $\beta y = \alpha x$, vagyis

(28) $y = \frac{\alpha}{\beta} x = \frac{\bar{\alpha}}{\frac{1}{\beta}} x = \frac{E(Y)}{E(X)} x$ origón átmenő egyenes adódik, amelynek iránytangense a várhatóértékek hányadosa. Behelyettesítve a szolnoki adatokat kapjuk, hogy

(29) $y = 0{,}24x$

Amennyiben az (x,y) pont a 7. ábrán az egyenes felett van, akkor $\min\{F(x), G(y)\} = F(x)$, ellenkező esetben $\min\{F(x), G(y)\} = G(y)$.



7. ábra

Nézzük meg például hogyan lehet kiszámolni annak az eseménynek a valószínűségét, hogy Szolnoknál az árhullám tetőzése nagyobb mint 850 cm és a tartósság ugyanakkor nagyobb mint 60 nap. A 850 cm-es túllépés a c=650cm szintválasztás miatt x=200cm-nek felel meg.

(30) $P(X > x,\ Y > y) = 1 - F(x) - G(y) + H(x, y)$, azaz most

(31) $P(X > 200,\ Y > 60) = 1 - F(200) - G(60) + H(200,60) = 1 - 0{,}86 - 0{,}95 + 0{,}854 = 0{,}044$

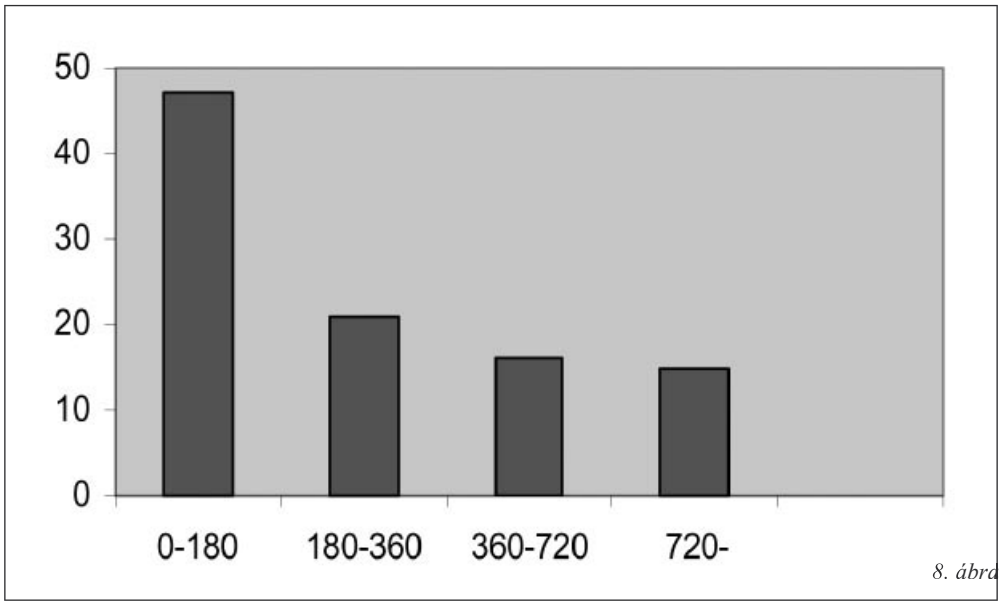
mert $F(200) = 1 - e^{-0{,}01*200} = 1 - e^{-2} = 0{,}86$.

$G(60) = 1 - e^{-0{,}05*60} = 1 - e^{-3} = 0{,}95$ és $H(200, 60) = 0{,}85 * 0{,}86 + 0{,}15 * 0{,}82 = 0{,}854$.

Látjuk tehát, hogy annak valószínűsége, hogy egy ilyen nagy árvíz legalább két hónapig tartson, több mint 4%, ami nem elhanyagolható.

Az árvizek közötti időszakok hosszának valószínűségeloszlása

Jelölje most az X valószínűségi változó a két egymás utáni árvíz között eltelt napok számát. Ugyancsak a szolnoki adatok alapján a gyakorisági hisztogram:



8. ábra

Az árvizek közötti időszakok átlaga 351 nap $(\approx 1 \acute{e}v)$. A szórás 482 nap, ami igen nagy.

A relatív szórás $\frac{\sigma_x}{\bar{x}} = 1{,}37$, mivel ez lényegesen nagyobb, mint egy ezért az árvizek közötti szünetek nem lehetnek exponenciális eloszlásúak. Ilyenkor érdemes megvizsgálni a Pareto II eloszláshoz való illeszkedést. A Pareto II eloszlású valószínűségi változó eloszlásfüggvénye:

(32) $$F(x) = 1 - \left(\frac{\alpha}{\alpha + x}\right)^p \qquad x \geq 0$$

Ennek várható értéke: $\bar{x} = \frac{\alpha}{p-1}$ és szórása: $\sigma_x = \bar{x} \cdot \sqrt{\frac{p}{p-2}}$.

Alkalmazva a szolnoki adatokra a várhatóérték és szórás alapján $\alpha = 1137{,}24$ és $p = 4{,}24$ értékek adódnak. Az árvizek közötti szünetek eloszlásának illeszkedését a Pareto II eloszláshoz χ^2-próbával ellenőrizzük:

$$\chi^2 = \frac{(47-45{,}2)}{45{,}2} + \frac{(21-22{,}04)}{22{,}04} + \frac{(16-18{,}29)}{18{,}29} + \frac{(15-12{,}25)}{15{,}25} = 1{,}0248$$

Mivel az 1 szabadságfokú χ^2-eloszlás kritikus értéke 95%-os szinten $\chi^2_{krit} = 3{,}84$, ezért az eloszlást elfogadjuk Pareto II eloszlásnak.

Rekordok közötti időtartam és a rekordok növekedése

A 2. táblázat Szolnokra vonatkozó részéből kiolvashatjuk az egyes rekordárvizek között eltelt idő hosszát (években mérve), valamint a rekordok növekedésének mértékét (cm-ben).

Évszám	különbség	rekord értéke	különbség
1830		684	
1855	25	739	55
1876	21	753	14
1879	3	763	10
1881	2	764	1
1888	7	818	54
1895	7	827	9
1919	24	882	55
1932	13	894	12
1970	38	909	15
1999	29	974	65
2000	1	1041	67
átlag:	15,45		32,45
szórás:	11,98		24,93

Az adatok alapján átlagosan 15 és fél év szünet van a rekord méretű árvizek között, amelyre 70%-os konfidencia intervallum: (3,5 év ; 27,4 év).

ÖSSZEFOGLALÓ KÖVETKEZTETÉSEK

a) Jelen tanulmányban egy adott c-szint, általában az elsõfokú készültségi szint, túllépésének nagyságát és tartósságát vizsgáltuk kiindulásul. Az árhullám mindkét jellemzõje exponenciális eloszlású, más-más paraméterekkel.

(1) X: $F(x) = 1 - e^{-\alpha x}$; X: $G(y) = 1 - e^{-\beta y}$.

Az X túllépés és a hozzá tartozó Y tartósság között szoros korreláció áll fenn (például Szolnoknál $\rho = 0{,}85$) és a kapcsolat jellemezhető lineáris regresszióval (Y = 0,16X + 4).

Ennek alapján a tetőzés ismeretében az árvíz levonulási ideje jól becsülhető.

Az X túllépés és a hozzá tartozó Y tartósság együttes kétváltozós eloszlásfüggvénye a

(2) $H(x, y) = \rho \cdot \min\{F(x), G(y)\} + (1 - \rho) F(x) G(y)$

függvénnyel átlagosan 1% pontossággal becsülhető. Ennek alapján nagy pontossággal kiszámítható az árvízi terhelés alapjául szolgáló

(3) $P(X > x,\ Y > y) = 1 - F(x) - G(y) + H(x, y)$

valószínűség, továbbá az Y tartósság feltételes eloszlásfüggvénye, várható értéke, szórása.

b) A me tszék módszer alkalmazásával az 1%-os meghágású mértékadó árvízszint átlag 70 cm-rel nagyobbnak adódott a Tiszán, mint a jelenlegi mértékadó szintek. Fôbb vízmércéken az eltérést az alábbi táblázat mutatja:

Vízmérce	Jelenlegi MÁSZ [cm]	Metszék módszer szerinti MÁSZ	eltérés	Eddig észlelt maximum
Tivadar	929	987	58	1014
Vásárosnamény	985	1056	71	941
Tokaj	915	994	79	928
Tiszafüred	815	852	37	881
Kisköre	933	1043	110	1030
Szolnok	961	1060	99	1041
Csongrád	971	1048	77	994
Szeged	971	1007	36	960
			átlag=70,88	
			szórás=24,89	

Az átlag 70 cm eltérés (ez a 70 cm hiányzik a gátakról!) oka, hogy a jelenlegi mértékadó szinteket korábban az évi legnagyobb vízállások sorozata alapján számolták. Az évi legnagyobb vízállások között kb. 40% nem árvíz, viszont azon évekből, amelyekben 2 vagy 3 árvíz is előfordult, csak egyetlen adatot használtak fel. Ilyenformán az évi legnagyobb vízállások adatsora nem reprezentatív minta az árvizek tetőzéseire. Az elmúlt 100 év évi legnagyobb vízállásainak átlaga mintegy 100cm-rel kevesebb, mint az észlelt árvízi tetőzések átlaga.

c) A rendezett minták elméletének alkalmazása az exponenciális eloszlásra lehetõvé teszi, hogy az x_n^* legnagyobb túllépés várható értékét és szórását becsüljük:

(4) $E(x_n^*) = \dfrac{\ln n}{\lambda}$, ahol $\lambda = \dfrac{1}{\bar{x}}$, Szolnoknál $\lambda = 0{,}01$. Ez azt jelenti, hogy pl. 2050-ig, amikor is n = 150

a legnagyobb túllépés várható értéke 501 cm, tehát a legnagyobb tetőzés várható értéke: cm.

d) Az árvizek rekordértékeinek eloszlásával az irodalomban nem nagyon találkozhatunk. Rényi A [6] dolgozatában kimutatta, hogy n elemű mintában a rekordok (minden elõzõnél nagyobb megfigyelések μ_n számának várható értéke, ha n elég nagy:

$E[\mu_n] = \ln n$

és szórása:

$D[\mu_n] = \sqrt{\ln n}$.

Alkalmazva a szolnoki 100 árvízre $\ln 100 \approx 4{,}61$ adódik, miközben a ténylegesen észlelt rekordok száma 5. A szórás ismeretében konfidencia intervallum is készíthető:

70%-os szinten $\ln n \pm \sqrt{\ln n}$, azaz n = 100 esetén (4,61-2,15 ; 4,61+2,15) = (2,46 ; 6,76).

Meghatároztuk a rekordok közötti ugrások, növekmények valószínűségeloszlását Reimann [..], amely arra a meglepő eredményre vezetett, hogy az n-edik és n-1-edik rekord különbségének eloszlása:

(5) $P(X_n^r - X_{n-1}^r < x) = 1 - e^{-\lambda x}$

vagyis a legutóbbi és a következő rekord közötti különbség ugyanolyan exponenciális eloszlást követ, mint maga a túllépés. Ez többek között azt is jelenti, hogy a jövőben sok kicsi és kevés nagy ugrás várható a rekordokban, de az ugrások várható értéke Szolnoknál kb. 96cm. (A legutóbbi két ugrás 70cm közeli érték volt.)

e) Az árvízmentes időszakok hosszának eloszlása (napokban mérve) Pareto II. eloszlást követ a szolnoki vízmérce adatai alapján. Tudomásunk szerint a biztosítási matematikában bevezetett Pareto eloszlásokat nem alkalmazták még az árvizekkel kapcsolatban, ezért célszerű lenne valamennyi vízmércére elvégezni a statisztikai számításokat. A szolnoki adatokból az derül ki, hogy az árvizek közötti szünetek 68%-a rövidebb, mint egy év, de előfordulhatnak 4 évnél hosszabb szünetek is, amelynek valószínűsége 15%.

Irodalom

[1] Feller, W. : An introduction to Probability Theory and its Application. Wiley, New York. 1987.

[2] Lehmann, E.L.: Nonparametrics Holden Day. San Francisco 1975.

[3] Reimann, J. : Mathematical Statistics with Application in Flood Hydrology Akadémia Kiadó, Budapest, 1989.

[4] Reimann, J.: Valószínűségelmélet és matematikai statisztika mérnököknek Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.

[5] Reimann, J. : Árvizek matematikai statisztikai elemzése. Módszertani tanulmány a Vásárhelyi Terv keretében

Megjelenés alatt

[6] Rényi, A.: Egy megfigyelés sorozat kiemelkedő elemeinek eloszlása. MTA III. oszt. közleményei, 1960.

[7] Todorovic, P. - Zelenhasic, E.: Stochastic Models for Flood Analysis Water Resources Research 6 (16). 1970.

[8] Vágás, I.: A Tisza árvizei

Készítette:

Dr. Barabás Béla egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi E.

Dr. Kovács Sándor mérnök, műszaki tudomány kandidátusa, Középtiszavölgyi Vízügyi Igazgatóság, Szolnok

Dr. Reimann József ny. egyetemi tanár, az MTA doktora

A Közép-Tisza nagyvízi medrének vizsgálata

Varga László
Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok

Az 1998, 1999, 2000 évi tiszai árvizek levonulása, azok magassági értéke egy sor kérdést fogalmaztak meg a Közép Tiszán az árvízi lefolyási viszonyokkal foglalkozó szakma irányába. Alapelvként fogalmazódott meg, hogy összehasonlító vizsgálatot kell végezni az azonos vízhozamnak megfelelő, közel azonos körülmények között levonuló árhullámok szintbeli tetőzésének vonatkozásában. Ehhez a vizsgálathoz igen nagy segítséget adott az igazgatóságnál már hosszú évekre visszanyúló különböző vízjárásokhoz, árvízi levonulásokhoz tartozó előre megtervezett vízhozam mérési és felszín rögzítési program és az ebből származtatott adatsorok.

Az elmúlt évszázad nagy árvizeinek vízhozam és tetőző értékének alakulását a szolnoki szelvényre vonatkozóan az alábbi táblázat szemlélteti. (1. ábra)

Maximális vízállások és vízhozamok alakulása a Tisza, Szolnok szelvényben

év	$H_{max.Szolnok}$	H_{max}-hoz tartozó Q	$Q_{max.Szolnok}$	$H_{max.Szolnok}$ - $H_{tCsongrád}$	$H_{max.Szolnok}$ - $H_{tSzeged}$
	(cm)	(m^3/sec)	(m^3/sec)	(cm)	(cm)
1895.	827	2908	3317	221	465
1919	882	-	-	264	509
1932.	894	2768	3179	232	492
1970.	909	2400	2450	239	492
1979.	904	2320	2424	369	650
1998.	897	1970	2161	384	714
1999.	974	2334	2403	352	677
2000.	1041	2487	2608	312	633

1. ábra

Érdemes a táblázatból kiragadni és ábrázolni az 1970, 1998, 1999 és 2000 évi maximális (tetőző) vízszintek tengerszínt feletti alakulását a Tiszán Tokaj és Csongrád közötti szakaszon. A négy tetőző vízállás vízszint alakulásában a markánsabb változás a Közép Tiszán következett be pontosabban ez az ábrából is jól látható Tiszafüred és Szolnok közötti folyószakaszon. Az azonos vízhozamú 1970-es és 1999-es árhullám Szolnok alatti levonulását, a felszíngörbe alakulását nagymértékben befolyásolta, a Csongrádnál regisztrált alvízi befolyásolás. Nagyon szembetűnő az 1999 évi levonulás szempontjából kedvezőbb alvízi befolyásoltsággal rendelkező, Szolnoknál még is magasság szempontjából (65 cm) kedvezőtlenebbül alakuló tetőző vízállás. (2. ábra)

Az árvízi hurokgörbék szintén jól ábrázolják az azonos vízhozamokhoz tartozó utóbbi években végbement tetőző vízállások emelkedési tendenciáját. (3. ábra)

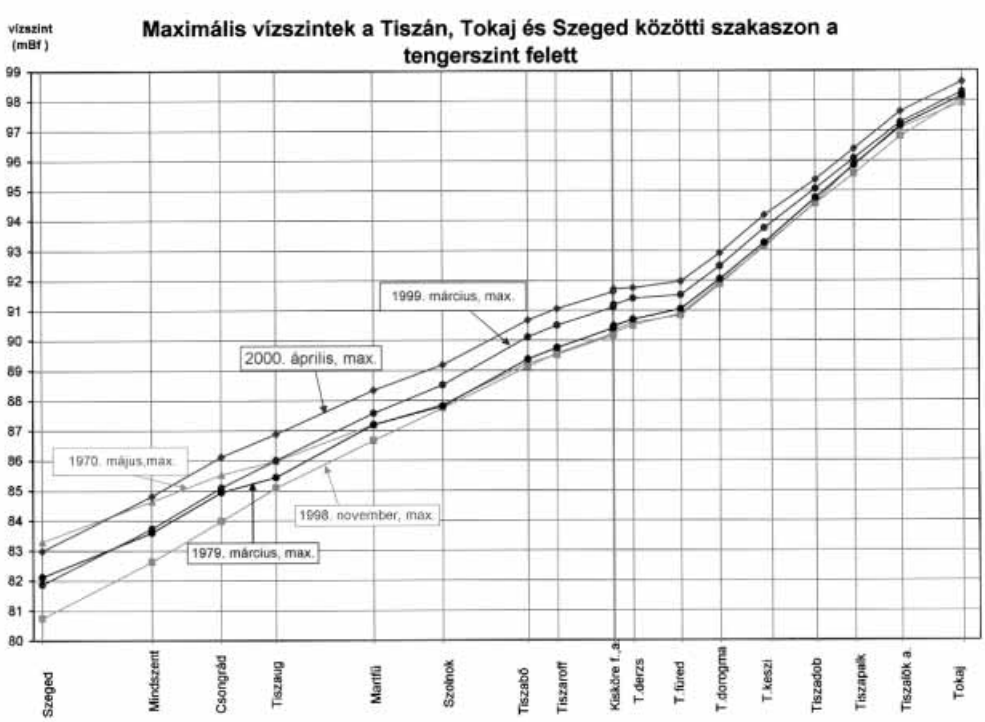
A fenti megállapításokból egyértelmű következtetéseket lehet levonni arra, hogy – a Közép-Tiszán az elmúlt 30 évben valami történt a nagyvízi levezető szelvényben, aminek feltárása a jelenlegi tendenciák kezelhetőségéhez, a jövőbeni folyamatok prognosztizálásához elengedhetetlenül fontosak. Ennek megfelelően indultak el az igazgatóságon azok az elemzések, helyzetfeltárások, amik a jelenlegi ismeretek birtokában már is értékes információkat adnak a hullámtéren teendő feladatok megfogalmazásához.

A folyamat vizsgálatok az alábbi területekre terjedtek ki és jelenleg is folynak.

- Középvízi meder változások alakulása
- Nyárigátak kialakulása, fejlődése lefolyásra gyakorolt hatása
- Övzátony képződés és fejlődés
- Általános feliszapolódás
- Tuskógátak elhelyezkedése lefolyási akadályoztatás
- Terület használat változása a nagyvízi szelvénybe (rét- legelő, erdő állomány változása, aljnövényzet stb.)
- Meder oldali növényzet terjedése, állapota

A felsorolt folyamatok mindegyikében kimutatható az árvízi levonulásra gyakorolt hatások negatív tendenciája. A cél az, hogy a matematikai modellezés és a kisminta kísérletek segítségével minél pontosabban számszerűsítjük a negatív hatások mértékét, amely alapján meghatározhatók a beavatkozások helyei, módjai és nagyságrendjei.

Tekintettel arra, hogy ezek a tendencia vizsgálatok még nem fejeződtek be, a jelenlegi ismeretek birtokában csak néhány részterületre kívánom a figyelmet koncentrálni, amelyek véleményem szerint jelentősebb mértékben befolyásolják az árvizek levonulását. Ezek a részterületek a nyárigátak, a területi használatok, (érdesség) meder oldali növényzet változásának hatása az árvízszintek alakulására.

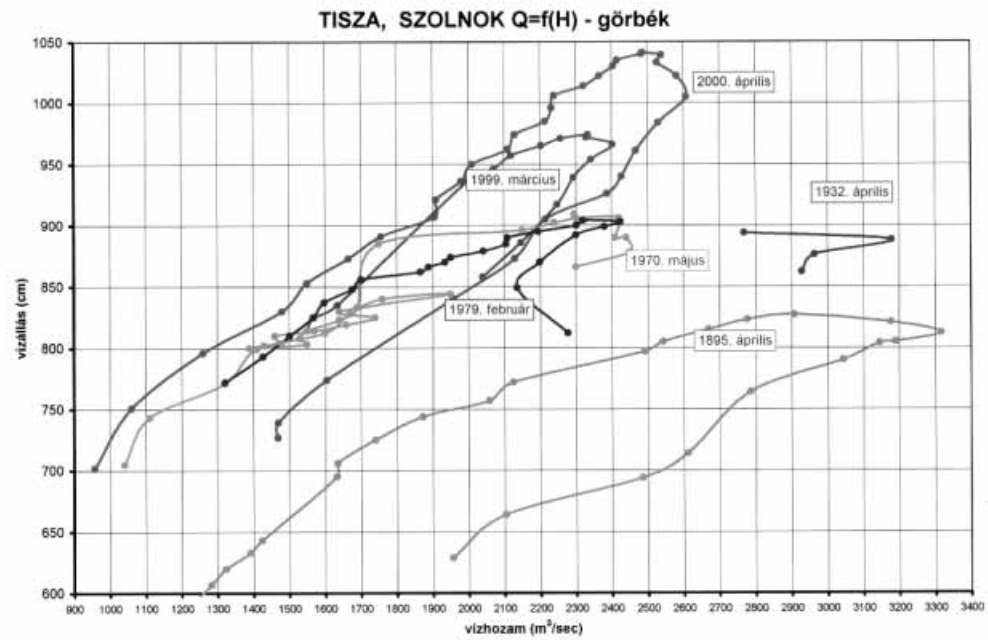


2. ábra

A nagyvízi levonulás szempontjából az egyik legnegatívabb hatást a nyárigátak fejtik ki.

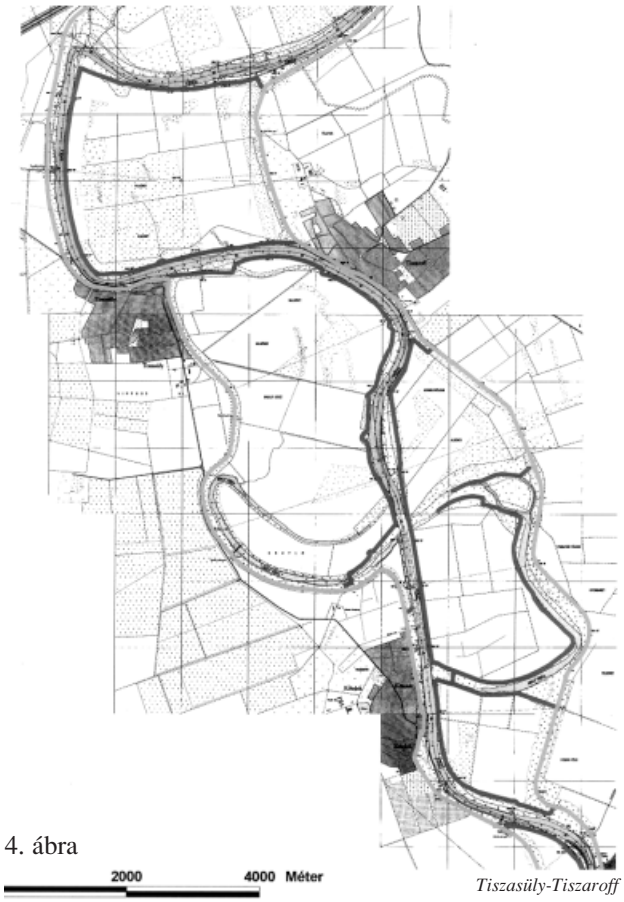
A Közép-Tiszán a nyári gátak általában folyó medrét követő övzátonyokra épültek, s azonos magassággal a nagyvízi sodorral merőleges irányban a fővédvonalakba kötötték be.

A nyárigát rendszerét Tiszasűly-Tiszaroff, valamint Szolnok és Tiszavárkony közötti szakaszon az alábbi ábrák mutatják be.



3. ábra

A jelentős mértékben megmagasított nyárigátak kedvezőtlen hatást fejtenek ki a nagyvízi sodor mentén kialakuló áramlásra. A nyárigát által megvezetett meder irányú áramlás és a nyárigát feletti viszonylag kis vízoszlopú nagyvízi sodor menti áramlás energia veszteséget, ezzel párhuzamosan a folyó nagyvízi belépcsőzését („vízlépcsők" sorát) eredményezi. A fent bemutatott nyárigát rendszerek a Közép-Tiszán egymáshoz kapcsolódva szinte folytonos rendszert alkotnak.



Tiszasüly-Tiszaroff

Szolnok-Tiszavárkony

4. ábra

A lefolyási, áramlási akadályok feltárásához a problematikus helyek kiválasztásához kellő információt szolgáltatnak a már korábban említett vízhozam mérés, vízszint regisztrálási adatsorok. Az igazgatóságon jelenleg folyamatban van egy munka, amely a GPS lehetőségeit kihasználva lehetővé teszi a gátőri vízmércék azonos „0" síkra történő vetítését. A besűrített vízmérce kapcsolatok alapján a lefolyást befolyásoló tényezőket kellő alapossággal lehet elemezni (geometriai, érdességi tényezők változása és hatása az árvizek levonulására).

Az igazgatóságon több különböző vízhozamú permanens vagy permanens közeli áramlásnak megfelelő lefolyási állapotot dolgoztunk fel. Ilyen állapot előállítását kis és középvízi tartományban a Kiskörei Vízlépcső nyújtotta lehetőségek nagymértékben elősegítették. Ilyen permanens állapotokat mutat és annak tartósságát ábrázolják a jelentő vízmércéken rögzített vízállások.

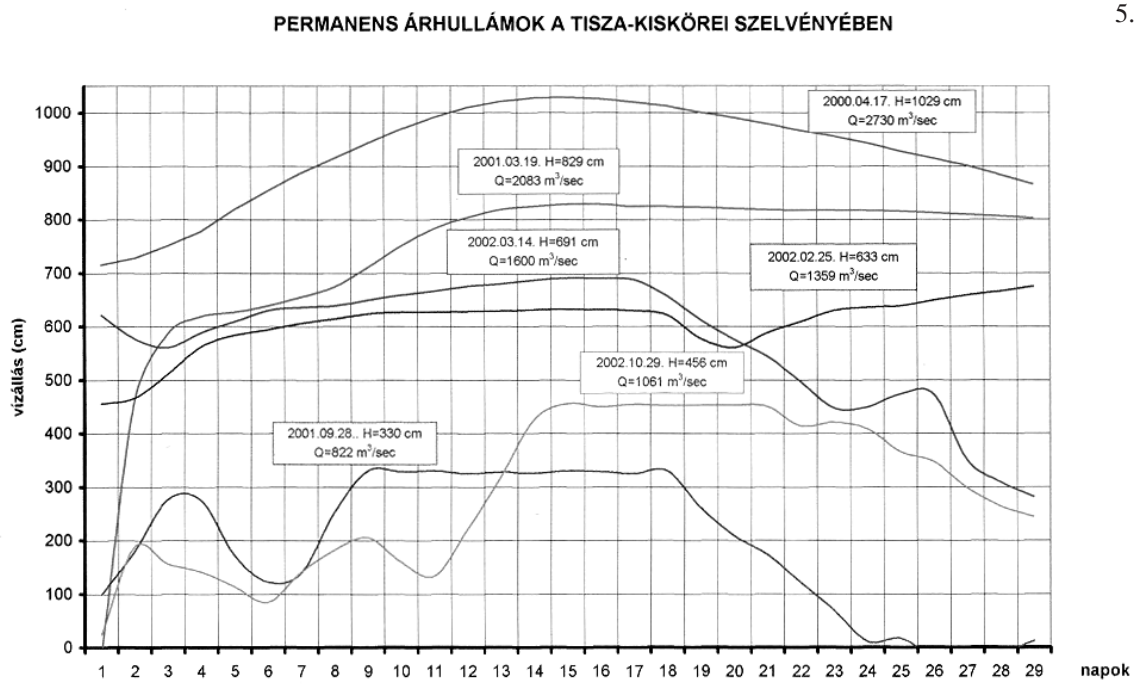
A permanens állapothoz tartozó vízmérce kapcsolatot és felszín esés alakulását Kisköre-Csongrád között az alábbi ábra mutatja be.

A vízmérce párok közötti felszín esés változás már a középvízi tartományban is bekövetkezik, ami a meder oldali érdességi tényező változását támasztja alá. A különböző vízszintekhez tartozó felszíni esés változás szintén a helyi anomáliák jelenlétét támasztják alá, amelynek számszerűsítése nagyon körültekintő kutató munkát igényel. A felszínesés változása, a kiváltó ok feltárása, ennek dokumentálása az egy dimenziós lefolyási modellezés segítségével véleményünk szerint megoldható.

Ehhez az elemző munkához nyújt igen nagy segítséget az Amerikai Hadsereg Mérnök hadtest Hidrológiai Központja által kifejlesztett HEC-RAS egy dimenziós hidraulikai modell, amelynek alkalmazói bevezetése folyamatban van az igazgatóságon.

Az egydimenziós hidraulikai modellezéssel feltárt helyi anomáliákat tovább lehet pontosítani kétdimenziós modellek alkalmazásával. Ehhez azonban elengedhetetlenül fontos egy mérési program összeállítása az adott folyószakaszra, amely alapján a program kalibrálását végre lehet hajtani.

5. ábra



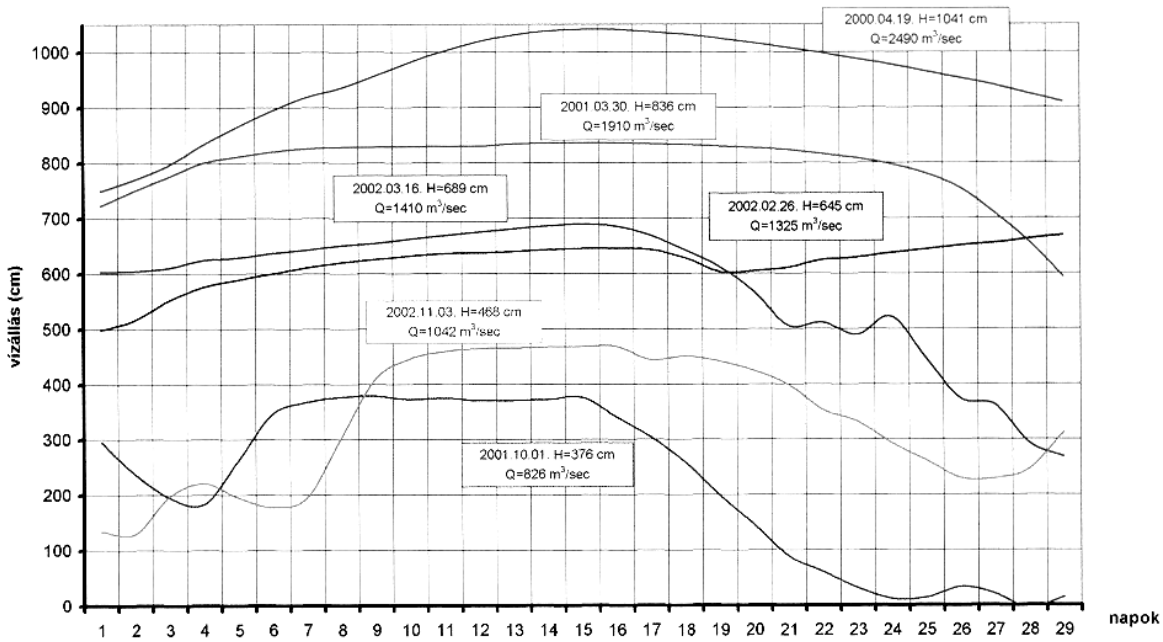
A mérési programnak tartalmazni kell:

- mederben lévő vízmérce párok összefüggés vizsgálatát,
- meder- és hullámtéri vízmérce párok összefüggő vizsgálatát,
- hullámtéri-hullámtéri vízmérce párok összefüggés vizsgálatát,
- vízhozam méréseket a vízmérce párok között,
- áramlási irány rögzítés a vízmérce párok között.

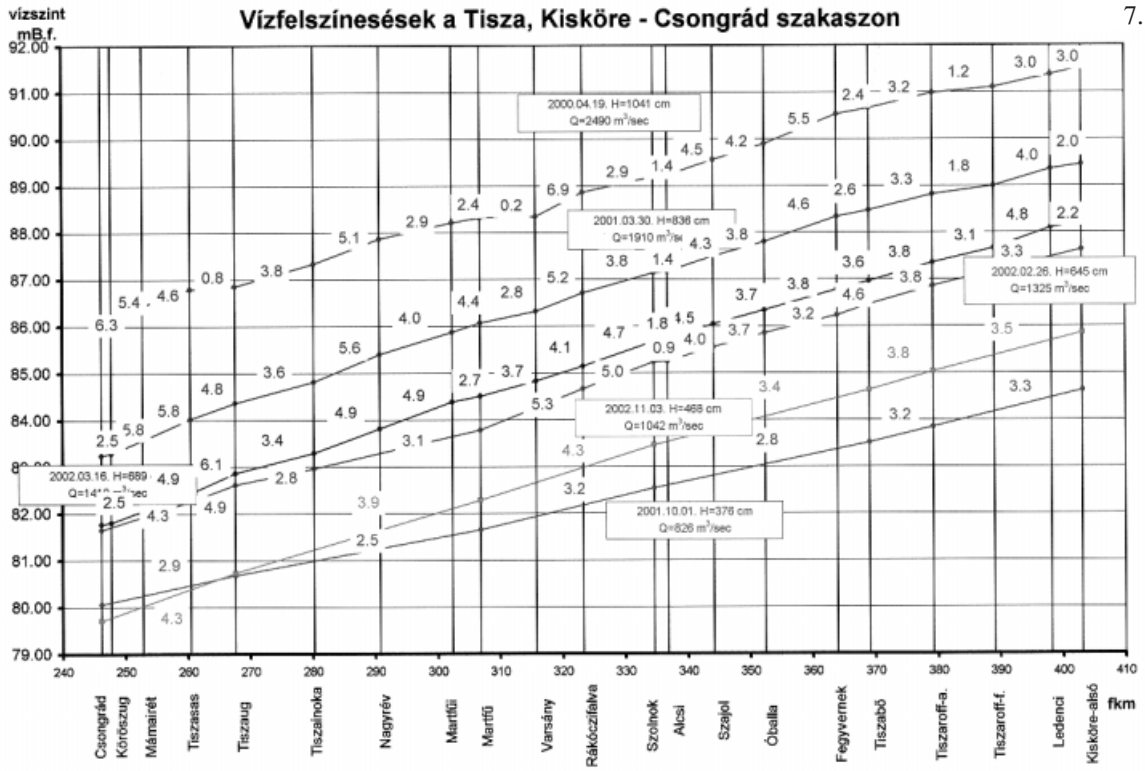
A vízmérce kapcsolatokat és a mérési programot első ütemben célszerű a Szolnok-Tiszavárkony közötti széles hullámtéri folyószakaszra kialakítani, mivel ezen a szakaszon az elmúlt árvizek során folytak vizsgálatok, vízhozam, áramlási irány, víz felszín alakulás vonatkozásában.

Erre a folyószakaszra 2001 évben az Észak-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság nicki telepén hidraulikus mozgómedrű kisminta kísérletre került sor a nagyvízi lefolyási anomáliák feltárása érdekében.

6. ábra



7. ábra



A kisminta kísérletek jól alátámasztották a műszaki érzékre alapozott lefolyást befolyásoló intézkedések, beavatkozások megtételének szükségességét és megalapozottságát. Az áramlási irányok befolyásolásával a kereszt irányú vízmozgások hatásának tompításával mérhető vízszint csökkentést lehetett elérni az érintett folyószakaszon, ugyanakkor a kisminta kísérlet is ráerősített a tiszavárkonyi szűkület problematikájára egy árapasztó vápa kialakításának szükségességére.

Mindezek a helyzetértékelő feltárások, következtetések lehetővé teszik a múltban lezajlott folyamatok minél pontosabb megismerését, egyes részfolyamatoknak az árvízi lefolyásra gyakorolt számszerűsíthető hatását. Ezen eredményekre támaszkodva megbízható pontossággal következtetéseket lehet levonni a hullámtéren jövőben várhatóan végbemenő folyamatokra, azok kezelhetőségére.

Hordalékviszonyok vizsgálata a Tisza középső (Kisköre-Szolnok közötti) szakaszán

Csépes Eduárd – Bancsi István – Végvári Péter – Aranyné Rózsavári Anikó
Közép-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság Regionális Laboratórium

BEVEZETÉS

Az századvég és ezredforduló sorozatos tiszai árvizeinek tanulmányozása során számos új kérdés került a szakmai közvélemény látóterébe. A szolnoki mérések hangsúlyozottan rámutatnak arra, hogy a vízhozam-vízállás (Q/H) görbék meredekségének ismert növekedése mellett, az árvízszintek növekedésével nem jár együtt az árvízi hozamok növekedése, és ugyanaz a vízhozam egyre magasabb szinten vonul le. A KÖTIVIZIG munkatársainak ezzel a témával kapcsolatos tanulmányai és publikációi irányították a figyelmet, az árvíz levonulását befolyásoló hullámtéri jelenségek – a feltöltődés, az övzátony képződés, a benőttség – jelentőségének vizsgálatára. A szolnoki szelvényben az 1932. évi maximális vízhozam (Qmax) 140 m^3/sec-al volt kisebb, mint 1895-ben, ennek ellenére a tetőző vízállás 67 cm-el magasabb szinten következett be (Kovács, 2001).

A Tisza hordalékmozgását alakító tényezőket és a jellemző törvényszerűségeket Végvári P. (1976) vizsgálta. A kiülepedő lebegőanyag összetételét és az üledék minőségének Princz P. – Berta E. (1982) és Bancsi I . (1977) tanulmányozták.

A Tisza és a Kiskörei-tározó (Tisza-tó) hidroökológiai sajátságainak rendezett áttekintésére az 1977-ben készült „Adatok a Tisza környezettani ismeretéhez, különös tekintettel a Kiskörei Vízlépcső térségére" c. témabeszámoló – amely nyomtatásban is megjelent – vállalkozott (Bancsi I. szerk. 1977.). Ez a munka az akkori lehetőségek keretei között vállalkozott a Vízlépcső megépítését megelőző időszak eredményeinek összegyűjtésére és számos intézmény kutatóinak bevonásával a rendelkezésre álló adatok értékelésére. Így vált lehetővé, hogy a Tisza középső szakaszáról napjainkban is fellelhető adatok álljanak rendelkezésre.

A folyó hordalékviszonyainak elemzéséhez ma is fontos alapinformációkat adnak Andó M. (1977) dolgozatának megállapításai azzal együtt, hogy a Tisza teljes vízgyűjtőjének természetföldrajzi viszonyait bemutatta. A jellegzetes árhullámok és a velük együttjáró hordalékmozgás néhány jellemzőjét Végvári P. (1976), B.Tóth M. – Hamar J. (1978), Bancsi I. (1977), Bancsi et al. (1983). mutatták be.

A kiskörei duzzasztás és a vízlépcső üzemeltetése következtében kialakult helyzetet Ádámosi M. et al. (1974, 1978) elemezték.

Fontos időszak volt a Kiskörei-tározó üzembehelyzése. A kialakult helyzettel Nagy I. (1982), köztük a tápanyagterheléssel, ami a hordalékviszonyokkal is összefüggésben van, Jolánkai (1980), az üledékminőséggel Litheráthy P. et al. (1980), a víz és üledékminőséggel Princz P. – Berta E. (1982) foglalkoztak.

Munkánkkal a Tisza magyarországi középső szakaszának hordalékviszonyaival kapcsolatos mérési eredmények feldolgozásával szeretnénk hozzájárulni a folyó hullámtéri viselkedésének megismeréséhez. A hosszú távú adatsorok kiértékelését egybevetve az elmúlt néhány év lebegőanyag tartalom és lebegőanyag-hozam mérési eredményeivel, választ kerestünk arra kérdésre, hogy a folyó hordalékszállítása milyen mértékben változik a vizsgált – Kisköre-Szolnok közötti – szakaszon. Továbbá megvizsgáltuk, hogy a két mérőponton mért lebegőanyag-hozam különbségek milyen mértékben tükrözik a vizsgált folyószakasz hullámterében lerakódott hordalék mennyiségét, és ez milyen összefüggésben van a folyó hullámtere, árvízi Q/H (vízhozam-vízállás) görbék alapján tapasztalható, vízszállító képességének csökkenésével.

CÉLKITŰZÉSEK

Ebben a munkában, a Tisza két mintavételi szelvényben mért hordalékviszonyainak vizsgálatát tűztük ki célul 1998.01.01-2002.12.31. között. Vizsgálatainkhoz a következő részfeladatok elvégzésére vállalkoztunk:

Adatok gyűjtése és rendezése

- A mintavételi gyakoriságok hatásának vizsgálata az éves lebegőanyag hozamok becsült értékeire
- Anyaghozam számítások a Tisza két mintavételi szelvényében
- Az összes lebegőanyag tartalom változásának vizsgálata hosszútávú adatsorok alapján
- Az elmúlt időszak legnagyobb árhullámainak elemzése (a lebegőanyag-hozam és vízhozam mérések eredményeinek vizsgálata a vízállás függvényében)
- Jellemző levonulási viszonyok vizsgálata

ANYAG ÉS MÓDSZER

Munkánk során a Tisza két mintavételi szelvényében (1. ábra) mért lebegőanyag tartalom mérések eredményeit dolgoztuk fel 1998.01.01-től 2002.12.12.-ig terjedő időszakban.

Az első mintavételi hely a Tisza 403 fkm-es szelvényében, Kisköre térségében található. A lebegőanyag tartalom meghatározását a pusztataskonyi hídról, sodorvonalból merített vízmintákból végeztük. A minták feldolgozása a KÖTIVIZIG Regionális Laboratóriumának kiskörei telephelyén történt, naponkénti gyakorisággal. A lebegőanyag meghatározása az MSZ 12750/6–71 szabvány szerinti módszer alapján történt. A vizsgálat során ismert térfogatú – rázással homogenizált – vizet 0,45 m pórusátmérőjű membránszűrőn átszűrtük, majd a szűrőn maradt anyagok tömegét (szűrővel együtt 105 C-on tömegállandóságig való szárítás után) méréssel határoztuk meg. Az összes lebegőanyag mennyiségét g/m^3-re átszámolva adtuk meg.

A második mintavételi hely a Tisza szolnoki 435,5 fkm-es szelvényében található. A mintavételi eljárás megegyezett az előzőekben leírtakkal. Az összes lebegőanyag tartalom meghatározása a KÖTIVIZIG Regionális Laboratóriumának szolnoki telephelyén történt: (1998.01.01. és 2001.12.31. között az MSZ 260/3–73; 2002.01.01.-től 2002.12.31. – ig az MSZ 12750/6–71 szabványok szerinti módszerekkel). A mintavételek és mérések gyakorisága 1998.01.01. és 2000.12.31. között heti két alkalom, 2001.01.01. és 2002.12.31. között, heti egy alkalom volt. Az MSZ 260/3–73 módszer úgynevezett számított lebegőanyag tartalom meghatározás.

Fogalommeghatározások:

Összes száraz anyag tartalom:
A vízmintában levő oldott és nem oldott, a szárítás hőmérsékletén nem illékony anyagok tömege.

Összes oldott anyag tartalom:
A vízmintában lévő oldott, a szárítás hőmérsékletén nem illékony anyagok tömege.

A módszer elve:
Meghatározott térfogatú, (száraz anyag tartalom estében) gondosan homogenizált, illetve (oldott anyag tartalom esetében) szűrt vízmintát szárazra párolunk, és a maradék tömegét 105C hőmérsékleten történő szárítás után mérjük. A számított lebegőanyag tartalmat az így kapott száraz és oldott anyag tartalom különbsége adja.

EREDMÉNYEK

4.1 Adatok gyűjtése és rendezése

A KÖTIVIZIG Regionális Laboratóriuma a Kiskörei-tározó üzemirányításához kapcsolódóan több évtizede végez monitor jellegű vizsgálatokat számos vízminőségi mutatóra vonatkozóan. Ennek a vizsgálat sorozatnak része az összes lebegőanyag tartalom mérése, amely a folyóban lejátszódó kémiai és biológia folyamatok pontosabb értelmezéséhez nyújt fontos információt. Az összes lebegőanyag tartalom mérési eredményeihez tartozó vízállás és vízhozam adatokat a KÖTÖVIZIG Vízgazdálkodási Osztályának Vízrajzi Csoportja szolgáltatta. Munkánk során, 1998.01.01-től 2002.12.31-ig terjedő öt éves adatsort dolgoztuk fel.

4.2 Anyaghozam számítások a Tisza két mintavételi szelvényében

A vizsgált időszak vízállás, vízhozam és összes lebegőanyag alaptáblázatait, terjedelmükre való tekeintettel, nem áll módunkban közölni. Az átlagos vízhozam *(Q m^3/s)* és összes lebegőanyag tartalom *(La g/m^3)* megfelelő értékeiből átlagos lebegőanyag hozamot számoltunk *(La_h kg/s)*

(1. egyenlet) $$La_h\,(\mathrm{kg/s}) = Q \cdot La \cdot 10^{-3}$$

1. Az átlagos lebegőanyag-hozam értékekből napi hozamokat számoltunk *(La_{hn} t/nap)*

(2. egyenlet) $$La_{hn}\,(\mathrm{t/nap}) = La_h \cdot 86400 \cdot 10^{-3}$$

2. A napi anyaghozamokból éves anyaghozamot számoltunk, az értékeket t/év mértékegységben adtuk meg:

(3. egyenlet) $$La_{hé}\,(t/\acute{e}v) = \sum_{i=1}^{365} La_{hni}$$

4.2.1. Mintavételi gyakoriság

Mint azt az „Anyag és módszer” című fejezetben leírtuk, a szolnoki szelvényből csak heti két ill. heti egy adat állt rendelkezésünkre az éves anyaghozamok kiszámításához. Ezért a szolnoki lebegőanyag-hozam éves értékeit csak becsléssel tudtuk meghatározni. Ahhoz, hogy hozzávetőleges képet kapjunk a valós és a becsült értékek

közötti eltérésről a kiskörei éves anyaghozamokat kiszámoltuk heti egyszeri ill. heti kétszeri mintából is. Az éves adatsorokból hiányzó adatok becslésére két módszert alkalmaztunk:

Becslés páronkénti átlagolással

A hiányzó adatokat a szomszédos adatpárok átlagértékeivel helyettesítettük. Az 1. táblázatban szemléltettük a páronkénti átlagolás heti egy ill. heti két alkalommal végzett mintavétel esetén.

Becslés lineáris illesztéssel

A második általunk használt módszer szerint, a hiányzó adatok becslésére az ismert x értékek alapján egyenes egyenletét haszáltuk.

(4. egyenlet) $y=mx+b$

Mivel csak egyetlen független x-változóval dolgoztunk, ezért az m és a b érték kiszámítása a következő egyenletek segítségével történt.

(5. egyenlet) $$m=\frac{n\left(\sum xy\right)\left(\sum x\right)\left(\sum y\right)}{n\left(\sum\left(x^2\right)\right)-\left(\sum x\right)^2}$$

(6. egyenlet) $$b=\frac{\left(\sum y\right)\left(\sum\left(x^2\right)\right)-\left(\sum x\right)\left(\sum xy\right)}{n\left(\sum\left(x^2\right)\right)-\left(\sum x\right)^2}$$

A gyakorlatban, szomszédos adatpárokra illesztett egyenesek meredekségét és az egyenes y-tengellyel való metszéspontját a következő MS Exel függvények felhasználásával számoltuk ki:

Meredekség (m):

INDEX(LIN.ILL(ismert_y; ismert_x); 1)

Y-metszéspont (b):

INDEX(LIN.ILL(ismert_y; ismert_x); 2)

A felhasznált módszer által kapott és az eredeti adatokból számolt anyaghozam értékeket a *2. mintatáblázatban* mutattuk be.

A fent ismertetett módszerek alapján éves adathozamokat számoltunk, és az így kapott eredményeket összehasonlítottuk az eredeti, naponkénti mintákból számolt éves anyaghozam értékekkel. A becsült és az eredeti adatokból számolt értékek közötti különbségeket %-ban fejeztük ki. Az eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

A táblázat adataiból kitűnt, hogy a különböző módszerekkel becsült és az eredeti mérési eredményekből számolt éves anyaghozamok közötti eltérés 17,7% - 0,6% között változott. Az öt éves periódus összesített sorait vizsgálva az eltérések 10%-on belül változtak. Ezen belül is a legkisebb eltérés a lineáris illesztés módszerénél tapasztaltuk. Az ötéves periódust vizsgálva, az eltérés mindössze 4,1%. Ezért az anyaghozamok meghatározásához (a szolnoki szelvényben) az éves adatsorokból hiányzó adatok becsléséhez a lineáris illesztés módszerét használtuk

4.2.1 Módszertani vizsgálatok

Az „Anyag és módszer” című fejezetben leírtuk, hogy az összes lebegőanyag tartalom meghatározásának módszere Kiskörén és Szolnokon különbözött. Fontosnak tartottuk, hogy megvizsgáljuk a két módszer mérési bizonytalanságát, és az ebből adódó esetleges hibát.

A vizsgálathoz a Tiszából vett 6-6 párhuzamos mintát vettünk, és mindkét alkalmazott szabvány szerint meghatároztuk (lsd. „Anyag és módszer” c. fejezet) a víz összes lebegőanyag tartalmát. A 6-6 párhuzamos mintából kapott eredményekkel, a következő számításokat végeztük el:

(7. egyenlet) $$\bar{x}_i=\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

(8. egyenlet) $$SD=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\bar{x}_i-x_i)^2}{n-1}}$$

(9. egyenlet) $$RSD\% = \frac{SD}{\bar{x}_i} \cdot 100$$

(10. egyenlet) $$mérési\ bizonytalanság = x \pm \frac{tSD}{\sqrt{n}}$$

Ahol:

i	*= a párhuzamos minták sorszáma*
x_i	*= az i-edik minta mért értéke*
n	*= a párhuzamos minták száma*
$\bar{x}_i$	*= az n számú párhuzamos mérés átlaga*
SD	*= standard deviáció (becsült tapasztalati szórás)*
$RSD\%$	*= relatív standard deviáció (százalékos szórás)*
t	*= Student féle valószínűségi tényező ($t_{6,\ 0,05}$ = 2,57)*

A számítások eredményeit a 4-5. táblázatokban foglaltuk össze:

Két minta átlagának összehasonlítása:

(11. egyenlet) $$t = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \cdot \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{n_1 SD_1^2 + n_2 SD_2^2}} = 0{,}216$$

Kritikus érték: $t_{10,\ 0,005}$ =3,169

A két – összes lebegőanyag tartalom meghatározására alkalmazott – módszer mérési bizonytalanságai között nagy eltérést tapasztaltunk. Ez a különbség a két módszer százalékos szórásából (RDS%) még jobban látszik. Ez érthető, hiszen a második (MSZ 260/3–73) módszernél, két különböző eljárás (az oldott anyag meghatározás és a száraz anyag tartalom meghatározás) mérési hibái adódnak össze.

A két módszer átlagértékei között mutatkozó eltérés elfogadható tartományon belül volt. A Student féle valószínűségi tényező kritikus értéke *(n_1+n_2-2)* szabadsági fokon 3,169, a két minta átlagának összehasonlítására alkalmazott próbafüggvény értéke ezt nem haladja meg (t = 0,216). Mivel adott esetben, a két mintavételi szelvényen átáramlott éves lebegőanyag hozamok számításához kellően nagy mintaszámmal dolgoztunk, a két módszer eltéréséből adódó hibát, még elfogadható tartományon belülinek tekintettük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉS

5.1 Lebegőanyag-hozam számítások a Tisza szolnoki szelvényében

Miután az előzőekben leírt módon meghatároztuk a mintavételek gyakoriságában mutatkozó eltérésekből származó hibát, kiválasztottuk az éves adatsorokból hiányzó adatok becslésének módszerét, valamint a vizsgálati módszerek különbözőségéből adódó hibát is elfogadható mértékűnek minősítettük, kiszámoltuk a Szolnoki szelvény éves lebegőanyag hozamait. A 3. táblázat A és F oszlopában található értékek hányadosait korrekciós tényezőként használtuk a szolnoki szelvényben számolt éves anyaghozamok számításánál. A két vizsgálati szelvény éves lebegőanyag-hozam számításának eredményeit 6. táblázatban foglaltuk össze:

Méréseink alapján azt a megállapítást tehetjük, hogy a szolnoki szelvényen átáramlott lebegőanyag éves mennyisége kisebb a kiskörei szelvényben mért éves anyaghozamok értékeinél (6. táblázat). A táblázat értékeiből az is jól kivehető, hogy a két vizsgált szelvény közötti lebegőanyag veszteség mennyisége, 1998-tól 2002-ig folyamatosan csökkenő tendenciát mutatott. A 2001. év kivételével, hasonló tendencia figyelhető meg a szolnoki és a kiskörei szelvényekben mért éves lebegőanyag hozamok értékeinél is. Ha az egész ötéves vizsgálati periódust tekintjük (2. ábra), megállapíthatjuk, hogy a kiskörei szelvényen öt év alatt átáramlott lebegőanyag mennyiségének mindössze a 85%-a mérhető ki a szolnoki szelvényben. A két érték közötti különbség 15% (2 072 327 t) egy része, nagy valószínűséggel, a két vizsgálati szelvény közötti folyószakasz hullámterében ülepszik ki.

Annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk az érintett Tisza-szakasz hordalékviszonyainak alakulásáról, megvizsgáltuk a kiskörei és szolnoki szelvényekben – 1998.01.01-2002.12.31 között – mért lebegőanyag tartalom és hozam értékeinek előfordulási gyakoriságait. Ehhez lebegőanyag tartalom és hozam értéktartományokat jelöltünk ki és a hozzájuk tartozó előfordulási gyakoriságokból százalékot számoltunk. Az egyes értéktartományokhoz kiszámoltuk a hozzájuk tartozó átlagos g/m3 és kg/s értékeket is. Az eredményeket a 3-4. ábrákon mutattuk be. Az ábrákon látható grafikonok x tengelyén a lebegőanyag tartalom *(g/m^3)* és a lebegőanyag-hozam *(kg/s)* értékeit

ábrázoltuk logaritmikus skálán. A logaritmikus ábrázolásra a kisebb értéktartományok könnyebb értelmezhetősége miatt volt szükség. Az y tengelyen, a kiskörei és szolnoki szelvényekben mért értékek %-os előfordulási gyakoriságát tüntettük fel. A grafikonokhoz tartozó jelölő szimbólumok x tengelyre eső vetülete, az egyes gyakorisági tartományok átlagértékeinek felel meg. A grafikon alapjául szolgáló adatokat az 7. és 8. táblázatok tartalmazzák.

A 3. ábrán látható, hogy a szolnoki és a kiskörei lebegőanyag hozamok lefutási görbéi három, jól elkülönülő részre oszthatók. Az első – 0-10 kg/s-os tartományban a kiskörei szelvényben mért lebegőanyag-hozam relatív gyakorisági értékei magasabbak a szolnoki szelvényben mért értékeknél.

A 10-200 kg/s-os tartományban fordított helyzet figyelhető meg – a szolnoki szelvényben mért relatív gyakoriságok magasabbak a kiskörei szelvényben mért értékeknél. 200 kg/s feletti értéktartományban újra a kiskörei %-os előfordulási gyakoriságok magasabbak. A jelenség fizikai hátterének feltárása a jelenleg rendelkezésre álló adatok alapján (lsd. az „Anyag és módszer" fejezetben vázolt metodikai problémák) nehézségekbe ütközik.

A két szelvényben mért adatok páronkénti összehasonlítása, főleg alacsony értéktartományban, túl nagy hibalehetőséget rejtene magában, és esetleg téves következtetésekhez vezetne. Ezért a nagy mintaszám alapján készült grafikonok alapján csak feltételezhetjük, hogy kis víz- és lebegőanyag hozamok esetén a főmederben levonuló víz lebegőanyag koncentrációja nem minden esetben csökken a kiskörei és szolnoki szelvények között. Ha azt a H0-hipotézist vizsgáljuk, hogy Kisköre-Szolnok közötti szakaszon, a víz lebegőanyag tartalma minden esetben csökken, a folyásirányban haladva, akkor, a szolnoki szelvényben, legalább akkora, vagy nagyobb relatív gyakorisággal kellene 0-10 kg/s közötti lebegőanyag-hozam értékeket mérnünk, mint a kiskörei szelvényben. A 3. ábra adatai ezt a hipotézist nem támasztják alá.

A 4. ábrán a két vizsgált szelvény lebegőanyag tartalom %-os értékeit ábrázoltuk a fentebb vázolt módszerrel. Ezen az ábrán is jól látszik, hogy alacsony értéktartományokban, Szolnokon gyakrabban mértünk magasabb lebegőanyag koncentrációt, mint Kiskörén.

Ennek alapján azt feltételezhetjük, hogy a Kisköre-Szolnok közötti folyószakaszon, bizonyos hidrológiai viszonyok mellett, a főmederben kiülepedett hordalék újra felkeveredhet, és a szolnoki szelvényben lebegőanyag-hozam többletként jelentkezik a kiskörei szelvényhez képest. Ennek a kérdésnek a pontos megválaszolására, csak további célirányos vizsgálatok elvégzése után vállalkozhatunk.

5.2 Az elmúlt időszak legnagyobb árhullámainak elemzése (a lebegőanyag-hozam és vízhozam mérések eredményeinek vizsgálata a vízállás függvényében).

A Tisza nagyvízi hordalékviszonyait az előző fejezetben bemutatott ábrák segítségével nehezen értelmezhetjük. Ezért az elmúlt időszak legnagyobb árhullámainak lebegőanyag és vízhozam mérési eredményeit, a hozzájuk tartozó vízállás értékek függvényében ábrázoltuk (5-12. ábrák). Az ábrákon négy időszak vízjárástörténeti eseményeit vizsgáltuk a kiskörei és a szolnoki mintavételi szelvényekben.

Ezek az időszakok a következők: 1998.10.30-1998.12.15; 1999.02.23-1999.06.01; 2000.03.03-2000.05.14; 2001.03.06-2001.04.22. A két mintavételi szelvény ugyanazon vizsgálati időszakait összehasonlítva láthatjuk, hogy a kiskörei mintavételi helyen mért lebegőanyag hozamok – különösen az árhullámok felszálló ágában – minden esetben meghaladják a Szolnokon mért vízhozam értékeket. Különös jelentősséggel a 600 cm-es vízállás fölötti történések bírnak, hiszen ebben a vízállástartományban az árhullám levonulása a folyó teljes hullámtéri szelvényét érinti. Ilyenkor a folyó hullámterei természetes ülepítőként működnek.

5.3 Jellemző levonulási viszonyok vizsgálata

A Tisza jellemző levonulási viszonyainak vizsgálatához a kiskörei és szolnoki mintavételi szelvényekben mért vízhozam és lebegőanyag hozam mérési eredményeit ábrázoltuk egy grafikonon (13-17 ábrák). Egy grafikon egy, a vizsgált időintervallumhoz tartozó év eseményeit szemlélteti. A bal oldali tengelyeken a lebegőanyag hozamok (Lahn; t/nap), a jobb oldali tengelyeken az átlagos vízhozam (Q; m3/s) értékeit tüntettük fel. A grafikonokon jól megfigyelhető, hogy az egymást követő árhullámok felszálló ágaihoz tartozó növekvő vízhozam értékekhez, hirtelen emelkedő lebegőanyag hozam értékek tartoznak. Az egyes árhullámokon belül, a lebegőanyag hozam értékek időben előbb érik el maximumukat, mint a vízhozamok megfelelő értékei.

A lebegőanyag hozam csúcsok jól tükrözik az egy nagyobb áradásos periódus kisebb, egymást követő árhullámainak, a Tisza középső szakaszára jellemző összetorlódását. Ha az egymást követő éveket vizsgáljuk megállapítható, hogy a kiskörei és szolnoki szelvényekben, az 1998. évben áramlott át a legnagyobb mennyiségű lebegőanyag a vizsgált időperiódusban (13. ábra). 1999-ben és 2000-ben, annak ellenére, hogy a maximális árvízcsúcsok egyre magasabbak voltak, az egy év alatt levonult lebegőanyag mennyisége csökkent (14.-15. ábra). A 16. ábrán a 2001. év eseményeit követhetjük nyomon.

A tavaszi árvízi időszak Kiskörén mért, kimagaslóan magas lebegőanyag hozam értéke, nagy valószínűséggel a tarpai gátszakadás közvetlen ill. közvetett hatásait tükrözte.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánkban, a fentiekben ismertetett módszerek alkalmazásával, egy vízminőségi mutató (lebegőanyag tartalom) két hosszú távú adatsorának, szokásostól eltérő feldolgozására vállalkoztunk. Mivel a méréssorozatok tervezése, a feldolgozási módszerek megválasztása nem hidrológiai vizsgálatok céljából történt, ezért a cikkünkben feltett kérdések megválaszolására ezek az eredmények csak erős megszorításokkal alkalmazhatók. A két mérőhely mintavételi gyakoriságainak, a lebegőanyag tartalom meghatározása módszereinek, ill. hidrológiai viszonyainak különbözőségeiből adódó eltérések, nagyfokú óvatosságra intenek az adatok feldolgozása során kapott eredmények értékelésénél. Az olvasóban óhatatlanul felmerülhet a kérdés, hogy leírhatunk-e lineáris illesztéssel olyan nemlineáris, többváltozós jelenségeket, mint a víz- és anyaghozam. A válasz egyértelműen nem. Ebben a munkában nem is vállalkoztunk erre. A hiányzó adatok lineáris illesztéssel történő becslése nem prediktív jellegű, ha a ténylegesen mért és a becsült értékeket páronként hasonlítanánk össze, szignifikáns eltérést tapasztalnánk. Ennek ellenére a ténylegesen mért és a becsült értékekből számolt éves ill. öt éves lebegőanyag hozamok megfelelő értékei közötti különbség meglepően kicsi (lsd.: 3. táblázat). Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a nagy mintaszámnak köszönhetően, lineáris illesztéssel közel azonos számban becsültük alul ill. túl a ténylegesen mért értékeket. Eredményeinkkel elsősorban a hidrológusok érdeklődését szeretnénk felkelteni, és tisztában vagyunk azzal, hogy megállapításaink kétséget kizáró alátámasztása vagy elvetése, csak célirányos vizsgálatok elvégzése után valósulhat meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Ando M. (1977): *A Tisza természetföldrajzi viszonyai. In: Adatok a Tisza környezettani ismeretéhez: 5-13.*
2. Ádámosi M. – Bancsi I. – Hamar J. –Katona S. – B. Tóth M. – Végvári P. (1974): *Duzzasztás hatása a Tisza vízminőségére a Kiskörei vízlépcső térségében. H.K. 12: 570-576.*
3. Bancsi I. – Berta E. – Hamar J. – B. Tóth M. – Végvári P. – Waijandt J. (1983): *A Kiskörei tározó vízminőségi viszonyai. V. K. 3:593.620.*
4. Bancsi I. – Waijandt J. (1986): *A Tisza kiskörei és szolnoki szelvényében mért vízminőségi komponensek vizsgálata. (Kézirat)*
5. Bancsi I. (szerk.) (1977): *Adatok a Tisza környezettani ismeretéhez, különös tekintettel a Kiskörei vízlépcső térségére. KÖTIVIZIG Kiskörei Laboratóriuma, Kisköre. VÍZDOK Budapest*
6. Bogárdi J. (1971): *Vízfolyások hordalékszállítása. Akadémiai Kiadó, Budapest.*
7. Győri Zs. – Végvári P. (1981): *Physical and chemical conditions in the sediment of the Tisza and its tributaries. – TISCIA XVI.:13-43.*
8. Jolánkai G. (1980): *A Kiskörei-tározóval kapcsolatos vízminőségvizsgálatok I. Tápanyagterhelési és eutrofizálódási modellvizsgálatok. VITUKI témabeszámoló.*
9. Karcagi G. (1981): *A Kiskörei Vízlépcső hatása a Tisza vízjárására. H.K.6.:269-270.*
10. Kovács S – Váriné Sőlősi Irén (2001): *A Közép-Tiszán végzett árvízi mérések eddigi eredményei – A Duna-Tisza-medence víz- és környezetvédelme – Debrecen.*
11. Literathy P. – Berta E. – László F. (1980): *Kiskörei-tározóval kapcsolatos vízminőségvizsgálatok II. Biorezisztens anyagok vizsgálata. VITUKI témabeszámoló.*
12. Nagy Illés (1982): *A Kiskörei tározó hullámterének átalakítása. V. K. 3.: 456-465.*
13. Princz P. – Berta E. (1982): *A Kiskörei tározó víz- és üledékminőség vizsgálata. VITUKI témabeszámoló.*
14. Vajk Ö. (1980): *A Közép-Tisza vízjárásának elemző vizsgálata. KÖTIVIZIG. Kézirat.*
15. Végvári P. – Hamar J. – Bancsi I. – B. Tóth M. (1976): *Hydroecological investigations in the future Kisköre reservoir at Abádszalók. TISCIA XI.: 77-83.*
16. Végvári P. (1976): *Water motion in the River Tisza and its connection with the suspended matter content in 1974. TISCIA XI.: 17-20.*

1. táblázat: *Mintatáblázat a páronkénti átlagolással becsült lebegő anyag-hozam számításokhoz*

Dátum	t/nap eredeti	t/nap heti 1 alkalommal becsült	t/nap heti 2 alkalommal becsült
1998.01.05	**35 388**	**35 388**	[1]**35 388**
1998.01.06	**16 124**	*23 889*	[2]*25 618*
1998.01.07	**15 847**	*23 889*	**15 847**
1998.01.08	**12 787**	*23 889*	*14 116*
1998.01.09	**13 545**	*23 889*	*14 116*
1998.01.10	**15 960**	*23 889*	*14 116*
1998.01.11	**13 503**	*23 889*	*14 116*
1998.01.12	**12 390**	**12 390**	**12 390**

2. táblázat: *Mintatáblázat a lineáris illesztéssel becsült lebegőanyag-hozam számításokhoz*

Dátum	t/nap eredeti	t/nap Lin ill	*m*	*b*
1998.01.05	**35 388**	**35 388**	**-113,08514**	**4048857,6**
1998.01.06	**16 124**	*25 618*		
1998.01.07	**15 847**	**15 847**	**-8,00366**	**286730,45**
1998.01.08	**12 787**	*15 156*		
1998.01.09	**13 545**	*14 464*		
1998.01.10	**15 960**	*13 773*		
1998.01.11	**13 503**	*13 081*		
1998.01.12	**12 390**	**12 390**	**-25,059351**	**897443,59**

3. táblázat: *Lebegőanyag-hozam számítások eredményei a kiskörei és szolnoki szelvényekben 1998.01.01-2002.12.31. között*

Év	A	B	C	D	E	F	G
	Kiskörei $La_{hé}$ (t/év) naponként számolt	Kiskörei $La_{hé}$ (t/év) hetenként 1 alkalomból számolt	$\left[\frac{A-B}{A}\cdot 100\%\right]$	Kiskörei $La_{hé}$ (t/év) hetenként 2 alkalomból számolt	$\left[\frac{A-B}{A}\cdot 100\%\right]$	köztes értékkel számolt ($y=xm+b$)	$\left[\frac{A-B}{A}\cdot 100\%\right]$ ($y=xm+b$)
1998.	4 477 652	5 085 748	13,6%	4 735 893	5,8%	4 722 956	5,5%
1999.	2 155 166	2 537 044	17,7%	2 320 788	7,7%	2 264 269	5,1%
2000.	1 987 286	2 229 103	12,2%	2 254 230	13,4%	2 078 715	4,6%
2001.	2 928 020	2 998 979	2,4%	2 911 102	0,6%	2 998 979	2,4%
2002.	1 836 056	1 872 092	2,0%	2 063 962	12,4%	872 091	2,0%
Összesen:	**13 384 180**	**14 722 965**	**10,0%**	**14 285 976**	**6,7%**	**13 937 010**	**4,1%**

1. *Megvastagított számmal az eredeti értékeket írtuk.*
2. *dőlt számformátummal az átlagolt eredményeket jelöltük.*

4. táblázat: *MSZ 12750/6B71 szabvány szerinti mérések mérési bizonytalansága*

i	1	2	3	4	5	6
x_i	28,5	26,0	29,9	26,0	27,0	27,9
$(\bar{x}_i - x_i)^2$	0,9025	2,4025	5,5225	2,4025	0,3025	1,1225
$\bar{x}_i$	27,6					
SD	1,52676					
RSD%	5,54					

Mérési bizonytalanság= ± 1,60 mg/L

5. táblázat: *Az MSZ 260/3B73 módszerrel mért eredmények mérési bizonytalansága*

i	1	2	3	4	5	6
x_i	28,5	26,0	29,9	26,0	27,0	27,9
$(\bar{x}_i - x_i)^2$	0,9025	2,4025	5,5225	2,4025	0,3025	1,1225
$\bar{x}_i$	27,6					
SD	1,52676					
RSD%	5,54					

Mérési bizonytalanság= ± 1,60 mg/L

6. táblázat: *A szolnoki és kiskörei vizsgálati szelvényekben végzett éves lebegőanyag-hozam számítások eredményei 1998.01.01-2002.12.31. között*

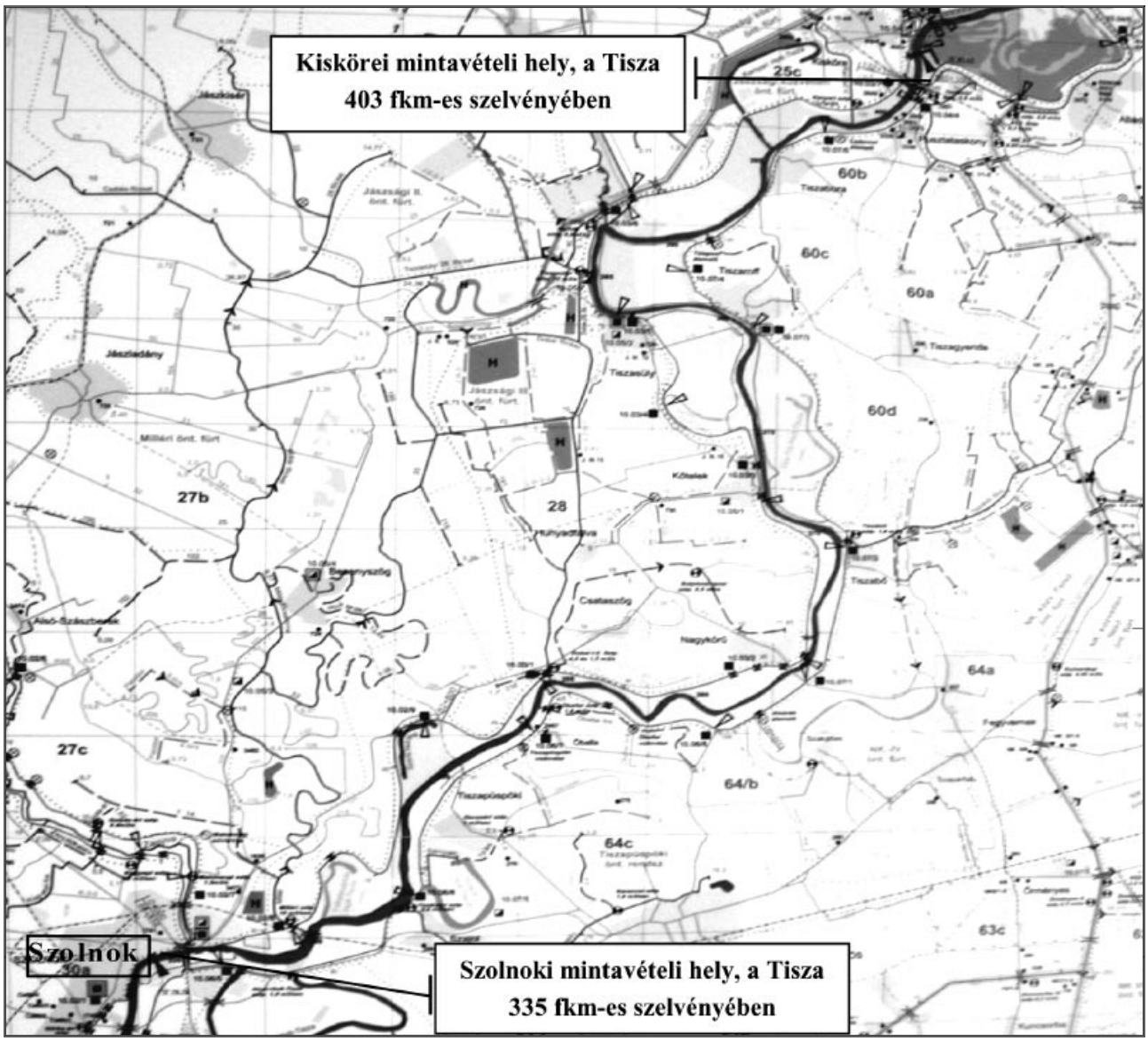
Év	Kiskörei LA hozam t/év naponkénti	Szolnoki LA hozam t/év (becsült)	Különbség t/év
1998.	4 477 652	3 648 133	829 519
1999.	2 155 166	1 650 850	504 316
2000.	1 987 286	1 640 934	346 352
2001.	2 928 020	2 700 128	227 892
2002.	1 836 056	1 671 808	164 248
Összesen:	**13 384 180**	**11 311 853**	**2 072 327**

7. táblázat: *A kiskörei szelvényben 1998.01.01.-2002.12.31. között mért lebegőanyag tartalom és hozam értékeinek előfordulási gyakoriságai*

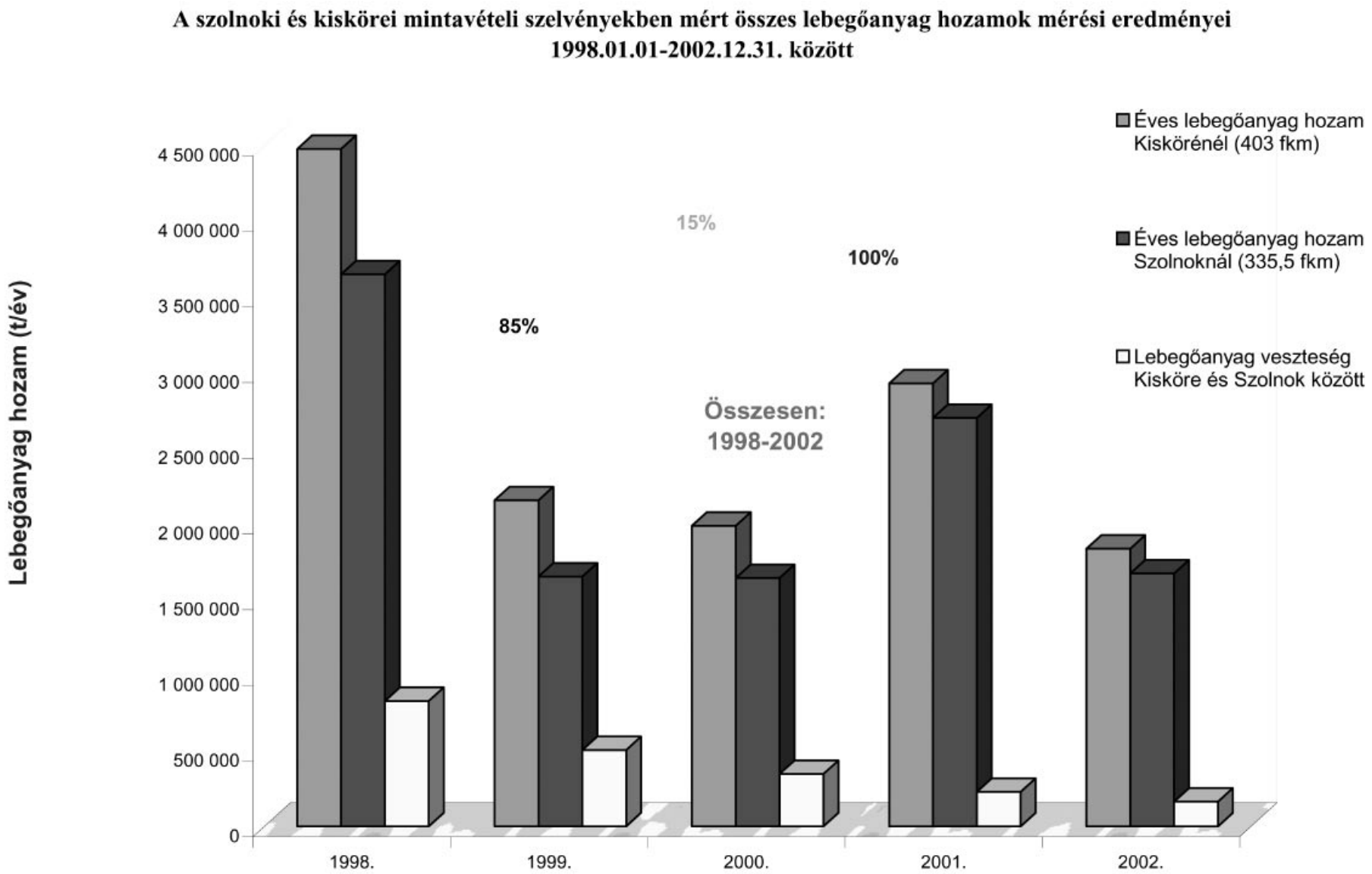
Értéktartományok (kg/s; g/m^3)	La_h előfordulási gyakoriság	La_h átlagértékei	La_h előfordulási százalék	*La* tartalom előfordulási gyakoriság	*La* tartalom átlagértékei	*La* tartalom előfordulási százalék
	kg/s	*kg/s*	*(%)*	*(g/m^3)*	*(g/m^3)*	*(%)*
0	0	0	0,0	0	0,0	0,0
5	564	3	30,9	16	4,2	0,9
10	282	7	15,4	155	7,8	8,5
15	117	12	6,4	266	13,0	14,6
20	75	17	4,1	268	17,5	14,7
50	199	32	10,9	458	31,3	25,1
100	194	74	10,6	279	71,8	15,3
150	104	120	5,7	139	121,4	7,6
200	61	176	3,3	68	175,8	3,7
250	49	226	2,7	49	224,8	2,7
300	32	280	1,8	36	276,1	2,0
350	32	325	1,8	28	324,7	1,5
400	22	374	1,2	19	376,1	1,0
450	18	423	1,0	13	426,9	0,7
500	14	473	0,8	9	473,9	0,5
600	12	542	0,7	9	559,6	0,5
800	30	669	1,6	6	695,0	0,3
1000	10	918	0,5	3	958,9	0,2
1200	2	1194	0,1	3	1027,6	0,2
1400	4	1259	0,2	2	1320,5	0,1
1600	2	1474	0,1	0	0	0
1800	1	1638	0,1	0	0	0
2000	1	1930	0,1	0	0	0
2200	1	2146	0,1	0	0	0

8. táblázat: *A szolnoki szelvényben 1998.01.01.-2002.12.31. között mért lebegőanyag tartalom és hozam értékeinek előfordulási gyakoriságai*

Értéktartományok (kg/s; g/m^3)	La_h előfordulási gyakoriság	La_h átlagértékei	La_h előfordulási százalék	*La* tartalom előfordulási gyakoriság	*La* tartalom átlagértékei	*La* tartalom előfordulási százalék
	kg/s	*kg/s*	*(%)*	*(g/m^3)*	*(g/m^3)*	*(%)*
0	0	0	0	0	0	0
5	79	3	19	7	4	2
10	60	8	14	16	8	4
15	50	12	12	30	13	7
20	21	17	5	37	18	9
50	70	35	16	139	34	33
100	60	73	14	101	72	24
150	26	127	6	44	124	10
200	15	173	4	18	173	4
250	11	222	3	8	223	2
300	11	276	3	7	280	2
350	2	313	0	5	315	1
400	5	374	1	4	370	1
450	3	417	1	2	433	0
500	2	494	0	4	469	1
600	4	545	1	0	0	0
800	3	634	1	4	686	1
1000	3	895	1	0	0	0
1200	1	1022	0	0	0	0

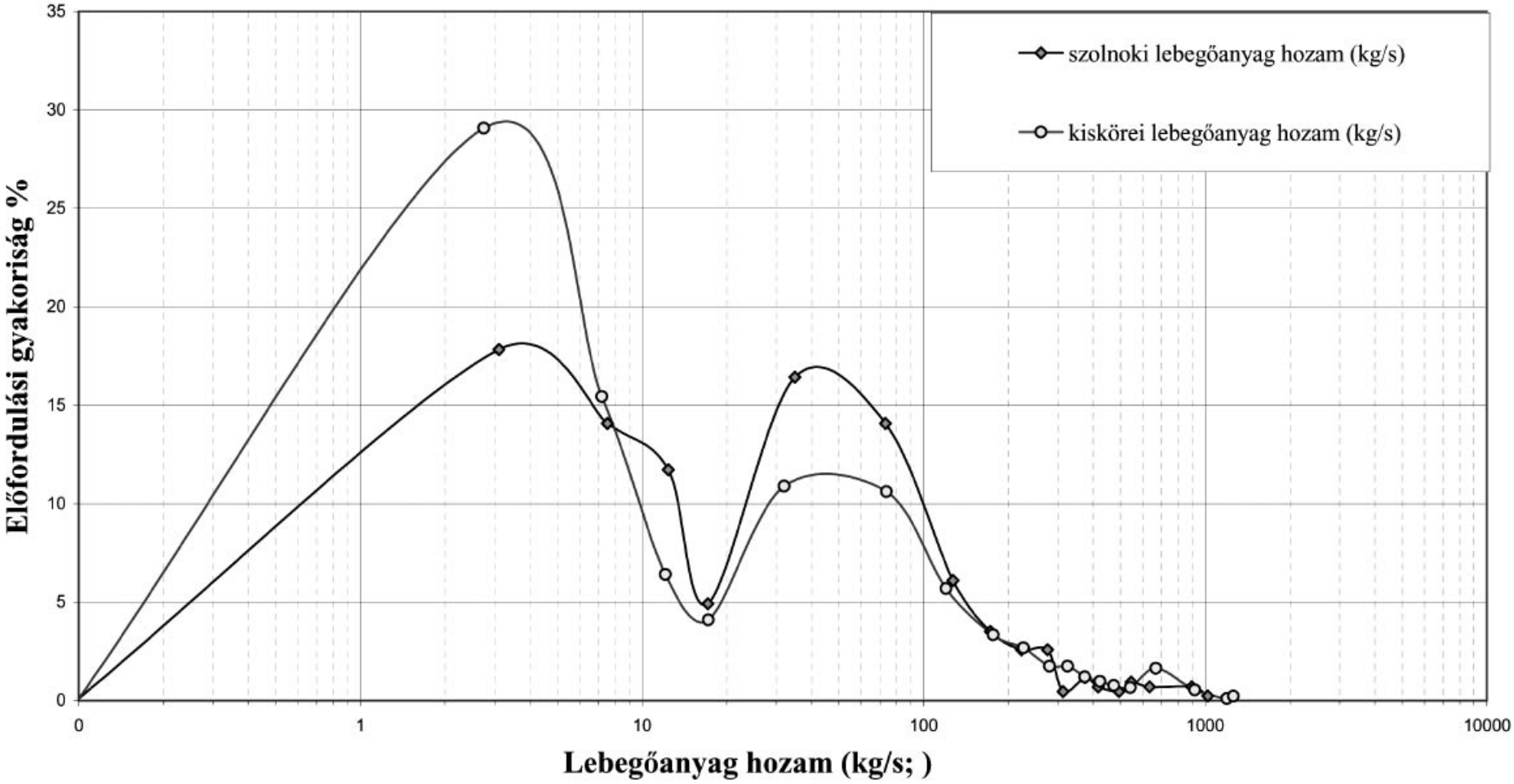

Kiskörei mintavételi hely, a Tisza
403 fkm-es szelvényében
Szolnoki mintavételi hely, a Tisza
335 fkm-es szelvényében
Szolnok
25c
60b
60c
60a
60d
27b
28
27c
64a
64/b
64c
63c

1. ábra


A szolnoki és kiskörei mintavételi szelvényekben mért összes lebegőanyag hozamok mérési eredményei
1998.01.01-2002.12.31. között
Lebegőanyag hozam (t/év)
4 500 000
4 000 000
3 500 000
3 000 000
2 500 000
2 000 000
1 500 000
1 000 000
500 000
0
1998.
1999.
2000.
2001.
2002.
85%
15%
100%
Összesen:
1998-2002
Éves lebegőanyag hozam Kiskörénél (403 fkm)
Éves lebegőanyag hozam Szolnoknál (335,5 fkm)
Lebegőanyag veszteség Kisköre és Szolnok között

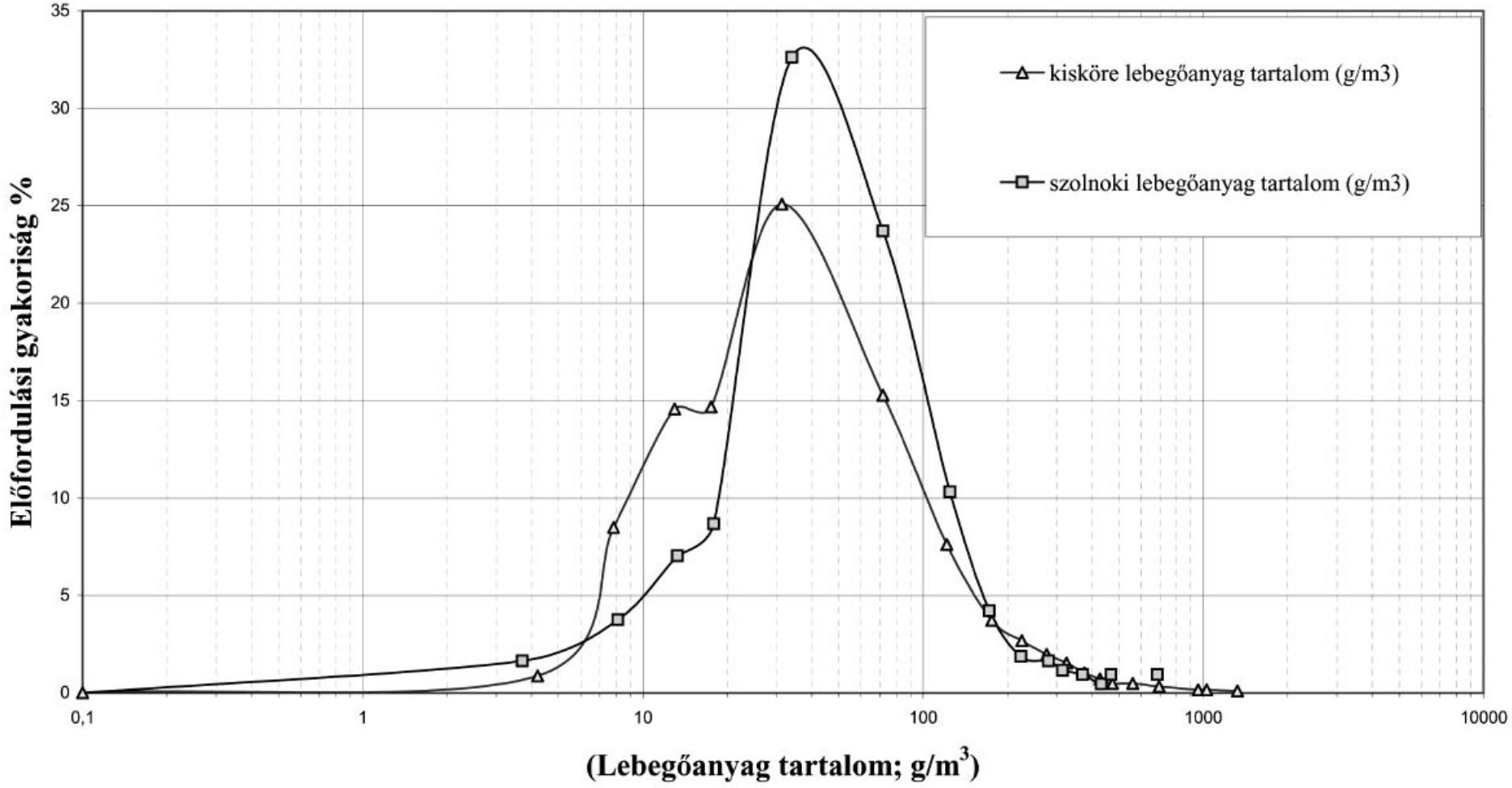
2. ábra

A szolnoki és kiskörei keresztszelvényekben mért lebeőanyag hozam relativ előfordulási gyakoriságai 1998.01.01 – 2002.12.31. közötti időszakban

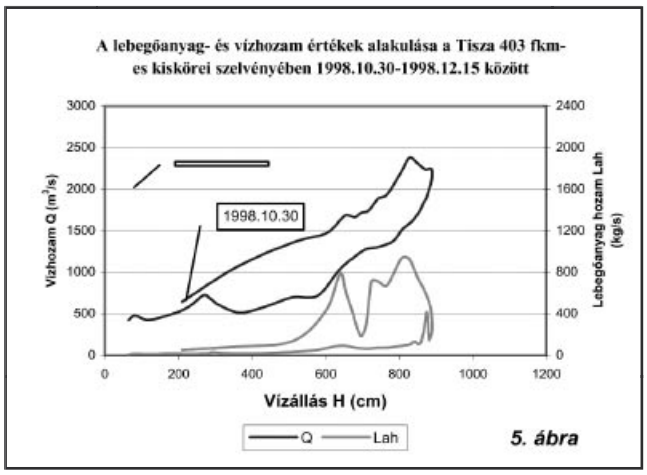


3. ábra

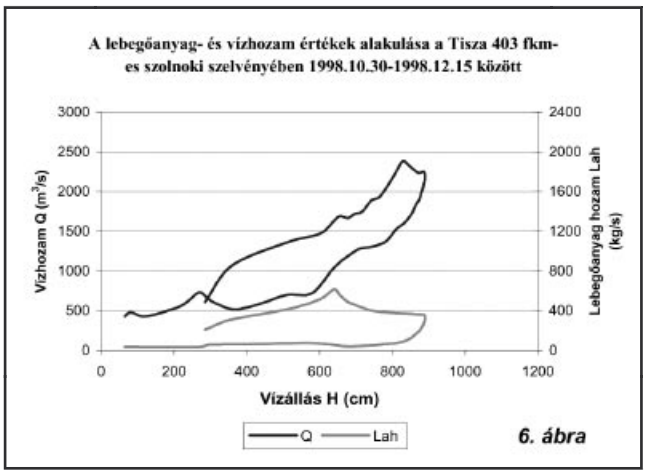
A szolnoki és kiskörei keresztszelvényekben mért lebeőanyag tartalom relativ előfordulási gyakoriságai 1998.01.01 – 2002.12.31. közötti időszakban



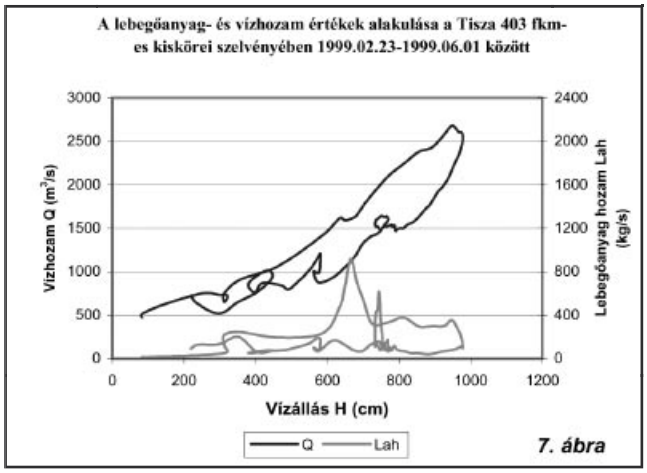
4. ábra



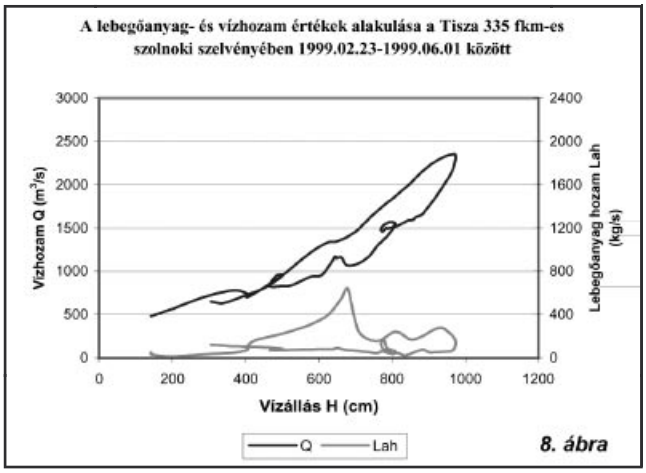
5. ábra



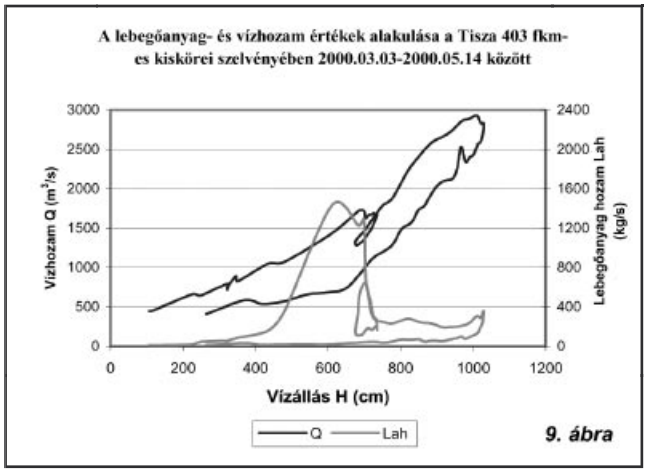
6. ábra



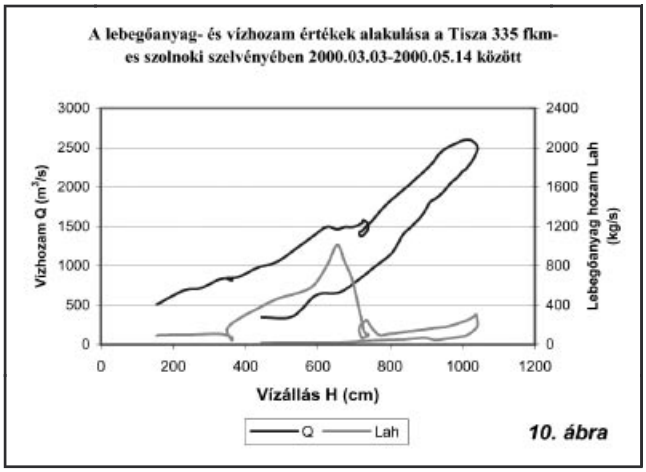
7. ábra



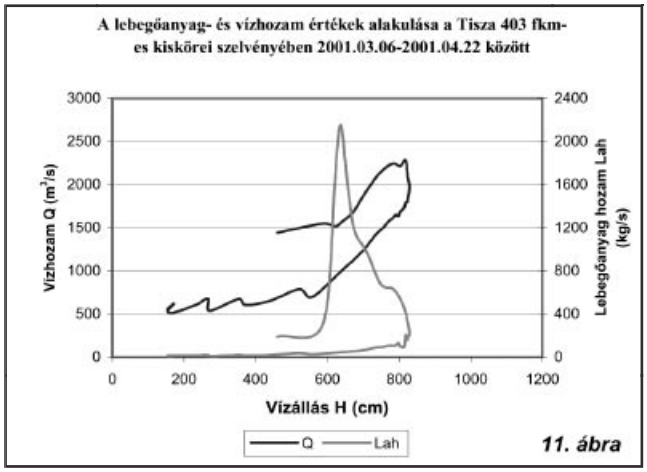
8. ábra



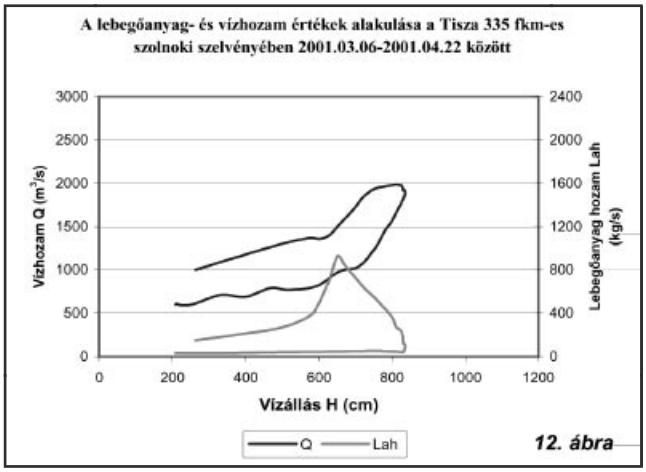
9. ábra



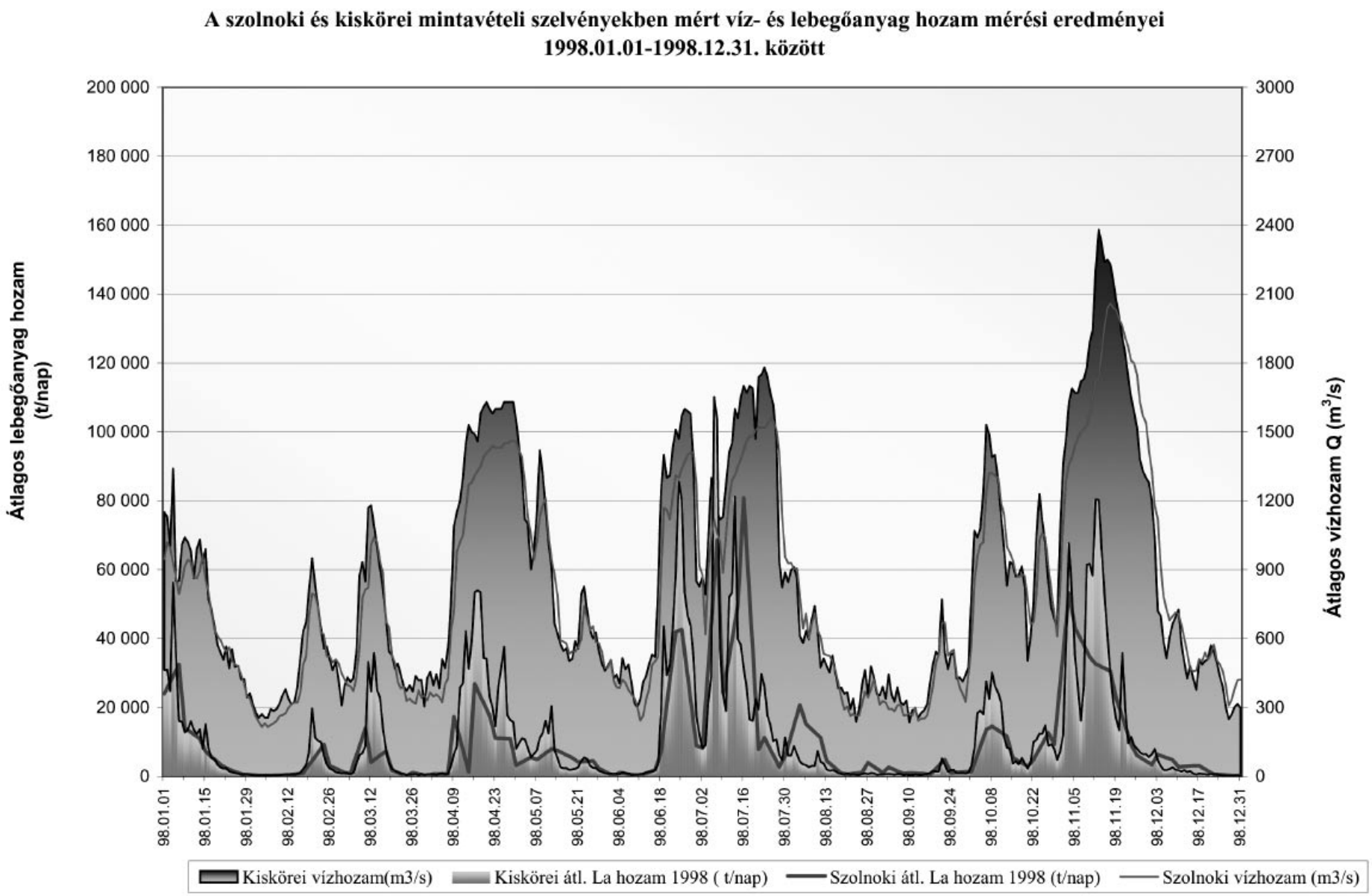
10. ábra



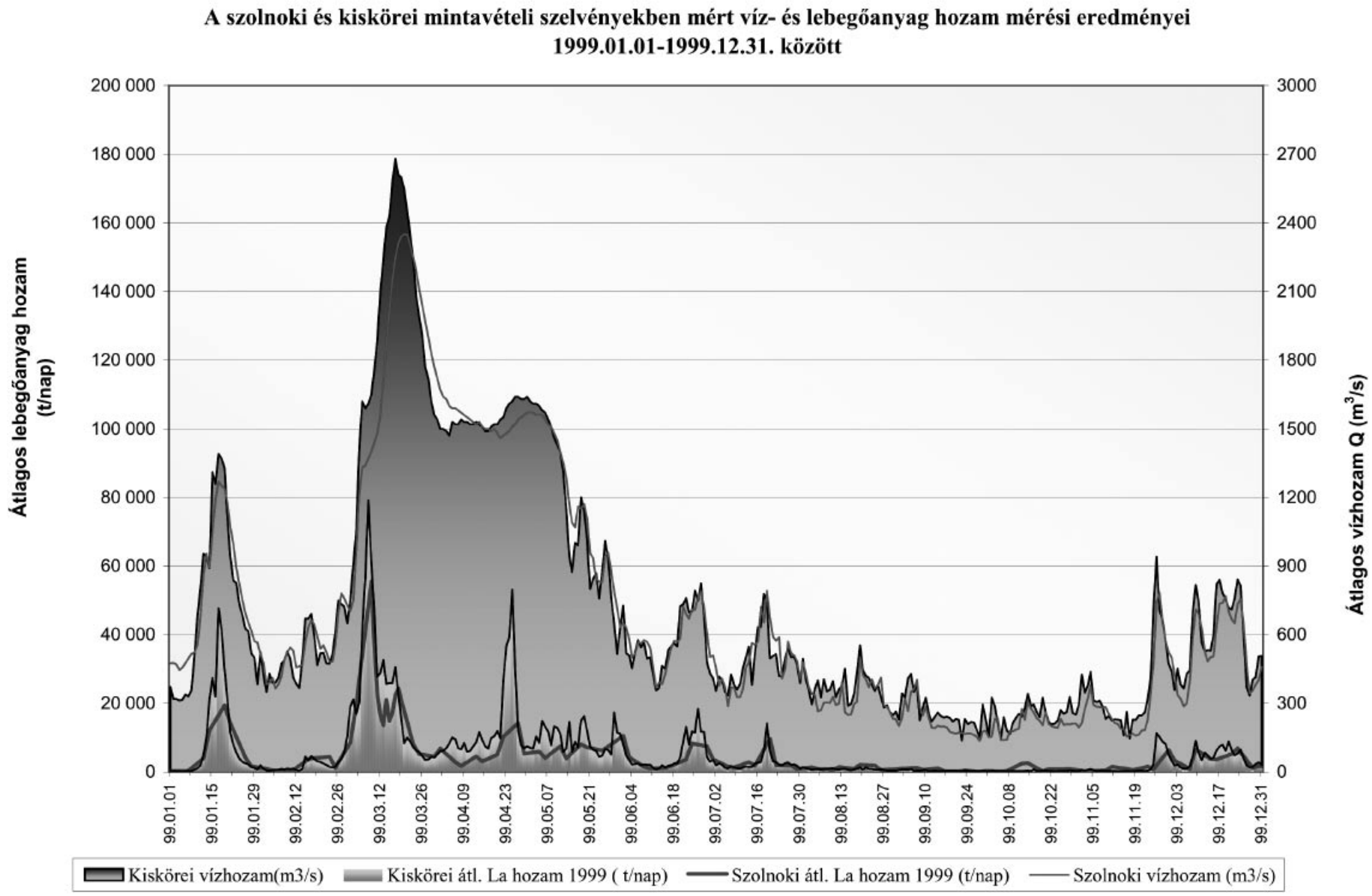
11. ábra



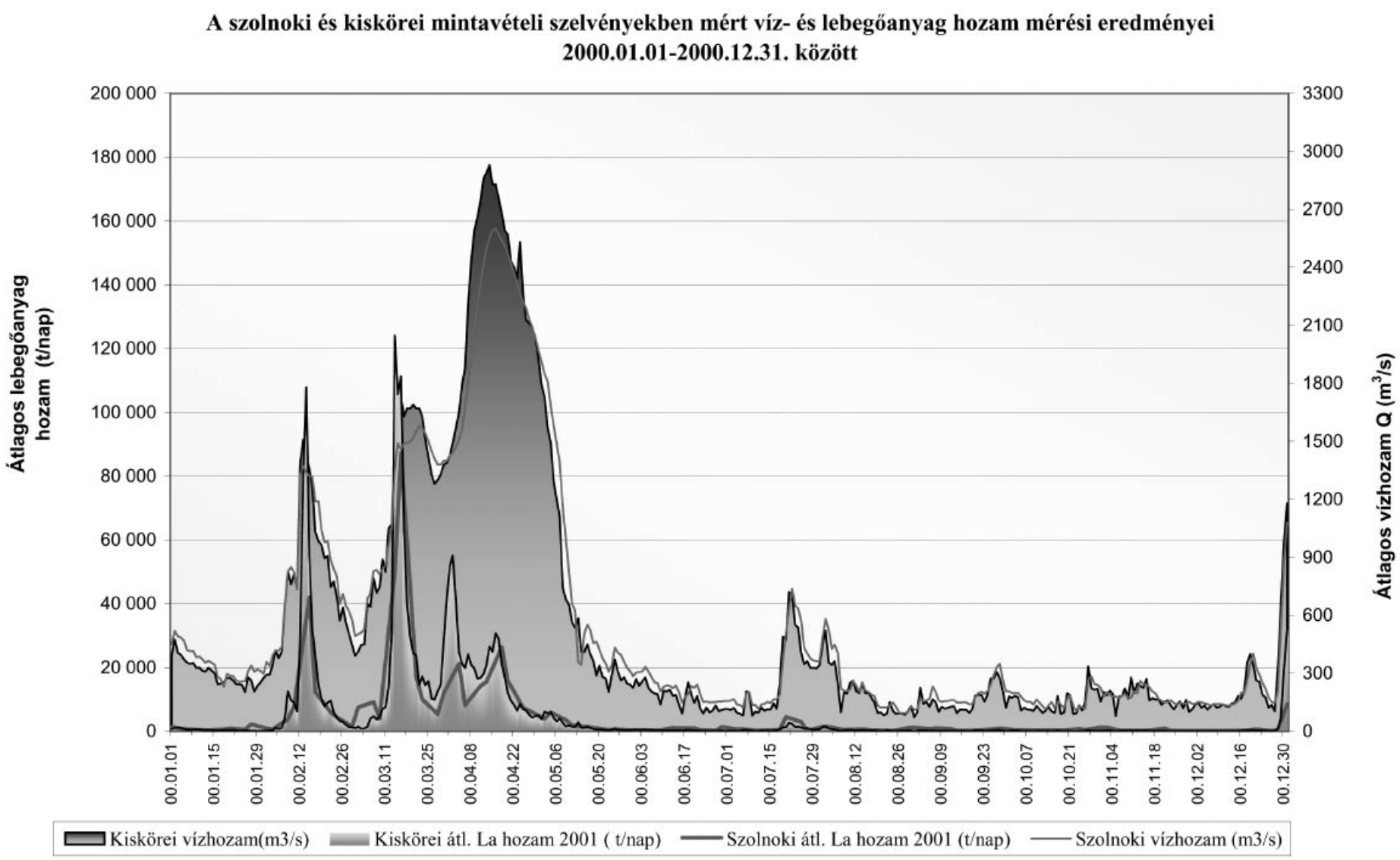
12. ábra


A szolnoki és kiskörei mintavételi szelvényekben mért víz- és lebegőanyag hozam mérési eredményei
1998.01.01-1998.12.31. között
Átlagos lebegőanyag hozam (t/nap)
Átlagos vízhozam Q (m3/s)
200 000
180 000
160 000
140 000
120 000
100 000
80 000
60 000
40 000
20 000
0
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
98.01.01
98.01.15
98.01.29
98.02.12
98.02.26
98.03.12
98.03.26
98.04.09
98.04.23
98.05.07
98.05.21
98.06.04
98.06.18
98.07.02
98.07.16
98.07.30
98.08.13
98.08.27
98.09.10
98.09.24
98.10.08
98.10.22
98.11.05
98.11.19
98.12.03
98.12.17
98.12.31
Kiskörei vízhozam(m3/s)
Kiskörei átl. La hozam 1998 (t/nap)
Szolnoki átl. La hozam 1998 (t/nap)
Szolnoki vízhozam (m3/s)

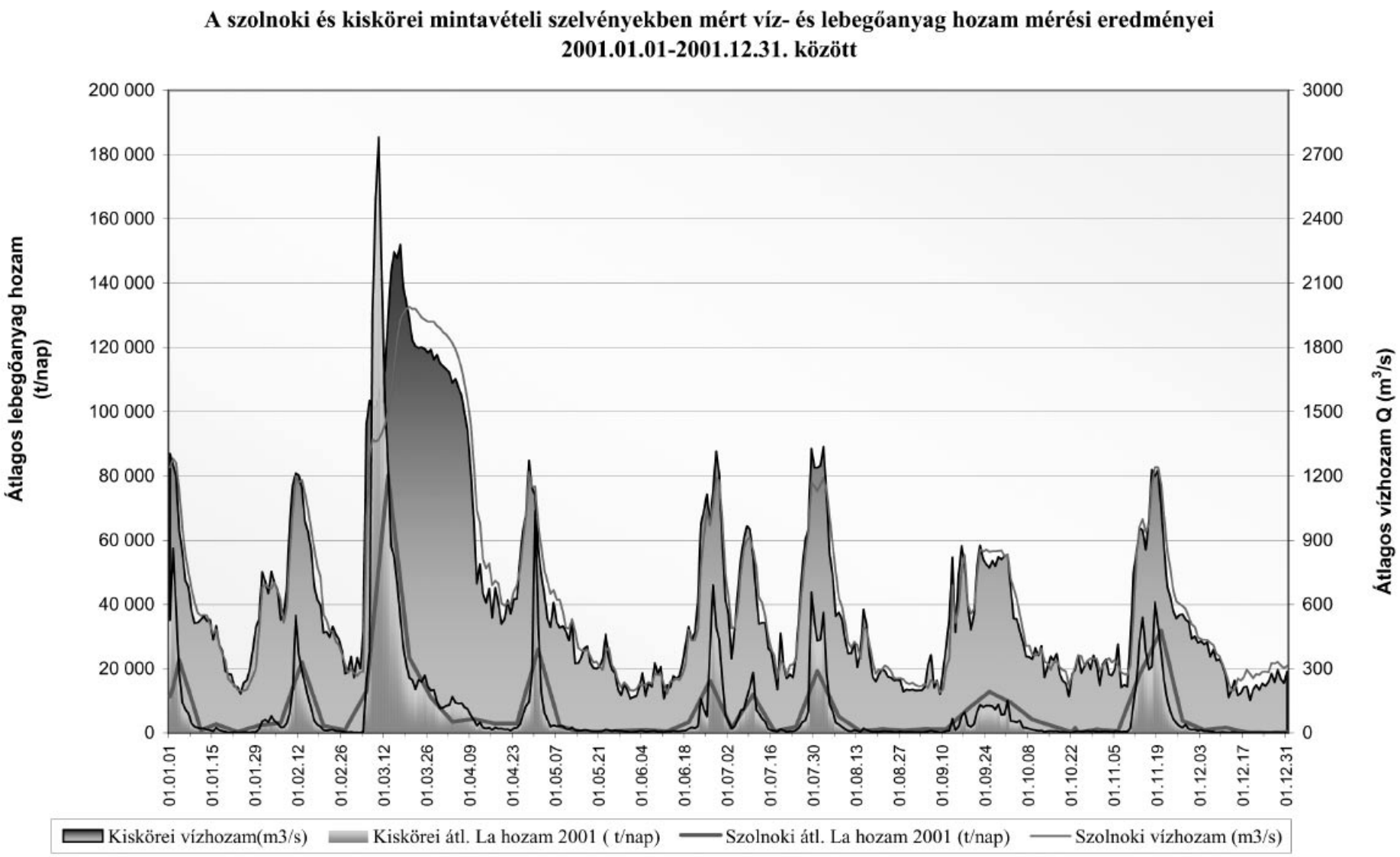
13. ábra


A szolnoki és kiskörei mintavételi szelvényekben mért víz- és lebegőanyag hozam mérési eredményei
1999.01.01-1999.12.31. között
Átlagos lebegőanyag hozam (t/nap)
Átlagos vízhozam Q (m3/s)
200 000
180 000
160 000
140 000
120 000
100 000
80 000
60 000
40 000
20 000
0
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
99.01.01
99.01.15
99.01.29
99.02.12
99.02.26
99.03.12
99.03.26
99.04.09
99.04.23
99.05.07
99.05.21
99.06.04
99.06.18
99.07.02
99.07.16
99.07.30
99.08.13
99.08.27
99.09.10
99.09.24
99.10.08
99.10.22
99.11.05
99.11.19
99.12.03
99.12.17
99.12.31
Kiskörei vízhozam(m3/s)
Kiskörei átl. La hozam 1999 (t/nap)
Szolnoki átl. La hozam 1999 (t/nap)
Szolnoki vízhozam (m3/s)

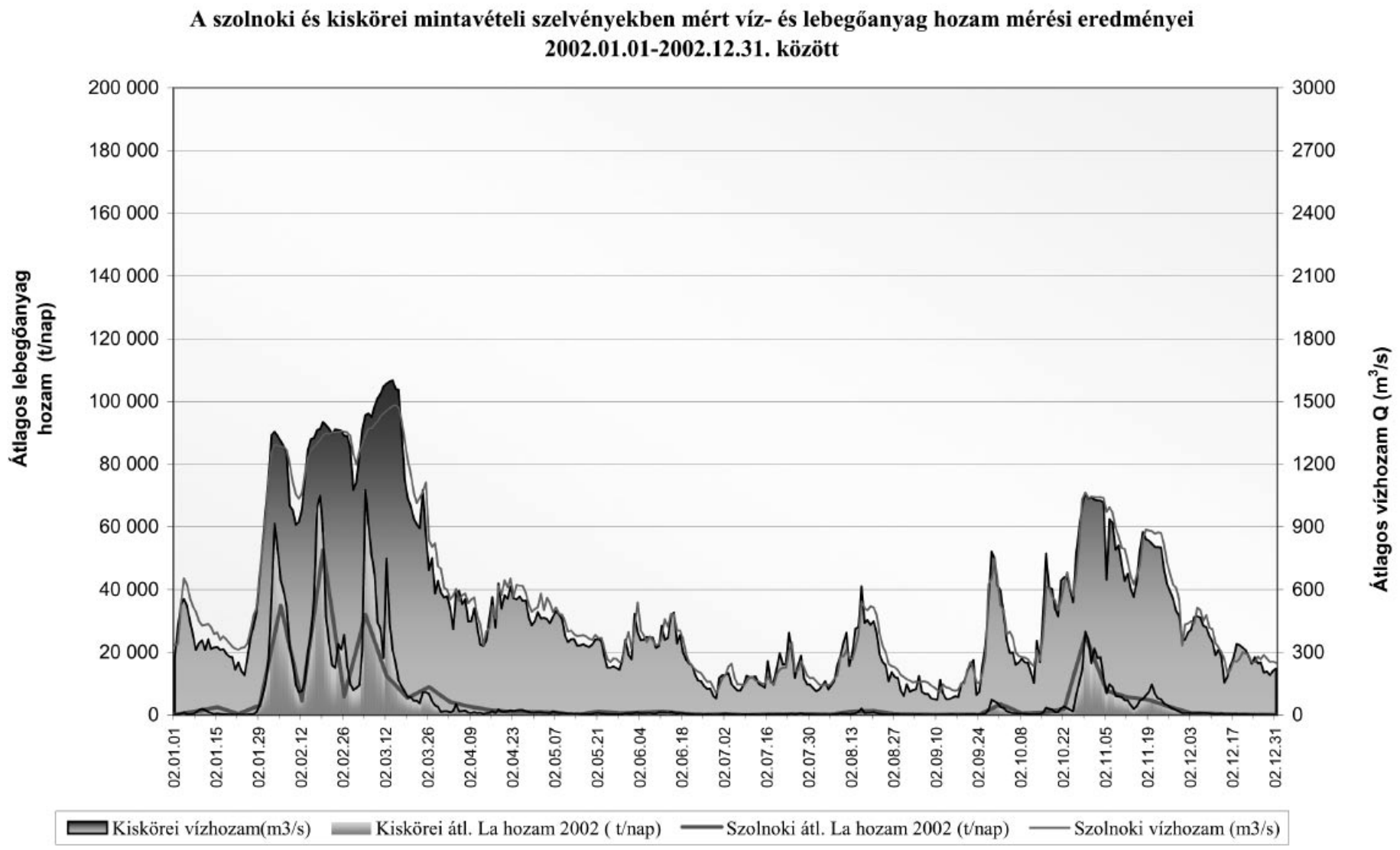
14. ábra


A szolnoki és kiskörei mintavételi szelvényekben mért víz- és lebegőanyag hozam mérési eredményei
2000.01.01-2000.12.31. között
Átlagos lebegőanyag hozam (t/nap)
Átlagos vízhozam Q (m3/s)
200 000
180 000
160 000
140 000
120 000
100 000
80 000
60 000
40 000
20 000
0
3300
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
00.01.01
00.01.15
00.01.29
00.02.12
00.02.26
00.03.11
00.03.25
00.04.08
00.04.22
00.05.06
00.05.20
00.06.03
00.06.17
00.07.01
00.07.15
00.07.29
00.08.12
00.08.26
00.09.09
00.09.23
00.10.07
00.10.21
00.11.04
00.11.18
00.12.02
00.12.16
00.12.30
Kiskörei vízhozam(m3/s)
Kiskörei átl. La hozam 2001 (t/nap)
Szolnoki átl. La hozam 2001 (t/nap)
Szolnoki vízhozam (m3/s)

15. ábra


A szolnoki és kiskörei mintavételi szelvényekben mért víz- és lebegőanyag hozam mérési eredményei
2001.01.01-2001.12.31. között
Átlagos lebegőanyag hozam (t/nap)
Átlagos vízhozam Q (m3/s)
200 000
180 000
160 000
140 000
120 000
100 000
80 000
60 000
40 000
20 000
0
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
01.01.01
01.01.15
01.01.29
01.02.12
01.02.26
01.03.12
01.03.26
01.04.09
01.04.23
01.05.07
01.05.21
01.06.04
01.06.18
01.07.02
01.07.16
01.07.30
01.08.13
01.08.27
01.09.10
01.09.24
01.10.08
01.10.22
01.11.05
01.11.19
01.12.03
01.12.17
01.12.31
Kiskörei vízhozam(m3/s)
Kiskörei átl. La hozam 2001 (t/nap)
Szolnoki átl. La hozam 2001 (t/nap)
Szolnoki vízhozam (m3/s)

16. ábra


A szolnoki és kiskörei mintavételi szelvényekben mért víz- és lebegőanyag hozam mérési eredményei
2002.01.01-2002.12.31. között
Átlagos lebegőanyag hozam (t/nap)
Átlagos vízhozam Q (m3/s)
200 000
180 000
160 000
140 000
120 000
100 000
80 000
60 000
40 000
20 000
0
3000
2700
2400
2100
1800
1500
1200
900
600
300
0
02.01.01
02.01.15
02.01.29
02.02.12
02.02.26
02.03.12
02.03.26
02.04.09
02.04.23
02.05.07
02.05.21
02.06.04
02.06.18
02.07.02
02.07.16
02.07.30
02.08.13
02.08.27
02.09.10
02.09.24
02.10.08
02.10.22
02.11.05
02.11.19
02.12.03
02.12.17
02.12.31
Kiskörei vízhozam(m3/s)
Kiskörei átl. La hozam 2002 (t/nap)
Szolnoki átl. La hozam 2002 (t/nap)
Szolnoki vízhozam (m3/s)

17. ábra

Hullámtéri erdőgazdálkodás

Czeglédi István
erdőmérnök, ÁESZ Debreceni Igazgatósága

Az Új Vásárhelyi terv kapcsán szükségessé vált többek között az árvizek zavartalan levezetését szolgáló hullámtér tagozódás és az itt elhelyezkedő erdőkben történő gazdálkodás átgondolása, módosítása. Kiindulási pontnak kell tekinti, hogy a hullámtér elsődleges célja az árvizek biztonságos levezetése. Ennek megfelelően a hullámtéren olyan erdőgazdálkodást kell folytatni, mely érdemben nem gátolja a vizek levonulását.

Leszögezhető, hogy olyan jogszabályi-, illetve támogatási környezetet kell kialakítani, mely elősegíti az erdőgazdálkodás célnak megfelelő átalakítását, illetve folytatását.

A kialakítandó szabályozásnak lehetőség szerint nem csak korlátozásokat, egy oldalú direktívákat kell tartalmazni, hanem törekedni kell elsősorban az erdőgazdálkodóval (tulajdonossal) történő közös együtt gondolkodást, kompromisszum létrehozását elősegítő támogatási rendszer létrehozására.

A tanulmány vitaanyag, mely elsősorban az árvízi biztonság igényeinek megfelelő erdőgazdálkodás kialakításának lehetőségeit vizsgálta a két ágazat (vízügy, erdőgazdálkodás) szemszögéből nézve.

A fentiek folytán a hullámtérre nézve – a vízügyi szakemberek által meghatározott- az alábbi hármas tagozódást, mint rögzített, elérendő célállapotnak tekinti az anyag, és ennek megfelelően kerültek kialakításra a javasolt módosítások, változtatások.

- **Szabadon hagyandó sáv**
- **Nagyvízi levonulási sáv**
- **Áramlási holtterek**

A tanulmány célja a jelenlegi természeti-művi környezet – mint az erdőgazdálkodást alapjaiban befolyásoló – tényezőinek jellemzése, a hullámtéri erdőgazdálkodás sajátosságainak bemutatása, illetve a fenti árvízvédelmi célok elérési módozatainak kimunkálása volt. A javaslat koncepcionálisan foglalkozik a jelzett probléma körrel, összegyűjtve a Közép-Tisza vidék erdőállomány jellemzőit, elérhető célállapotot és az odavezető utat.

A konkrét erdőrészlet szintű megoldásokat a készülő Új Vásárhelyi Terv Közép-Tiszát magában foglaló megvalósítási terve fogja tartalmazni.

1. JELENLEGI ÁLLAPOT

1.1. Termőhelyi adottságok

A legelején célszerű lerögzíteni, hogy a hullámtér fogalma nem más, mint az ember által alkotott töltések közé szorított folyó levonulási sávja. Tehát a hullámtér nem az ártér, hanem annak – mesterségesen létrehozott- része Ez azért nagyon lényeges megállapítás, mert a hullámtér környezeti viszonyai nem egy az egyben feleltethetők meg az ártérre jellemző adottságokkal. Bizonyos elemei hasonlóak, egyes elemei azonban jelentősen eltérhetnek, eltérnek az ártérre jellemzőktől. A töltés építésekkel kis keresztszelvénybe szorított Tisza vízjárása, illetve a kialakult termőhelyi adottságok (fekvés, stb.) általában nem felel meg az ártéri erdőtársulások kialakulásának természetes feltételeinek.

Kedvező időszakokban: pl. 1981-1998 létrejöhetnek olyan ideális körülmények a hullámtéren, melyek nagyon közel állnak az ártéri termőhelyek adottságaikhoz. Ilyen körülmények között létrejöhetnek, létrehozhatók az ártéri termőhelyek őshonos erdőtársulásaihoz nagyon hasonló, (természetszerű) erdőállományok. Ezen erdők rendelkeznek az őshonos erdőtársulások értékeivel, azonban sajnos hordozzák a társulásba nem illő fafajokat is (gyalogakác, amerikai kőris, zöldjuhar, kommersz nemesnyárak!).

Az értékek megtartása, felerősítése, a negatív elemek megszüntetése csak okszerű erdőgazdálkodás (emberi beavatkozás) keretében valósítható meg.

1.1.1. A terület klimatikus tényezői

A Közép-Tisza az alföldi sík középső részén fekszik, klímája ERDŐSSZTYEPP.

A Közép-Tiszavidék az Alföldünk és az ország legszárazabb tája. Legkevesebb csapadék január hónapba esik: 24-28 mm, legcsapadékosabb hónap június: 55-70 mm csapadék összeggel. Az éghajlat legjellemzőbb vonása,

hogy a levegő relatív páratartalma igen alacsony. Magyarország erdőgazdasági tájai közül a Nagyalföld Erdőgazdasági Táj csoporton belül a Tisza-Bodrog-Sajó-Hernád és Maros hullámtér erdőgazdasági tájba tartozik.

1.1.2. „Domborzati" viszonyok

A hullámtéren az elmúlt száz év alatt a feliszapolódási folyamat révén jellegzetes terep alakult ki.

A folyó a hordalékát – a legnehezebb frakciót – a meder mentén rakta-rakja le parti zátonyt alkotva, mely a folyó építő-romboló munkája révén egy idő után leszakad, és újra indul a folyamat. A medertől távolodva az árvízi kiöntés során egyre finomabb talajrészecskék rakódnak le. A feliszapolódási mértéke igen eltérő a hullámtér szélessége, sodorvonal elhelyezkedése, stb. tényezők függően. Nem ritka, hogy egy vágásforduló során 1,5-2 m vastag talajréteg rakódik le.

A töltés előtti un. kubik rendszer szintén jellegzetes terepalakulat, mely a töltés építés során keletkezett mesterséges alakzat, melyet a természet az elmúlt évszázad alatt igen jól belakott. Az építéskor a kubikok mélysége 1-1,5 m volt. Az építés óta eltelt idő alatt a kubikok folyamatosan töltődtek (a hullámtér szélességétől függően), jelenleg a kubikok mélysége 0-0,6 m.

A fenti folyamatok hatására – a folyótól való távolság függvényében – különböző adottságokkal rendelkező fekvéseket lehet megkülönböztetni (igen mély-, mély-, közép mély-, közép magas-, magas fekvésű). Ezen állapotok a feliszapolódási folyamat hatására évről-évre, időszakról-időszakra változhatnak. A feliszapolódás hatására a talajszint (fekvés) emelkedése figyelhető meg, mely ellen hat az árvizek egyre magasabb szinten való levonulása, amely a fekvés csökkenésével jár. A két egymásnak ellentétes folyamat hatására meg változhat akár egy vágásfordulón belül is a fekvés minősítése

Itt meg kell állnunk egy gondolat erejéig.

A természetes ártéri termőhely és a hullámtér, mint az ember által mesterségesen létrehozott termőhely között ez a leglényegesebb eltérés. A töltések közé nem szorított folyó az áradáskor az árterében szétterül, nagy területen-feltöltve a kisebb-nagyobb mélyedéseket, szárazon hagyva a magaslatokat – 0,5-2 m magas vízborítással. A szabályozás- és a töltés építések előtt az egész Alföld volt a Tisza és mellék folyóinak árterülete. A töltések közé (HULLÁMTÉRRE) szorított folyó azonban a hullámtéren szinte minden területet elönt, magas akár 3-6 m vastag vízréteggel.

Az ártéren a vízmozgása lassú, áradása-apadása kiegyenlített, ezzel szemben a hullámtéren gyors, sokszor mindent magával sodró, hirtelen és heves.

Az ártér természetes élővilága, többek között a fák nem képesek minden esetben ehhez alkalmazkodni. Az ember beavatkozása nélkül nagyon hosszú időt igénybe vevő szukcessziós folyamat végén alakulna ki olyan erdő, amely hasonló szerkezettel bírhatna, mint az árterek őshonos társulásai.

Kérdés, hogy a közbenső állapotok megfelelnek-e a társadalom elvárásainak?

A válasz egyértelmű NEM.

1. kép

Egy gyalogakácos, zöldjuharos, amerikai kőrises áthatolhatatlan sűrűség néhány kommersz NNY-ral és szürkenyár egyeddel nem hiszem, hogy elfogadható állapot lehet, illetve az árvízi biztonság szempontjából kifejezetten káros lenne, sőt természetvédelmi szempontból is igen káros következményei lennének, ha ilyen állományok terjednének el a hullámtéren. *(1. kép)*

A jelenlegi állapotok mellet emberi beavatkozás hiányában nagy a veszélye, hogy ilyenné alakulna át a hullámtéren lévő erdők nagyobb része.

1.1.3. Hidrológiai viszonyok

A hullámtér az alföldi külső területhez képest kedvezőbb helyzetben van, hiszen többlet víz jelenléte jelentősen javítja a termőhelyi adottságokat. Az éghajlati (klimatikus) viszonyok tárgyalásánál (1.1.1) láthattuk, hogy az Alföld az ország legszárazabb vidéke mind a csapadék, mind a levegő páratartalma szerint. A többlet víz jelenléte, ezért létszükséglete az ártéri vegetációnak, illetve a hullámterek élővilágának. Nem véletlen, hogy az augusztusi űrfelvételeken a Tisza mente zöldcsíkként kanyarog az Alföldön.

A Közép-Tisza hullámtéri termőhelyein az állandó, vagy időszakos vízhatásként jelentkezik az elöntés többlet vízhatása. Ez a fás vegetáció számára mindaddig kedvező, amíg ez a többlet vízhatás, illetve elöntés nem gátolja túl hosszú időn át a lombozat és a gyökerek működését.

A folyó menti területek a többletvíz jelenléte által a legmelegebb és legszárazabb nyári nap reggelén is kiadós párába burkolóznak, és nyújtanak kedvező mikroklímát a növények, állatok számára a többi Alföldi területhez képest.

1.1.4. Talajtani adottságok

A Közép-Tiszára az öntés talajok és azok kombinációi a legjellemzőbbek talajtani szempontból. Ezen talajtípusok (egy-két pangó-vizes területen kialakult szikes talaj kivételével) az erdőállományok számára jó fejlődést ígérnek.

A hullámtér termőhelyi tényezőiről összegezve elmondható, hogy zömében kedvező adottságot jelentenek az erdőállományok számára.

1.2. Erdőállományok jellemzői

Múlt század elején, a Közép-Tiszai hullámtéren csak néhány száz hektár erdő terület volt (melléklet 1-3. számú térkép).

- A töltések előtt (kubikokban- kubikgerendákon) létesített botoló füzesekben, véderdőkben, a fehérfűz, a törékeny vagy más néven sárfűz, valamint a fehérnyár és a feketenyár volt a jellemző.
- A Tisza menti parti zátonyokon hasonló fafaj összetételű ligeterdők helyezkedtek el.
- A hullámtér magasabb részein néhány hektár keménylombos tölgy-szíl-kőris ligeterdő díszlet.

Az elmúlt száz évben jelentősen megváltoztak a hullámtér viszonyai, megváltozott a vízjárás: egyre magasabban vonulnak le árvizek és egyre többször jelentkezik elöntés a hullámtéren. (mellékélet: 1-4. számú táblázat). Az árvizek kint tartózkodási idejének dinamikus növekedése miatt a vegetáció évről-évre fokozottabb veszélynek van kitéve. A magas és hosszú vízborítás elsősorban a folyamatos erdősítéseket (1-5 éves korú) viseli meg leginkább.

A csemete mérete (magassága) jelentősen szerep játszik abban, hogy az erdősítés képes-e átvészelni az árvizet. Minél korábban és minél nagyobb része kiáll a vízből, annál nagyobb a valószínűsége, hogy a csemete életben marad. Ellenkező esetben elpusztul.

A mezőgazdálkodás fokozatosan kiszorult a területről. Megszűntek lassan a szőlők, gyümölcsösök. Egyre többször vitte el a víz a terményt, tette lehetetlenné a mezőgazdálkodást a területen. A megváltozott körülmények az erdőgazdálkodás számára nyitottak teret. Mára a hullámtér 2/3-án, azaz több mint 6500 ha-on erdő áll az elmúlt évtizedekben végrehajtott erdőtelepítések hatására

Az erdőgazdálkodást befolyásoló tényezőként jelentkezett ebben az időszakban az ember két vitatható eredményességű-, érékű „alkotó” munkája is.

Az ember ezen áldásosnak nem igazán nevezhető „alkotása” révén az országba ezen belül e vidékre kerültek, olyan un. adventív fafajok, amelyek adottságaiknál (pionír jelleg) fogva sokkal jobban tudtak alkalmazkodni a hullámtér környezeti tényezőinek változásához, mint az itt korábban honos fafajok. Ezek nem erdőgazdálkodási, hanem más-más indokok alapján kerültek be flórába. A gyalogakác, amerikai kőris, zöldjuhar mára teljesen elborította a hullámteret, sokszor szabályos zöldfalat (gátat) képeznek hatalmas tőszámú állományaik. Nem csak embernek, állatnak jelentenek áthatolhatatlan falat, hanem áramló vizet is megállítják, lelassítják mozgását, szabályosan felduzzasztják a víztömeget. Visszaszorításuk igen nehéz és komoly költséggel jár. *(2. kép)*

Az ember másik „áldásos” tevékenységének az eredménye a NNY nemesítése volt.

A nemesített nyár klónok a múlt század 20-30-as éveiben jelentek meg (kanadai nyár, korai nyár, francia nyár, kései nyár, később az óriás nyár és az olasz nyár, illetve legutóbbi időkben kifejlesztett klónok (OP-229, Pannnónia, Koltai, stb.).

A nemesnyárak nemesítési kiinduló alanya az európai feketenyár volt, ezért a nemesnyárak kereszteződni tudnak a feketenyárral. A fentebb említett előnyök miatt mára az erdősítések, illetve faállományok 80%-a nemesnyár. A hullámtéren megmaradt néhány ezer darab feketenyár már nem tud tiszta génkészletű magot termelni, mert minden feketenyár egyedre több ezer porzós nemesnyár egyed jut, így nincs esélye annak, hogy feketenyár utódnemzedék jöhessen létre a természetes körülmények között. Ami azt is jelenti, hogy a feketenyár természetes felújítása mára teljesen lehetetlen.

2. kép

Az utódnemzedékek mind keverékek (korcsok), kommersz nemesnyárak, melyek elvesztik a feketenyár, mint őshonos fafaj génjeinek fenntartását, de nem rendelkeznek a nemesített nyár klónok előnyös tulajdonságaival sem.

Amennyiben az ember nem lesz hajlandó hibáját korrigálni, az „áldásos" tevékenységét ellensúlyozni, oly módon, hogy most már, mivel nincs más út, mesterséges biztosítja a feketenyár faj fenntartását, akkor az európai feketenyár percei meg vannak számlálva. Talán e téren a 24. óra utolsó perceiben vagyunk, ezért elengedhetetlen, hogy egyrészt mesterséges (plantázsokból) nyert szaporítóanyaggal biztosítsuk a fafaj fennmaradását, másrészt minden olyan termőhelyen, amely a feketenyár számára kedvező adottságokkal rendelkezik, hozzunk létre tiszta génkészletű egyedekből álló utódállományokat minél nagyobb területen. Erre kiválóan alkalmas lehet a hullámterek bizonyos részei (árvízvédelmi véderdő, kubikok gerendái, holtágak parti szegélyei, áramlási holtterek területei) ahol a feketenyár számára ideális vízjárási, talajtani adottságok vannak.

A Közép-Tszai hullámtéren a jelenlegi 6.500 ha erdőterület 80-85 %- a NNY, 15-20 %- a hazainyár-fűz, illetve keménylombos erdő. Ezen erdőállományok szinte mindegyike alatt (különböző fedettségben) gyalog akác, zöldjuhar, amerikai kőrisből álló cserjeszint van.

1.3. Erdőgazdálkodás

A jelenlegi gazdálkodás a megváltozott körülmények (egyre magasabban árvizek) hatására alakult az elmúlt időszak tapasztalatait hasznosítva okulva az elszenvedett károkból. Az is mondhatjuk, hogy a jelen erdőgazdálkodás kényszer szülötte, ennek hiányában, az itt vázolt alapvető eljárások elhagyása esetén – az árvizek káros hatásai miatt – rontott erdők (bozótosok) születnének évről évre, mely erdők tovább rontanák a jelenleg is kritikusnak mondható lefolyási viszonyokat, az árvízvédelmi biztonságot.

1.3.1. Nemesnyár állományokban történő gazdálkodás

A véghasználat után tuskókiszedés és tuskó összetolás következik. A kiszedett tuskókat 80-100 méterre egymástól un. tuskó hurkákba, sorokba, prizmákba rendezik. A tuskósorokon az évek során a sarjakból, és a cserjékből 4-5 méter magas, áthatolhatatlan dzsungel nő. *(3. kép)* Ezeket a 2-4 méter magas, 8-10 méter széles tuskóból, vágástéri hulladékból és termőföldből főleg humuszból álló prizmákat nem mindig a folyó sodor vonalával párhuzamosan alakították ki, ezért jelenleg e tuskósorok az áradó víz útjában szabályszerű gátként működnek, jelentősen lecsökkentik a vízmozgását, felduzzasztják maguk mögött a vizet, áramlási holttereket, állóvizet hoznak létre.

A hullámtéren tuskósorok jelentősen ronthatják az árvízvédelmi biztonságot, és mint rizikótényező kell őket figyelembe venni. Természetvédelmi (talajvédelmi) szempontból is aggályos, megkérdőjelezhető ez az eljárás védett

területen, hiszen a talaj legértékesebb legfelső humuszos rétege kerül bizonyos %-ban összetolásra a tuskó prizmába. A tuskózást teljes talaj-előkészítés követi. Ennek során az 50-60 cm mélységű forgatást tárcsázással, simítózással teszik alkalmassá a talajt az ültetés számára.

A jó minőségben végrehajtott teljes talaj-előkészítés a hullámtéren mindenképpen szükséges annak érdekében, hogy erdősítést számára a legoptimálisabb talajviszonyok között lehessen elindítani. Olyan talajmunkát kell végezni, hogy az elöntések miatt kritikusnak számító 1- 4 évben az erdősítés lehetőség szerint a legnagyobb növekedést érje el, mielőbb kinőjön a veszélyeztetett árvízi zónából. A teljes talaj-előkészítéssel lökésszerű növekedést lehet elérni az erdősítésekben, biztosítva az optimális talajszerkezetet, levegőzöttséget, vízbefogadó, áteresztő képességet, vízháztartást.

Az előkészített talajba ősszel, vagy tavasszal (az előbbi az esetleges tavaszi árvizek ültetést meghiúsító hatása miatt célszerűbb) suháng méretű gyökeres dugvány, vagy csúcsrügyes szaporító anyag kerül Alkalmazott ültetési hálózatok: 3 x 3 m, 4 x 2 m, 4 x 2,5 m, 4 x 3 m, 4 x 4m ,4 x 5 m.

3. kép

Az erdősítéseket általában intenzíven ápolják 8-9 éves korig. Az erdősítések ápolása árvízvédelmi szempontból is lényeges, annak érdekében, hogy az erdősítésben minél kevesebb lágyszárú illetve cserje tudjon felverődni melyek a későbbiek során megerősödve, vészesen csökkentenék a lefolyási viszonyokat.

Az erdősítések ápolásának abbahagyása után rövid időn belül megjelennek a fent jelzett cserje fajok. A nevelővágások hatására (melyek révén fényhez jutnak) ez a folyamat felgyorsul, a cserje szintben elszaporodnak, teljes fedettséget alkotnak, gátolva víz áramlását.

A nevelővágások (tisztítás törzskiválasztó gyérítés, növedékfokozó gyérítés) következtében az induló, ültetési hálózathoz képest időről-időre csökken a faállományok hektáronkénti tőszáma. Az induló tőszám 1/6-ra is lecsökkenhet.

Egy középkorú nemesnyár állomány, ha cserje szint nem lenne alatta gyakorlatilag érdemben nem csökkentené az árvíz áramlását, illetve nem sokban térne el egy gyep területétől. A véghasználat 20-25 éves korban történhet, mely után kezdődik újra a ciklus.

1.3.2. Puhafás (őshonos fafaj összetételű) erdőkben

A nemesnyárakéhoz hasonló az alkalmazott technológia, ezért csak az attól való eltéréseket tartalmazza a fejezet. A Közép-Tiszán mintegy 1000-1200 hektár hazainyaras-füzes található. Elsősorban a töltés előtti árvízvédelmi véderdőkben, valamint a meder parton fordul elő. A terület védettségére tekintettel a természetvédelmi hatóság szakhatósági előírásai nyomán nagyságuk fokozatosan növekszik. *(4. kép)*

A véghasználat után, amennyiben a letermelt állomány hazai nyár volt és az egyéb szükséges körülmények is adottak, az erdőfelújítása történhet sarjaztatással is.

Ennek során a fakitermelést vágástakarítás követi, majd ezt követően gépi gyökérszaggatást kell végrehajtani 1,5-2,0 m-es sortávolsággal, 30-40 cm mélyen, (a gyökérszaggatást helyettesítheti a tuskók körbe csákányozása is). A szaggatás hatására 15.000 – 20.000 db/ha számú gyökér- és tuskósarj verődik fel. Ez a magas tőszám szükséges, hogy az erdősítés képes legyen az állomány genetikai sajátosságainak a megőrzésére, illetve ez a mennyiség nyújt

elegendő induló egyedszámot, hogy a természetes és mesterséges válogatás után véghasználatig megmaradó egyedek a legjobb genetikai adottsággal rendelkezzenek majd.

Ez magas tőszámú sarj állomány árvízvédelmi szempontból hasonlóan viselkedik, minta korábban jellemzett gyalogakácos cserje szint, azaz az árvízvédelmi biztonságot nagymértékben ronthatja, ha az állomány a víz áramlási vonalában helyezkedik el a hullámtéren belül.

4. kép

A hazai nyár (fűz) mesterséges erdősítése eltér a NNY –raknál leírt jellemzőktől.

Az alábbi különbségeket indokolt megjegyezni:

- a hazai nyárak (füzek) növekedése lassabb, ebből fakadóan vágásérettségi koruk magasabb 40-45 év
- a csemeték heterogenitása és a lassabb növekedés miatt magasabb induló ültetési darabszámra van szükség 4 000-5 000 db/ha
- az erdősítés hosszabb idő alatt képes kinőni az árvíz szájából
- a létrejövő állomány sokféle egyedből tevődik össze, így genetikailag értékesebb, stabilabb
- a magas induló tőszám (hosszabb vágásforduló) miatt többszöri, óvatos belenyúlás után (5-6 nevelővágás, maximum 15-20 %-os belenyúlási erély) 30-35 év alatt éri el a véghasználati tőszámot (80-200 db/ha) az erdő

A hazai nyár (fűz) állományok az árvíz levonulás szempontjából kritikus helyeken jelentősen csökkenthetik az árvízvédelmi biztonságot. Azonban az áramlási holtterekben, holtágak, kubikok mentén nagyon fontos szerepet játszhatnak, genetikai sokféleség biztosításában, a Tiszai táj arculatának, szépségének megőrzésében

A HAZAINYÁRAK, FÜZEK NÉLKÜL A TISZAI HULLÁMTÉRI ERDŐK CSAK FAGYÁRAK LENNÉNEK ÉS SEMMI MÁS!

1.3.3. Keménylombos erdők gazdálkodásának jellemzői

A Közép-Tiszán néhány száz hektár keménylombos erdő található. A megváltozott vízjárási viszonyokat ezen erdők viselik el legnehezebben.

Az erdőgazdálkodási folyamat abban tér el az előbbi két állomány típustól, hogy

- induló tőszám igény a legmagasabb 6.000-10.000 db/ha, és az alkalmazható hálózat 2,5 x 0,6 m
- erdősítés biztonsága a legkisebb, erdőgazdálkodó ezen állományok esetében vállalja fel a legnagyobb kockázatot az irányban, hogy esetleg nem sikerül az erdősítése akár többszöri ismétlés, pótlás elvégzése után sem

Árvízvédelmi szempontból megállapítható, hogy a keménylombos erdők hasonló kockázatot jelentenek a hullámtér bizonyos részein, mint a hazainyárak, vagy a cserjések, bozótosok. Azonban hullámtér legmagasabb részein helyük van ezen állományoknak.

A nyári-gátakkal védett magasabb fekvésű jelenleg mezőgazdasági hasznosítású területeken igen jó növekedésű és nagy értékkel bíró kemény lombos erdők alakíthatók, hozhatók létre

2. ÁRVÍZI BIZTONSÁG ÉRDEKÉBEN KIALAKÍTANDÓ CÉLÁLLAPOTOK JELLEMZŐI

Az előbbi fejezetben láthattuk, hogy a ma folytatott erdőgazdálkodás technológiája nem minden esetben felel meg az árvízvédelmi biztonság érdekeinek.

A hullámtér azon részein, ahol az árvíz nagytömegű vizének levezetése történik, illetve kellene, hogy történjen az erdőgazdálkodási folyamatok menetében módosításokat szükséges bevezetni.

A hullámtér vízlevezetés szempontjából eltérő részein más és más fafaj összetételű, szerkezetű, és más technológiát igénylő erdőket kell kialakítani, amennyiben elfogadjuk kiindulási alapnak, azt hogy e területek elsődleges feladata az árvíz gyors, nagybiztonsággal való levezetése, illetve, hogy az árhullám levonulása szempontjából semleges területeken a gazdálkodást egyedül a termőhelyi adottságok, valamint a természetvédelmi érdekek határozzák meg. A fentiek alapján megállapítható hogy a hullámtéren az áramlási viszonyok figyelembe vételével más-más nagyságú fás növényzetcsökkentésre van szükség az egyes helyeken a hullámtér vízemésztő, átbocsátó képességének javítása érdekében, illetve az áramlási holttereken pedig szükségtelen bármilyen korlátozást bevezetni a fás szárú növény mennyiségével kapcsolatban.

A hullámtér ez alapján három részre osztható:

- Szabadon tartandó sáv
- Nagvizi levonulási sáv
- Áramlási holttterek

2.1. Szabadon tartandó sáv

A Tisza árvízi sodorvonala mentén indokolt, hogy érdemben semmi ne lassítsa az ár levonulását. Ennek érdekében ezen a helyeken un, szabadon tartandó sávokat célszerűt kialakítani. Jelenleg e területek jelentős részén a legkülönbözőbb fafaj összetételű, tőszámú, hálózatban létesített erdők állnak, melyek ilyen-olyan mértékben korlátozzák, lassítják az ár levonulását. Átalakításuk ezért indokolt. A vízügyi szempontok kielégítését az alábbi gazdálkodási célállapotok szolgálhatják

- Legelő-, gyepgazdálkodás
- Fás legelő
- Intenzív faültetvény

2.1.1. Legelő-, gyepgazdálkodás

A tanulmány csak az erdészeti vonatkozásaival foglalkozik, lásd 3 pont.

2.1.2. Fás legelő

A fás legelő olyan legelőterület, melyen laza elhelyezkedésben fák találhatók. Az 1996. évi LIV. tv. (erdőtörvény) 6.§.(1) c. pontja az alábbiak szerint határozza meg

„fás legelőnek kell tekinteni az olyan legelőterületet, amely a miniszter által rendeletben meghatározott fajú fák idős korára várható korona vetülete által egyenletes elosztásban legalább harminc százalékban fedett”

Ez gyakorlatban az jelenti, hogy a legelő területen egymástól 10-15 méter távolságra fák állnak, ami hektáronként 60-100 db egyedet jelenthet. A fátlan legelőhöz, gyephez viszonyítva ez a kis egyedszámú fával borítottság úgy gondolom érdemben nem csökkenti az ár levonulási esélyét, és nem jár az árvízi biztonság kockázatával. A 60-100 db fa tájképi szempontból azonban igen előnyösen változtathatja meg a legelő arculatát.

A fás legelő a folyó és az erdő között harmonikus átmenetet, kapcsolatot biztosíthat. Megfelelően kiválasztott fafaj összetétellel további célok is elérhetők. A Tiszai tájhoz szorosan kapcsolható feketenyár, fehérnyár, fehérfűz, törékenyfűz alkalmazásával természetvédelmi-, génmegőrzési feladat is lehet a fás legelőnek. Továbbá a laza elhelyezkedésű, terebélyes fák kiváló fészkelési lehetőséget biztosíthatnak a hullámtéren élő madaraknak, árnyékot nyújthatnak a delelő állatoknak, a gulyának, stb.

Természetesen a fás legelőn is gondoskodni kell a legelő (gyep) karbantartásáról, ennek elmaradása esetén a terület elgazosodik, legeltetésre használhatatlanná válik, illetve gyorsan felverődnek a pionír fafajok (gyalogakác, zöldjuhar, stb.), melyek áthatolhatatlan sűrűt alkothatnak.

2.1.3. Intenzív faültetvény

A fás legelőhöz hasonló fedettséggel, illetve ebből fakadóan vízátbocsátó képességgel rendelkezhet az intenzív faültetvény is. A faültetvény fogalmát – mely erdőterületnek minősül – az 1996. évi LIV. tv. 8. §. (1) c. pontja az alábbiak szerint határozza meg:

„az e törvény hatálybalépése után, egy termelési ciklusra, de legfeljebb harminc évre, állami támogatás igénybevétele nélkül, az ország természetföldrajzi környezetében nem őshonos fafajokkal borított ezerötszáz négyzetméter, vagy ennél nagyobb kiterjedésű faültetvény területét (a továbbiakban: faültetvény)”.

A hullámtér szabadon hagyandó sávjában létesítendő intenzív faültetvény fafajai: NNY klónok lehetnek. Ültetési hálózat: 8 x 4 m, 312 db/ha. Évente keresztbe-hosszába, többször ápolandó a sorköz. Fokozatosan gondoskodni kell az állomány nyeséséről is. Az ápolást a véghasználatig minden évben el kell végezni, ennek hiányában cserje felverődés történne. 7-8 éves korban végzendő felező erélyű nevelővágással alakítható ki a véghasználati tőszám: 150-160 db/ ha-t. A véghasználat 14-15 éves korban történhet.

A faültetvény, mint alternatív hasznosítás jöhet szóba.

2.2. Nagyvízi levonulási sáv

Az árvíz nagy tömegének átvezetése ebben a sávban történik meg, illetve ennek a sávnak kell olyan áramlási tulajdonsággal rendelkezni, hogy az ár gondtalanul le tudjon vonulni anélkül, hogy veszélyeztetné a mentett oldali területeket. Ennek érdekében olyan gazdálkodást, ezen belül olyan erdőgazdálkodást kell itt folytatni, mely során a növényzet nem vagy csak kis mértékben akadályozza a víz átfolyását, mozgását.

A fenti igénynek a jelenleg alkalmazott (1.3.1.pontban jellemzett) NNY gazdálkodás kisebb-nagyobb módosításokkal meg tud felelni.

Szükséges módosítások:

- Talaj-előkészítés
  A jelenleg alkalmazott tuskókiszedés-összetolás nem felel meg az árvízi biztonságnak (lásd.1.3.1.). Ezért a tuskózást itt tuskóforgácsolással célszerű elvégezni. A forgácsolással felaprózott tuskó részben visszamarad talajba (forgatás után) és humuszként hasznosulhat, másrészt, mint tűzifa (uszadékfa) felhasználható. A jó minőségű forgatás érdekében a forgácsolást gyökérfésülés kell, hogy kövesse, ellenkező esetben a talajba maradó gyökerek megakadályozzák az eke szakszerű munkáját. A gyökérfésülés többlet költségként jelentkezik a tuskó kiszedéses technológiához képest.
- Maximálisan alkalmazható induló tőszám 800-850 db/ha
- Alkalmazandó fafaj összetétel A fafaj összetételben kizárólag a különböző NNY klónok jöhetnek számításban az alkalmazandó eljárások miatt. A 800-850 db/ha, vagy ennél kisebb induló tőszám mellett csak a NYY fafaj képes zárt erdőállományt alkotni. Az intenzív ápolással (keresztbe-hosszába) érintett NNY erdősítések-állományok talaja növényzettől (gyom- cserje-) mentesen tartható egészen véghasználatig.

5. kép

A feketenyár génmegőrzési problémát figyelembe véve célszerű lenne elérni, hogy a Közép-Tiszán kizárólag nőivarú NNY klónokkat lehessen használni. Ezzel elérhető lenne, hogy a megmaradt feketenyár egyedek beporzásában az újonnan létesített NNY-ak már nem vennének részt, mert a nőivarú klónok nem rendelkeznek porzókkal. A hullámtér termőhelyi adottságát figyelembe véve az alábbi nőivarú NNY klónok használata javasolható:I-213 (Olasznyár), BL, Pannónia, Lujza Alonsó, Agata F.

- Ültetési hálózat 6 x 3 m 556 db/ha , 6 x 2 m 833 db/ha,5 x 3 m 666 db/ha, 5 x 2,5 m 800 db/ha
- Ápolás

  Az erdő talaja véghasználatig ápolandó egyrészt az erdősítés megfelelő növekedése céljából, másrészt a cserje felverődés megakadályozása érdekében. Az első két évben- sorközi ápolás mellett- indokolt a sorok ápolása, vagy fák tányéros kapálása. A továbbiakban -az erdősítés ötéves revíziójáig – évente többszöri tárcsázást (talajmarózást) kell végrehajtani a célok elérése érdekében. Amennyiben lehetséges a sorközi ápolást keresztbe-hosszába ajánlott végezni, mert így lehet megakadályozni, hogy a sorokba ne verődjön fel a cserje szint. Ebben a hullámtéri sávban létesített NNY állományok esetén folyamatosan (kétévente) gondoskodni kell az árvíz elöntési magasságig a fák ágainak eltávolításáról, erdő nyeséséről. Az elmúlt időszak vízjárását figyelembe véve a nyesés ajánlott magassága: 6-8 méter. *(5. kép)*
- Nevelővágások

  Az általában használt nagyobb hálózat miatt egy maximum két nevelővágással alakítható ki a véghasználati állomány tőszáma. Az (első) nevelővágást, törzskiválasztó gyérítést 8-9 éves korban lehet végrehajtani, amennyiben szükség van további gyérítésre azt 13-14 évesen korban indokot elvégezni. A belenyúlásokkal az ültetési tőszám a felére –negyedére csökkentendő le. A véghasználati tőszám 200-250 db/ha között alakulhat.

2.3. Áramlási holtterek erdőgazdálkodása

Az áramlási holttereket is feltölti, elönti az árvíz, azonban az elöntés után bizonyos adottságok miatt a víz csak függőleges mozgást végez, árad-emelkedik, vagy apad-csökken. Ebből fakadóan az ár levonulása szempontjából semleges területnek tekinthető. Tehát az ilyen területeken árvízi biztonság érdekében a gazdálkodás terén nem szükséges korlátozásokat előírni. Árvízvédelmi szempontból teljesen irreleváns, hogy ezeken e helyeken milyen növényi fedettség alakul ki, illetve alakítanak ki a gazdálkodás során. Az erdők célállományainak, illetve az erdőgazdálkodás módozatainak kiválasztásánál csak a termőhelyi adottságokat és a természetvédelmi igényeket kell figyelembe venni, illetve a tulajdonosi érdeket lehet érvényesíteni. Ha abból indultunk ki, hogy a szabadon tartandó sáv és a nagyvízi levonuló sáv esetén az árvízvédelmi előírásoknak kellett prioritást adni, illetve az árvízi biztonság érdekében kell a gazdálkodást átalakítani, akkor itt azt kell leszögezni, hogy a terület természetvédelmi védettsége miatt a természetvédelmi igényeket kell kiszolgálni, illetve a természetvédelmi előírásoknak megfelelő gazdálkodást kell kialakítani, lehet folytatni.

Hasonló elbírálásban részesítendők a két vizes élőhely a kubik rendszer illetve a hullámtéri holtágak parti zónája is egy-két kivételes területtől eltekintve. A fentiek alapján őshonos lágylombos- (fekete nyár-fehér nyár-fűz), vagy keménylombos fafajokból álló (magyar (lapály) kőris, szil, kocsányos tölgy) erdősítések jöhetnek szóba, amennyiben a vízjárási viszonyok ezt lehetővé teszik, illetve nem gátolják meg ilyen fafaj-összetételű erdősítések létesítését.(lásd 1.1.pont).

Bármilyen fafaj összetételű erdő kerül létrehozásra, minden esetben törekedni kell a nem kívánatos fafajok (gyalogakác, zöldjuhar, amerikai kőris) visszaszorítására. A teljes hullámtér ezen fafajoktól mentesítése csak abban az esetben sikerülhet, ha minden egyes erdőgazdálkodó elvégzi a saját területén ezek visszaszorítását, ellenkező esetben mindig lesz annyi egyed, amely hatalmas mennyiségű magjával az egész hullámteret újra tudja fertőzni évről-évre. Ezen adventív fafajok visszaszorítása csak érdekeltek (természetvédelem, vízügy, erdőgazdálkodók) összehangolt, tervszerű és támogatott munkája lévőn valósítható meg.

3. SZÜKSÉGES INTÉZKEDÉSEK

Az Új Vásárhelyi terv koncepciójának elfogadása esetén két kérdés csoport vizsgálata merülhet fel a tanulmányban jelzett célállapotok elérésével kapcsolatban.

- A célállapotoknál jelzett gazdálkodás megvalósítható-e a mai jogszabályi keretek között? Ha nem valósítható meg, milyen jogszabályi változtatásokat kell eszközölni ennek érdekében? Milyen hatósági intézkedésekre van szükség?
- Milyen egyéb eszközökkel lehet segíteni, gyorsítani az erdőgazdálkodás átállását?

3.1. Szabadon tartandó sáv kialakításához szükséges intézkedések

A legtöbb problémát a szabadon hagyandó sáv kialakítása jelentheti, hiszen itt lehet szükség a legradikálisabb változásokra a ma alkalmazott gazdálkodás terén.

A tulajdonos érdekei és az árvízi biztonság érvényesítése itt okozhatják a legnagyobb különbséget, illetve a korlátozások kapcsán az erdőgazdálkodót itt érheti a legnagyobb anyagi jellegű hátrány, illetve bevétel kiesés, többletköltség.

Ezért a viták megelőzése érdekében indokolható lenne ezen területek állami tulajdonba és vízügyi kezelésbe kerülése. Ennek érdekében jogszabályi változtatásokat kell eszközölni.

3.1.1. Legelő

Amennyiben korábban erdőterület volt kezdeményezni kell az erdőterület igénybe vételét (erdőművelési ág más művelési ágra történő változtatását).

Az erdőterület igénybevétele (erdőterület más művelési ágra, (gyep, legelő):

- vagy az újraerdősítési költség megfizetésével,
- vagy csereerdősítéssel létrehozásával történhet.

Az újraerdősítés költségének az értéke a mindenkori agrártámogatási rendeletben szereplő -befejezett erdőfelújítás és egyszeri befejezett ápoláshoz igényelhető – támogatás kétszerese.

Jász-Nagykun-Szolnok megye az ország második legfátlanabb megyéje, ezért a két lehetőség közül a csererdősítés elvégzése látszik indokolhatónak. Az árvízvédelmi töltések mentett oldali részen lehetőség nyílhatna 50-100 méter szélességben csereerdősítések telepítésére. Ezt a megoldást indokolhatja az a tény is, hogy az árvízvédelmi töltések mentett oldali részén gyakoriak a víznyomásos területek, ahol a szántóföldi gazdálkodás a víznyomás miatt jelenleg is nehézségekbe ütközik.

A csere erdősítések helyszínéül jöhetnek számításba, továbbá az Új Vásárhelyi terv kapcsán kialakítandó vésztározók területei is, hiszen itt az időszaki elöntések (víztározás) miatt a mezőgazdálkodást -ezt követően- vélhetően csak jelentős kockázatok mellett lehet majd folytatni. Ezzel szemben az erdők a néhány hetes vagy egy-két hónapos elöntést elviselik, illetve az időszaki víztöbbletet fel tudják használni (lásd 1.1 pont).

A csereerdősítés a gazdálkodó számára többlet terhet jelenthet. Ezért indokolt biztosítani a tulajdonos (gazdálkodó) számára a többletköltség megtérítését vízügyi forrásból. Az erdőművelési ág változás kapcsán megoldandó feladat a legelővé átalakítás (tuskózás, tereprendezés, gyepesítés).

3.1.2. Fás legelő

A fás legelő erdőterületnek is minősíthető, ez olyan erdőterület, amely nagyon laza faállományból áll, illetve a fák záródása kisebb, mint az általánosan elfogadott mérték. (lásd. Etv. végrehajtási rendelet 3.§. (1) b pontja

„Erdőnek kell tekinteni azt a tv. 5. §-ában meghatározott feltételeknek megfelelő életközösséget, amely a talajt legalább harmincszázalékos mértékben takaró, erdei fafajokból vagy azok természetes hibridjeiből és cserjékből áll, és a legfontosabb szerepe a talaj és a természetes élővilág védelme."

Amennyiben a fás legelőt többek között, illetve azért hozzuk létre, hogy a talajt megóvjuk az árvíz rombolásától, illetve a Tiszai táj őshonos fafajait, a feketenyarat, fehérnyarat, fehérfüzet megőrizzük az utókor számára és kizárólag csak az előbb felsorolt fafajokat használjuk az erdősítésben, akkor úgy vélem, hogy az ilyen fás legelő erdőnek és erdőterületnek minősül.

A fent jelzett törvényi értelmezést célszerű megerősíteni a Vhr. vagy az erdőrendezési szabályzatban történő módosítással, kiegészítéssel.

3.1.3. Intenzív faültetvény

A szabadon hagyandó sáv egyik alternatív hasznosítási lehet az intenzív faültetvény.

Az intenzív faültetvény véleményem szerint, azokon a jelenleg szántóként használt területeken jöhet számításba, ahol a terület legelőként (szántóként) nem hasznosítható valamilyen okból. Ilyen körülmény lehet a terület kis mérete, megközelíthetetlensége, erdőtömbbe ékelődése. A legelőként való hasznosítás feltétele – többek között – hogy rendelkezzen minimálisan annyi területtel, hogy képes legyen eltartani bizonyos létszámú állatállományt, illetve az állatok számára megközelíthető legyen. A megközelíthetőség a gyep fenntartását végző gépekre is vonatkozik. Az intenzív faültetvény létesítésének másik oka lehet a tulajdonos gazdasági megfontolása is.

Amennyiben e területek állami tulajdonba és vízügyi kezelésbe kerülnek, abban az esetben a döntést kizárólag az árvízvédelmi biztonság szempontjai alapján lehet meg hozni.

Nagyon lényeges előírásnak kell tekinteni, hogy a Közép-Tiszán létesítendő faültetvények csak nőivarú NNY klónokból állhatnak.

3.2. Nagyvízi levonulási sáv erdőállományai

Az erdők statusqójához nem szükséges jogszabályi módosítást eszközölni az előző fejezetben jelzett probléma megoldásán kívül.

Az erdőgazdálkodás egyes műveletei kapcsán a következő javaslatokat célszerű meggondolni és megvalósítani.

3.2.1. Tuskózás

A tuskózás esetében a tuskókiszedési technológia mellőzendő, illetve helyette a tuskóforgácsolás ajánlandó. Az erdészeti hatóság, mint az erdő esetében eljáró talajvédelmi hatóság előírhatja az erdőgazdálkodó számára a talajvédelmi szempontból előnyösebb tuskóforgácsolási technológia használatát. A hatósági intézkedés mellett – a hatékonyság növelése érdekében – indokolt a tuskóforgácsolás többlettámogatással történő preferálása. A két állami intézkedés közösen tud mindenki számára kielégítő eredményt adni.

A többlettámogatást a jelenlegi agrártámogatásban szereplő tuskózás támogatáson felül lehetne igénybe venni.

3.2.2. Ápolás

A jelenlegi agrártámogatás erdőtelepítés esetén a befejezés után 2 évig, az erdőfelújítás a befejezés után 5 évig támogatja az erdősítés ápolását. Annak érdekében, hogy a véghasználatig az erdő talaját tisztán lehessen tartani új támogatási cím alapítandó.

Az erdőállományok sor és sorközi ápolását a vízügyi hatóság – mint érintett szakhatóság – az erőgazdálkodó számára előírhatja, melyet az erdészeti hatóság az éves erdőgazdálkodási terv engedélyezése során érvényesíthet. A minden évben elvégzendő ápolásokat új támogatással indokolt preferálni. A többlettámogatások folyósítását és az ezzel járó engedélyezést, ellenőrzést, átvételt az erdészeti hatóság bonyolítaná, külön megállapodás alapján térítés fejében.

3.2.3. Erdősítés fafajösszetétel, hálózat, éves tevékenység

A jelenlegi szabályozás keretében biztosíthatók az árvízvédelmi igényeknek megfelelő erdőgazdálkodási tevékenység végzése. (46/1999. (III. 18.) Kormány rendelet)

Az erdészeti hatóság az éves erdőgazdálkodási tervek engedélyezése során a vízügyi szakhatóság állásfoglalása figyelembe vételével hozza meg határozatát.

3.2.4. Nyesés

Az árvízvédelmi biztonság érdekében szükséges -az erdőállományok 6–8 m magasságig történő nyesésének elvégzése érdekében- új támogatási cím alapítása. A jelenlegi agrártámogatási rendszer nem teszi lehetővé a magasnyesés külön támogatását.

3.3. Áramlási holttereken végzett erdőgazdálkodás

Tekintettel, hogy az árvízvédelmi biztonság szempontjából, ezen területek nem meghatározók, így nincs szükség a jelenleg alkalmazott erdőgazdálkodás meg változtatásra. Egyedül a tuskózás kérdésében lehet hasonló álláspontra helyezkedni, mint azt az előző fejezetben jeleztem.

ÖSSZEFOGLALÁS

A problémák kellő empátiával, kompromisszum készséggel történő megközelítése esetén az árvízvédelmi biztonság érdekében szükséges változtatások megvalósíthatók az erdőgazdálkodás terén.

Ehhez azonban a három szakma képviselőinek (természetvédelem, vízügy, erdészet) közösen kell együtt gondolkodni, és közös nevezőre kell jutni ebben az előző fejezetekben jelzett problémák esetében. Csak ezt követően lehet, és érdemes a tulajdonost meggyőzni elsősorban új támogatási címek alapításával, illetve a kért többletmunkák költségeihez nyújtott támogatással, valamint hatósági kényszer, előírás alkalmazása mellett:

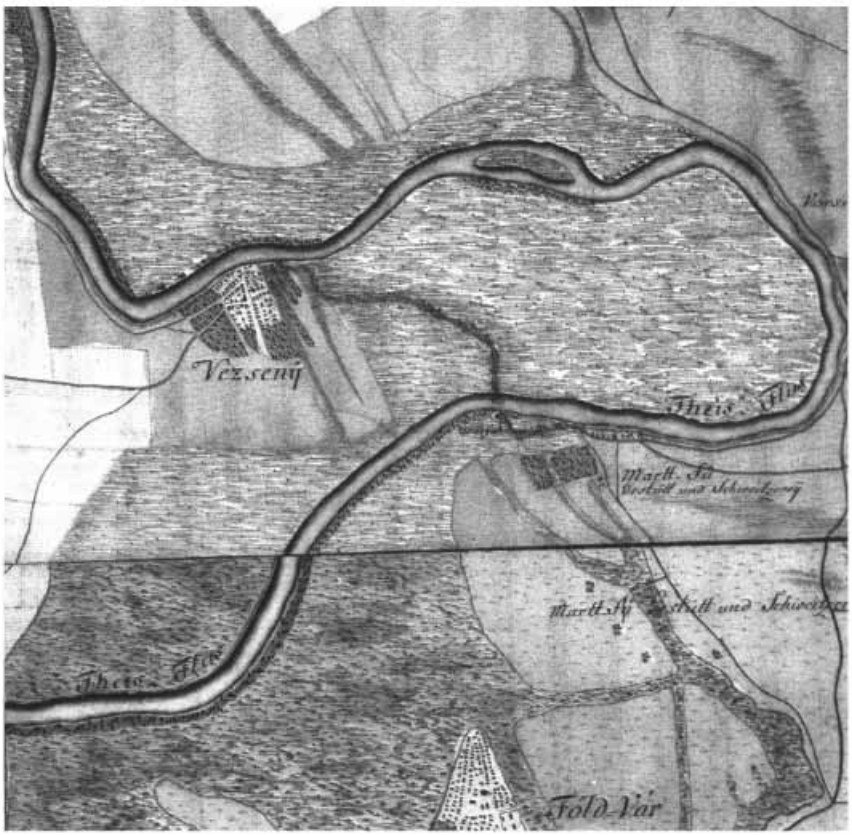
Jogszabályi javaslatok

Az árvízvédelmi biztonság érdekében kialakítandó erdőgazdálkodás egyes technológiai előírásait a 46/1999. (III. 18.) Kormányrendeletben lehetne szabályozni, illetve beemelve azt az erdészeti jogszabályok közé. Ki kellene egészíteni a Kormány rendelet III. fejezetét a tanulmányban jelzett erdő típusokkal és az azokban kötelezően alkalmazandó technológiákkal.

Az előző fejezetekben javasolt új támogatási címek

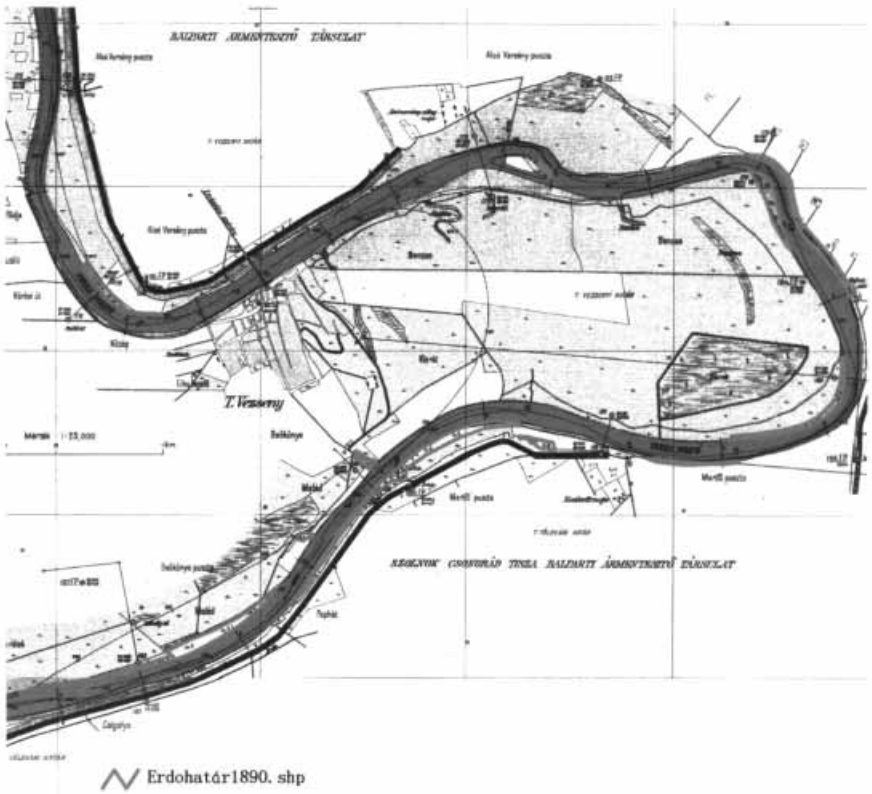
- Csereerdősítés esetén az erdőtelepítés és az erdőfelújítási támogatások közötti különbözet kiegyenlítése
- Tuskózás esetében a tuskóforgácsolási technológia hatósági előírása és a többletköltségének támogatása,
- Ápolás az erdőtalajának véghasználatig történő tisztántartásának, ápolásának hatósági előírása, költségek finanszírozása
- Nyesés faállományok alsó harmadának ágmentesen tartásának hatósági előírása, költségek finanszírozása

Forrás: KÖTIVIZIG

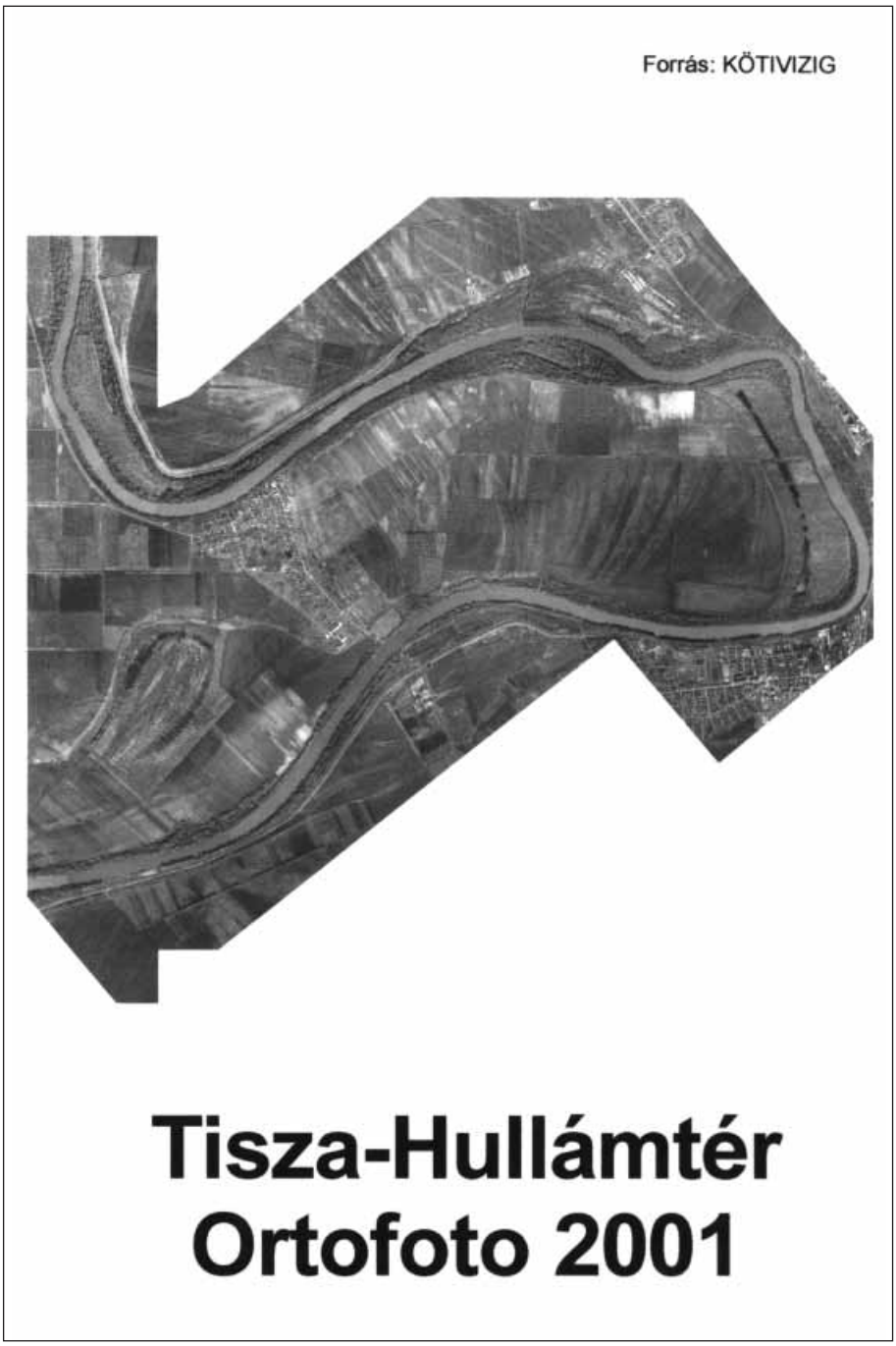


Tisza-Hullámtér katonai 1780

Forrás: KÖTIVIZIG



Tisza-Hullámtér Hajdan és Most 1892


Forrás: KÖTIVIZIG
Tisza-Hullámtér
Ortofoto 2001

ÁRHULLÁMOK GYAKORISÁGA

Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	9	5	2	2				
1911 - 1940.	20	15	9	5	3			
1941 - 1970.	31	19	13	11	6	1		
1971 - 2000.	41	32	21	10	7	3	2	1

ÁRHULLÁMOK GYAKORISÁGA EGY ÉVRE VONATKOZTATVA

Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	0,30	0,17	0,07	0,07				
1911 - 1940.	0,67	0,50	0,30	0,17	0,10			
1941 - 1970.	1,03	0,63	0,43	0,37	0,20	0,03		
1971 - 2000.	1,37	1,07	0,70	0,33	0,23	0,10	0,07	0,03

ÁRHULLÁMOK TARTÓSSÁGA NAPOKBAN

Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	163	86	37	18				
1911 - 1940.	420	213	108	56	24			
1941 - 1970.	634	441	289	156	36	5		
1971 - 2000.	775	522	316	172	102	39	25	11

ÁRHULLÁMOK TARTÓSSÁGA NAPOKBAN EGY ÉVRE VONATKOZTATVA

Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	5,4	2,9	1,2	0,6				
1911 - 1940.	14,0	7,1	3,6	1,9	0,8			
1941 - 1970.	21,1	14,7	9,6	5,2	1,2	0,2		
1971 - 2000.	25,8	17,4	10,5	5,7	3,4	1,3	0,8	0,4

3. számú táblázat

ÁRHULLÁMOK GYAKORISÁG NÖVEKEDÉSÉNEK ARÁNYA

Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	1,0	1,0	1,0	1,0				
1911 - 1940.	2,2	3,0	4,5	2,5	1,0			
1941 - 1970.	3,4	3,8	6,5	5,5	2,0	1,0		
1971 - 2000.	4,6	6,4	10,5	5,0	2,3	3,0	1,0	1,0

ÁRHULLÁMOK TARTÓSSÁG NÖVEKEDÉSÉNEK ARÁNYA

Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	1,0	1,0	1,0	1,0				
1911 - 1940.	2,6	2,5	2,9	3,1	1,0			
1941 - 1970.	3,9	5,1	7,8	8,7	1,5	1,0		
1971 - 2000.	4,8	6,1	8,5	9,6	4,3	7,8	1,0	1,0

4. számú táblázat

ÁRHULLÁMOK ÁTLAGOS TARTÓSSÁGA NAPOKBAN

Tisza, Szolnok 1881 - 2000. között

Időszak	650 cm felett	700 cm felett	750 cm felett	800 cm felett	850 cm felett	900 cm felett	950 cm felett	1000 cm felett
1881 - 1910.	18	17	19	9				
1911 - 1940.	21	14	12	11	8			
1941 - 1970.	20	23	22	14	6	5		
1971 - 2000.	19	16	15	17	15	13	13	11

Árvízi kockázatelemzés hagyományos és újszerű módszere

Bogárdi István
Egyetemi Tanár, University of Nebraska, Lincoln, USA

ÖSSZEFOGLALÁS

Árvízi kockázatelemzés azért szükséges, mert az árvíz hidrológiai jellemzői, a művek védőképessége és az árvízkárok mértéke egyaránt bizonytalansággal terhelt. Ha ezeket a bizonytalanságokat statisztikusan írjuk le, a kockázatelemzés valószínűség számítási módszerét alkalmazhatjuk. A viszonylag rövid, homogénnak tekinthető adatsorok miatt a becsült, pl. 1%-os árvízszint is bizonytalan. Parametrikus és nem-parametrikus módszerekkel megállapíthatók a mértékadó valószínűséghez tartozó kiépítési szint megbízhatósági határai. Megfontolandó az egységes magassági biztonság alkalmazásának átértékelése, pl. oly módon, hogy a becsült 1%-os szintet növeljük meg annyival, hogy azt a valóságos 1%-os árvíz 90%-os biztonsággal ne haladja meg. A valószínűség számításon alapuló kockázat számítás hiányosságait javíthatjuk a fuzzy (nem szigorúan logikai) halmazok alkalmazásával. Egyszerű példa érzékeltetni a fuzzy árvízi kockázatelemzés alkalmazását egy olyan esetben, amikor az árvízkárok csökkentése mellett az ökológiai értékek megőrzése egyaránt fontos célkitűzés.

BEVEZETÉS

A tanulmány célja összefoglalni az árvízi kockázatelemzés valószínűség számításon alapuló hagyományos módszerét, rávilágítani a módszer néhány hiányosságára, és megismertetni a fuzzy halmazok segítségével végrehajtható kockázatelemzést.

Az árvízkárok csökkentése összetett feladat, amely több tudományág átfogó alkalmazását igényli, többek között a hidrológia, a talajmechanika, közgazdaságtan tudományát. Az árvízi tározókat, a töltéseket és más vízi létesítményeket a helyi viszonyokhoz kell méretezni; a geotechnikai elméletek és alkalmazások segítenek biztosítani, hogy az építmények épségben ellenálljanak a fellépő hidraulikus erőhatásoknak; a gazdasági szempontokat úgy kell mérlegelni, hogy biztosítsák – az árvízi károk a csökkentése arányban legyen a beruházás költségeivel és a hatások társadalmi, gazdasági és környezeti értékeivel.

Az árvízvédelmi töltés az egyik leggyakrabban alkalmazott árvízkár csökkentő létesítmény. Számos országban (beleértve USA-t és Magyarországot) a töltések magasságát hagyományosan úgy állapították meg, hogy azok ellenálljanak egy kiválasztott, mértékadó árvíznek. A hidrológiai, hidraulikai bizonytalanságok miatt az árvízszintetek egy állandó magassági biztonsággal növelték. Ez a mértékadónak tekintett árhullám hagyományosan egy kiválasztott előfordulási valószínűségnek felel meg (pl. a 100 éves árhullám, azaz amelynél magasabb árhullám valószínűsége évente 1%). Az USA, hasonlóan Magyarországhoz szabványos (3 láb) magassági biztonságot alkalmazott. A 3 láb magassági biztonság mérnöki tradícióvá vált, és az árvízkár csökkentő létesítmények százainál alkalmazták. Az állandó, szabványos magassági biztonság helyességét az 1990-es évek elején kezdtek vitatni. Például, megfigyelték, hogy az állandó magassági biztonság nem veszi figyelembe a helytől függő geográfiai és a hidrológiai eltéréseket, így végül is a különböző helyek árvízvédelmi biztonsága eltérő. A kockázatelemzési módszerek fejlődése és alkalmazása jelentős segítséget nyújtott a kérdés megoldásához, mivel ezek a módszerek lehetővé teszik a hidrológiai, hidraulikai és a geotechnikai paraméterek bizonytalanságát, számszerűen figyelembe véve a mértékadó biztonság megállapításánál. A kockázatelemzés helyes alkalmazása helyettesítheti a szabványos 3 láb magassági biztonság alkalmazásának igényét.

Árvízi kockázatelemzés

Szokásosan a kockázatelemzés 4 fő elemét különböztetjük meg egymástól (Bogárdi, 1978, Haimes 1998).

Ezek a következők:

1. Terhelés, L, ami a töltésszakaszra jellemző tetőző vízhozam vagy vízállás,
2. Kapacitás/Ellenállás, R, (pl. töltésszakasz védőképessége),
3. Árvízi elöntés, $L>R$, valamint,
4. Az elöntés következményei (pl. gazdasági, ökológiai, emberi stb.).

Mivel mind a négy főelemben számos bizonytalanság van jelen, szükség van a kockázatelemzésre. A hagyományos valószínűségi megközelítés valószínűségi változóként, pl. sűrűségfüggvényükkel, $g(L)$ és $F(R)$ veszi figyelembe ezeket a bizonytalanságokat. Így az árvízi elöntés valószínűsége $P(L>R)$, amit a $g(L)$ és $f(R)$ függvényekből lehet kiszámolni. Az elöntés gazdasági következményei a $D(L,R)$ kárfüggvénnyel fejezhetők ki.

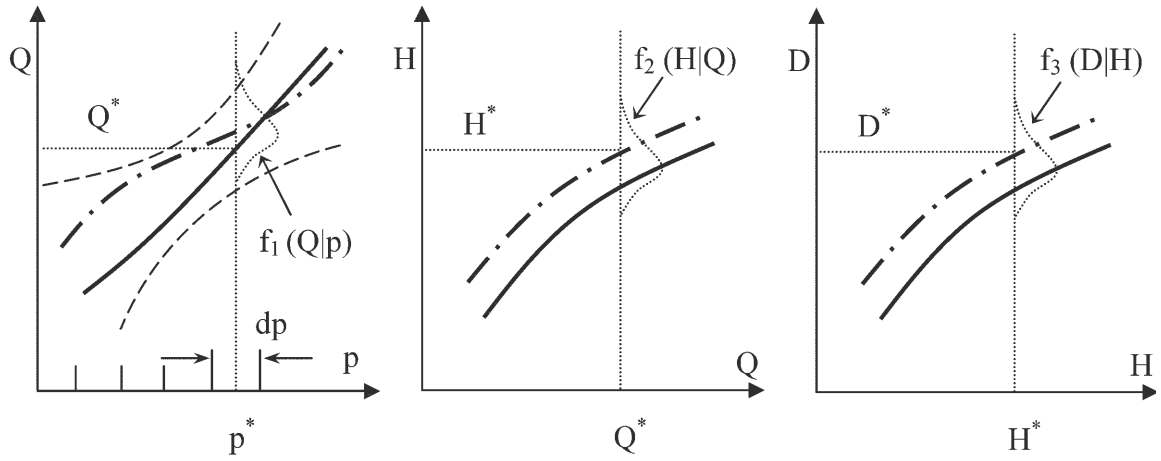
A valószínűségi megközelítést használva, a kockázatot rendszerint várható értékkel fejezzük ki. Specifikusan a mérnöki ER kockázat a várható éves árvízkároknak felel meg:

$$ER = \int_{R}^{\infty} D(L)\, g(L)\, dL \qquad (1)$$

A gyakorlatban a fenti integrált a kárfüggvény egyes tartományainak súlyozott összegével közelítik, ahol a súlytényezők a megfelelő árvízi gyakoriságok. Ennek a valószínűségi megközelítésnek számos ismert hiányossága van, beleértve a következőket:

(1) A kis valószínűséggel várható, de igen súlyos következményű esetek (pl. egy esetleges töltésszakadás kockázata a közép-Tiszán) tényleges hatását az éves várható érték elködösíti.
(2) A valószínűségi modell megválasztása (itt a két sűrűségfüggvény típusa) gyakran önkényes, pedig az eredmény meglehetősen érzékeny erre a választásra
(3) Az árvízi terhelés és/vagy a védőképesség statisztikailag értékelhető adatai gyakran hiányoznak vagy bizonytalanok.
(4) A kárfüggvények, pl. szélsőséges, eddig még nem tapasztalt árvizek esetén fellépő árvízkárok becslése általában elég bizonytalan.
(5) A terhelés és a védőképesség közöt ti esetleges kapcsolat és az azt leíró paraméterek általában ismeretlenek. A számított kockázat viszont kiemelkedően érzékeny ebben a vonatkozásban.

Az árvízi kockázatelemzésben szereplő három összefüggés – az árvízhozam valószínűségi eloszlása, a vízhozam görbe és a kárfüggvény bizonytalanságát érzékelteti az 1. ábra.

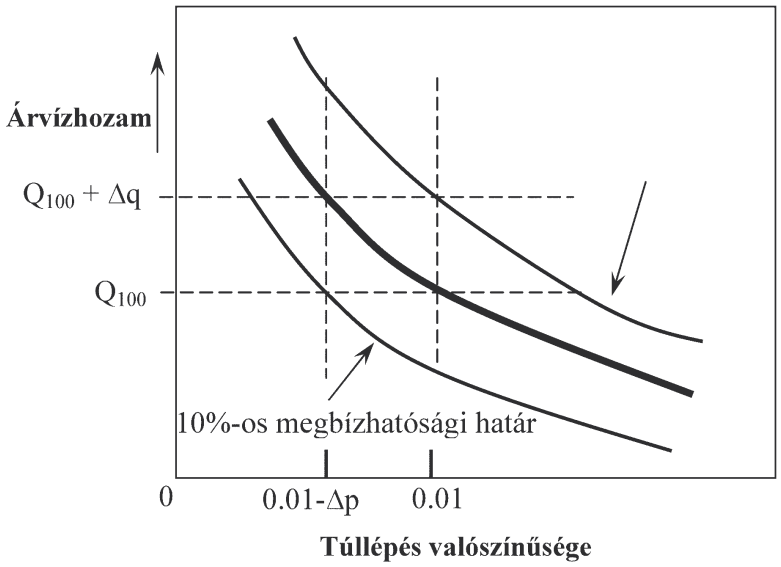


1. ábra: Az árvízhozam eloszlásfüggvénye, a vízhozamgörbe és a kárfüggvény bizonytalansága

A baloldali ábra a vízhozam és meghaladási valószínűség (p) közötti kapcsolatot mutatja. A vastag folytonos görbe a legjobb becslése ennek a kapcsolatnak, miközben a pont-szaggatott görbe mutat egy lehetséges megvalósulást, amit az adott görbe felvehet. A szaggatott vonal az $f_1(Q|p)$ feltételes sűrűségfüggvény, amely vízhozam lehetséges változékonyságát jellemzi a választott p (pl. 1%) meghaladási valószínűségnél. Az 1. ábra középső képe a vízhozamgörbe. A folytonos vastag vonal a legjobb becslés és a pont-szaggatott görbe egy lehetséges megvalósulás, amit az adott görbe felvehet. Az $f_2(H|Q)$ függvény a vízállás feltételes sűrűségfüggvénye, azaz egy árvízhozamhoz tartozó lehetséges vízállások változékonyságát jellemzi. A jobboldali ábra az árvízszint és az árvízkár közötti összefüggést mutatja. A vastag folytonos vonal a legjobb becslése ennek a kapcsolatnak, és a pont-szaggatott görbe egy lehetséges megvalósulás, amit az adott görbe felvehet. Az $f_3(D|H)$ függvény az árvízkár feltételes sűrűségfüggvénye, azaz egy árvízszinthez tartozó lehetséges árvízkárok változékonyságát érzékelteti.

Különböző módszerek ismertek, amelyek az említett 5 féle hiányosság némelyikével foglalkoznak. A feltételes várható érték alkalmazása (Haimes 1998) segít értékelni a kis valószínűséggel várható, de igen súlyos következményű eseteket (1) egy megfelelőbb módon. A valószínűségi határok analízise (Ferson et al. 2002) a valószínűségi modell kiválasztásának bizonytalanságával (4) és az ismeretlen összefüggések (5) kezelésével foglalkozik. A Bayes módszer (e.g. Carlin and Louis 2000) akkor használható, ha statisztikailag értékelhető adatok nem állnak rendelkezésre (3). A fuzzy halmazok gyakorlati alternatívának tekinthetők, és különösen akkor alkalmazhatók előnyösen, ha az összes fent említett hiányossággal egyszerre kell foglalkozni.

Az árvízi kockázat (Eq.1) legegyszerűbb és leggyakoribb értelmezése az eset, amikor az árvízkárokat nem tekintjük, és az R védőképesség determinisztikus. Ez azt jelenti, hogy pl. az 1% valószínűséghez tartozó



2. ábra: Az 1%-os árvíz megbízhatósági határai

mértékadó vízhozamot, vagy vízállást leolvassuk az eloszlásfüggvényről. Kérdés, hogyan tudjuk a mértékadó vízhozamnak/vízállásnak a bizonytalanságát meghatározni, ill. hogyan lehetséges megállapítani azt a határt, amelynél előírt nagy valószínűséggel nem nagyobb az ismeretlen valóságos 1%-os árvíz (2. ábra).

A legsötétebb vonal az árvízhozamok várható valószínűségét mutatja az árvíz gyakoriság elemzésből származtatva. A két halványabb vonal a 10%-os és 90%-os megbízhatósági határ a várható valószínűségű árvízhozam körül. A Q_{100} vízhozam a becsült 100 éves árvíz, míg a $Q_{100+\Delta q}$ az a vízhozam, amit az ismeretlen 100 éves árvíz 90%-os biztonsággal nem fog meghaladni. Ez a megközelítés olyan biztonsági tényezőt (tartalékot!) definiál, amely figyelembe veszi a hidrológiai analízis és az árvízi gyakoriság becslés bizonytalanságát.

A megbízhatósági határokat un. parametrikus, és nem-parametrikus módszerekkel határozhatjuk meg. A parametrikus módszer feltételezi, hogy ismert az árvíz eloszlásfüggvénye, pl. gamma eloszlás. Az USA Hadmérnöki Kara a közelmúltban az alábbi elven működő parametrikus módszert alkalmazta:

1. Véletlenszerűen generáljuk egy-egy lehetséges realizációját az eloszlás statisztikai paramétereinek, $\acute{\alpha}_1$, pl. várható értek, szórás, ferdeség.
2. Olvassuk le az $\acute{\alpha}_1$-ból számított ismert *F* eloszlásfüggvényből a kiválasztott *p* valószínűséghez tartozó Q_1 árvízhozamot:

   $Q_1 = F^{-1}(\acute{\alpha}_1, p)$
3. Ismételjük meg az első két lépést n-szer, pl. 100-szor, így *n* darab *p* valószínűségű lehetséges vízhozamhoz jutunk.
4. A generált vízhozamok gyakorisági eloszlásából kiválaszthatók pl. a 10 és 90%-os megbízhatósági határok.

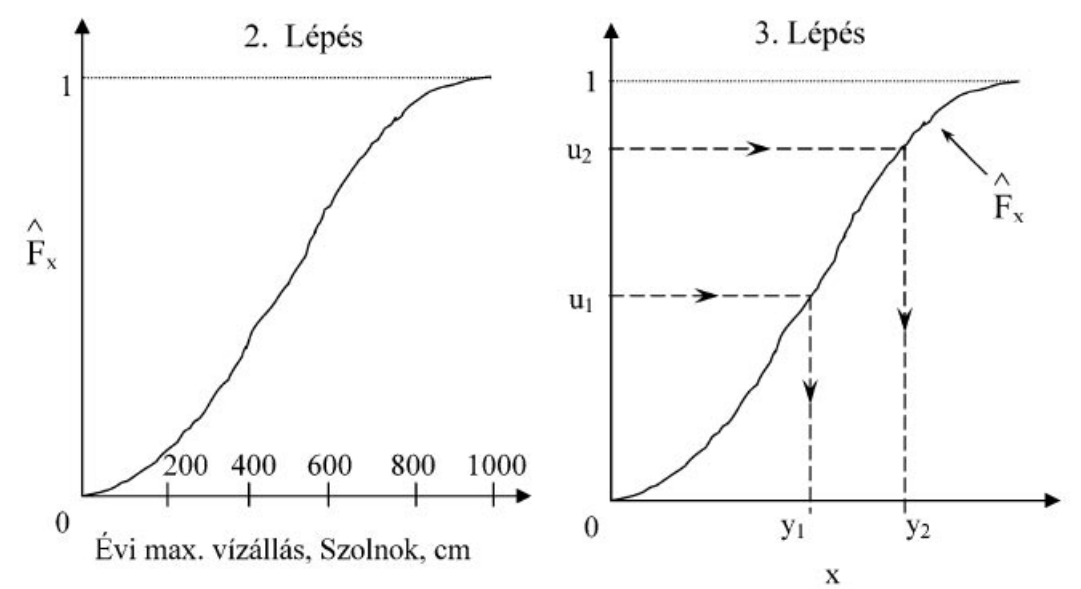
A fenti parametrikus eljárás hátránya, hogy feltételezi az árvíz eloszlás típusainak ismeretét, továbbá nem minden árvízi eloszlás esetén ismert az $\acute{\alpha}$ statisztikai paraméterek pontos eloszlása.

A nem-paraméteres eljárások nem igénylik a fenti feltételezéseket és egyszerűségük miatt igen vonzók. Az egyik legismertebb közülük az un. *bootstrapping* (Chernick, 1999), amely az alábbi fő lépésekből áll (3. ábra):

1. Adott az x árvízi jellemző adatsora: $x_1, x_2, \ldots, x_n$, amelynek elemei statisztikailag függetlenek és azonos, de ismeretlen elméleti valószínűség-eloszlást követnek.
2. Előállítjuk az árvízi jellemző tapasztalati eloszlását, $\hat{F}_x$
3. Véletlenszerűen generálunk egy új lehetséges adatsort, un. bootstrap mintát: $y_1, y_2, \ldots, y_n$. Ez úgy történik, hogy $u_1, u_2, \ldots, u_n$ darab 0-1 közötti véletlen számot generálunk, és mindegyikhez leolvassuk az tapasztalati eloszlásnak megfelelő $y_1, y_2, \ldots, y_n$. értéket.

   Így pl. $y_1 = \hat{F}_x^{-1}(u_1)$
4. Előállítjuk a bootsrap minta tapasztalati eloszlását.
5. Megismételjük a 3. és 4. lépést, hogy elég nagy számú, pl. 100 lehetséges tapasztalati eloszláshoz jussunk. A lehetséges tapasztalati eloszlások száma 2^n.

6. Mindegyik tapasztalati eloszlásból leolvassuk a választott p (pl. 1%) valószínűséghez tartozó árvízi jellemző értéket.
7. Ezen értékek gyakoriság eloszlásából, $f(x|p)$ meghatározzuk pl. a 10 és 90%-os megbízhatósági határokat.



3. ábra: A bootstrap módszer elve

Az állandó magassági biztonság alkalmazása nem eredményez egységes árvízvédelmi biztonságot egy országon keresztül. Ugyanakkor a megbízhatósági határok fenti értelmezése lehetővé teszi, hogy a merev magassági biztonságot átértelmezzük.

Fenntartva, hogy a kiépítés mértéke mindenütt feleljen meg előírt nagy valószínűséggel az 1%-os árvíznek, a szokásos módon értelmezett 1%-os szint felett a 90%-os megbízhatósági határ felelhet meg a magassági biztonságnak. Ekkor 90%-os garanciával állíthatjuk, hogy az évi árvízi kockázat nem haladja meg az 1%-ot. Az egységes árvízvédelmi biztonság eléréséhez figyelembe kell venni a helyi és regionális szinten változó topográfiai, hidrológiai és hidraulikai különbségeket, amit az állandó magassági biztonság alkalmazása nem tesz lehetővé. Van olyan terület, ahol pl. 2 lábnyi magassági biztonság szükségeltetik az előírt biztonság eléréséhez, míg más területeken 6 láb. A hagyományos egységes 3 láb magassági biztonság „eltitkolja" a tényleges árvízi biztonság jelentős változékonyságát.

Fuzzy Logic kockázatelemzés

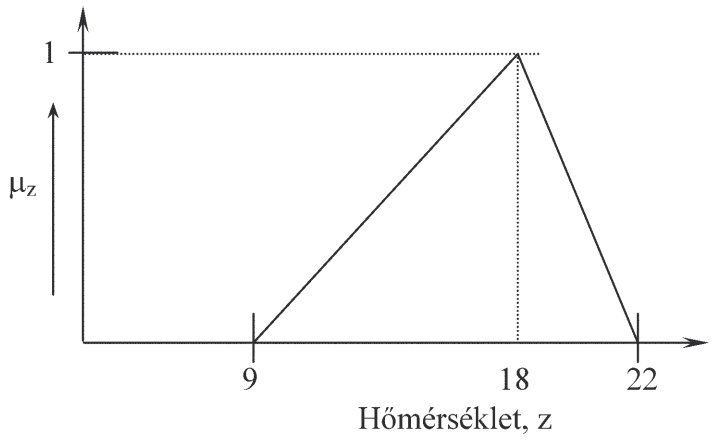
Fuzzy logic a statisztikai alapon végzett bizonytalanság elemzés egyik lehetséges alternatívája. Ebben a tekintetben a „fuzzyness" olyan helyzeteket tekint, amikor egy halmazhoz való tartozást nem lehet igen/nem alapon meghatározni, mivel a halmazok határai bizonytalanok. A fuzzy halmazelmélet központi fogalma a tagsági függvény, amely számszerűen szemlélteti azt a mértéket, amellyel egy elem a halmazhoz tartozik. Amint az a mérték, amellyel egy elem a halmazhoz tartozik, növekszik, a tagsági függvény is növekszik.

Egy klasszikus halmazban egy éles vagy egyértelmű megkülönböztetés áll fenn a halmaz tagjai és nem-tagjai között. Más szavakkal, a klasszikus halmazban mindenegyes elem tagsági függvényének értéke vagy 1 a tagoknak (azok, amelyek biztosan a halmazhoz tartoznak), vagy 0 a „nem-tagoknak" (azok, amelyek biztosan nem). Azonban, időnként nehéz éles vagy pontos különbséget tenni egy halmaz tagjai és nem-tagjai között. Például „mély kút", „nagymértékben szennyezett víz", vagy „1-nél jóval nagyobb számok" halmazainak határai fuzzy-nak tekinthetők.

Mivel a tagságból nem-tagságba való átmenet inkább fokozatosnak látszik, mint hirtelennek, a fuzzy halmaz kiküszöböli az éles határt, ami elválasztja a halmaz tagjait a nem-tagoktól (Klir and Yuan 1995). Így, ha egy elem valamilyen mértékben tagja egy fuzzy halmaznak, a tagsági függvény értékét le lehet határolni 0 és 1 között. Bármely valós számot úgy tekinthetünk, mint egy speciális fuzzy számot, és gyakran hívják crisp számnak a fuzzy matematikában. A fuzzy szám legegyszerűbb típusa a háromszög, amely a csúcs mindkét oldalán lineáris. Az 4. ábra a háromszög fuzzy szám példáját szemlélteti (TNF).

A 4. ábrán bemutatott fuzzy számot le lehet írni az $a_1=9$, $a_2=18$ és az $a_3=22$ pontok értékeivel. Így az $A=(a_1,a_2,a_3)$ egyértelműen jellemzik a számot.

A fuzzy logic kezdeti alkalmazása óta a vízgazdálkodásban (Bogárdi 1983), nagyon sok kutatómunkát végeztek, és a fuzzy logic egyre inkább gyakorlati eszközzé válik a tervezésben és a döntés-előkészítésben egyaránt.



4. ábra: A „9-nél magasabb, 22-nél alacsonyabb, 18 fok körüli" hőmérséklet tagsági függvénye

Ha a kockázatelemzés bármely elemében a bizonytalanságot fuzzy halmazként írjuk le, a kockázatot is fuzzy halmazként számolhatjuk. Az árvízi kockázat esetén (*Eq.1)*, ha pl. a terhelés *(L)* valószínűség, a töltés védőképessége *(R)* fuzzy szám, és a kárfüggvény *(D)* szintén fuzzy, akkor az ER mérnöki kockázatot fuzzy számként kaphatjuk:

$$E\widehat{R} = \int_{\widehat{R}}^{\infty} \widehat{D}(L)g(L)d(L)$$

A fuzzy kockázat számszerű meghatározása (azaz a fuzzy számok függvényének számítása) viszonylag egyszerű feladat, amelyet számos módon lehet elvégezni, mint pl. az un. vertex módszerrel (Dong and Shah 1987).

Gyakran, a vegyes valószínűségi/fuzzy-halmaz kifejezés a legmegfelelőbb útja a bizonytalanság leírásának. A következő rész egy példát szemléltet; jelezve, hogy a fuzzy-kockázat jól alkalmazható az árvízkezelési céloknál.

A Santa Cruz folyó egy szakasza Dél-Arizónában szemlélteti a vegyes valószínűségi/fuzzy-halmaz árvízkockázat kezelés alkalmazását. Ez egy egyszerűsített eset, amely egy bináris döntési problémából áll: védekezni vagy nem védekezni az árhullámok maximumától.

Itt az árvízi kockázatelemzés négy fő eleme a következő:

1. Árvízveszély, mint terhelés – itt az árvízhozam, *L*,
2. Az árvédelmi művek védőképessége, *R*,
3. Árvízi elöntés, ha $L > R$, és
4. A bináris döntés következménye – itt, az áradások gazdasági következményei, a védekezés költségei, és az emberi beavatkozás ökológiai hatása.

A feladat az alábbi módon fogalmazható meg:

(a) Két állapot: elöntés S_1, amikor $L \geq R$ és S_2: $L < R$,

(b) Az állapot előfordulás Bernoulli valószínűségi modellje S_i, $i = 1,2$:

$P(S_1) = P(L \geq R) = p$

$P(S_2) = P(L < R) = 1 - p$

(c) Két lehetséges döntési eset: a_1 védekezés és a_2 nem védekezés, valamint

(d) Évi árvízkárok gazdasági értéke, *K* és védelmi költségek, *C*.

A kockázatelemzésben levő bizonytalanságokat az alábbi háromszög fuzzy számok irják le:

1. Árvízi elöntés valószínűsége: $p = (7, 8, 10) \times 10^{-4}$
2. Évenkénti gazdasági veszteség: $K = (4, 5, 6) \times 10^{6}$
3. Évenkénti védelmi költségek: $C = (3, 4, 5) \times 10^{3}$, azaz az ár „körülbelül" 4000

A két állapot gazdasági következményeit az alábbi táblázatban foglaljuk össze:

I	S_i	a_1 véd	a_2 nem	$p(S_1)$
1	$L > R$	C	K	P
2	$L \leq R$	C	0	$1\text{-}p$

A várható évi gazdasági veszteség D, az a1 és a2 döntések esetén:

$D\ (a_1) = C\ (.)\ p\ (+)\ C\ (.)(1\text{-}p) = C$

$D\ (a_2) = K\ (.)\ p$

A fuzzy aritmetikát használva a $D(a_1)$ és $D(a_2)$ számítására, az alábbi fuzzy számokat kapjuk:

$D(a_1) = (3,4,5) \times 10^3$ és $D(a_2) = (2.8,4,6) \times 10^3$

$D(a_1)$ és $D(a_2)$ összehasonlításához az u.n. fuzzy átlagot használhatjuk, amely a fuzzy számok súlypontja:

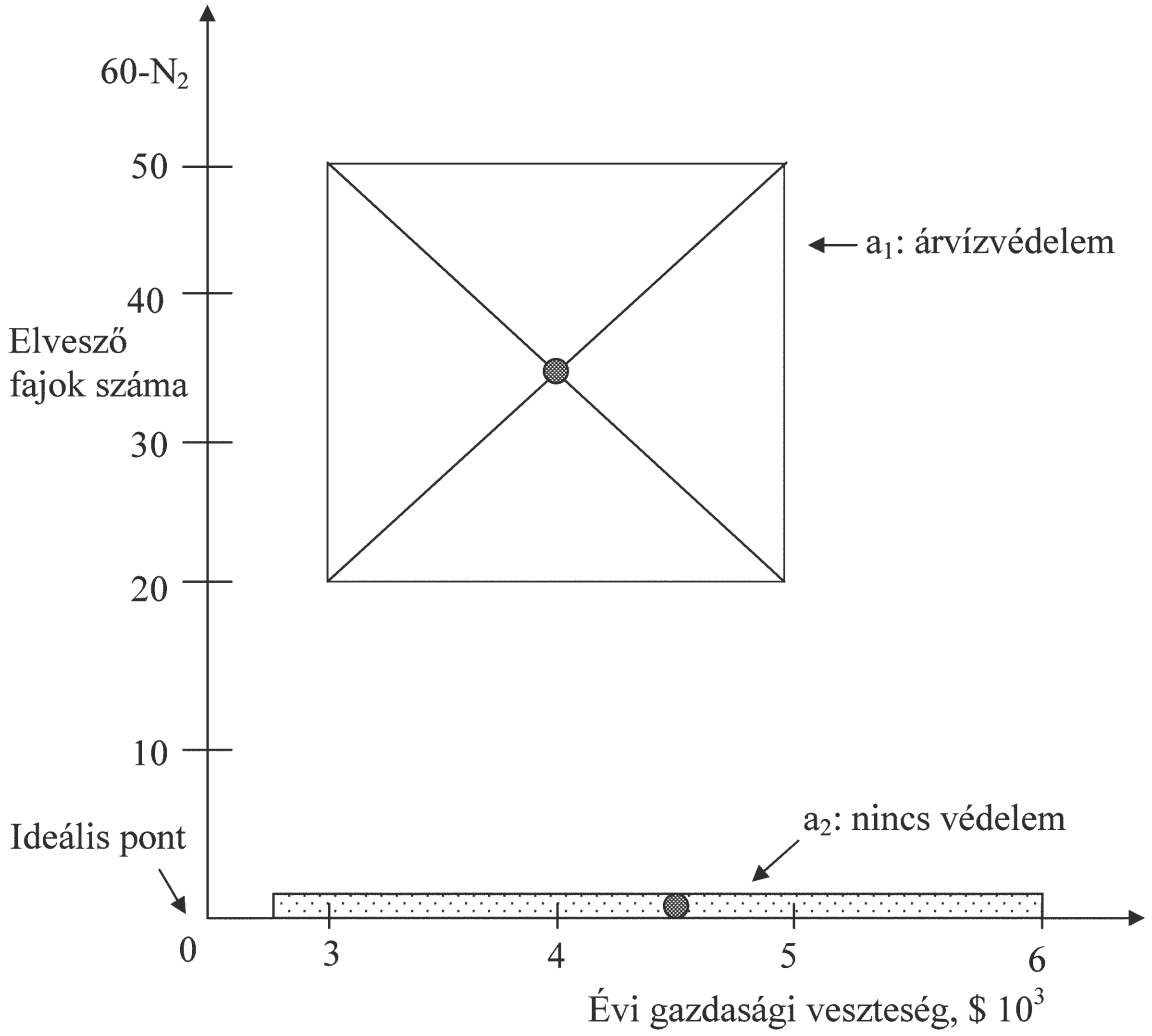
$D(a_1) = 4 < D(a_2) = 4.27.$

Így, tisztán gazdasági alapon, az a_1 eset, védelem, előnyben részesedik az a_1-vel szemben.

Az árvízi védekezés ökológiai hatását, amikor az árvízi védőrendszer kiépül, az egyes fajok számának (diversity) csökkenésével mérhetjük. A fajok kezdeti számát pontosan ismerve: $N_1=60$. A változás az építkezés után, ami nem jósolható meg pontosan, fuzzy számmal bemutatva: $N_2=N(a_2) = (10, 25, 40)$, azaz körülbelül 25 faj maradna meg, de nem kevesebb, mint 10 és nem több, mint 40. A két esemény ökológiai következményeit mutatja az alábbi mátrix:

i	S_i	A_1 protect	a_2 do not	$p(S_1)$
1	$L > R$	N_2	N_1	p
2	$L \leq R$	N_2	N_1	$1\text{-}p$

A két, a1 és a2 lehetséges döntés közös gazdasági és ökológiai értékeléséhez fuzzy trade-off elemzés használható (5. ábra). Az a1 döntést egy kétdimenziós fuzzy szám jellemzi, amely tükrözi a bizonytalan hidrológiai, gazdasági és ökológiai mennyiségeket. Az a2 döntés esetén nincs ökológiai bizonytalanság, és így az egydimenziós fuzzy számmal (2.8, 4, 6) írható le a vízszintes tengelyen. Azt a döntést választjuk, amely a legközelebb van az ideális ponthoz, ahol nincs sem gazdasági, sem ökológiai veszteség. A távolságot az ideális pont és két fuzzy szám között kell definiálni. A fuzzy számok átlagát véve figyelembe, azt találjuk, hogy most a2 (nincs védekezés) előnyben részesül a1-el szemben. Tehát ebben az esetben az ökológiai hatások számbavétele a tisztán gazdasági alapon kapott optimális döntés megfordításához vezet.



5. ábra: Fuzzy kétcélú értékelés

KÖVETKEZTETÉSEK

1. A teljes körű árvízi kockázatelemzés figyelembe veszi az árvíz hidrológiai jellemzőit, a töltésszakasz védőképességét és egy esetleges töltésszakadás következményeit.
2. Amennyiben a hidrológiai árvízi jellemzőt és/vagy a védőképességet statisztikusan jellemezzük, az árvízi kockázatot az évi átlagos árvízkárokkal szokásos kifejezni.
3. A mértékadó, világszerte leginkább 1%-os valószínűséghez tartozó kiépítési szintet az adatsor bizonytalansága miatt csak pontatlanul becsülhetjük.
4. Az egységes magassági biztonság alkalmazása esetén a valóságban nem ismeretes az adott öblözet tényleges kiépítési mértéke.
5. Parametrikus és nem-parametrikus módszerekkel megállapíthatók a mértékadó valószínűséghez tartozó kiépítési szint megbízhatósági határai.
6. Javasolható az egységes magassági biztonság helyett a becsült 1%-os szintet annyival növelni, hogy azt a valóságos 1%-os árvíz, pl. 90%-os biztonsággal ne haladja meg.
7. A valószínűség számításon alapuló kockázat számítás hiányosságait javíthatjuk a fuzzy halmazok alkalmazásával.
8. A fuzzy árvízi kockázatelemzés alkalmazása viszonylag egyszerű olyan esetben is, amikor az árvízkárok csökkentése mellett az ökológiai értékek megőrzése egyaránt fontos célkitűzés.

IRODALOM

Bogárdi István (1978). *Árvízvédelmi töltések védőképessége, Kandidátusi értekezés.*

Bogárdi, I., L. Duckstein, and A. Bárdossy (1983). Regional management of an aquifer under fuzzy environmental objectives. Water Resources Research, 19(6), 1394-1402.

Carlin, B.P. and T.A. Louis (2000). *Bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis. Chapman and Hall, 419p.*

Chernick, M.R. (1999). *Bootstrap Methods: a Practitioner's Guide. New York, Wiley, 264p*

Dong, W., and H.C. Shah (1987). *Vertex method for computing functions of fuzzy variables. Fuzzy Sets and Systems, 24, 65-78.*

Ferson, S., L. Ginzburg, J. Hajagos, and W.T. Tucker (2002). *Terrorism's implications for uncertainty calculi, Risk Based Decision Making, Engineering Foundation Conference, Santa Barbara.*

Haimes, Y.Y. (1998). *Risk Modeling, Assessment and Management. New York, Wiley, 726p.*

Klir, G. J. and K. Yuan (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application. Prentice Hall*

HEC-RAS programrendszer kifejlesztése és alkalmazása az USA-ban

Hegedűs Pál
Manager, Water Resources
Stantec Consulting, Sacramento, USA

Azt hiszem nem túlzás, hogy élettársamnak hívom. Már lassan 30 éve dolgozom vele. Ez alatt az idő alatt természetesen számos változáson ment keresztül. Sok álmatlan éjszakát töltöttem el azzal, hogy megfejtsem egy-egy végeredmény hibásságának rejtélyét, és megtaláljam a helyes megoldáshoz vezető lépéseket.

Ideje, hogy megmagyarázzam miről is beszélek. A HEC-RAS egy számítógépes program, melyet az Amerikai Szövetségi Állam Katonai Mérnöki Karának a Hidrológiai Mérnöki Központja (US Army Corps Hydrologic Engineering Center) fejlesztett ki. Innen kapta a program az előnevét, azaz HEC. Az utónév: RAS, a River Analysis System rövidítése, melyet úgy fordíthatunk, hogy Folyó Elemzési Rendszer.

A következő kérdés, ami mindenkiben felmerülhet, hogy miért költött, és költ még mindig az amerikai állam milliókat hidraulikai programok fejlesztésére. Ez a nagy „jótékonyság" annak köszönhető, hogy az Amerikai Mérnöki Kar felelős az árvízvédelemért és folyamszabályozásért. E fontos feladatkör teljesítéséhez készítették el és fejlesztik azóta is a nagyon hasznos hidrológiai és hidraulikai programokat.

A másik indok, mely megkövetelte a program széleskörű használatát, egy minisztériumi rendelet volt. E szerint az összes felvízi rendszert, melynek vízgyűjtő területe meghaladta az egy négyzetmérföldet (körülbelül 2,5 négyzet kilométer), fel kellett térképezni, és meghatározni a 100 éves 1 százalékos valószínűségi árvíz szintek magasságát és elöntési területek határait. Ezeket a térképeket ma arra használják a városok, hogy megtiltsák az árvizes és belvizes területeken új lakóépületek építését.

Sokan hosszú éveken keresztül azért nem fordítottak figyelmet a programra, mert ingyenesen le lehet másolni a világhálóról. Sokan úgy gondolják, hogy azok a programok, melyek több ezer dollárba kerülnek, sokkal jobbak, mint az ingyen beszerezhetők. Ebben a logikában csak az a hiba, hogy az amerikai törvények szerint egy állami cég nem kérhet pénzt, vagy profitálhat olyan programból amit az adófizetők pénzén fejlesztett ki. Az egyedüli probléma ami megnehezíti a program elsajátítását az, hogy technikai segítséget a programozók csak az állami hivatalokban dolgozóknak adnak. Mindenki másnak valamelyik cégtől kell segitséget kérni. A programozók felállítottak egy listát melyen fetüntetik azokat a személyeket és vállalatokat melyeknek engedélyük van a programok eladására és segítség nyújtására. A következő címen található ez a lista a világhálón:

http://www.hec.usace.army.mil/software/vendorbyprogram/program_vendorlist.pdf

Természetesen én magam, és a cég melynél jelenleg dolgozom, már több mint 10 éve megtalálható ezen a listán.

A program rengeteg változáson ment keresztül az évek folyamán. Egyre bonyolultabb és összetettebb problémák megoldására lett használható. Az első verzió a hetvenes évek elején HEC-2 néven jelent meg. Ez a FORTRAN programozási nyelven írt program DOS rendszer használatát igényelte, mely nagyon körülményes volt, összehasonlítva napjaink számítógépes technikájával. Azonban minden nehézség ellenére is csodálatos volt, hogy a program segítségével pár napon belül képes voltam választ adni az önkormányzat mérnökének arra a kérdésére, hogy a tervezett hidaknak lesz-e negatív hatása a folyó árvíz szintjére.

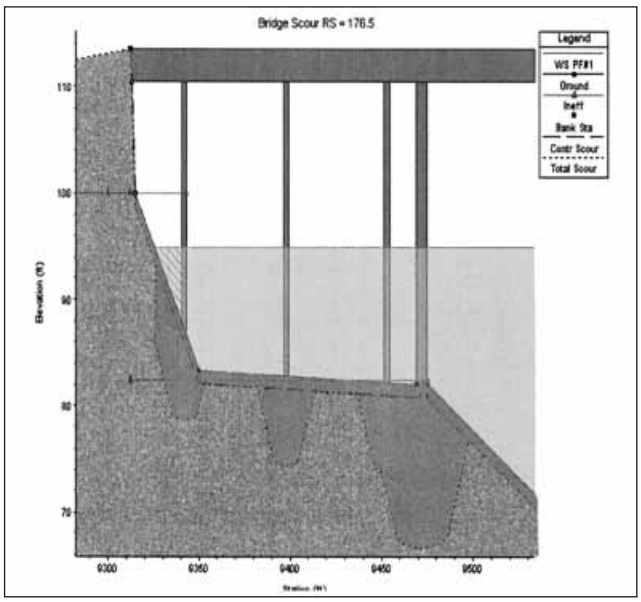
Gondolom ennyi elég is a történelem leckéből. Sokkal fontosabb a program jelenlegi használhatóságáról beszámolni, és egy kicsit a jövőbe tekinteni. A program jelenlegi verziója (3.1) képes folyamrendszerek egydimenziós modellezésére permanens és nem-permanens feltételek mellett is. A program lemásolható a világhálónak erről a ciméről:

http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/index.html .

A leggyakrabban használt programfunkciók a folyamok, belvízcsatorna rendszerek és hidak hidraulikai méretezéséhez és tervezéséhez kapcsolódnak. A program különböző típusú hidakat különböző variációkban képes modellezni és a hídpilléreknél összegyülemlett úszó hordalék okozta keresztszelvény kapacitás csökkenést is képes figyelembe venni. Meg lehet állapítani vele a hídpillérek szükséges alapozási mélységeket és a várható hordalék kimosási mélységeket a pillérek körül.

Az egyik mostanában befejezett munkánknál arra a kérdésre kellett választ adnunk, hogy a meglévő régi híd cölöpjeit milyen mélységben kell újra cölöpözni. A statikusi méretezéshez meg kellett adnunk azt a várható kimo-

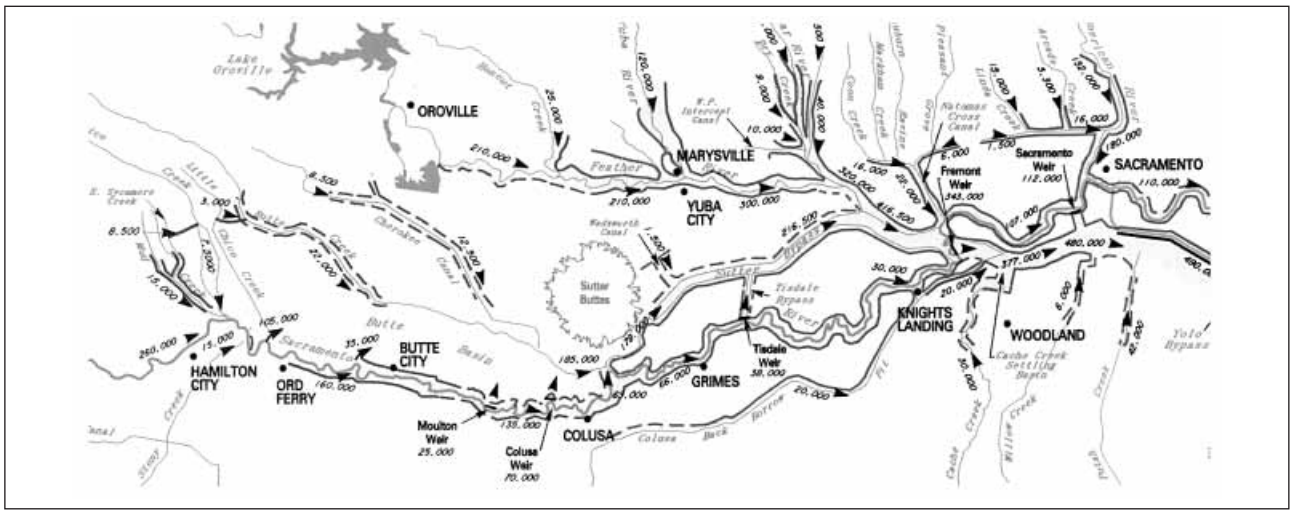
sási mélységet a cölöpök körül, mely árvíz esetén nem számítható be a cölöp stabilitási számításaiba. A mellékelt ábra grafikusan mutatja az HEC-RAS számításainak eredményeit.



Nélkülözhetetlennek találtam a programot árvízvédelmi munkák tervezésénél. Az évek során megszámlálhatatlan kilométernyi árvízvédelmi gátat terveztem és ellenőriztem a program segítségével. A program nem-permanens futtatásával árvízvédelmi gátak átszakadásának és vésztározók üzemeltetésének hatását is egyszerűen lehet előrejelezni.

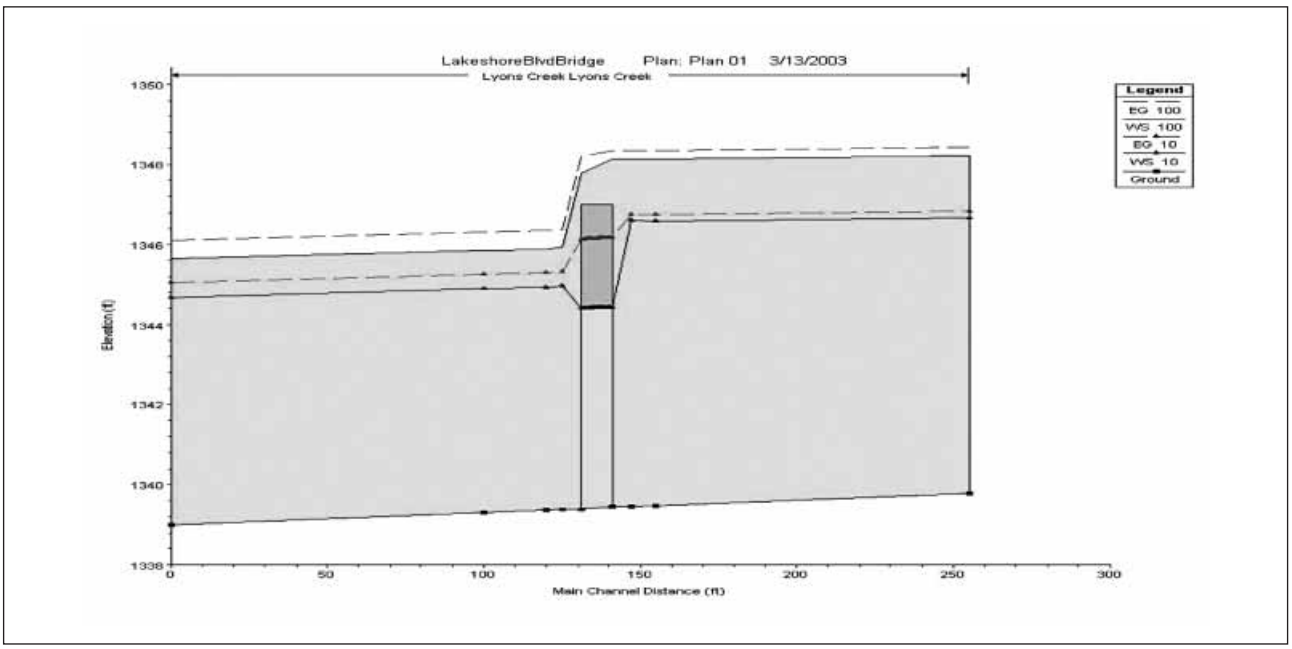
A folyókon meglévő vagy tervezett duzzasztógátak hidraulikai modellezéséhez a program több lehetőséget is kínál. Különböző fajta kapuk vagy kapu nélküli bukógátak különféle variációkban modellezhetők a programmal. Ugyanez a lehetőség fennáll oldalbukók modellezésére is.

A program széleskörű alkalmazására jellemző az, hogy a mindennapi életben használjuk az egész egyszerű problémák megoldásától a legkomplikált folyam rendszerek modellezéséhez. Például a meglehetősen komplikált sacramentói árvízvédelmi rendszerre is kifejlesztettek egy HEC-RAS modellt. Mint a mellékelt ábrán is látható, a rendszerhez több völgyzáró gátakkal szabályozott folyó, sok száz kilométernyi árvízvédelmi gátrendszer, és kapukkal és bukókkal szabályozott árvízvédelmre használt vészcsatorna rendszer tartozik. Az érdekessége ennek a csatorna rendszernek az, hogy árvíz esetén az eredeti folyó mederben levonuló vízhozam négyszeresét képes a város körül biztonságosan levezetni. Ez meglehetősen fontos mivel több mint fél millió ember él Scramento városának magas gátakkal védett területein. Mivel a Sacramento folyó a San Franciscói öblön keresztül közvetlen a Csendes óceánba folyik, a modell kalibrációjánál az apály és dagály hatását is figyelembe kellett venni. A modell érdekességéhez többek között az is hozzá tartozik, hogy magas American folyó árhullám esetén a Sacramento folyó folyási iránya egy körülbelül 8 kilométernyi szakaszon megfordul és az egyik bukógáton keresztül az úgynevezett Yolo bypass -ba vezeti a városon belüli meder kapacitását meghaladó vízmennyiséget. A modell adta meg a tervezési alapadatokat az árvízvédelmi gátak végleges magasságának meghatározásához.



Ilyen fajta nagy munkák természetesen nem minden nap adódnak. Mindennapi gyakorlatot sok kis probléma megoldásán keresztül lehet leggyorsabban elsajátítani. Az egyik most befejezett mukánknál csak arra kellett választ adnunk, hogy az egyik meglévő kisebb hídnak milyen hatása van különböző vízhozamoknál. A mellékelt ábra a tanulmány eredményét mutatja hossz-szelvényen. A 10 éves árhullámot a híd képes a keresztszelvényen belül levezetni, míg a 100 éves árhullám a híd feletti utat is elárasztja.

Egy kissé érdekesebb feladatunkban arra a kérdésre kellett választ adnunk, hogy milyen mértékű változás várható a hullámtéren, ha a meglévő hídnak a duzzasztó hatását megszüntetik azáltal, hogy megnövelik a híd fesztávolságát. A mellékelt ábrán a az ártéren várható sebesség eloszlást mutattuk be. A híd eredeti állapota alapján készített sebeség eloszlást összehasonlítottuk a mellékelt ábrán mutatott sebesség eloszlással. A két ábra összehasonlítása alapján tudtuk előrejelezni a várható hullámtéri változásokat. Természetesen egy két dimenziós modellel



egyszerűbben és sokkal pontosabban lehetett volna választ adni a megadott problémára, de egy két dimenziós modell felállításának költsége jelentősen több lett volna.

Az egyik érdekes, itt (Kaliforniában) nem használt része a programnak, lehetőséget ad jégtorlaszok és jég alatti vízfolyások elemzésére is. Talán mondanom sem kell, hogy ezt az adottságát a programnak Magyarországon sokkal jobban ki lehet használni mint Kaliforiában.

A tervek szerint a program következő verziója már lehetővé fogja tenni a hordalékmozgási számítások elvégzését is. Ezt jelenleg még egy különálló programmal, a HEC-6 alkalmazásával szoktam elvégezni. Mivel ez a program még egy régi (DOS) változat, ha valakinek nem nagyon sűrgős egy ilyen számítás elvégzése, azt javaslom, várja meg, míg ezt is képes lesz elvégezni a HEC-RAS.

Ez a kis ismertető remélem elég volt ahhoz, hogy felkeltsem a program iránti érdeklődését azoknak a szakembereknek, akik - akár csak én-, életük jelentős részét árvízvédelemi, belvízvédelemi és folyamszabályozási problémák megoldásával töltik. A programról természetesen még sok jót tudnék írni, de azt is nagyon fontosnak tartom, hogy rögtön felhívjam mindenki figyelmét a program óvatos és körültekintő használatára.

Mivel a használata meglehetősen egyszerű, sokan nem veszik a fáradtságot ahhoz, hogy elegendő időt töltsenek a működésének tanulmányozásával. Mint minden eszköz amit munkánk során használunk, a HEC-RAS is megköveteli azt, hogy a használó tisztában legyen azzal, mit, hogyan és miért csinál. A modell eredménye természetesen a betáplált adatoktól függ a leginkább. Például, ha a megadott keresztszelvények olyan térkép alapján készült, melynek a tolarenciája 50 centiméteres, akkor az eredményt is hasonló tolerenciával kell értékelni, annak ellenére, hogy a program milliméterben adja meg az eredményeket. Általában a problémák nagy részét a keresztszelvények helyének hibás megválasztása vagy a nem megfelelő sűrűsége okozza.

Az HEC-RAS –en kívül természetesen más hidrológiai és hidraulikai programot is kifejlesztettek

az állami mérnöki hivatal munkatársai. Én leggyakrabban a hidrológiai lefolyási programot az úgynevezett HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) –et használom. A programot természetes és völgyzáró gátakkal ellátott vízgyüjtő területek lefolyási görbéinek számítására használjuk. Miután sok fontos infomáció újabban GIS (Geographic Information System) formában található meg, mindkét programhoz kifejlesztettek programot, amely ezeket az adatokat közvetlenül képes felhasználni. Ezek a programokat Geo-RAS and Geo-HMS néven találhatjuk meg a világhálón.

Egy megletősen hasznos de ritkán használt kis régi program a HEC-FFA (Flood Frequency Analyzis) amelyet árvízek statisztikai vizsgálatához használunk.

Az HEC programok közötti adatátvitelhez és adat tároláshoz az HEC-DSS (Data Storage System) program használatát javaslom. A program nagymennyiségű hidrológiai adat egyszerű tárolását és átrendezését is lehetővé teszi.

Völgyzáró gátakból és vízierőművekből álló komlex rendszerek elemzésére az HEC-5 nevű programot fejlesztették ki. A program nagy segítséget nyújt az ilyen típusú vízgyűjtő rendszerek optimális használatának kifejlesztéséhez, kutatásához. Természetesen ezek a programok is a HEC-RAS-hez hasonlóan ingyenesen lemásolhatók a következő címről

(http://www.hec.usace.army.mil/software/software_distrib/index.html).

Remélem ezzel a rövid bemutatóval felkeltettem az érdeklődésüket a HEC-RAS iránt, és nem csak kedvet teremtettem a kipróbálásához, hanem hozzám hasonlóan egy életre szoló társra találnak benne.

Folyóink hullámtereinek fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel

Dr. Schweitzer Ferenc
MTA Földrajztudományi Intézet

A B S T R A C T

Geomorphological aspects of river regulation and flood control measures in Hungary

Extremely high water levels of the Tisza River and its tributaries over the past successive years (1998-2001) have made the increase of the efficiency of flood prevention an urgent task. Geography should play a crucial part in these efforts primarily in revealing hydrogeographic-geomorphological roots of the contemporary situation and indicating the triggers of an ever rising level of high waters relating to geomorphic evolution.

After a brief overview of the history in the Tisza basin the basic research tasks are outlined that could be instrumental in choosing adequate methods of flood control for the future.

The most actual tasks are the followings: a thorough understanding of the evolution history of the Tisza over the past ten thousand years or so; an analysis of temporal change of the forest coverage in the Tisza basin and in the catchments of its tributaries; investigations into the silting up process of the flood bed; a comparison of the level of the flood bed and that of the embankments; performance of geoecological, economic and settlement geographical studies.

BEVEZETŐ

A Tiszának és mellékfolyóinak az utóbbi években egymást követő rekord-árhullámai rendkívül időszerűvé tették az árvizek elleni védekezés hatékonyságának növelését. Ennek elősegítése érdekében a földrajztudomány is sokat tehet, elsősorban azzal, hogy sokoldalú kutatómunkával feltárja a mai helyzet kialakulásának hidrogeográfiai-geomorfológiai gyökereit, rámutatva az alföldi folyók egyre magasabb tetőzésének alapvető felszínfejlődési okaira.

Egy mai probléma történelmi gyökerei

Régi történelmi források és a helytörténeti munkák tanulmányozása során számos esetben kideríthető, hogy az alföldi folyók mentén elhelyezkedő települések mindenhol azokra az ún. magasártéri szintekre épültek, amelyek eredetileg szárazulatok voltak, és amelyeket a legnagyobb árvizek sem öntöttek el. Az ősi Tisza és mellékfolyói hatalmas területeket árasztottak el, ezáltal az Alföld jelentős részét igazi vadvízi országgá alakították (1. ábra).

A Tisza szabályozásának igénye már a 15. sz. második felében, Hunyadi Mátyás uralkodása idején felmerült; ő ugyanis törvényt alkotott, hogy a Tisza kiöntései ellen töltések emelésével kell védekezni. A szabályozás alapjait azonban csak évszázadokkal később, I. Ferenc teremtette meg 1807-ben a vízrendező, ill. a vízszabályozó társulatokról hozott törvényével.

A Lányi Sámuel vezetésével 1834–1848 között elvégzett tiszai térképezés alapján kitűnt, hogy a tiszai árvizek a történelmi Magyarország területén 18 megye 854 települését veszélyeztetik, tehát olyanokat is, amelyek magasártéri szinteken települtek, és az árvizek által korábban védettek voltak (2. ábra).

A Tisza mentén és vízgyűjtő területén bekövetkezett, feltehetően a bányászat következtében is megnövekedett erdőirtás, legeltetés, földművelés hatására a lefolyás mértéke, az árvízszintek megnövekedtek, a települések veszélyeztetettekké váltak. A települések, a vonalas létesítmények és a mezőgazdasági területek biztonsága, védelme érdekében alakult meg 1846-ban Vásárhelyi Pál vezetésével a Tisza-völgyi Társulat, amelynek célja a szabályozási munkák tervezése és kivitelezése lett.

A Duna és a Tisza mellékfolyóinak megépített gátrendszere, mesterséges mederszakaszok kiépítése, a meander kanyarulatok átvágása, a mocsárvilág csatornahálózat segítségével történő lecsapolása az akkori Európa legjelentősebb természetátalakító tevékenysége volt. A beavatkozások akkor megfeleltek a velük szemben támasztott társadalmi és gazdasági követelményeknek.

Mint köztudott, a Tisza szabályozását, a tervezési és szervezési munkálatokat

Széchenyi István gróf kezdeményezésére nagyrészt Vásárhelyi tervei szerint valósították meg, amelynek alapja

az ún. Vásárhelyi-féle hidrológiai törvény volt, és amelynek általános érvényességét a középszakasz jellegű folyókra nézve nemzetközileg is elismerték. E törvény alapján hajtották végre pl. a Közép-Rajna és a Mississippi szabályozását is.

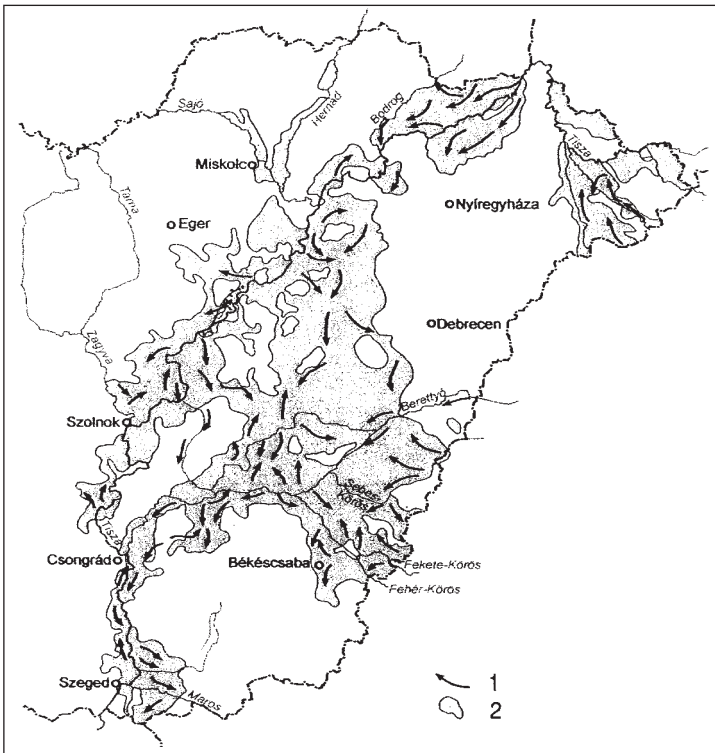
Mi ennek a lényege? Vásárhelyi P. észrevette, hogy a Tisza középvíz idején egyensúlyban van és nem épít zátonyokat. Ezért hamar rájött arra a szabályra, hogy a Tiszát tökéletesen lehetne szabályozni,

a) ha a túlfejlődött kanyarulatait átvágják, így a folyót megrövidítik,

b) ha az árvizek is olyan lefolyást biztosítanak, mint amilyen a középvíznek van, tehát a középvíz mederszélessége és mélysége között ugyanolyan arány legyen, mint az árvízmeder szélessége és mélysége között.

A fenti összefüggéseket figyelembe véve Vásárhelyi P. – számításai alapján – a Tisza árvízgátjainak közepes távolságát 750 m-ben adta meg, ami a körülményektől függően 500-1900 m között változhat. Ez a döntés az érdekeltek körében nagy riadalmat okozott. Sokan érveltek a terv ellen azzal, hogy nem szabad ilyen szűk területre beszorítani a Tiszát, „hisz ennek alapján az árvizek magassága emelkedni fog, amely a gátszakadás veszélyét hozza majd magával". Ez a bizonytalanság és pánikhangulat volt az oka annak, hogy szakértőnek meghívták az olasz Pietro Paleocapa mérnököt, aki a Pó folyóra kidolgozott és ott alkalmazott árvízmentesítési rendszert javasolta, azaz széles hullámteret, amelyet a nagy árvíz elönthet és az ún. „nyári gátakat", amelyek a folyó mellett húzódnának, hogy a kisebb nyári árvizeket visszatartsák.

1. ábra



Árvízjárta területek a Tisza térségében az ármenetesítés előtti időszakban. (Ihrig D. után). –

1 = vízkitörés helye és iránya;
2 = elárasztott terület

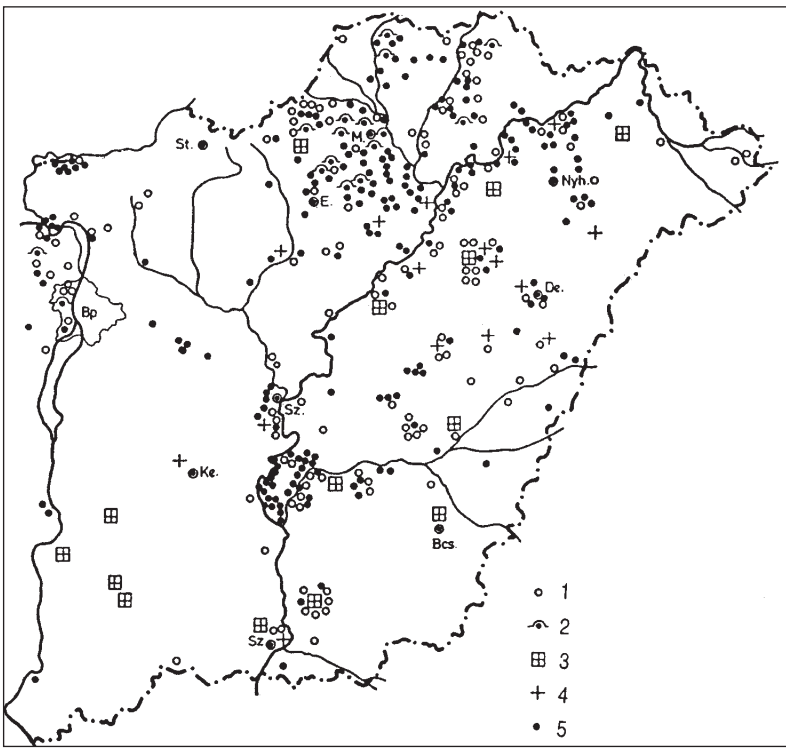
Extent of the waterlogged area in the Tisza River basin prior to flood control (after IHRIG D.). –

1 = place and direction of flooding;
2 = flooded area

Ennek a rendszernek is volt hibája, mégpedig az, hogy az árvizek a hullámtér feliszapolódása miatt évről évre megemelik a hullámterek magasságát és egyben az árvizek szintjét is. Mára a Pó folyó már olyan magasra feltöltötte a hullámtér magasságát, hogy a folyó kisvizének felszíne magasabban van, mint a ferrarai házak teteje.

E rövid ismertetőből is látható, hogy az árvízvédelmi töltések közötti hullámtér szélessége már Vásárhelyi P. és P. Paleocapa szerint is vitatott volt, akárcsak az átvágások száma. Vásárhelyi összesen 102, Paleocapa viszont csak 15 db átvágást tervezett.

Miután Vásárhelyi P. koncepciója került megvalósításra, a nagyszámú folyókanyarulat átvágással főbb alföldi folyóink mederhosszúsága jelentősen lecsökkent. A Tisza pl. 1420 km-ről 977 km-re zsugorodott, ami azt eredményezte, hogy megnövekedett a folyó esésszöge is, a kis- és középhozam-medrek szakaszjellege pedig kissé eltolódott a felsőszakasz irányába. A dombsági és hegyvidéki területekről kilépő folyók a meder hirtelen esésszögváltozása miatt alsószakasz-jellegűvé válnak. Természetes körülmények között a folyók által szállított hordalék ekkor hordalékkúpokként halmozódik fel (mint pl. a Nyírség vagy a Maros hordalékkúpja), de most az ármentesítések miatt a nagy mennyiségű hordalék kényszerpályára kerül, és a gátak közötti keskenyre szabott hullámtéren rakódik le.



2. ábra

A paleolit, mezolit és neolit kultúrák telepei Kelet-Magyarországon (Somogyi S. után).

1 = telep;
2 = barlang+telep;
3 = temető;
4 = sír;
5 = szórt leletek

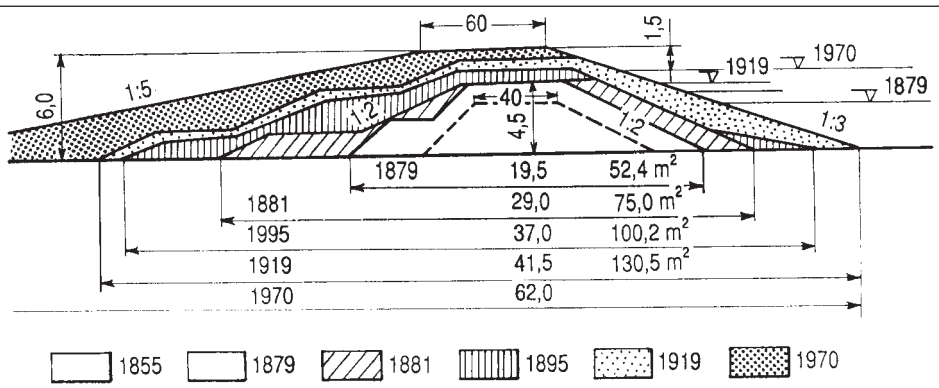
Paleolithic, mesolithic and neolithic sites in the east of Hungary (after Somogyi, S.).

1 = site;
2 = cave+site;
3 = cemetery;
4 = burial place;
5 = dispersed findings

A Tisza és mellékfolyóinak hordalékszállító képessége mindig nagy volt. Még az ármentesítések előtti alacsony ártéri szintekből szigetszerűen kiemelkedő magasár-tereken a legősibb települések is azért kerültek olykor-olykor árvízi elöntés alá, mert a környezetükben lévő alacsonyabb árterek feliszapolódtak.

A vízgyűjtő területeken bekövetkezett robbanásszerű urbanizációs változások ezt a természetes hordalékszállítást valószínűleg megnövelték, az árvízvédekezés 150 éve alatt bizonyos szakaszokon a hullámterek feliszapolódása jelentősen megnöveke-dett, a hullámtér felszínfejlődése felgyorsult. Ez pedig oda vezetett, hogy a gátakat időszakonként – feltehetően a feliszapolódás hatására – magasítani kellett és ha minden így marad, továbbra is magasítani kell majd (3. ábra). Az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet mérései és térképezései alapján pl. a Körös hullámtere Békésszentandrás térségében az ármentesítést követően 160-180 cm vastagságban iszapolódott fel. Az ártéri szelvénymintákon jól felismerhetők az utóbbi évek, évtizedek egy-egy árvizének 5-10-13 cm vastag üledékei. Ezek az üledék felhalmozódások pedig nem kubikgödrök, vagy övzátonyok üledék-felhalmozódásai (4. ábra). A Tisza 1976 és 1983 között pl. Kisköre és Makó között a VITUKI adatai (1983) szerint árvízkor átlagosan 30 cm-rel magasította hullámterét, annak ellenére, hogy a kiskörei tároló igen jelentős mennyiségű hordalékanyagot ülepít le.

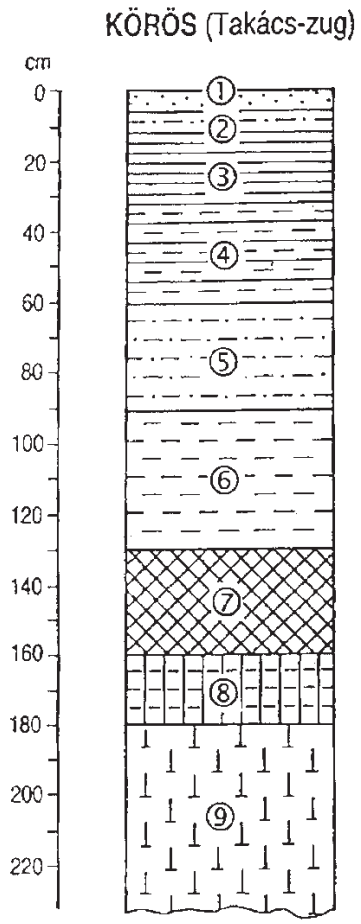
Mindez előbb-utóbb oda vezet, hogy a folyó a hullámtér állandó feliszapolódásának hatására magasabban fog folyni, mint az ármentesítés előtti alacsony árterének szintje, amely árvizek során vízborítás alatt állt. Így pl. a Tisza már nem völgyben, tehát nem a legmélyebb térszínen, hanem az általa feliszapolt magaslaton, felmagasítódott hullámtéren fog folyni, és a víz már nem fog tudni visszafolyni a magasabban lévő medrébe, ill. hullámterébe. Úgy tűnik, előbb-utóbb a Tisza és nagyobb mellékfolyói, amelyek az alföldi szakaszon folynak, a Pó sorsára fognak jutni.



3. ábra

Árvízvédelmi töltések magasságának növekedése (Vágás I. után)
Raising of embankment due to their enforcement (after Vágás, I.)

4. ábra



Körös menti hullámtér feltöltődés szelvénye (Schweitzer F. után).

1 = szürke csillámos homok;
2 = szürke iszapos homok;
3 = sötétbarna agyag;
4 = rétegzett iszapos agyag;
5 = szürke iszapos finomhomok;
6 = szürke finomhomokos iszap;
7 = szürkésbarna hidromorf talaj;
8 = ármentesítések előtti hidromor talaj;
9 = infúziós lösz

Profile of upfilling of the flood plain along Körös River szelvénye (after Schweitzer, F.).

1 = grey micaceous sand;
2 = grey silty sand;
3 = dark grey sand;
4 = stratified silty sand;
5 = grey silty fine sand;
6 = grey fine sandy silt;
7 = greyish-brown hydromorphous soil;
8 = hydromorphous soil formed prior to flood control meaures;
9 = infusion (wet) loess

A hullámterek gyors feliszapolódásának meghökkentő mértékéről olvashatunk Cholnoky Jenőnek „A sárkányok országa” c., 1900-ban megjelent könyvében, amikor a Kai-föng-fu mellett a Hoang-Ho folyót tanulmányozta. Így ír: „A hegyek lábánál sorakozó nagy helységeken át, január 13-án értem el a Hoang-Ho szörnyű gátjait. A gát magassága kereken 14 m, de a folyó a gátak közt lévő árteret úgy feltöltötte, hogy a gát csak

2,5 m-rel emelkedik a gátak közt lévő ártér fölé! Szörnyű helyzet! Nem csoda, hogy a folyó gátszakadásai oly irtózatosak!”

Gátépítés vagy a hullámterek bővítése?

Tudjuk, hogy 1999-ben és 2000-ben csak a jó Isten, s hatalmas emberi és anyagi ráfordítás mentette meg az alföldi Tisza és mellékfolyóinak több szakaszát a gátszakadástól. Ihrig D. 1996-ban készült térképe alapján láthatjuk, hogy a Tisza-völgyben milyen szakaszokon történtek vízkitörések (6. ábra), s a térképről az is kitűnik, mekkora területek kerültek vízborítás alá. Nem adhatunk újra esélyt annak, ami volt a 20. sz.-ban már többször (1919, 1925, 1940, 1948, 1970, 1974, 1998, 1999, 2000), hogy a kialakult magas árhullámok elérték vagy meghaladták a gátak koronamagasságát.

Az eredetileg 50 évenkénti előfordulási valószínűséggel számolt egyszeri nagy árvizek kivédésére épített töltéseket a hullámtér további feliszapolódása következtében vagy folyamatosan magasítani kell, mint eddig tették (3. ábra), vagy pedig egy újabb megoldással kell ezt kiegészíteni. Ez pedig a hullámterek bővítése, kinyitása ott, ahol a geomorfológiai, a gazdaság- és társadalomföldrajzi vi-szonyok, az infrastruktúra ezt lehetővé teszik (7. ábra).

Ez egyben nemzetbiztonsági kérdés is, mert közel 2,5 millió ember létbiztonságát, életterét érinti. Az árvízszintek állandó emelkedésének ellensúlyozá-sára az árvízvédelmi töltéseket erősíteni, annak magasságát időszakonként emelni kellett. Mint ahogy azt az 1999-es és a 2000-es tiszai árvíz esetén láttuk, rendkívüli emberi és anyagi erőfeszítések árán javítgatjuk a több mint egy évszázados rendszert és nem merjük feltenni azt a kérdést, hogy mindez megfelel-e a következő évszázadok követelményeinek.

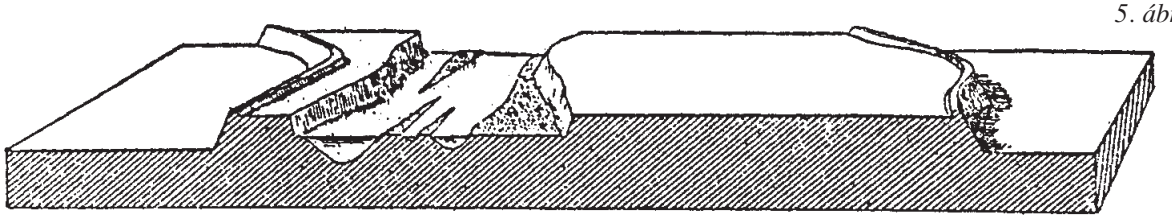
A gátépítésekkel kapcsolatos vízügyi beruházások – mint ezt látjuk – évszázados hatásúak, kicserélésük rendkívül költséges és lassú. A Körösökön – mint ahogy arra

Alföldi L. (1999) is rámutatott – a 19. sz. végén igen keskeny, mintegy 50–70 m széles hullámteret építettek. Ehhez a szűk hullámtérhez az erdélyi oldalról 150–200 m széles hullámterek kapcsolódnak s így ezeken a szakaszokon a tölcsérszerű szűkület miatt víztorlódás következik be, így szinte minden jelentősebb árvíznél gátszakadás, buzgárveszély, továbbá jelentős belvíz fenyeget. Ennek a veszélynek az elhárítása vagy a hullámtér magyarországi szakaszának a kiszélesítését, vagy az árvízvédelmi gátak áthelyezését igényelné.

Ha a hullámterek bővítése kerülne előtérbe, nagyon sok kérdést kell majd a tudományos kutatásnak megválaszolnia, illetve feladatot elvégezni. Így pl.:

– a Tisza árvédelmi töltésekkel védett egykori, mintegy tízezer éves fejlődésének feltárását, benne az élő és eltemetett, feltöltődött medrek kereszteződéseinek feltérképezését, mivel ezek a kereszteződések elméletileg buzgár-hajlamos térségek;
– a hullámtér feliszapolódásának vizsgálatát és mérését, a szabályozás óta bekövetkezett változások felmérését; a vízgyűjtő területről a hullámtérre érkező és ott felhalmozódott szennyező

5. ábra



A Hoang-ho begátolódásának szomorú következményeit feltüntető tömbszelvény. (Cholnoky J. 1900 alapján). Az árvízgátak eredeti magassága 14 m, a gátak között lévő árteret a folyó 11,5 m magasan feltöltötte. A gátak távolsága itt mintegy 11 km

Bloc-diagram showing consequences of flood control measures along the Huang-he (China). (after Cholnoky, J. 1900). The original height of dikes is 14 m but the flood bed was filled up by 11.5 m thick sediment cover. Here the distance between the embankments is ca 11 km

anyagok mérését, továbbá vizsgálni kellene, hogy mindenütt azonos-e a hullámtér feltöltődése, és azt is, hogy van-e kapcsolat a gát távolsága és a feltöltődés mértéke között;

– a Tisza és mellékfolyóinak vízgyűjtő (hegységi) területe erdőfedettségének történeti változásait;
– a magasártéri szint (magaspart) és a gátak futásának vizsgálatát; az ártéri (hullámtéri) terület esetleges növelésének lehetőségét, a gátak esetenkénti, helyenkénti megszüntetését, amelyeket jövőben a magaspart helyettesíthet, vagy új, távolabbi gátépítési lehetőségek feltárását; a tervezett megnövelt ártéri (hullámtéri) területek várható tározóképességének vizsgálatát;
– geoökológiai kutatásokat az ártéren;
– gazdaság- és településföldrajzi vizsgálatokat.

A Tisza-völgyben az első- és másodrendű árvízvédelmi töltések hossza 1320 km, amelyhez 119 km magasparti szakasz is tartozik. Így szorosan véve a Tisza mellett a védvonal hossza 1439 km.

A folyószabályozások során – mint említettük – a Tisza teljes hossza 1420 km-ről 977 km-re csökkent. Ebből a magyarországi 600 km hosszú folyószakaszon a védvonalak jelenlegi hossza a folyó két partján 1085 km. Ha a gátak korona magasságának emelése kerül előtérbe, az intenzív feliszapolódás következtében a védvonalak magasítását rövidebb időszakonként kell majd elvégezni, mint eddig.

IRODALOM

– *Alföldi L. 2000. A magyar vízgazdálkodás stratégiai kérdései. – Ezredforduló. 2000/4. pp. 3-9.*
– *Cholnoky J. 1896. Az árvizek előrejelzéséről. – Földr. Közl. 24. köt.*
– *Dóra T. 1996. Folyami vízlépcsők környezeti hatásai a kiskörei vízlépcső 18 éves üzemi tapasztalatai alapján.*
– *Dunka S.–Fejér L. – Vágás I. 1996. A verítékes honfoglalás... A Tisza-szabályozás története. – Vízügyi Múzeum, – Levéltár és könyvgyűjtemény, Bp.*
– *Fejér L. 1977. Árvizek és belvizek szorításában. – Vízügyi Történeti Füzetek. 15. köt. Bp.*
– *Gaál E. 1957. A tiszántúli tározók. – Vízgazdálkodási Műsz. Szemle, Bp.*
– *Ihrig D. 1952. Folyóink hullámterének vízjárása, hordalékmozgása és szabályozása. – Erd. Tud. 5., 6. sz. Bp.*
– *Jakucs L. 1982. Az árvizek gyakoriságának okai és annak tényezői a Tisza vízrendszerében. – Földr. Közl. 3. sz.*
– *Korbély I. 1916. A Körösök és a Berettyó szabályozása. – Vízügyi Közlemények, 6.*
– *Pálfai I. 1994. Az Alföld belvíz-veszélyeztetettségi térképe. – Vízügyi Közlemények. 3–4. sz.*
– *Somlyódy L. 2000. A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései: Összefoglaló. – In: Somlyódy L. (szerk.): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Bp.*
– *Széchenyi I. 1846. Eszmetöredékek, különösen a Tisza-völgy rendezését illetőleg. – Pest*
– *Szlávik L. 1983. Árvízi szükségtározók tervezése és üzemelése. – Vízügyi Közlemények. 2. f.*

6. ábra

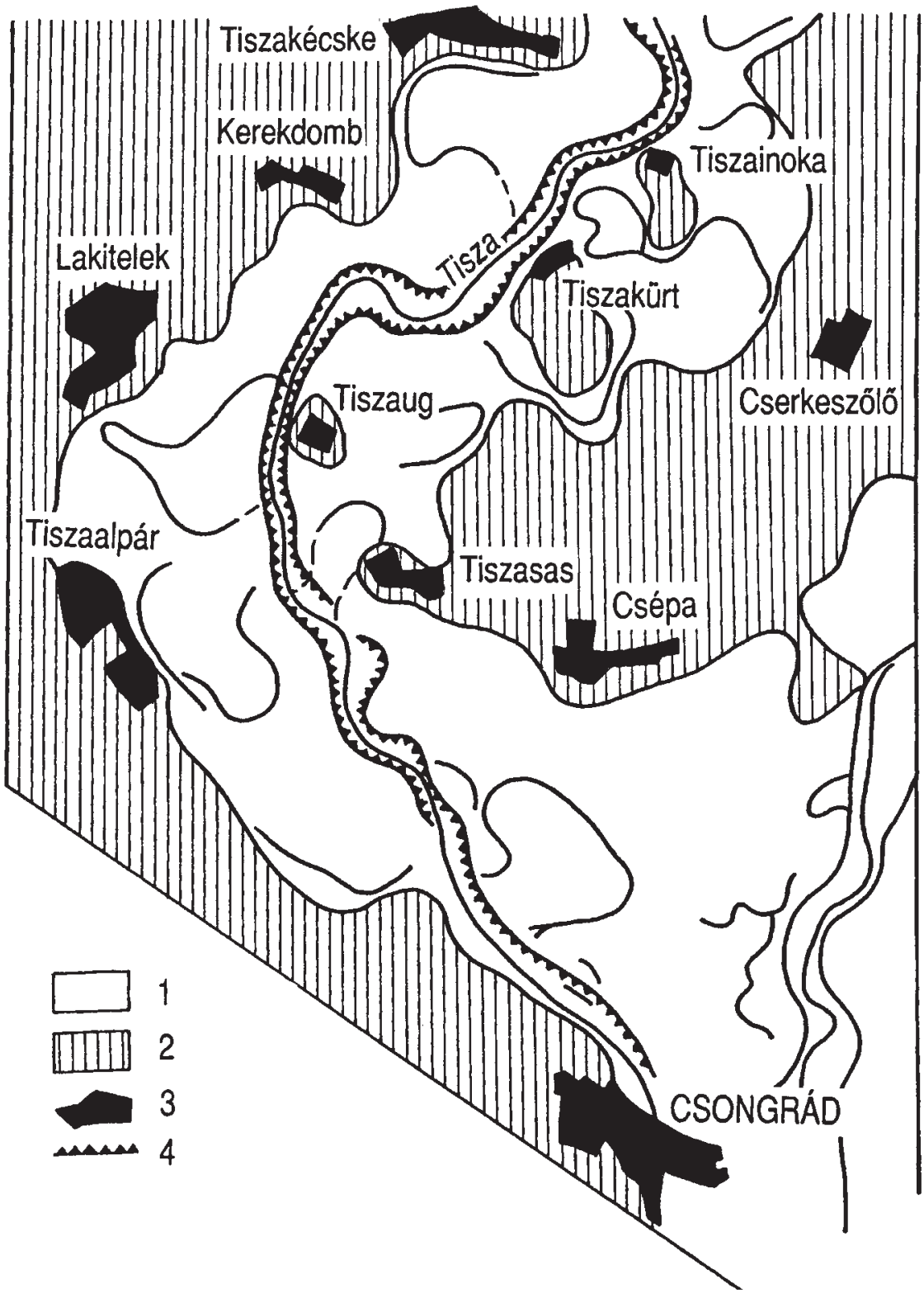
Az Alföld délkeleti részének domborzattípusai (Schweitzer F. után).

1 = alacsony ártér;
2 = gyenge lefolyású alacsony ártér;
3 = ármentes síkság (magas ártér);
4 = infúziós lösz borította alacsony hordalékkúp;
5 = enyhén hullámos homokos síkság;
6 = enyhén felszabdalt síkság

Relief types of the southeastern part of the Great Plain (after Schweitzer, F.).

1 = low flood plain;
2 = flood plain of poor drainage;
3 = flood-free lowland (high flood plain);
4 = low alluvial fan covered with infusion loess;
5 = slightly undulating plain of wind-blown sand;
6 = slightly dissected lowland

7. ábra



A Tiszakécske–Csongrád közötti Tisza-szakasz geomorfológiai vázlata (Schweitzer F. után).

1 = alacsony ártér;
2 = magas ártér;
3 = település;
4 = árvédelmi töltés

Geomorphological sketch along the Tisza River between Tiszakécske and Csongrád (after Schweitzer, F.).

1 = low floodplain;
2 = high flood plain;
3 = settlement;
4 = dike

A Tisza hullámterének
új digitális felmérése és három dimenziós modellezése

Dr. Gross Miklós
EUROSENSE Kft., Budapest

A Tisza szabályozásának történetéből közismert, hogy a nagyobb szabású beavatkozásokat minden estben részletes geodéziai felmérés és térképezés előzte meg. Ezeknek a felméréseknek a célja az volt, hogy a kor technikai fejlettségének megfelelően, a valós állapotokról a lehető legrészletesebb és pontosabb információkat tartalmazó térképek álljanak a tervezők és kivitelezők rendelkezésére. A felmérés és térképezés tehát mindig a valóságnak egyfajta leképzése, térképészeti eljárásokkal történő ábrázolása, kódolása volt. Ez az ábrázolás és kódolás azonban a valóságnak csak egy igen szűk részére korlátozódott, az adatok pontossága és teljessége is nagyon limitált volt. A természetes állapotot csak bizonyos elemek pontokkal, vonalakkal, felületekkel történő kódolásával lehetett ábrázolni.

A felmérés pontossága és tartalmi teljessége függött egyrészt az adott kor eszközeinek fejlettségétől, másrészt a felmérést és térképezést végrehajtó személyek szubjektivitásától, szakmai felkészültségétől. A korszerű fotogrammetriai és térinformatikai megoldások a térképészet történetében először teszik lehetővé azt, hogy a természetes környeztet valós állapotának megfelelően, objektív módon képezzük le egy számítógépes rendszerben úgy, hogy annak minden részlete kiértékelhető és elemezhető módon álljon a tervező rendelkezésére.

Az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) 2001-ben bízta meg az Eurosense Kft-t azzal, hogy a Tisza hullámterének a kiskörei víztározótól délre eső magyarországi szakaszáról, mintegy 400 km^2-ről készítsen új háromdimenziós felmérést. A feladat része volt a hullámtér, a töltések, a töltések külső szélétől számított 20 m-es sáv új felmérése, ezen területek:

– térbeli vektorokkal történő digitális ábrázolása,
– nagypontosságú digitális domborzatmodell elkészítése,
– az újonnan felmért területek és a korábban végrehajtott mederfelmérés adataiból egy integrált domborzatmodell előállítása,
– nagyfelbontású színes digitális ortofotók készítése.

Fenti feladatokon felül kifejlesztettünk egy olyan térinformatikai alkalmazást is, mely lehetővé teszi a fentiekben felsorolt, valamint a területre vonatkozó egyéb vektoros, vagy raszteres térképi adatok, illetve leíró attribútumok integrált kezelését és megjelenítését egy átlagos számítógépen.

A felmérést alapvetően fotogrammetriai technológiával hajtottuk végre, a térinformatikai rendszert ESRI ArcView környezetben fejlesztettük ki.

A feladatok végrehajtásának legfontosabb műszaki paramétereit az OVF az alábbiak szerint határozta meg:

– a térbeli vektortérkép megbízhatósága mind vízszintes, mind magassági vonatkozásban m:<±15cm középhibával legyen jellemezhető,
– a domborzatmodell átlagos pontsűrűsége 5-10 m (a pontok közötti átlagos távolság) legyen,
– a színes digitális ortofotó terepi felbontása 0.5 m.

A munkákat 2001 tavaszán a légifényképezés tervezésével és előkészítésével kezdtük meg. A kijelölt területet 1:8000 méretarányban, színes diapozitív légifilmre fényképeztük, RC 30 típusú kamerával. A jobb képminőség biztosítása érdekében képvándorlás kompenzátort alkalmaztunk, ami nagy repülési sebesség mellett, alacsony repülési magasság esetén is biztosítja az éles képet. A pontos geometriai illesztés érdekében, a repülés közben minden kép expozíciós helyét differenciális GPS módszerrel meghatároztuk, ennek pontossága 30 cm. A légifényképezést 2001 március – áprilisban hajtottuk végre. Sajnos az időközben kialakult árvíz jelentős mértékben rontotta a képek kiértékelhetőségét, mert bizonyos területek még április végén is víz alatt voltak, illetve a növényzet lombosodása már nagy területeken rontotta a későbbi fotogrammetriai kiértékelés hatékonyságát. A teljes területet 18 légifényképezési tömbben, 55 fotósor és több mint 1000 légifénykép fedte le.

A légifényképek későbbi feldolgozásához szükséges terepi illesztőpontokat (több mit 300 illesztőpont) GPS-el határoztuk meg m=±6cm középhibával.

A légifelvételek további feldolgozásához szükség van minden légifénykép térbeli helyzetének pontos ismeretére az expozíció pillanatában. Ezt fotogrammetriai légiháromszögeléssel biztosítjuk, amihez a szükséges méréseket

analitikus fotogrammetriai műszeren hajtottuk végre 2-3 µm pontossággal. A mérések kiegyenlítését az ORIMA sugárnyaláb kiegyenlítő programmal végeztük el, aminek eredményeként a képek illesztésének pontossága a geodéziai koordináta rendszerben síkrajzi vonatkozásban 8-10 cm, magasságilag 10-12 cm.

A munka legfontosabb része a domborzatmodell és a térbeli vektor kiértékelés. Ezeket a munkafázisokat merőben új eljárással, digitális fotogrammetriai munkaállomásokon végeztük. Ez az az eljárás, ami merőben új távlatokat nyit a térképészetben és ami alapvetően új lehetőségeket biztosít a felhasználóknak. Gondoljuk végig, hogy a hagyományos geodéziai és fotogrammetriai megoldások milyen lehetőséget kínáltak eddig. Ha egy területről pontos, mondjuk 20 cm pontosságú domborzatábrázolást kellett készíteni, akkor a terület domborzatának jellegétől és bonyolultságától függően olyan sűrűen kellett pontot mérni a terepen, hogy a szomszédos pontok magasság különbsége ne haladja meg a 20 cm-t. Korszerű geodéziai módszerek alkalmazásával naponta mintegy 500-800 pont felmérése lehetséges. A feladat specifikálásában megadott 5-10 méteres pontsűrűség esetén ez napi maximum 3-3,5 ha felmérését teszi lehetővé, feltételezve, hogy teljesen nyílt terepről van szó ahol nincs megközelítési és összelátási probléma. Ismerve a munkaterület jellegét, reálisan napi maximum két hektár felmérésével lehet számolni. Ezzel az ütemmel a domborzat felmérése a kijelölt területen 20,000 munkanapot venne igénybe. Ennek becsült költsége 1,000 MFt. Ennél valamivel kedvezőbb a helyzet az analitikus fotogrammetriai eljárás esetén, amikor műszakonként 4000 pont méréséval lehet reálisan számolni. Ez azt jelenti, hogy az egy műszak alatt kiértékelhető terület kb. 20 ha, a szükséges műszakok száma 2,000. Ennek megfelelően a feladat végrehajtásának költsége analitikus fotogrammetriai eljárással 100 MFt.

Látható, hogy ezekkel az eljárásokkal reálisan nem lehet nagyobb területek ilyen sűrű és pontos felmérését tervezni. A másik nagy hátránya ezeknek az eljárásoknak, hogy mind a terepi mérést, mind az analitikus fotogrammetriai kiértékelést a földmérő, illetve kiértékelő személyi hibája terheli. További probléma, hogy a mérések végrehajtása után nincs hatékony ellenőrzési lehetőség, csak a mérések szúrópróba szerinti megismétlése.

A digitális fotogrammetria merőben más lehetőséget kínál. A mérés tárgy nem az eredeti fénykép, hanem annak digitalizált változata. A képek szkennelését nagypontosságú fotogrammetriai szkenneren végeztük el 21µm felbontással. Ez azt jelenti, hogy a digitális kép legkisebb eleme (pixel) a terepen 17 cm. A digitális képek további feldolgozása számítógépen történik, nincs szükség speciális fotogrammetriai műszerekre. A digitális adatokból a domborzatmodell előállítása nagyrészt automatikusan történik. Ezzel a módszerrel több ezer pont kiértékelése lehetséges néhány perc alatt úgy, hogy a mérés minőségét nem befolyásolja a kiértékelő személyi hibája. Az így előállított domborzatmodell bármikor egyszerűen vizsgálható, megjeleníthető a digitális fotogrammetriai munkaállomás képernyőjén a digitális képekből generált sztereó képpel együtt és ellenőrizhető, hogy a pontok valóban illeszkednek-e a terep felszínéhez.

A terület főbb természetes és mesterséges objektumait térbeli vektorokkal értékeltük ki. Ezek az objektumok egymással és a domborzatmodellel topológiailag összhangban vannak.

A digitális képekből, a légiháromszögelés eredménye és a domborzatmodell alapján elkészítettük a területet folytonosan lefedő, 1.5 m terepi felbontású színes digitális ortofotót. Az ortofotók által lefedett terület 784 km2. Az ortofotók egymáshoz illeszkedő, mozaikolt, színhatásukban korrigált, homogén raszter állományt alkotnak.

A fenti termékek előállításán túl célul tűztük ki egy olyan térinformatikai alkalmazás kifejlesztését is, amivel az adatok különösebb számítástechnikai és térinformatikai ismeretek nélkül is egyszerűen kezelhetők, megjeleníthetők, elemezhetők. Ugyancsak fontosnak tartottuk azt is, hogy a rendszer nyitott legyen, vagyis a fent leírt adatokon kívül további vektor, raszter és leíró adatokkal bővíthető legyen. A rendszer fejlesztése során felmerült további igényeket is figyelembe véve olyan funkciókkal is bővítettük az alkalmazást, melyek a mindennapi vízmérnöki feladatokat segítik. Így készült el például a hossz és keresztszelvényeket automatikusan generáló funkció, ami lehetővé teszi, hogy a megjelenített vektoros, vagy raszteres térképen, illetve az ortofotón kijelölt vonal, vagy poligon mentén, a felmért területen bárhol, szelvényeket készíttessünk a programmal. Ez a funkció demonstrálja legkézzelfoghatóbban azt a különbséget, ami a hagyományos térképezés és az általunk most elkészített digitális modell között van. Egy jól elkészített hagyományos térkép pontos információkat szolgáltat a felmért szelvényekről, de nem tartalmaz adatokat a szelvények közötti területekről. A most elkészített adatállomány lehetővé teszi, hogy a felhasználó szakember a terület bármely részéről tetszőleges irányú és hosszúságú metszeteket készítsen pillanatok alatt a számítógépén. Ez a termék már sokkal inkább a valóság modelljének, és nem a szó hagyományos értelmében vett térképnek nevezhető.

A projekt fontosabb műszaki paraméterei:

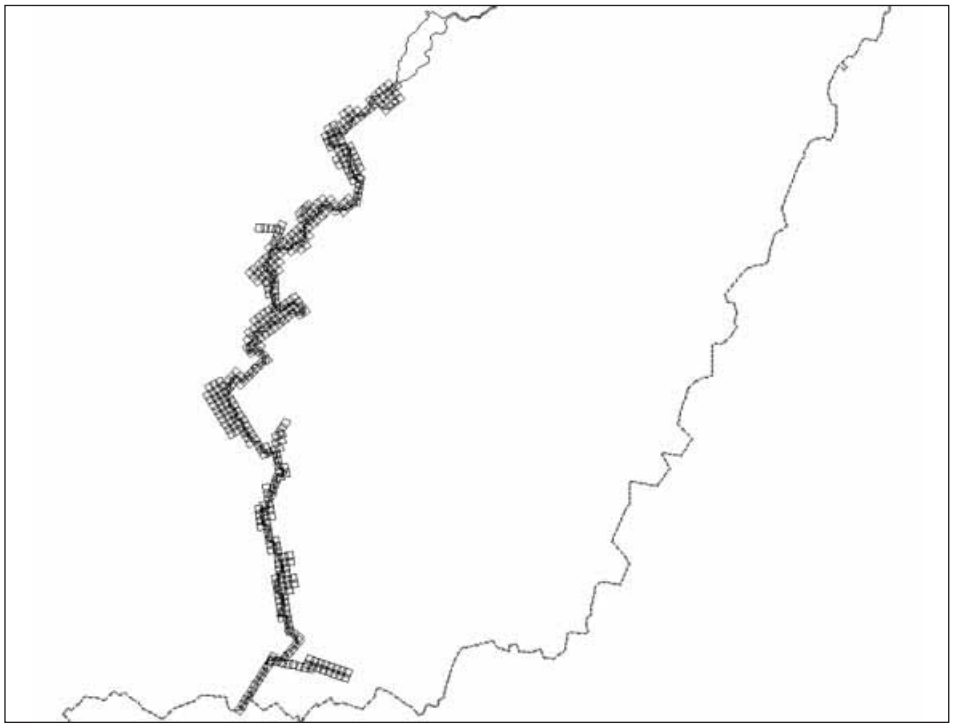
Tisza hullámtér 160 – 412 folyam kilométer között (252 km)

Terület:	402 km2
Légifényképezés időpontja:	2001.03.07-2003.04.29
Légifényképezés méretaránya:	1:8,000
Kamera:	RC 30
Kamera fókusztávolsága:	153 mm
Relatív repülési magasság:	1,200 m
Alkalmazott film:	Kodak MS (diapozitív)
Légifényképezési tömbök száma:	18
Fotósorok száma:	55
Légifényképek száma:	1048
Légiháromszögelt modellek száma:	896
DTM – TIN háromszögek száma:	18,698,499
Ortofotók mérete:	1.4x1.4 km
Ortofotók száma:	403

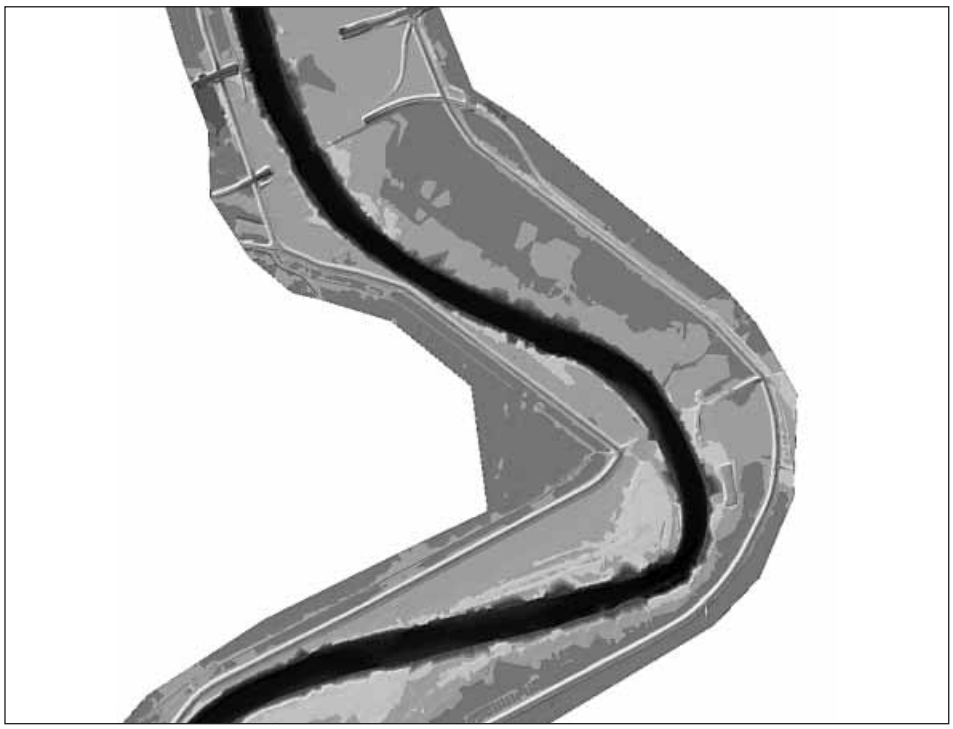
Kiértékelt 3D objektumok:

Árkok:	1706
Töltések:	161
Önálló épületek:	2271
Épület tömbök:	1090
Növényzet tömbök (erdők, erdőfoltok):	2470
Földutak:	3109
Burkolt utak:	1161

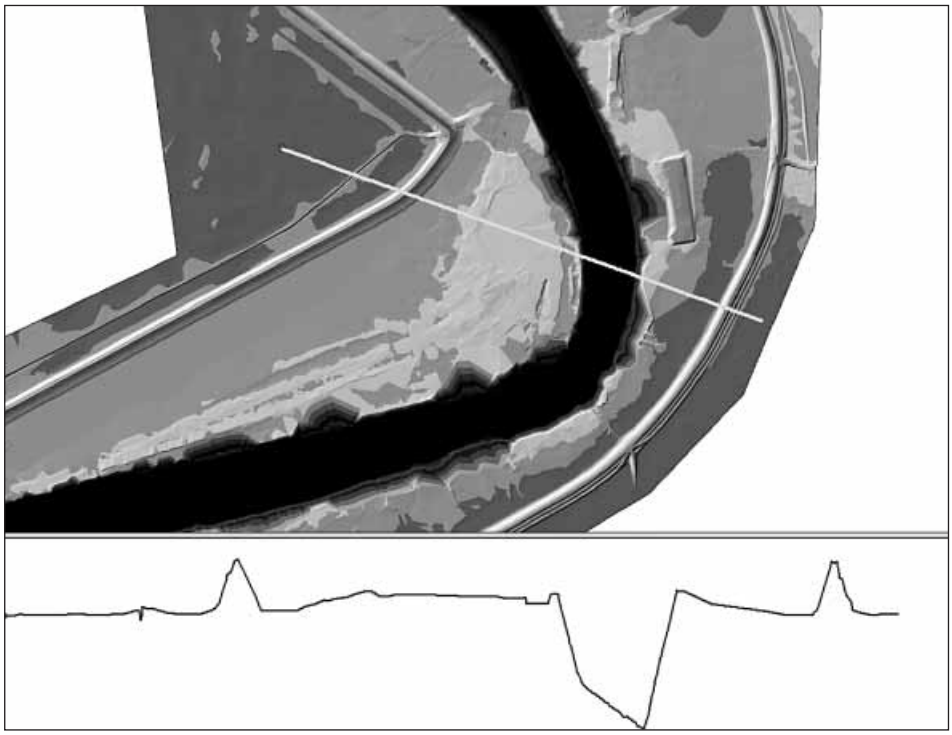
A munkaterületet lefedő ortofotó szelvények



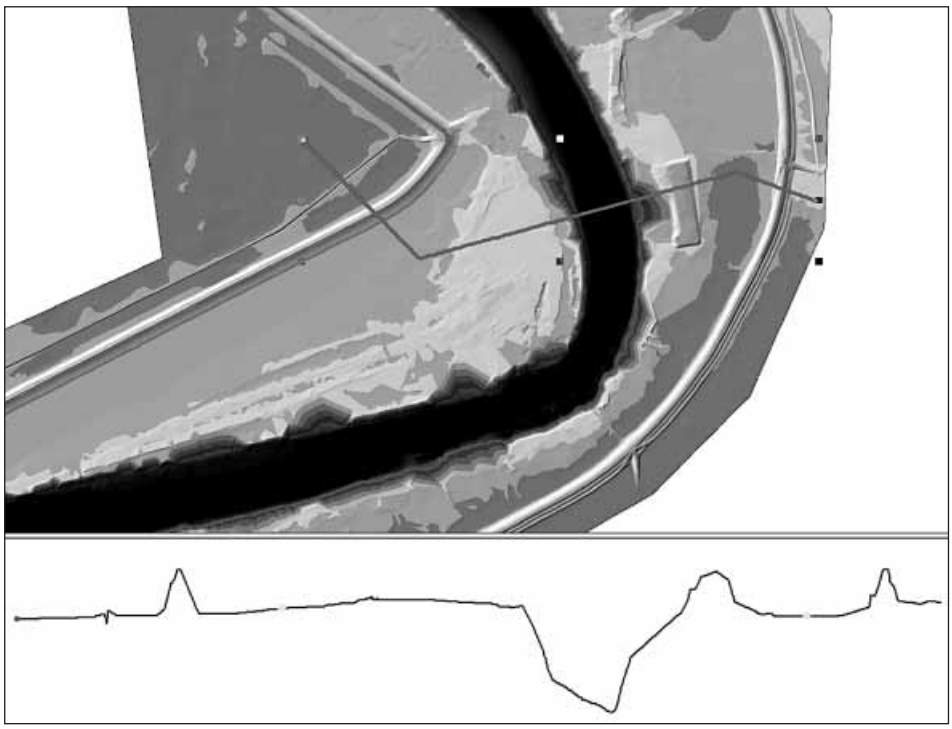
Domborzatmodell (részlet)



Keresztszelvény (vonal mentén)



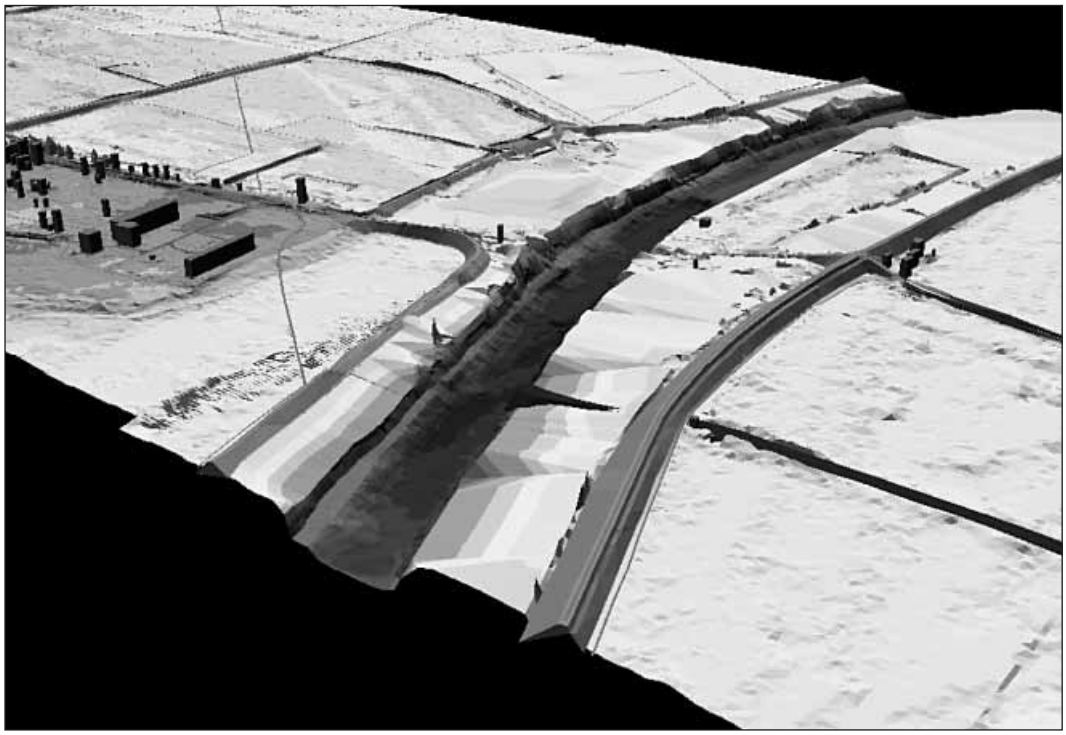
Keresztszelvény (poligon mentén)



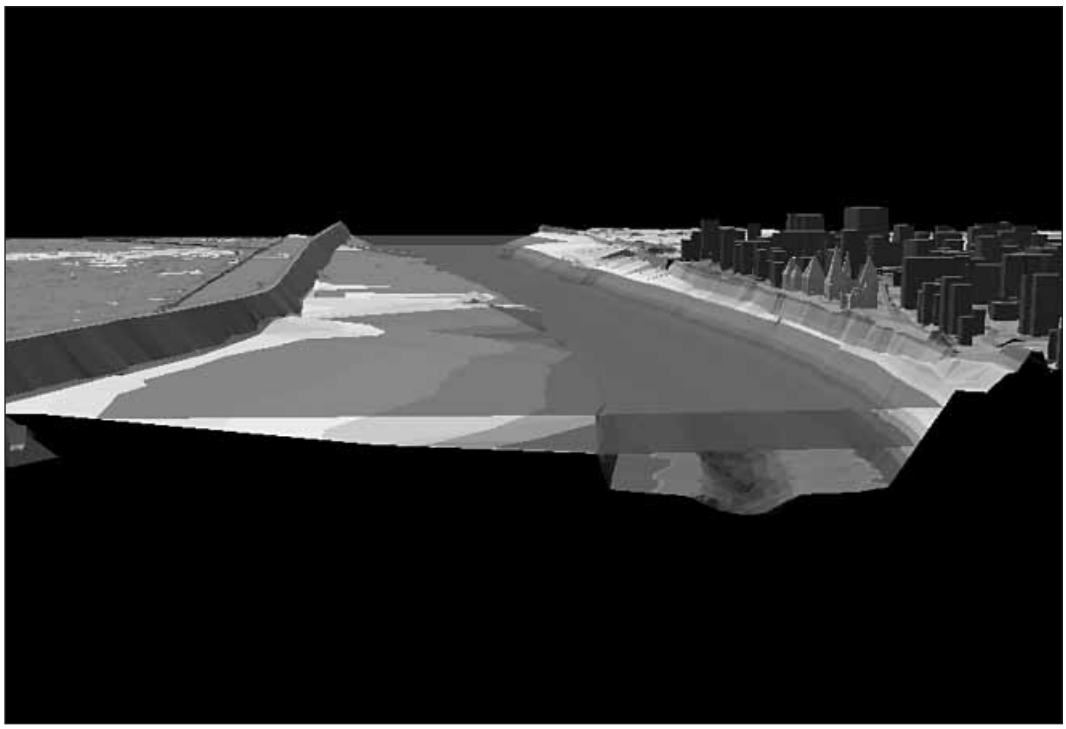
Ortofotó részlet

Ortofotó részlet (nagyított)

3D vektor és DTM megjelenítés



Vízszint szimuláció a 3D modelle



Közép-tiszai hullámtéri térinformatikai adatbázis kialakítása és felépítése, a hullámtér morfológiai változásainak értékelése az elmúlt 220 évben

Lovas Attila, Vajk Ödön
Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok

A Közép Tisza- vidékén az elmúlt években jelentős magasságú árvizek folytak le, melyek vízhozamukban nem haladták meg a korábbi legnagyobb árvizekét. A Tisza árvízi medre – a töltések közötti sáv – az idők folyamán nagy változásokon ment keresztül. E változások elemzéséhez a területileg illetékes Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság számos régi térképet szerzett be és illesztett térinformatikai rendszerbe. A térképállomány nem csak a Tisza hullámterének hanem a Közép-Tisza-vidék teljes területének elemzését lehetővé teszi. A térképállományok a terület vízrajzi viszonyainak elemzésén kívül segítik és adalékokat szolgáltathatnak a földművelés, a gazdálkodás, a település szerkezet valamint a közlekedés fejlődésének elemzéséhez is.

Először röviden a felhasználható térképállományokat kívánjuk bemutatni.

A Közép-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság az elmúlt 5 év árvízi eseményei hatására elhatározta, hogy a Tisza árvízi medrének minden múltbéli információját egy egységes adatbázisba gyűjti.

A rendszer célja a múlt jelenségeinek rögzítése, a jelen állapotának minél pontosabb felmérése, s ebből adatszolgáltatás az események elemzéséhez és a jövő modellezéséhez.

Adatbázisunkat a következő mérhető, számszerűsíthető és önállóan kezelhető részfolyamatok szerint alakítottuk ki:

– Hullámtéri területváltozás
– Mesterséges létesítmények
– Övzátonyok
– Középvízi meder
– Hullámtéri területhasználat
– Feliszapolódás

A térinformatikai rendszerben felhasznált, tervezett, rögzített és egységes térképi rendszerbe foglalt síkrajzi állományok 220 év változásait ölelik fel, a vízügyi nyilvántartási keresztszelvények 110 évre nyúlnak vissza.

1. SÍKRAJZI ÁLLOMÁNYOK

Az egyes térképállományok a következő jellemzőkkel rendelkeznek.

1.1 Első katonai felvétel (1782-1785) (1. ábra)

Az I. katonai (jozefiniánus) felmérés 1763-87 között készült el nagyrészt Mária Terézia uralkodása idején, befejezésekor már II. József volt az uralkodó.

A munka menetét a várható háborús veszély irányai határozták meg. Elsőnek a porosz hadszínteret mérték fel (1763), illetve ezzel párhuzamosan elkezdődött Cseh- és Morvaország, majd Magyarország keleti határának felmérése Máramaros határvidékén a krími tatárok várható betörése miatt. Az utóbbi két felmérést 1768-ra fejezték be. Ezt követte 1766-73 között Erdély és a Temesi bánság. A végére maradtak Magyarország és Erdély belső részei.

A felvételeket Andreas von Neu vezette, aki már a sziléziai próbafelvételben is részt vett, akkor még századosként mint a főszállásmester-törzs térképezési ellátó tisztje. Ö vezette a felvételt Felső-Ausztriában (1769-72), Alsó-Ausztriában (1773-81) és Magyarországon is (1782-85), itt már ezredesként.

A felvétel alapméretaránya 1:28800 (1 bécsi hüvelyk a térképen a valóságban 400 öl). Kb. 5400 ilyen szelvény készült el. Egy ilyen szelvény mérete 2x1,1/3 láb, azaz 64x42 cm (a terepen 18480 m x 12148 m).

Az 1:28800-as méretarányú szelvények önálló szelvényezési rendszert alkottak a korabeli Magyarország területén (a felvétel szerint 3071 négyzetmérföld, azaz 178180 km^2) 9 felvételi térképművet alkotva.

A térképek a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténelmi Térképtára állományában találhatók meg.

1.2 A Második katonai felmérés (2. ábra)

I. Ferenc császár uralkodása alatt megindult a második országos katonai felmérés.

Ez a felmérés arra a geodéziai hálózatra támaszkodott, amelyet a Augustin tábornok által szerkesztett, s Binnental ezredes által írt 1810-es utasítás szerint 1806-1861 között fejlesztettek ki. A térkép felmérési hálózatának csillagászati kiinduló pontja a bécsi Szt. István torony volt. A szelvényezési rendszer lényegében nem változott, a méretarány sem az első katonai felméréshez képest.

E térképek tartalma részletesebb, pontossága nagyobb lett, nemcsak a katonai igények, hanem a nagy arányú vasútépítések és folyószabályozások követelményei miatt is. A szelvényeken jelentősen bővült az úthálózat és gazdagabb terület- és dűlőnév-megírásokat találunk. Domborzat-ábrázolása (szintvonalak nélküli) Lehmann-féle csíkozás, ritka magassági adatokkal.

A lejtőfokozatokat zseblejtőmérővel határozták meg. 1827.-től egységes jelkulcsot adtak ki. Érdekessége és újszerűsége a térképműnek az, hogy a kereten, a keleti oldalon feltüntették a szelvényen ábrázolt települések nevét, közigazgatási jellegét, a házak (esetleg az istállók) számát és befogadó képességét. E térképeket sem nyomtatták ki. Kisebb méretarányú szerkesztett sorozatuk az 1 : 144 000 méretarányú Spezialkarte és az 1 : 288 000 méretarányú Generalkarte. Később, 1856-ban 20 rézmetszetű lapon kiadták az 1 : 300 000 méretarányú Scheda-féle Közép-Európa áttekintő (hadműveleti) térképet.

A térképek a Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténelmi Térképtára állományában találhatók meg.

1.3 Tisza hajdan (1830-40) és most (1890-91) (3. ábra)

A Tisza folyó első összefüggő vízrajzi felvétele 1830-40-es években készült el és Vásárhelyi Pál nevéhez fűződik. Ez a felvétel a szabályozás előtti állapotokat tükrözi.

A második felvételt az Országos Vízépítési Igazgatóság vízrajzi osztálya az 1890-91-es években hajtotta végre. A Tisza 1:2880-as méretarányú helyszínrajza a kataszteri térképek felhasználásával készült s kiterjedt az egész hullámtér területére.

A kidolgozott kataszteri helyszínrajzot 1:25000 méretaránya kisebbítve a „Tisza hajdan és most” című kiadványban az 1902. évben adta ki a Vízrajzi Osztály

Tisza atlasz (1929-1930)

1.4 Tisza atlasz (1929-1930) (4.ábra)

A helyszínrajzhoz felhasználták a „Tisza hajdan és most” kiadvány alumíniumlemezeit. Az eredeti állapotot fekete a változásokat piros színnel ábrázolták. Így a helyszínrajz könnyen áttekinthető képet ad a szabályozás után bekövetkezett mederváltozásokról és a folyó mederalakító munkájáról.

1.5 Tisza atlasz (1967, 1976)

A felvételek 1:10000 méretaránban ábrázolják a meder-alakulatait. Tartalmazzák a korábbi vízrajzi atlaszokban rögzített mederváltozásokat is.

1.6 Ortofotó 2001. (5. ábra)

A térkép az EUROSENSE 2001. április 26-28.-i légifényképezéséből készült. A légi felvételek kép-méretaránya 1:8000. Az ortofotók felbontása: 50 cm.

Forrás: EUROSENSE A térképek a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságon találhatók.

1.7 Digitális terepmodell 2001. (6. ábra)

Az ortofotók alá digitális terepmodell készült, melynek adatai keresztszelvényben és numerikusan is elérhetők . A digitális terepmodell a légi kiértékelés adatain kívül tartalmazza a gépi mederfelmérés részlet-pontjait, valamint a parti kiegészítő mérések adatait is.

Forrás: EUROSENSE A térképek a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságon találhatók.

1.8 Területhasználat földhivatali nyilvántartás (2002) (7. ábra)

Adatai a hullámtér földhasználatait tartalmazza az aktuális állapotban. Térképi információi mögött aktív tulajdoni adatbázist tartalmaz. Térképi rétegei bármely egyéb térképi állományra ráfektethetők, s a tervezett műszaki beavatkozások azonnal az érdekeltségi kapcsolatokkal egybevethetők

2. KERESZTSZELVÉNYEK

Felmért vízügyi nyilvántartási keresztszelvények (1890, 1929, 1957, 1976, 2000,2001). A keresztszelvények Balti magassági alapsíkba és bal V.O.-kőre (Vízrajzi Osztály alappont-hálózattára) igazítva kerültek digitalizálásra. Mind vektorosan mind numerikusan elérhető az összes felmérési pont adata. (8. ábra)

3. MŰSZAKI ÉS FÉNYKÉPES HULLÁMTÉRI NYILVÁNTARTÁS

Részletes GPS-es felmérés készült 2002 nyarán a Kisköre – Igazgatósági alsó határ közötti mederszakaszról, minden folyamszabályozási létesítményéről. A part és a létesítmények állapotát egységes műszaki és fényképes adatbázis tartalmazza. (9. ábra)

4. FELDOLGOZÁSOK

A feldolgozás több szempont szerint készül. Alapadat feldolgozás közben a térképrendszert egységes koordinátarendszerbe illesztettük. A korai térképek vetület nélküli rendszerek voltak. Ezek illesztésénél felhasználtuk azonosító pontoknak a műemlék templomokat Majd a közbenső lapokat a már elhelyezettekhez igazítottuk. A koordináta rendszerrel ellátott térképműveket EOV rendszerbe transzformáltuk, az egyes lapokat illesztettük. A fehér hátterű, elsősorban vízrajzi térképeket az illesztés után átlátszóvá tettük, így azok egyszerre vizsgálhatók a légi-fotókkal, digitális terepmodellel és a korábbi rasztertérképekkel.

Térképállományaink mind EOV rendszerbe transzformáltak.

A feldolgozás egy további fázisát jelenti, hogy minden térképről a vízgazdálkodási szempontból fontos adatokat vektorizáljuk. (erdő, töltések, utak, vízjárta területek határa, vízfolyások stb). Igy a felhasználók számára jobban kezelhető adatállományokat tudunk előkészíteni.

5. ADATSZOLGÁLTATÁS

Az adatbázis a központi szerveren helyezkedik el. A szerver bárhonnan elérhető, ahol a hálózaton keresztül a szerver látható. Az egyes adatállomány rétegek akár vektorosak, akár raszteresek olvasásra megnyithatók és Igazgatósági célra letölthetők.

Ugyancsak a hálózatra telepítettük az OVF-től, a VITUKI-tól vagy az egyéb társszervektől beszerzett térinformatikai rétegeket és feldolgozásokat, melyek egészben vagy rétegenként letölthetők és alkalmazhatók.

A felhasználók előre elkészített projekteket is kapnak, melyek az adatok elérését, használatát és értelmezését megkönnyitk. A programok elsősorban ArcView 3.2-es térinformatikai rendszerrel használhatók. Ennek feltételei az Igazgatóság minden központi osztályánál 1 vagy több helyen megvalósultak.

A rendszer alkalmas bármely a szerveren elhelyezett adatfajtából feldolgozott vagy eredeti formában képi vagy táblázatos adatot szolgáltatni. Az adatszolgáltatást többféle adatforma segíti elő. Képi formában többek között AUTOCAD állományok is előállíthatók. Táblázatos formában a rendszer a DBF formátumot értelmezi. Ez az Igazgatóságnál széles körben alkalmazott EXCEL program segítségével közvetlenül olvasható. Így mindenki számára adott az adatok hasznosítása. Kész feldolgozások is exportálhatók, melyek szövegdokumentumba azonnal beilleszthetők. Külön kiemelést érdemel a modellek adatkiszolgálása. A folyóhidraulikai modellek közül kiemelten használjuk a HEC-RAS modellt. E modell közvetlen adatátvételre képes az Arcview 3.2-es rendszerből. A felhasználónak elegendő megtervezni modelljének geometriai vázát, medervonalát, mederszéleit, kiválasztott keresztszelvényeit, s a meder érdességét befolyásoló térinformatikai rétegeit. Ezután az ArcView egy bővítése elvégzi az adatlegyűjtést, ellenőrzést majd az adatátadást a modell számára. (10. ábra)

Terveink között szerepel a távoli adatkiszolgálás megvalósítása. Ennek során alkalmazni kívánjuk az internetes technikákat. Az adatbázis mindenki számára nyitott, aki a Tiszai vízgazdálkodási problémák megoldásában részt kíván venni.

A továbbiakban néhány vizsgálat már levonható eredményét mutatjuk be.

6. A HULLÁMTÉR BETELEPÜLÉSÉNEK ELEMZÉSE

A 220 évre visszanyúló térképállomány lehetővé teszi a hullámtér időbeli változásának elemzését. Egy kis mintaterületen – a szolnoki Tisza egy rövidke szakaszán – bemutatjuk a változásokat. A kiválasztott területen helyezkedik el a szolnoki vár, a Zagyva torkolata, valamint a Tisza Vásárhelyi számozása szerint a 77 II.számú átvágása.

Az első katonai felmérésen (11. ábra) jól látható Szolnok vára, melyet körbevesz a Zagyva ősi és ásott medre, valamint a Tisza. A Tiszát állandó híd keresztezi, mely főmedri és több hullámtéri hídszakaszból épül fel. A Tisza hullámtere szabad, a parton csak néhány fa látszik. A várban jól látszik a vártemplom.

A második katonai felmérés (12. ábra) idejére megbontották a várat, elzárták a Zagyva régi medrét, s a víz az ásott mederben halad a torkolat felé. Elkészül a Tisza jobb partján a Szolnok – Debrecen vasútvonal (1852), mely e Tisza szakasz első töltése. A Tisza még eredeti medrében folyik, de elkészült az átmetszés vezérárka, A Tisza hullámtere rendezett, erdőt nem tartalmaz. A Tisza hajdan és most térképműven (13. ábra) az új folyó-nyilvántartási létesítmények a szembeötlők, A vártemplomban magassági főpont lett kialakítva, s elkészültek a meder-nyilvántartási kereszt-szelvény állandósítások is. A Tisza partján megjelenik a galériaerdő. A hullámtéren – a hídon kívül – még nincs vízfolyási akadály.

Az 1932-es Tisza Atlasz (14.ábra) Az előbbieken túl tartalmazza már a Tisza bal-parti töltését, a jobb-partit a vasúti töltés képezi. A Tisza már csak az ásott új medrében folyik. A térképen megjelenik a Tiszaliget első töltése, s a hullámtéren a régi meder galéria erdeje vízfolyásra merőlegesen helyezkedik el.

Az 1967-es Tisza Atlasz (15. ábra) szerint már csak egy főmedri és egy hullámtéri híd van. Elkészült a Tiszaliget körgátja, a szandai rétet nyárigát védi, s nyárigátat találunk a Tisza jobb-partján is. A hullámtér betelepült erdővel.

Az 1976-os Tisza atlaszon (16. ábra) a Tiszaliget LNV kivédésére képes körtöltéssel rendelkezik. A korábbi nyárigátak magasításra kerültek. A Tisza balparti mentetlen területeken elkezdődik az épületek elhelyezése. A hullámtéren sok a növényzet, mely főleg erdő. A legutolsó Katonai 1:25000-es térképen (17. ábra) a korábbiakon kívül látszik a mentetlen nagyarányú beépítése, az ártéri sziget nagyarányú beépítése, még megvan a Szandai nyárigát, s készül a szandai új árvédelmi töltés. A hullámtér csaknem teljesen sűrű növényzettel fedett. A balparti hullámtéren jól látszik a folyásirányra merőleges erdőművelés.

A jelenhez közeli állapotot a 2001-es Ortofotón (18.-ábra) láthatjuk. Fő jellemzői az előzőeken túlmenően, a sűrű hullámtéri erdő, s látható a kész szandai töltés. Készül a hullámtéri híd vízszállításának növelésére az árapasztó csatorna, de végét kereszttöltés zárja le. A hullámtéri erdőművelés kereszt irányú.

A 2001-es állapot domborzati viszonyait a Digitális terepmodell (19. ábra) mutatja. A modell kiemeli a hullámtér természetes vagy épített magaslatait. Jól láthatók a nyárigátak, a jobbparti övzátony, s nem utolsó sorban az erdőművelés termékei a folyásirányra merőleges 2-3 m kiemelkedésű tuskógátak.

E képsorokon végig követhettük egy folyószakasz sorsát, hogy vált a Vásárhelyi idejében jó vízvezető képességű, alacsony érdességű, nagy keresztmetszeti szelvényű hullámtér – az árvizi meder – az idők folyamán a vízlevezetésre alkalmatlanná. Az árvizi meder szelvényének elvesztése számottevően hozzá járulhat az árvízszintek emelkedéséhez.

7. A HULLÁMTÉR TEREPALAKULATAINAK ELEMZÉSE.

A hullámtér természetes vagy mesterséges terepalakulatai vizuálisan és numerikusan a digitális terepmodell segítségével vizsgálhatók.

A terepmodell adatainak elfogadásánál figyelemmel kell lenni arra a tényre, hogy légi kiértékelést csak ott lehet végezni, ahol a fényképező eszköz a terepig lát. A terepmodell megbízhatósága csökken a sűrű erdővel és sűrű aljnövényzettel borított területen. Ennek igazolásául bemutatjuk egy kis terület kiértékelésének részletpontjait, majd az erről készült terepmodellt A részletpontok elhelyezkedését az ortofotón a (20. ábra) kis pontok mutatják. Jól látható, hogy az északi részen elhelyezkedő folyómeder számos részletpontból ált elő. A ritkás erő és a tisztások területén is számos részletpontot találunk. A vonalas létesítmények hagyományos felmérésből származó mérési pontokkal is kiegészülnek. A kiértékelt részletpontokból származó digitális terepmodellen (21. ábra) észre vehetjük, hogy egyes helyeken kevés a pont. Jól látszik, hogy kiegészítő mérés nélkül a sűrű erdő alatti terület terepadatai bizonytalanok. A DTM-re ráhelyezve a legutóbbi Tisza Atlaszt láthatjuk, hogy e területen az erdő alatti nyárigát és övzátony meghatározása bizonytalan. Az ilyen területeken még további mérésekkel kell a terepviszonyokat finomítani. A DTM és Ortofoto segítségével valamint helyszíni kiegészítő mérésekkel megállapítható a hullámtér morfológiai felépítése és annak időbeli változása. A múlt jelenségei nyomon követhetők a DTM. részletein. (22. ábra). A folyó medrét régebben is övzátony követte, mely az árvízi mederben, az árvízi sodorvonalat követve, a hullámtéri rövidülések mentén hullámtéri hordalékkúp lerakódásokkal is kiegészült. A régi medernyomvonalak mentén mindkét jelenség jól látható és értékelhető.

Nagy segítséget jelentenek az EUROSENSE KFT. által készített segédprogramok, melyek bárhol lehetővé teszik a hullámtér keresztmetszeti viszonyainak elemzését akár egyenes, akár törött-vonal mentén kijelölt nyomvonalon. Az így kapott kereszt-szelvények együtt vizsgálhatók a folyó keresztmetszeti adattárába elhelyezett V.O. szelvények jelenlegi és történelmi adataival.

Az adatbázis adataiból számszerűsíthetők az egyes mesterséges vagy természetes terepalakulat vízvezető szelvényre gyakorolt hatása. Keresztmetszet szűkítésre mutat két szelvényben példát a 23. ábra. Az adatbázis számos más vizsgálat elvégzéséhez nyújt segítséget. Ezekkel más szerzők részletesen foglalkoznak. Itt csak néhány térinformatikai megoldást mutatunk be, részletesebb értékelés nélkül. Lehetővé válik a hullámtér változásának időbeli elemzése. A 24.ábra az erdőállomány változást mutatja be egy szakaszon. Az erőállomány határait az archív és jelenlegi térképállományból vektorizálással állítottuk elő.

A 25. ábrán a növényzet határának változását láthatjuk a Kiskörei tározó egy szakaszán. A változás térkép 1997-es, 2001-es légifelvétel, valamint 2003-as GPS-es felmérés egybevetésével készült.

8. AZ ADATBÁZIS MÉRETEI

Az elkészült adatbázis jelenleg kb. 65 GB adat-mennyiséget tartalmaz mind raszteres, mind vektoros adatállomány formájában. A Tisza hullámtér adatállományai a Kisköre-Csongrád folyószakaszra készültek Igazgatóságunknál. A Vízrajzi atlaszok a teljes Igazgatósági szakaszt felölelik. Az archív térképek az Igazgatóság teljes működési területére bekerültek a digitális adatállományba, hogy a jelenlegi árvízi kutatásokon kívül a belvízi, vízhasznosítási és egyéb vízgazdálkodási kutatások és elemzések számára is forrást biztosítsanak.

Felhasznált irodalom:

Jankó Annamária: A második katonai felmérés. Hadtörténeti Közlemények 114. (2001) 103–129.

Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Tanszék Térkép Tudományi Tanszék Internet lapjai

Térképek forrása:

Első katonai felvétel: Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténelmi Térképtára

Második katonai felvétel: Hadtörténeti Intézet és Múzeum Hadtörténelmi Térképtára

1:25000 topográfiai térkép: MN Tóth Ágoston Térképészeti Intézet

Ortofotó: EUROSENSE Kft.

Digitális terepmodell: EUROSENSE Kft.

Vízrajzi térképek: Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság térkép archívuma

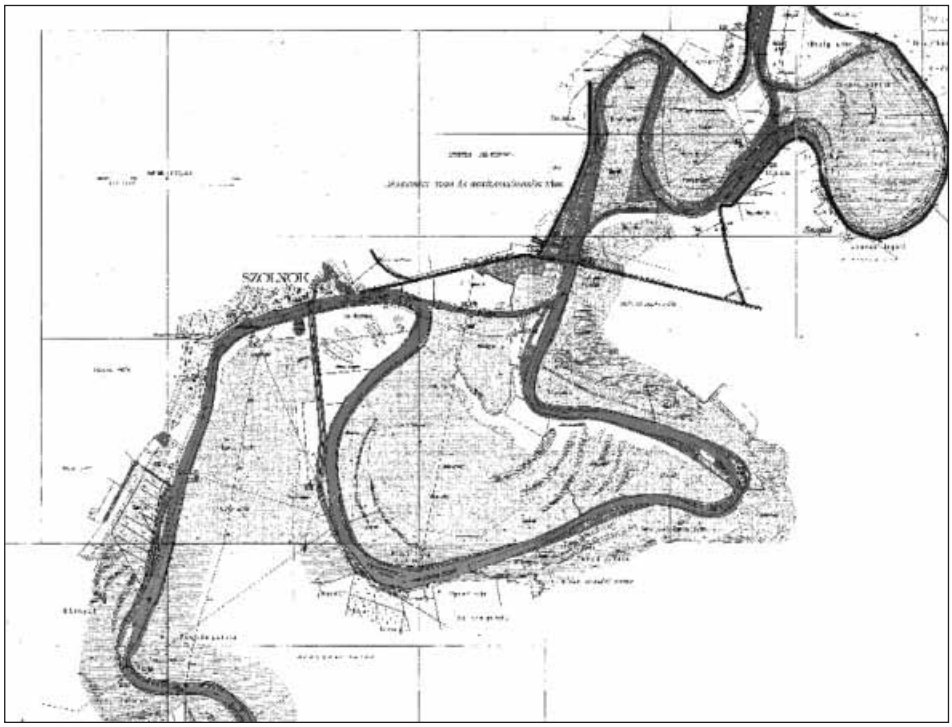
Első katonai felmérés

1. ábra

Második Katonai felmérés

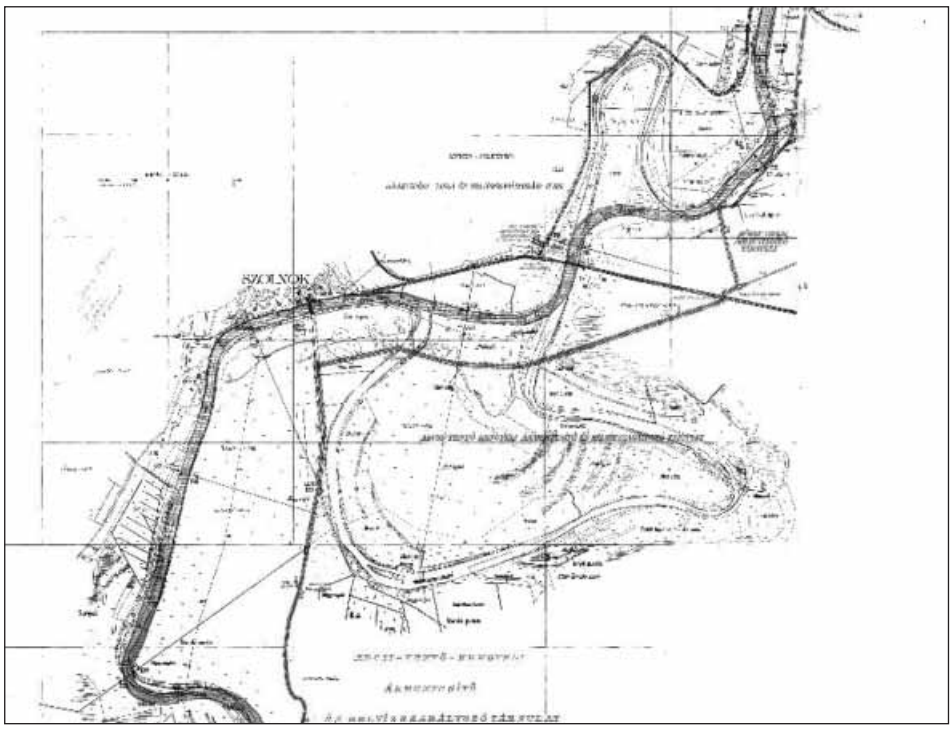
2. ábra

A Tisza hajdan és most



3. ábra

Tisza atlasz 1929-1930

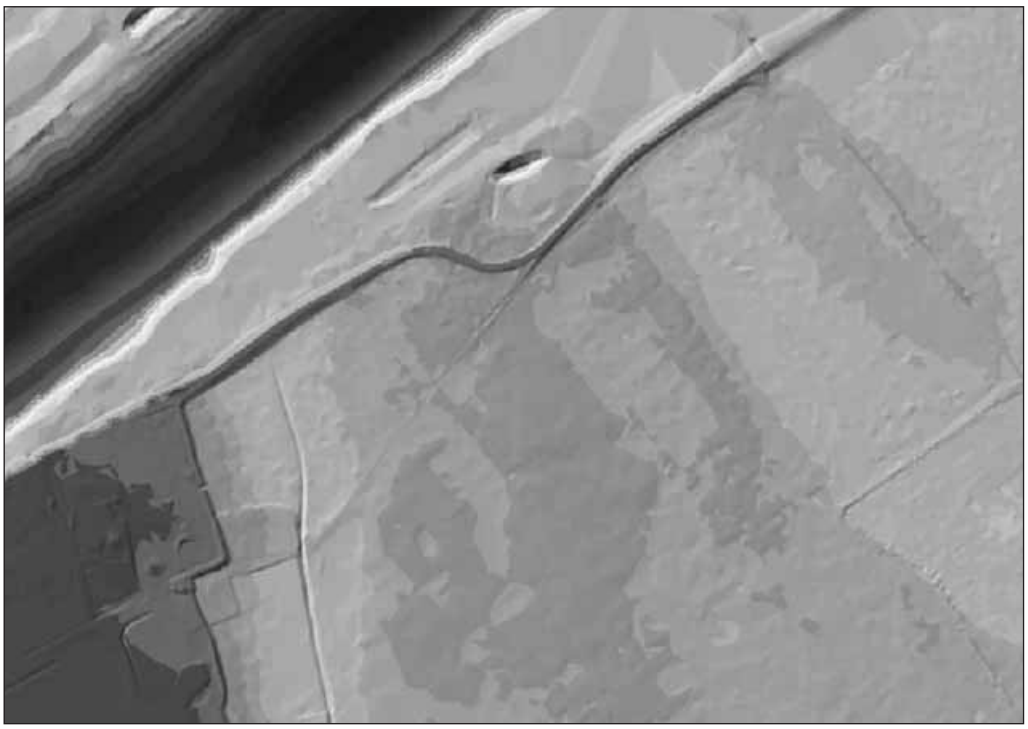


4. ábra

Ortofotó 2001.

5. ábra

Digitális terepmodell 2001.

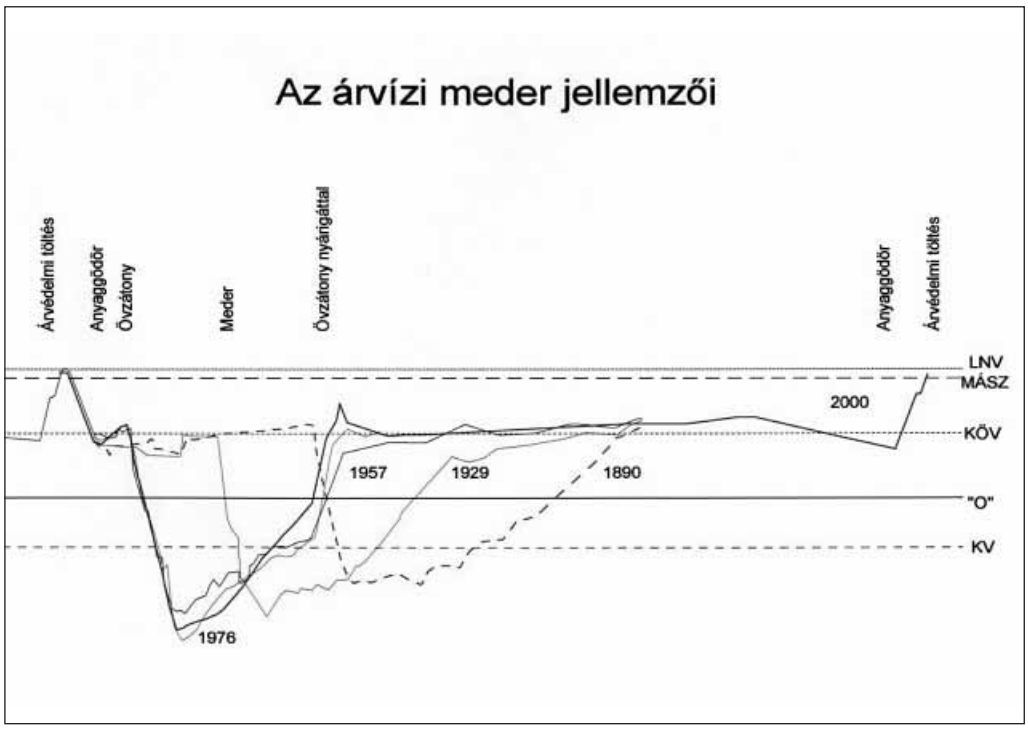


6. ábra

Földnyilvántartási adatok

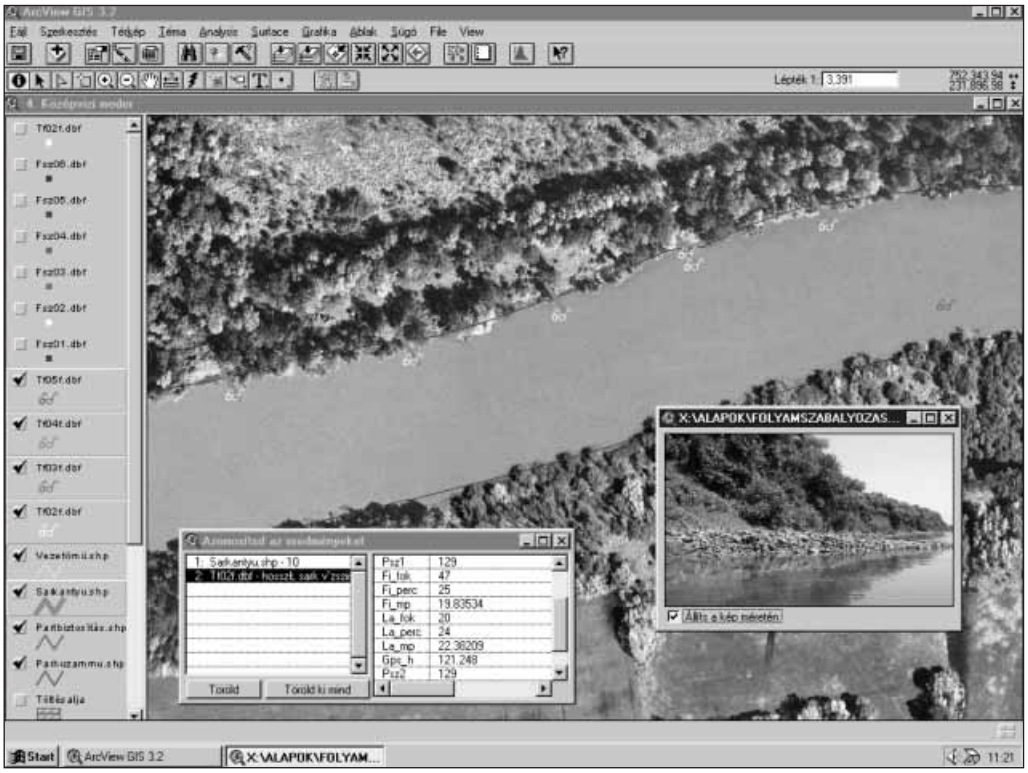
7. ábra

A hullámtér keresztmetszeti adatai 1890-től napjainkig



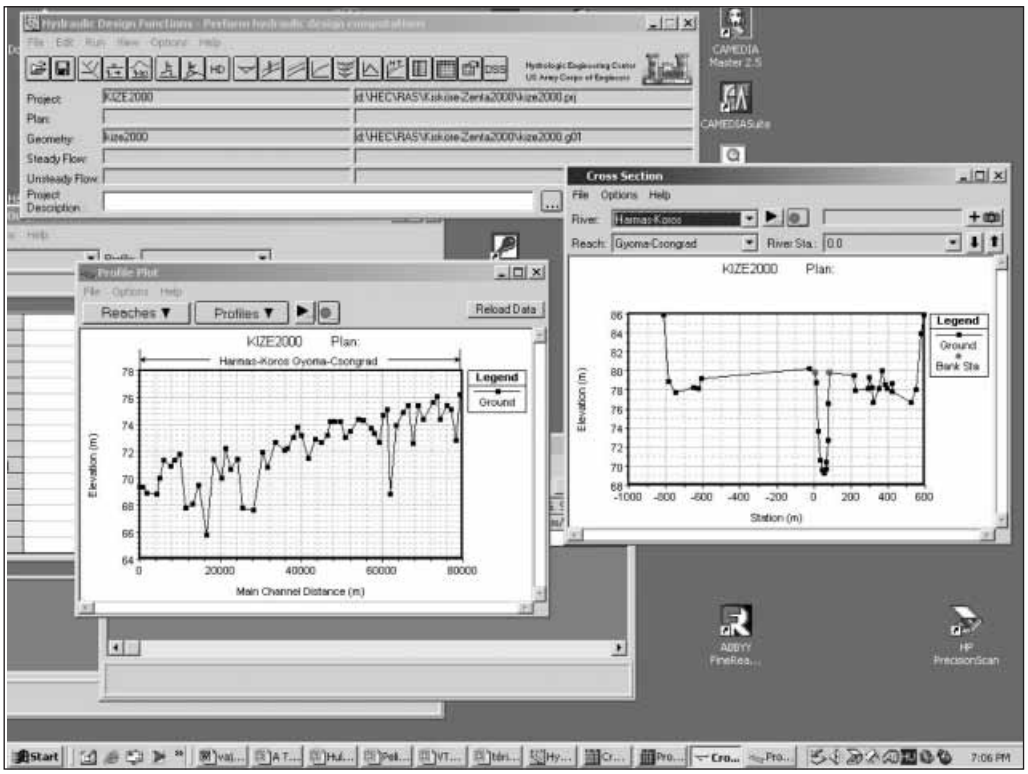
8. ábra

Középvízi meder fényképes és műszaki adatbázisa



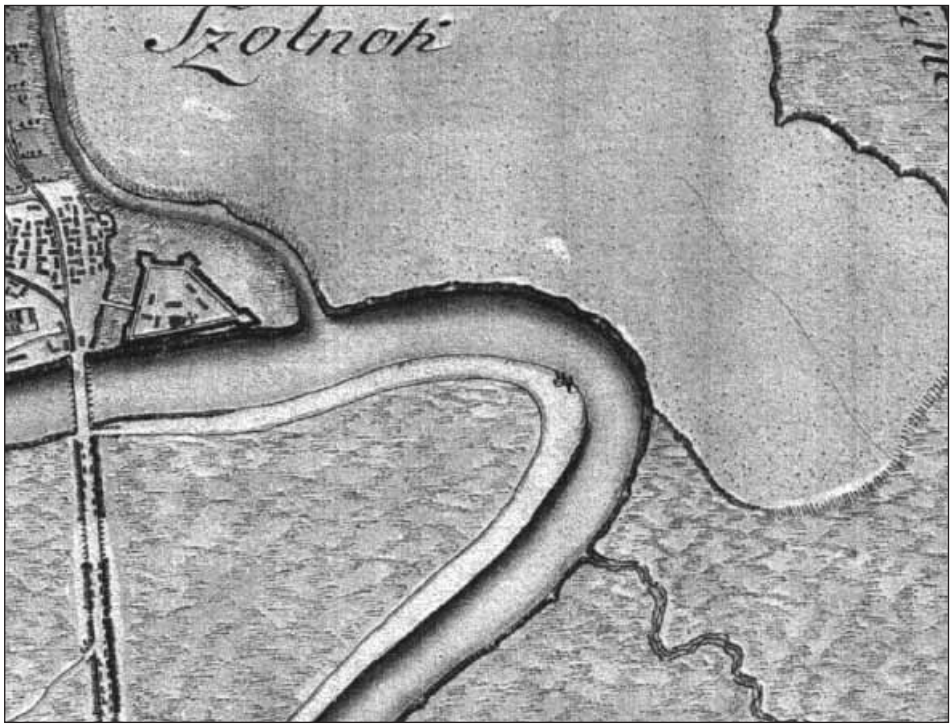
9. ábra

Integrált adatátadás modell számára



10. ábra

Hullámtér 1780 körül

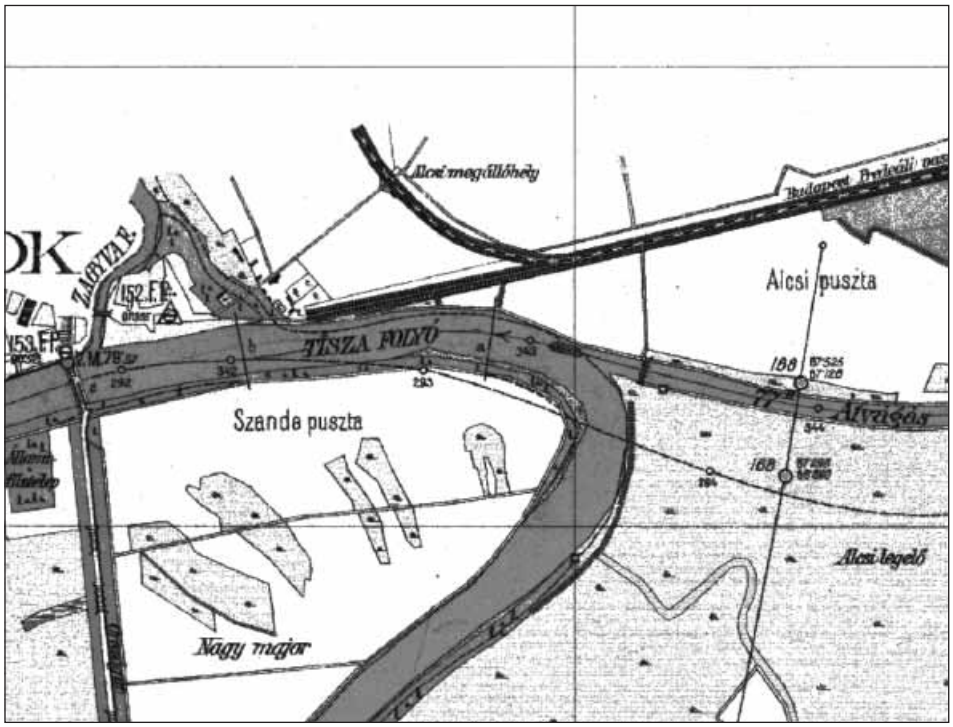


11. ábra

Hullámtér 1860 körül

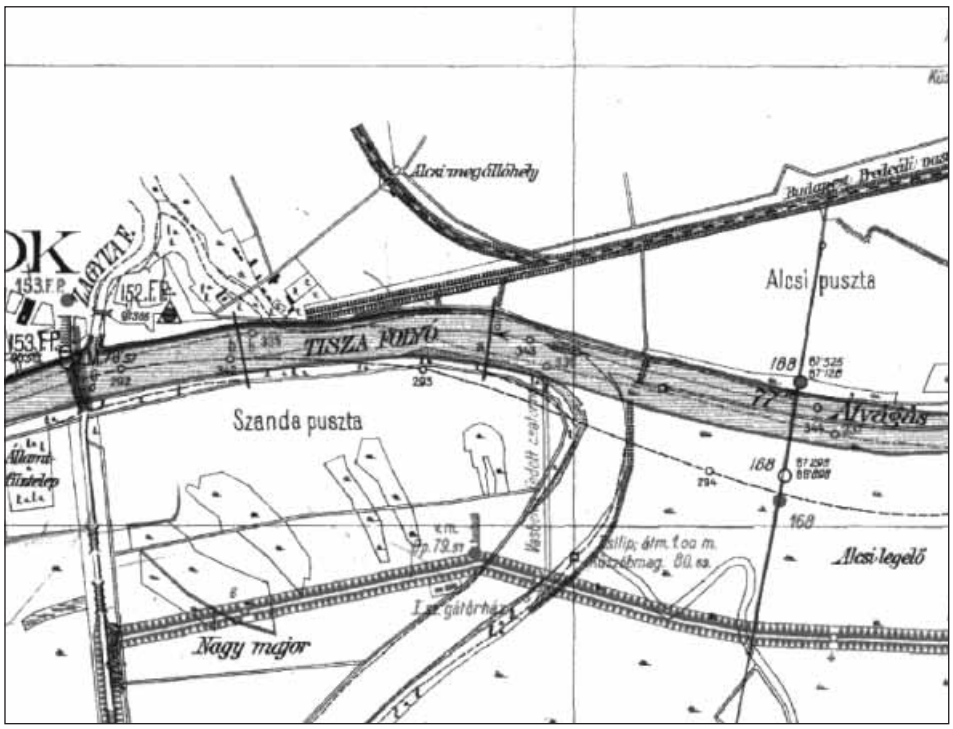
12. ábra

Hullámtér 1890 körül



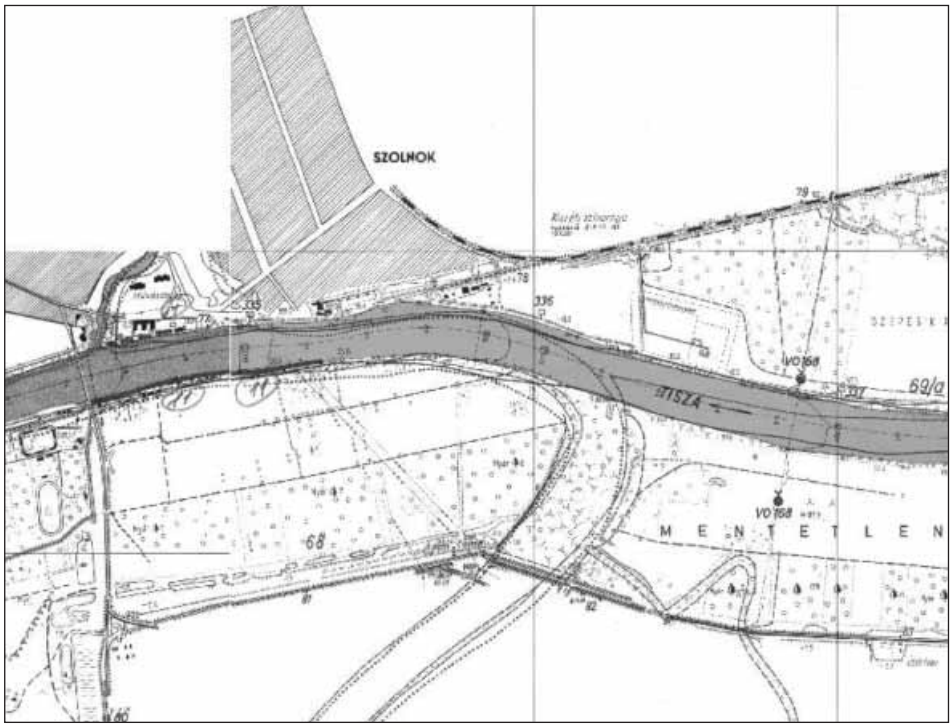
13. ábra

Hullámtér 1930 körül



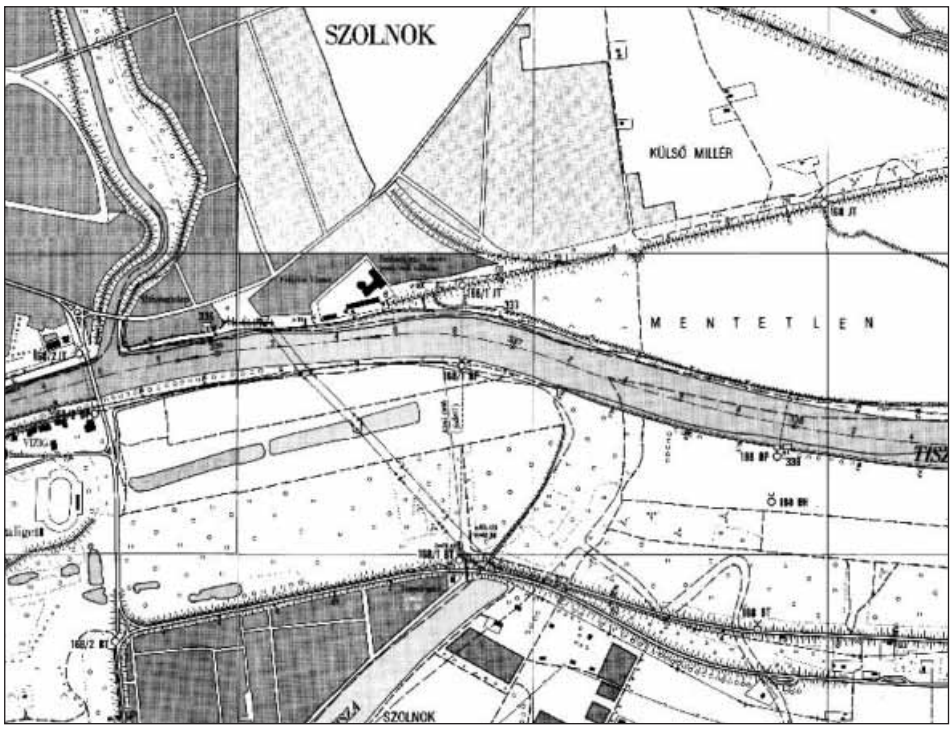
14. ábra

Hullámtér 1967 körül



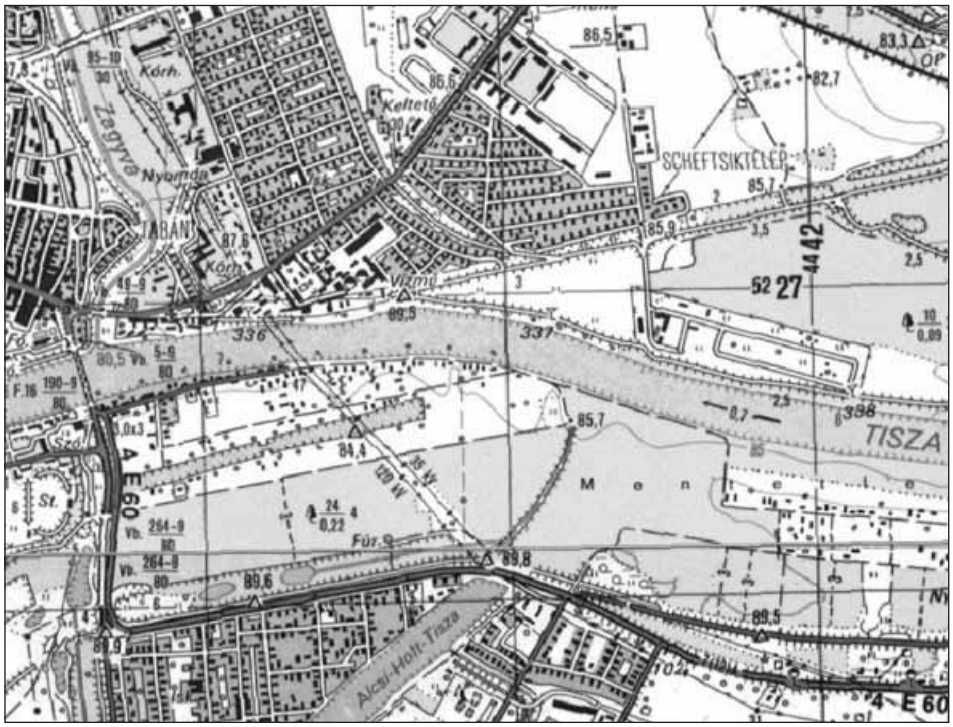
15. ábra

Hullámtér 1976 körül



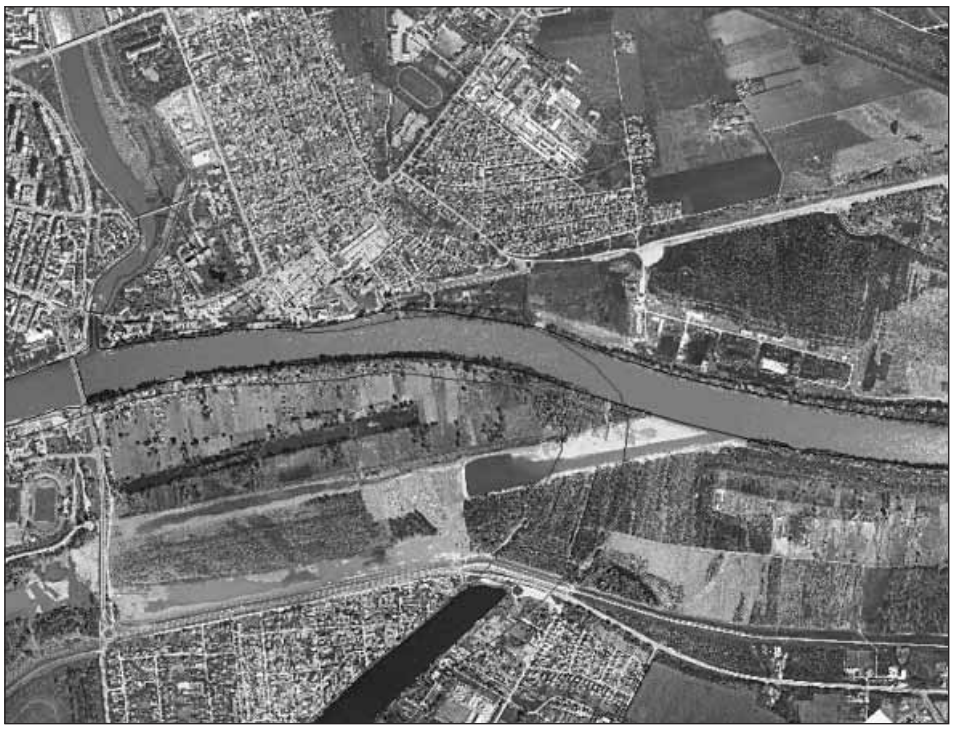
16. ábra

Hullámtér a legutolsó katonai térképen



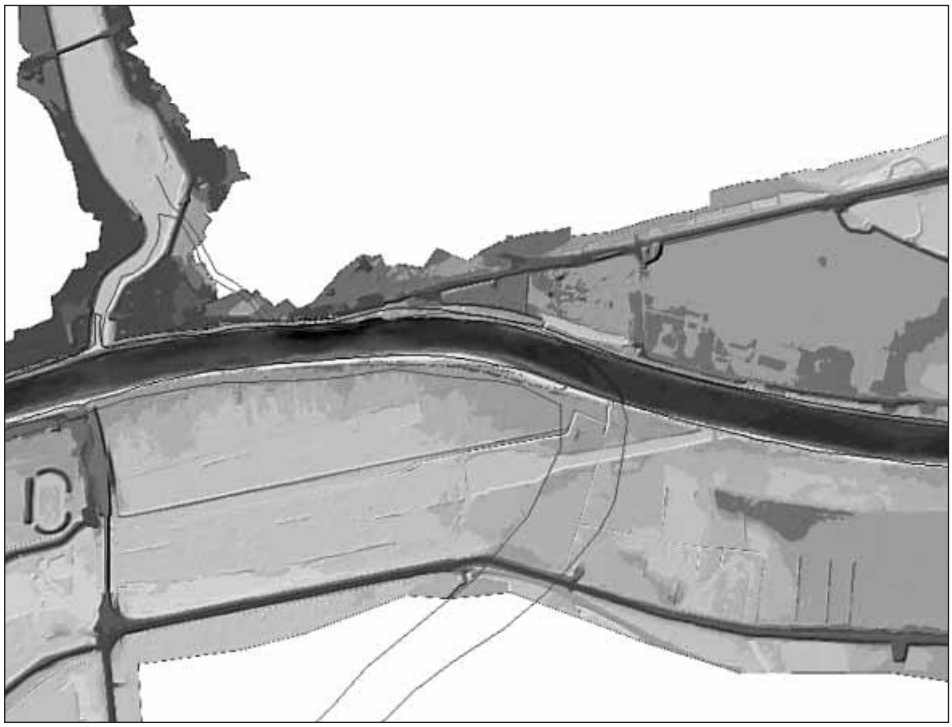
17. ábra

Hullámtér a 2001-es ortofotón



18. ábra

Hullámtéri domborzat a 2001-es terepmodellen

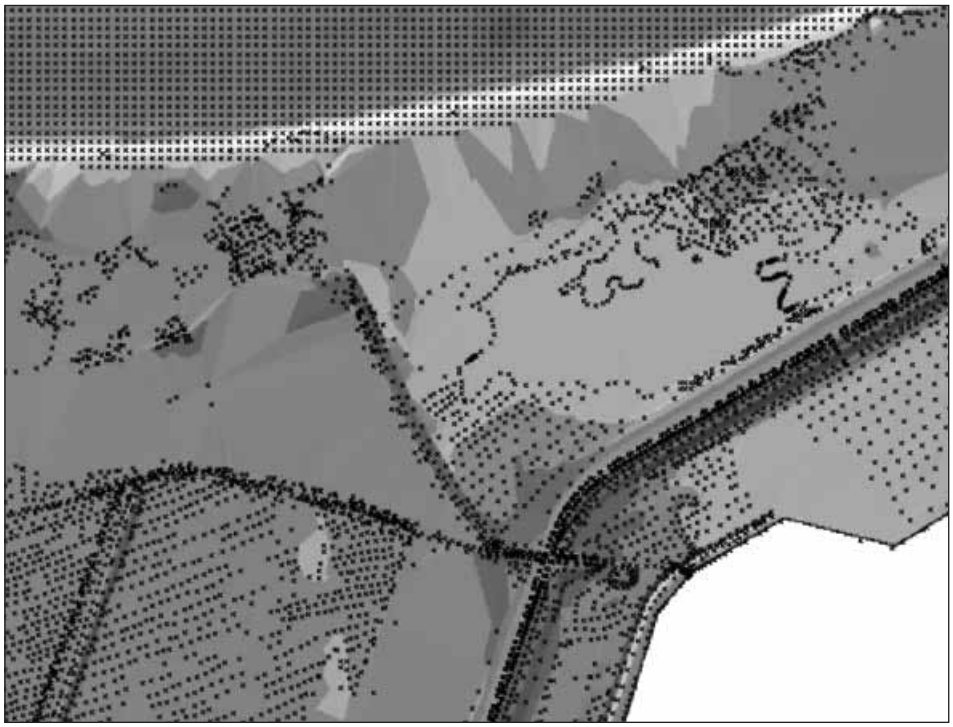


19. ábra

A felmérés részletpontjai az ortofotón

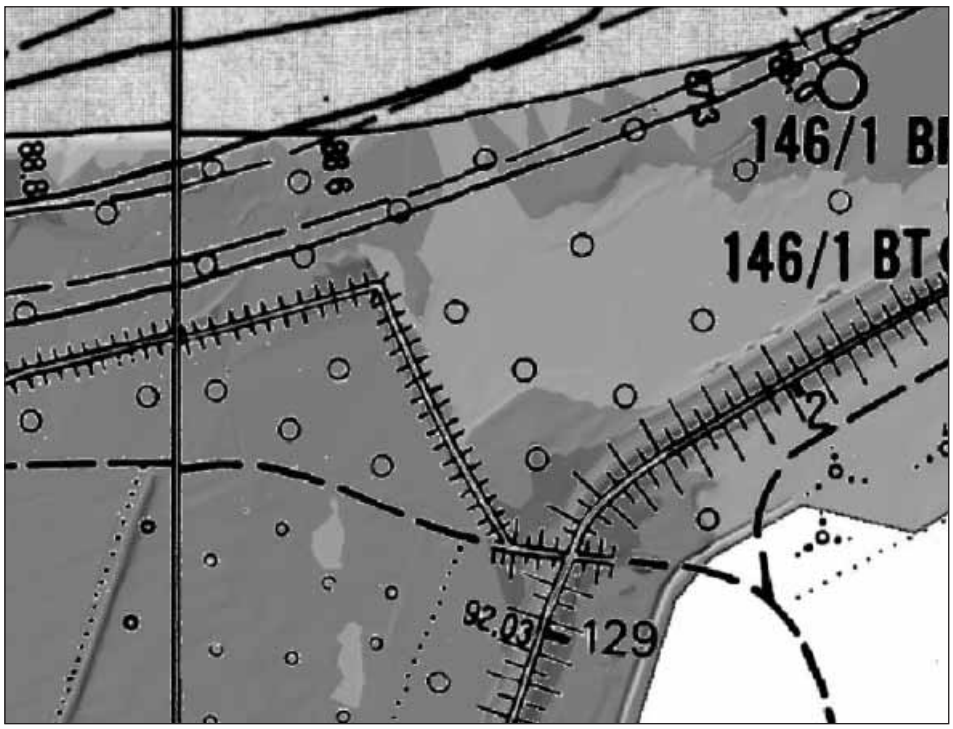
20. ábra

A felmérés részletpontjai a DTM-en



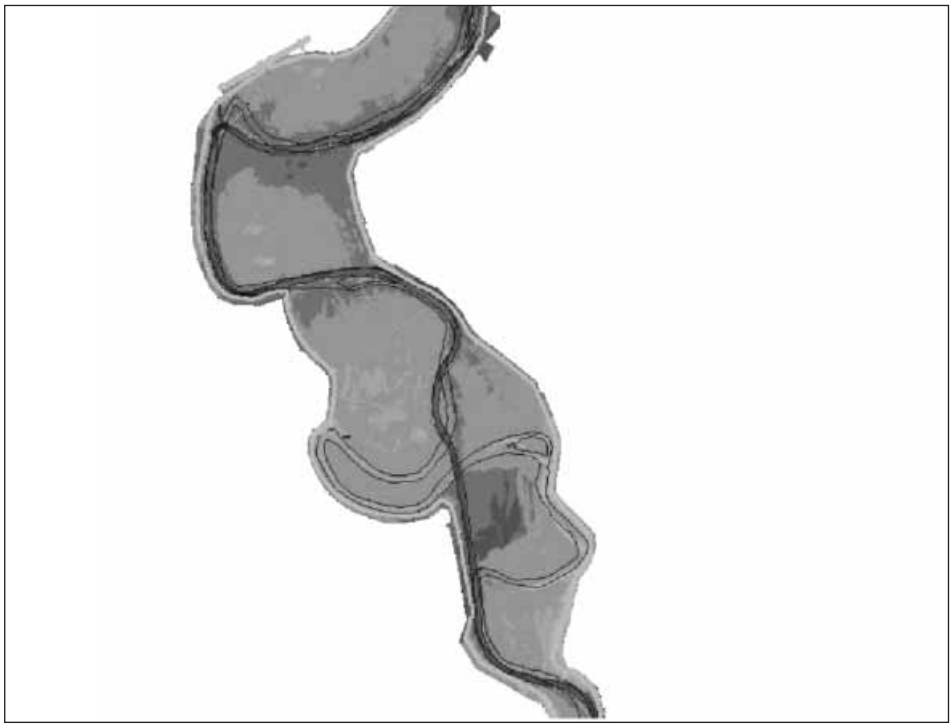
21. ábra

DTM és Tisza Atlasz



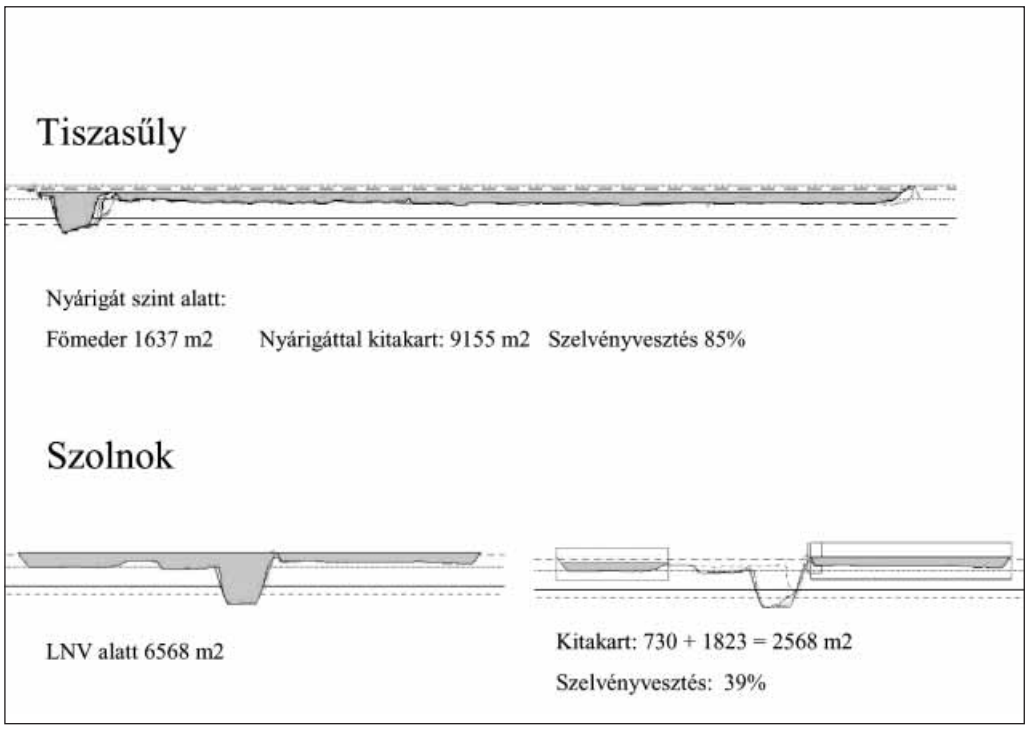
22. ábra

Övzátony és hordalékkúp a régi meder mentén



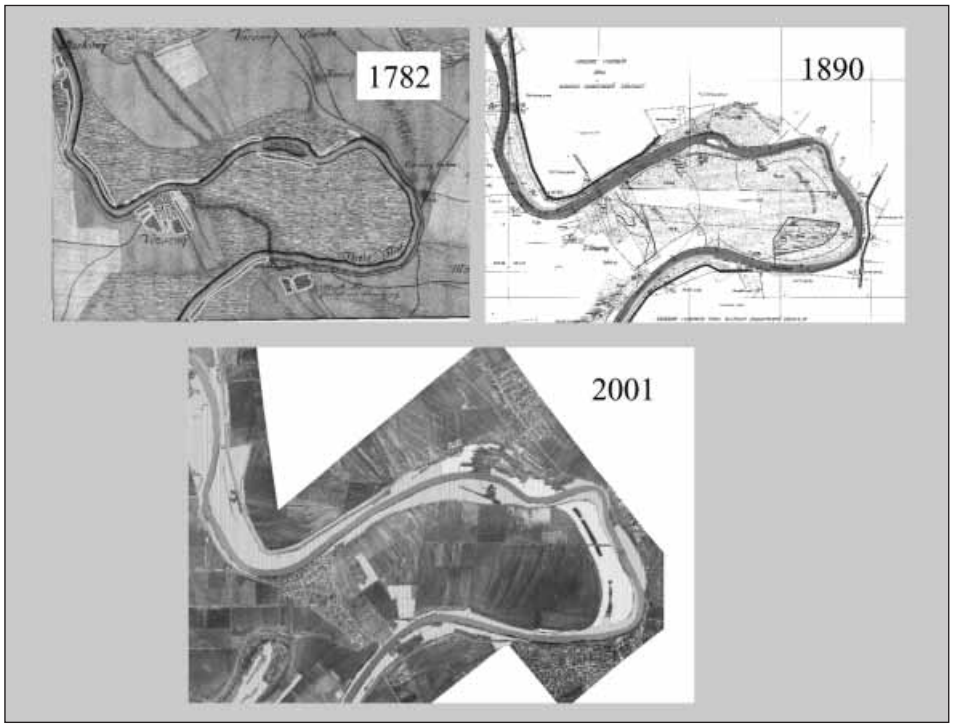
23. ábra

Keresztmetszet szűkület nyárigáttól és tuskógáttól



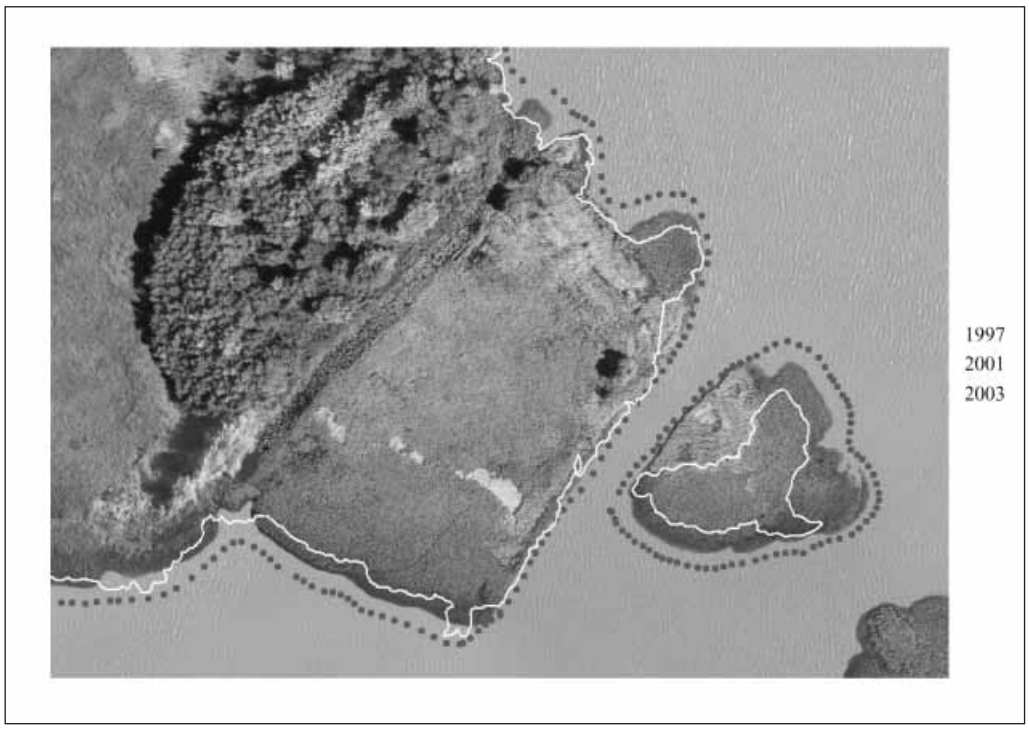
24. ábra

Az erdőállomány változása 220 év alatt



25. ábra

A növényzethatár változása 6 év alatt



26. ábra

Közép-tiszai nyárigátak története

Szín Imréné – Ivaskó Lajos
Közép-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság, Szolnok

A nyárigátak története 1900-1920 közötti időszakra vezethető vissza. Mivel a Tisza nyári árvizei rendszerint alacsonyabbak voltak, mint a tavasziak, a nagy kiterjedésű, termékeny talajú hullámtéri területeket nyárigátakkal védték, hogy kapás növényeket termelhessenek rajta.

Ezeket a területeket a tavaszi árvizek ellen nem is védték. Ebben az időszakban az övzátonyok magassága szolnoki 600 cm körüli vízállásnak felelt meg. A nyárigátak átlagmagasságát 650 cm körüli vízállásra tervezték.

Mivel ebben az időszakban a középvízi meder – az átvágások miatt – még nem fejlődött ki, a mederképződés – beágyazódás – elősegítése érdekében a vízépítési igazgatóság kimondta, hogy megfelelő, arra alkalmas helyen, hasznos befektetésnek fogja tekinteni a nyárigátak építését. A szakma az 1919 évi árvíz után Szolnok – Szeged közötti szakaszon az árvízszintek csökkentésével is foglalkozott. Ennek érdekében felmerült, hogy az árvízvédelmi töltések emelése helyett a Szolnok – törökbecsei szakaszon a meder szélétől 100-100 méterre építendő nyárigátakkal a közepes vizek tömegét összetartani és magát a folyót kényszeríteni, hogy medrét fejlessze (Erdős Péter javaslata).

A Földművelésügyi Minisztérium a javaslatot nem fogadta el, hanem elrendelte a töltések megemelését.

Az elkövetkező időszakban 1950-ig a nyárigátak helyzete, funkciója nem változott. Azon területeken kapott kiemelt szerepet, ahol a széles hullámtéri terület jelentős szerepet töltött be a település eltartó-képességében, pl.: Vezseny. A Vezsenyi nyárigát már 1914-ben vízjogi engedéllyel rendelkezett.

Ezen időszakban (1910-1960), mivel a Tisza kisvízi szabályozása is elkészült, a meder beágyazódása folytatódott, az átvágások anyamederré váltak. A parti övzátonyok magassága viszont elérte átlagosan a szolnoki 650 cm-es vízállásnak megfelelő magasságot. A Tiszán 1960-ig nem csak az övzátonyok növekedését, de a hullámtér feltöltődését is ki lehetett mutatni (Dr. Károlyi Zoltán: A Tisza mederváltozásai 1960.). A Közép-Tiszán, egyes szakaszokon, főleg a szűk hullámtereken a feltöltődés elérte az 1,0 m-t is. Az övzátony emelkedést kisebbnek ítélték meg mint a medermélyülést, így kijelentették, hogy árvízszint-emelő hatása nincs.

Az 1950-1980 közötti időszak jelentős változást hozott a nyárigátak és hullámtér általános helyzetében is.

Az 1950-es években kampányszerűen megindult – a nagyteljesítményű földmunkagépek megjelenésével – a nyárigátak kiépítése a Közép-Tiszán. Kisköre – Csongrád közötti folyószakaszon néhány év alatt 10 db nyárigát épült. Az átlagos kiépítési magasság is emelkedett a szolnoki vízmércén mért 680÷740 cm-es vízállásnak megfelelő magasságra.

Az 1951-60 közötti időszak meglévő nyárigátjait az 1. számú helyszínrajzi melléklet tartalmazza.

1970 után újabb változás következett be a nyári gátak történetében. Igaz, hogy a nyilvántartott (kézben tartott) nyárigátak száma csökkent, de a magassági kiépítés jelentős mértékben emelkedett. Egyes nyárigátaknál az engedély nélküli magasítás meghaladta az 1,0 m-t. Az engedélyezett magasság szolnoki vízmércén mért 700-740 cm-es magasságnak felelt meg.

A tiszai árvízszintek emelkedésében a Közép-tiszai anomáliák okának keresése már az 1970-1974-1977 évi árvizek után megkezdődött. Az 1980-81 évi árvizek után sikerült elérni, hogy a nyárigátak felülvizsgálatával ne csak a szakma foglalkozzon.

A nyárigátak összefoglaló adatait az 1. számú táblázatba foglaltuk össze.

A Gazdasági Bizottság 10022/81. számú határozatában kötelezte az érdekelteket (MÉM, PM, OVH), hogy vizsgálják meg az egyes nyárigátak átépítésének vízügyi – műszaki és gazdasági feltételeit, dolgozzák ki a megvalósítás ütemezését, valamint a végrehajtásra vonatkozó szabályozást.

A magyarországi folyók hullámterében ezen felmérés szerint 53 nyárigáttal védett öblözet volt, a gátak összes hossza 354 km. Az összes védett terület 38.600 ha. Ebből a Közép-Tiszát az Alpári nyárigáttal együtt 13 nyárigát érintette. A nyárigátak hossza 81,4 km, a védett terület 13.151 ha.

A felmérésből látszik, hogy a nyárigátak közel 25 %-a Közép-Tiszán található.

A 13 nyárigátból 2 nyárigát megszüntetését, 1 nyárigát közel 1,0 m-rel történő visszabontását és 10 nyárigát 100 – 400 fm-rel történő áthelyezését, átépítését irányozta elő javaslatként. Mivel a döntés az érdekeltek kezében volt, a végrehajtásban gyakorlatilag nem sok történt. A Vezsenyi nyárigát egy rövid szakasza került átépítésre csak. A Közép-tiszai nyárigátak elhelyezkedése a 2. sz. helyszínrajzi mellékleten látható.

Ezt követően hatósági intézkedéssel a nyárigátak vízjogi engedélyei visszavonásra kerültek, de 1998-ig a nyárigátak ügyében változás nem történt. Az 1999 és 2000 évi árvíz okozta károk (szakadások) helyreállítása egy-két kivételtől eltekintve nem történtek meg. Vízjogi engedéllyel csak 2 nyárigát rendelkezik.

Az 1999 és 2000 évi árvíz a nyári gátak helyzetében annyi változást hozott, hogy a feltételezett nagyvízi sodorban a Szolnok alatti nyárigátak 200-400 m-es hosszban az eredeti vízjogi engedély szerinti magasságra vissza lettek bontva az előrejelzés alapján.

Az 1999 és 2000 évi árvizek értékelése rámutat, hogy a hullámtéri lefolyási viszonyok javítása tovább nem halasztható. A lefolyási viszonyok javítása érdekében azonnali beavatkozást igényel a nyárigátak jelenlegi átlagos övzátony-szintig történő visszabontása. Ez a szint a szolnoki vízmércén mért 700 cm körüli vízállásnak felel meg. Azon nyárigátaknál, ahol az áramlási viszonyok javításához ez kevés, az övzátony megnyitásával együtt a nyárigát teljes elbontása szükséges. Mivel az érintett nyárigátaknak általában nincs kezelője, ezért ezt a feladatot az Államnak kell felvállalni.

Nyárigát-áthelyezés az eddigi vizsgálatok szerint csak a Szajoli, Tószeg-felsőréti, Alpári és aVezsenyi nyárigátnál jöhet szóba.

A vizsgálatot tovább kell folytatni, és ennek birtokában lehet a teljes hullámtéri lefolyási sáv kialakítására javaslatot tenni.

1/a. sz. táblázat

Közép-tiszai nyárigátak története
Tisza jp.

Nyárigát neve:	hivatkozás évszáma	védett terület (ha)	hossz (fm)				magasság (mBf.)	
			engedélyezett	tényleges	tényleges hosszból		engedélyezett	tényleges
					töltés	magaspart		
Tiszasüly - Kőtelki jp.	1940	846	9 550	9 550	8 690	860	86,48	
	1951	1 200	9 550	9 550	9 550			86,80
	1959	1 154	8 440	8 227	8 227		87,72	87,80
	1975	1 154	8 440	8 227	8 227		87,92	88,50
	1983	1 154	8 440	8 440	8 440		87,92	88,70
Tiszabő - Bőeleji jp.	1962	155		4 425				86,53
Nagykörű - Homokszigeti jp.	1952	256	4 300	4 330	2 460	1 870	86,73	86,83
	1965	256	4 300	4 330	1 300	3 030	87,08	85,78
Nagykörű -Avatagi jp.	1965	60	2 555	2 555	2 555		86,73	86,40
Besenyszög - Szórói jp.	1951	86		2 650	1 200	1 450		86,20
	1964	92	2 650	2 650	1 600	1 050	86,32	86,80
	1966	92	2 650	2 650	2 050	600	86,32	86,80
Besenyszög - Nagyszögi jp.	1951	496		6 800	6 500	300		85,70
	1977	469						terep+0,5
Besenyszög - Kovácsi jp.	1913	218	5 660	3 300	3 300		85,78	85,80
	1927	218	5 660	5 660	4 410	1 250	85,78	85,80
	1964	218	5 660	6 400	3 890	2 510	86,12	86,40
	1966	218	5 660	6 400	5 150	1 250	86,12	86,40
Szajol - Kisréti jp.	1968	175	2 120	2 120	300	1 820	85,32	86,00
HM nyárigát jp.	1970	74		2 980	2 980			88,00
Tószeg - felsőréti - - alsóréti jp.	1951	1 900		8 500	8 500			84,50
	1955	1 900		9 500	9 500			84,80
	1958	1 554	8 250				85,94	
Tószeg - felsőréti jp.	1967	663	2 770	2 770	2 770		85,94	86,20
	1977	663	2 770	2 770	2 770		85,88	85,95
	1990	663	2 770	2 770	2 770		85,88	86,31
Tószeg - alsóréti jp.	1967	953	7 120	7 120	6 570	550	85,88	86,15
	1971	953	7 120	6 590	6 590		85,88	
	1977	953	7 120	6 590	6 590		85,88	85,93
	1990	953	7 120	6 590	6 590		85,88	86,18
Vezsenyi jp.	1914	500	2 531	2 531	2 531		84,92	
	1951	860	2 531	2 531	2 531		84,92	85,10
	1955	580	2 531	4 000	4 000		84,92	85,30
	1962	845	11 300	11 800	11 800		85,60	85,60
	1975	852	11 700	11 700	11 700		85,90	
	1984	852	11 700	11 700	11 700		85,90	
	1986	750	2 970	2 970	2 970		87,35	87,50
			7 730	7 730	7 730		85,90	87,10
Tiszajenői jp.	1955	506		5 800	5 800			85,00
	1962	506		5 800	5 800			84,60
	1964	1 018	5 850	6 350	6 350		85,52	
	1970	1 018	5 850	6 350	6 350		85,52	86,10
	1975	1 018	5 200	6 350	6 350		85,52	86,10
	1979	1 018	5 200	6 350	6 350		85,52	86,50
	1998	1 018	5 200	6 350	6 350		85,52	87,00
Újbögi jp.	1962			1 400				83,80
	1963	345	5 550	5 550	4 550	1 000	84,62	
	1967	432	5 550	5 550	5 550		85,17	86,00
	1975	432	5 550	5 550	5 550		85,17	86,32
	1985	432	5 550	5 550	5 550		85,17	86,60
	1998	432	5 550	5 550	5 550		85,17	86,60
	2001	432	5 550	5 550	5 550		85,17	85,17
Alpári jp.	1947	4 600	13 570	8 400	8 400		84,56	84,56
	1957	6 906	13 570	13 570	13 570		84,56	84,56
	1980	4 275	13 570	13 570	13 570		84,75	84,80

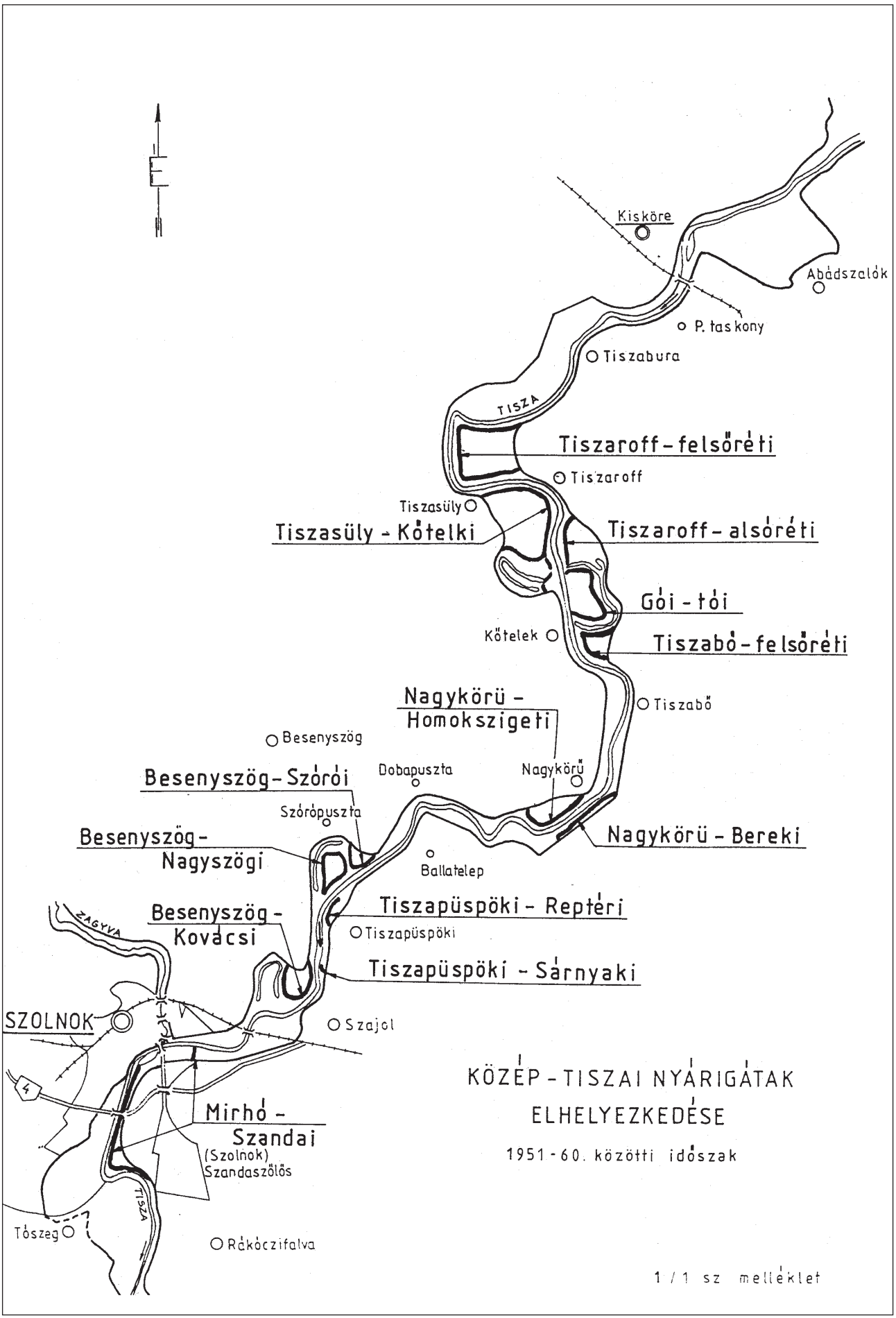
KÖTIVIZIG ÁFO
Szolnok, 2003. 05. 28

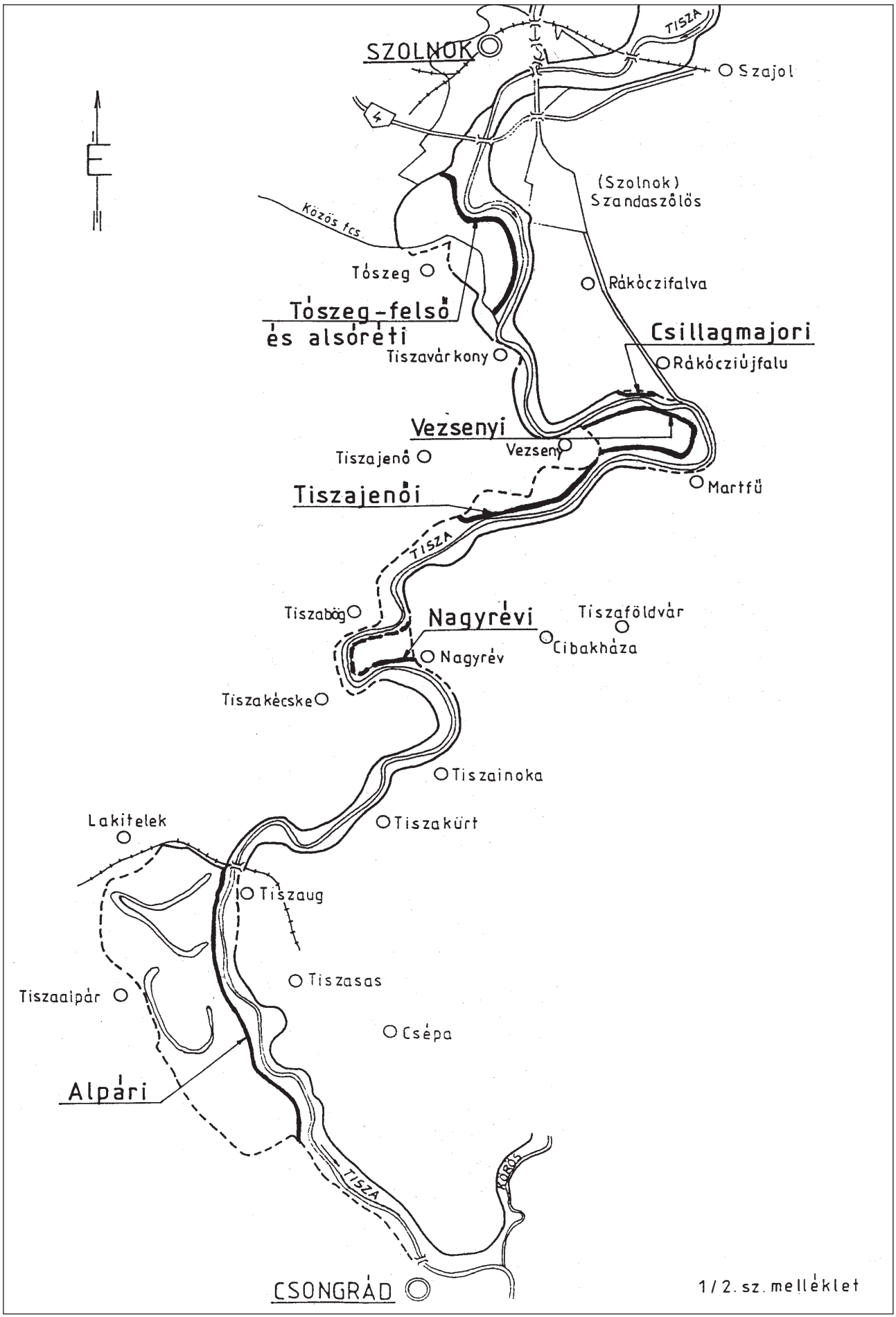
1/b. sz. táblázat

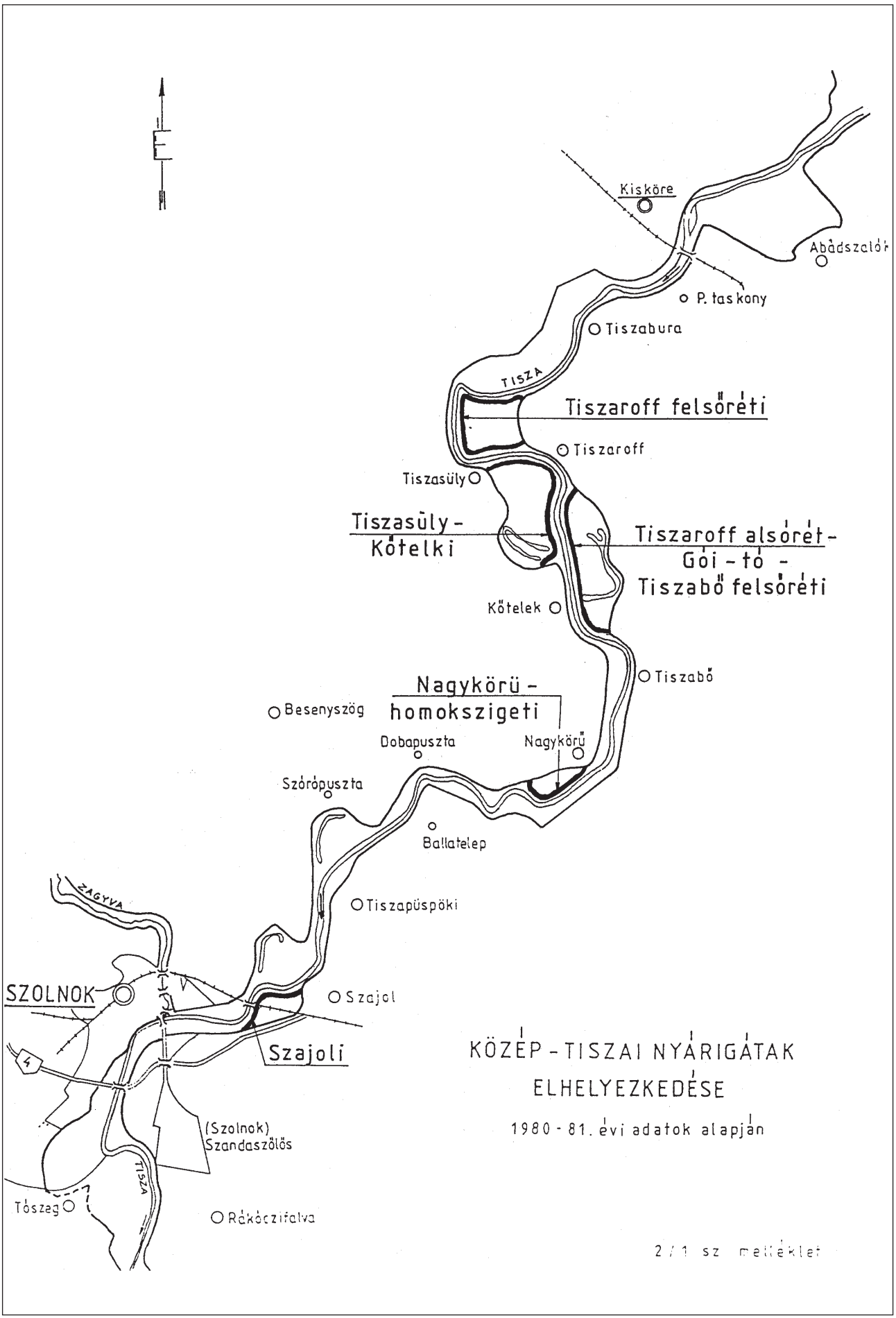
Közép-tiszai nyárigátak története
Tisza bp.

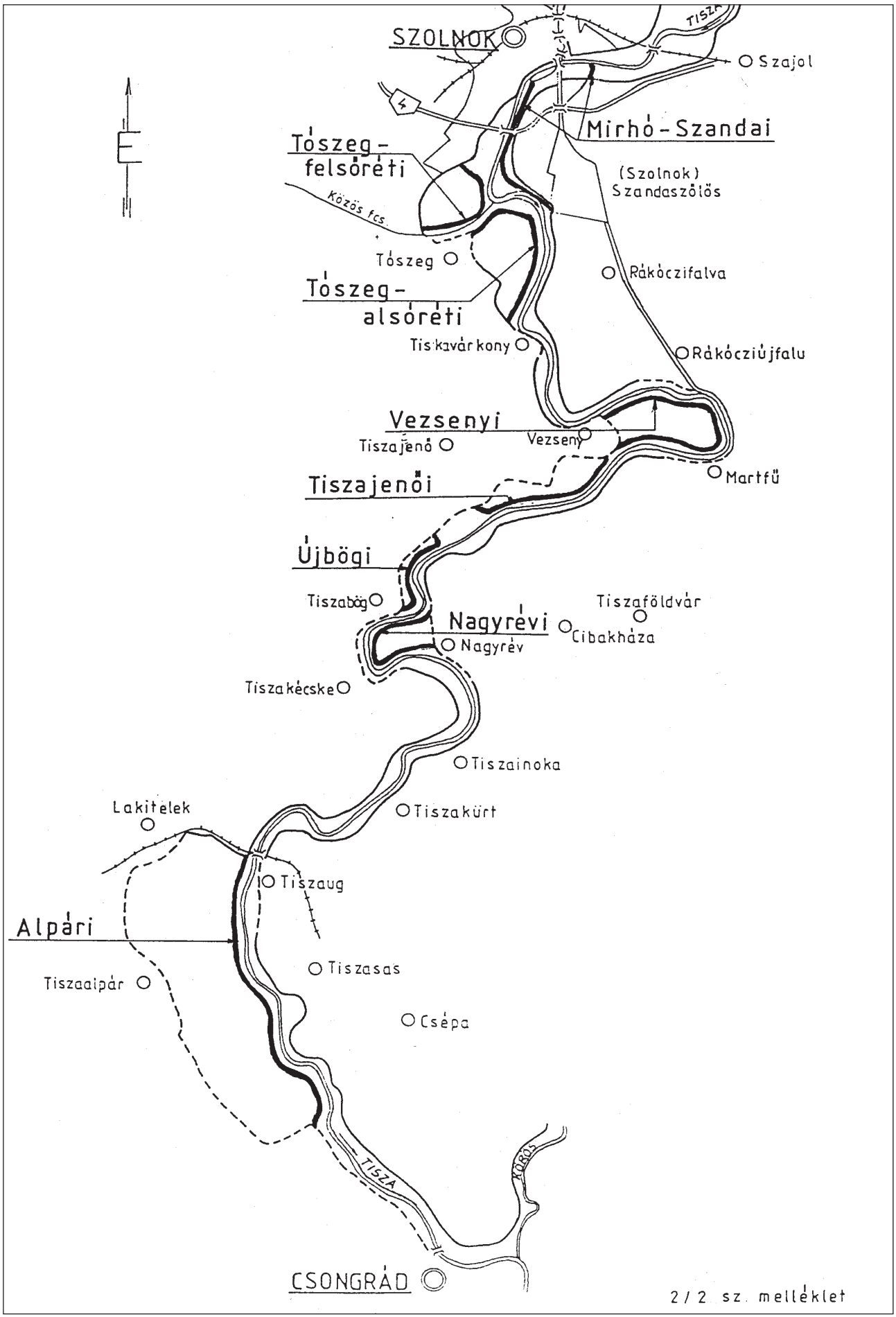
Nyárigát neve:	hivatkozás évszáma	védett terület (ha)	hossz (fm)				magasság (mBf.)	
			engedélyezett	tényleges	tényleges hosszból		engedélyezett	tényleges
					töltés	magaspart		
Tiszaroff - felsőréti bp.	1944	748	9 850	9 850	7 330	2 520	87,52	87,60
	1968	748	9 220	9 220	9 220		87,76	
	1978	748	9 220	9 220	9 220		87,76	88,30
Tiszaroff - alsóréti bp.	1951	340		5 000	5 000			87,00
	1952	554		2 570	2 570			87,20
	1965	346	3 265	3 265	3 265		87,46	
	1970	346	3 265	3 265	3 265		87,46	87,46
Kőtelek - Goí-tói bp.	1923		8 400		5 948	2 452	86,84	
	1951	374	8 400	8 400	5 948	2 452	86,84	86,84
	1970	415	2 041	2 041	2 041		87,41	87,50
Tiszabő - felsőréti bp.	1951	220						86,90
	1965	384		3 400			87,13	87,20
	1970	384	3 594	3 594	1 478	2 116	87,34	
Tiszaroff-alsóréti, Kőtelek-Goí-tói, Tiszabő-felsőréti egyesített rendszer	1970	1 145	8 900	8 900	6 784	2 116	87,62	87,60
Nagykörű - Kisavatagi bp.	1965	69	680	680	680		86,43	86,33
Nagykörű - Bereki bp.	1954		1 180	1 180	1 180		86,38	86,63
	1965	107	2 180	2 180	2 180		86,64	87,13
Ballai nyárigát (bp.)	1965	167	1 135	3 585	1 135	2 450	85,87	85,90
Tiszapüspöki - repülőteret védő bp.	1952	86	1 000	1 000	1 000			
	1953	86	1 000	1 000	1 000		86,12	
	1965	201	1 057	1 057	1 057		86,12	
Tiszapüspöki - Sárnyaki bp.	1952	75	536	536	536		86,12	
	1965	75	536	536	536		86,12	
Szajol I. - II. nyárigát bp.	1965	274		4 278	3 058	1 220		86,70
	1968	267		4 124	3 434	690	86,62	88,70
Mirhó - Szandai bp.	1952	1 093		3 000	3 000		85,29	85,14
	1954	1 100	3 625		3 625		85,42	
	1955	1 612		5 300	5 300			84,89
	1964	2 625	8 236		8 236	576	85,40	
	1974	981	4 281				85,78	
	1976	2 539		8 230				85,38
	1993	67	4 413				86,10	
Csillagmajori (bp.)	1951	45		500	500		84,00	84,68
Nagyrévi nyárigát bp.	1951	230		1 400	1 400			83,93
	1965	379	6 558	6 558	1 558	5 000	84,03	84,03
	1970	379	6 558	6 558	1 558	5 000	84,60	84,60
	1975	405	7 060	7 060	7 060		84,83	85,16
Tiszakürti nyárigát bp.	1965	58	1 200	2 000	1 200	800	83,63	83,63
Tiszaugi nyárigát bp.	1965	43	332	332	332		83,33	83,06

KÖTIVIZIG ÁFO
Szolnok, 2003. 05. 28


Kisköre
Abádszalók
P. taskony
Tiszabura
TISZA
Tiszaroff-felsőréti
Tiszaroff
Tiszasüly
Tiszasüly - Kötelki
Tiszaroff-alsóréti
Góí-tói
Kötelek
Tiszabó-felsőréti
Tiszabő
Nagykörü - Homokszigeti
Besenyszög
Dobapuszta
Nagykörű
Besenyszög-Szóróí
Szóópuszta
Besenyszög-Nagyszögi
Nagykörü-Bereki
Ballatelep
Tiszapüspöki-Reptéri
ZAGYVA
Besenyszög-Kovácsi
Tiszapüspöki
Tiszapüspöki-Sárnyaki
SZOLNOK
Szajol
4
Mirhó-Szandai
(Szolnok) Szandaszőlős
TISZA
Tószeg
Rákóczifalva
KÖZÉP-TISZAI NYÁRIGÁTAK ELHELYEZKEDÉSE
1951-60. közötti időszak
1/1 sz melléklet


SZOLNOK
TISZA
Szajol
(Szolnok)
Szandaszőlős
Közös fcs.
Tószeg
Rákóczifalva
Tószeg-felső
és alsóréti
Csillagmajori
Tiszavárkony
Rákóczújfalu
Vezsenyi
Vezsenyő
Tiszajenő
Martfű
Tiszajenői
TISZA
Tiszabög
Nagyrévi
Tiszaföldvár
Cibakháza
Nagyrév
Tiszakécske
Tiszainoka
Lakitelek
Tiszakürt
Tiszaug
Tiszasas
Tiszaalpár
Csépa
Alpári
TISZA
KÖRÖS
CSONGRÁD
1/2. sz. melléklet


Kisköre
Abádszalók
P. taskony
Tiszabura
TISZA
Tiszaroff felsőréti
Tiszaroff
Tiszasüly
Tiszasüly-
Kötelki
Tiszaroff alsóréti-
Góí-tó -
Tiszabő felsőréti
Kötelek
Tiszabő
Nagykörü-
homokszigeti
Besenyszög
Dobapuszta
Nagykörü
Szórópuszta
Ballatelep
ZAGYVA
Tiszapüspöki
SZOLNOK
Szajol
Szajoli
4
(Szolnok)
Szandaszőlős
TISZA
Tószeg
Rákóczifalva
KÖZÉP-TISZAI NYÁRIGÁTAK
ELHELYEZKEDÉSE
1980-81. évi adatok alapján
2/1 sz melléklet


SZOLNOK
TISZA
Szajol
4
Mirhó-Szandai
Tószeg-felsőréti
(Szolnok) Szandaszőlős
Közös fcs.
Tószeg
Rákóczifalva
Tószeg-alsóréti
Tiszakavárkony
Rákóczújfalu
Vezsenyi
Vezsenő
Tiszajenő
Martfű
Tiszajenői
Újbögi
Tiszabög
Tiszaföldvár
Nagyrévi
Cibakháza
Nagyrév
Tiszakécske
Tiszainoka
Lakitelek
Tiszakürt
Tiszaug
Alpári
Tiszasas
Tiszaalpár
Csépa
TISZA
KÖRÖS
CSONGRÁD
2/2 sz. melléklet

Árvíz, árvízi biztonság a Közép-Tisza vidékén

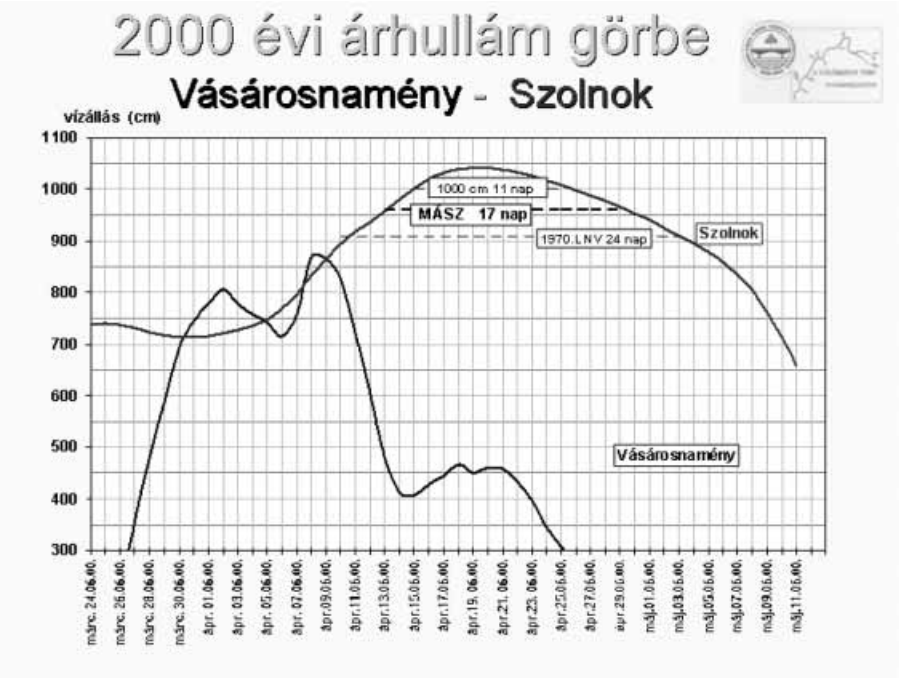
Dr. Váradi József – Dr. Nagy István

1998 óta a Tiszán négy jelentős árhullám vonult le, egyes szakaszokon megdöntve minden eddig elképzelhető rekordot. Az 1998. novemberi árhullám a Felső-Tiszán, az 1999. márciusi a Bodrogon és a Közép-Tiszán, a 2000. áprilisi a Tisza, a Bodrog és Túr teljes magyarországi szakaszán teremtett kritikus helyzetet, míg a 2001. márciusi a Felső-Tiszán töltés szakadást okozva pusztított a Beregben. Áttekintve a Tisza főbb magyarországi vízmércéin mért árvízi rekordokat megállapítható, hogy az utóbbi négy év árvízszint növekedései lényegesen meghaladják az 1970. előtt tapasztalt mértéket, különösen a Felső- és Közép-Tisza vonatkozásában.

Árvízcsúcsok növekedése a Tiszán

ÉVEK	TISZA-BECS	VÁSÁROS-NAMÉNY	ZÁHONY	TOKAJ	TISZA-FÜRED	KISKÖRE (Taskony)	TISZABŐ	SZOLNOK	CSONG-RÁD	SZEGED
1888.	-	900	751	872	742	-	-	818	834	847
1895.	-					841	866	827	867	884
1919.	-					882	919	882	929	916
1925.	466									
1932.					750		921	894		923
1933.	535									
1947.	573									
1967.					765					
1970.	680	912			773	887	935	909	935	961
1979.				880	788	912	949			
1998.	708	923								
1999.				894	835	978	1023	974		
2000.				928	881	1030	1080	1041	994	
2001.	736	941	758							
Új maximumok száma 1888. után	6	4	2	4	7	6	7	7	5	5

Számunkra a 2000. áprilisi árhullám volt különösen veszélyes. Kiskörén 143, Szolnokon 132 cm-rel haladta meg az 1970. évi árvízszintet. Szolnokon 17 napig tartózkodott az árvízszint a töltések magassági méretezésénél figyelembe vett mértékadó árvízszint (MÁSZ) felett.



A rendkívül magas vízszinttel levonult árhullámot a hóolvadás, valamint a Felső-Tisza és a Bodrog vízgyűjtőjén több hullámban leesett csapadék együttesen okozta. Ugyanakkor a Szamoson, a Körösön és a Maroson nem volt egyidejűleg jelentősebb árhullám. A helyzetre jellemző, hogy 155 km-en kellett a 4-5 méter magas töltéseket 20-70 cm-rel magasítani, egyes "magas parti" szakaszokon pedig 1-2 méter magas új töltéseket építeni egy hét alatt. Így is 305 km védvonal hosszon volt 20 cm-nél kisebb biztonságunk, egyes szakaszokon 3 km-nél szélesebb víztükör mellett, több tíz km-en kellett a töltéseket erősíteni.

Beépítettünk 8 millió homokzsákot, csúcsban más mint 15.000 ember védekezett. Idejében észleltünk minden jelenséget, és volt elég erőnk, hogy elhárítsunk több, töltés-szakadással fenyegető árvízi jelenséget. Ennél az árvíznél a Közép-Tiszán a három kritikus hét alatt április 13-tól május 04-ig a védvonal bármely szakaszán, bármikor megtörténhetett volna a legrosszabb, a töltés szakadása.

A Tiszán és a Zagyva torkolati szakaszán az árvízszint 70-106 cm-ig haladta meg a mértékadó árvízszintet, figyelembe véve, hogy a hazai töltések magasságát a MÁSZ+1 méterben határozták meg, az árvízvédelmi töltések felső egy métere mindenütt vizet tartott. Tudni kell, hogy ez a rész a gyakori átfagyás és kiszáradás miatt fellazul, így vízzárás és víztartás vonatkozásában csökkent értékű.

Az, hogy a katasztrófát el tudtuk kerülni, a szaktudásnak, a pontos előrejelzésnek, a példátlan méretű összefogásnak, emberi helytállásnak, valamint a szél és csapadékmentes időjárásnak volt köszönhető (áprilisban a kritikus három hét alatt nem fújt 50 km/óránál nagyobb sebességű szél, nem esett eső), ezért a hullámzás nem támadta az amúgy is igénybe vett töltéseket, és volt lehetőség a védelmi anyag szállítására.

Értékelve a kialakult helyzetet, három tényt állapíthatunk meg:

– az árvízvédelmi rendszerben ilyen árvízszintek esetén nincs fizikai tartalék,
– nincs garancia arra, hogy hasonló árvizek esetén hasonlóan alakulnak a védekezést befolyásoló hidrológiai, meteorológiai körülmények,
– a 2000. évinél magasabb árvízszint kialakulása (figyelembe véve a mellékfolyók vízjárásának bekövetkezhető egyidejűségét), reális az esély.

Mindezt összegezve levonhatjuk azt a következtetést, hogy ilyen, vagy ezt meghaladó árvízi terheléssel szemben a sikeres védekezésnek a reális esélye minimális.

Milyen árvízszintek várhatók a jövőben?

A 4. sz. diagramm a Szolnoki szelvényben mutatja az árvizek számának és magasságának alakulását az elmúlt 120 évben, 30 éves ciklusonként. Ha az érzékelhető trend a következő 30 évben is így folytatódik (nincs okunk feltételezni, hogy nem így lesz), akkor a kritikus magasságú árvizek gyakori megismétlődésével kell számolnunk.

Számba vettük az árvízszintre kiható folyamatokat a külföldi és a belföldi vízgyűjtőn, valamint a magyarországi árvízi mederben. (Ilyen folyamatok pl. az erdőállomány változása, burkolt területek növekedése, feliszapolódás, folyók betöltésezése stb.). Megállapítottuk, hogy a folyamatok túlnyomó többsége az árvízszint emelkedése irá-

nyába hat, különösen a Felső-Tisza, a Bodrog vízgyűjtő, valamint a Közép-Tisza vidéki folyószakaszokon várható vízállások tekintetében. Külön és önmagában is elgondolkodtató a maximális vízállások és vízhozamok alakulása.

Jól látható, hogy az 1970. évihez hasonló vízhozam 1999-ben Szolnok térségében 65 cm-rel magasabban folyt le annak ellenére, hogy lényegesen kedvezőbb volt a vízfelszín esése Szolnok-Csongrád-Szeged viszonylatban. (Nem volt jelentős körösi-marosi árhullám). Az elmúlt 120 esztendőben (pl. 1888, 1895, 1932. években) számítások és az akkori mérések szerint a 2000. évinél valószínűleg lényegesen nagyobb vízhozamú árhullámok vonultak le a Tisza szolnoki szelvényében lényegesen alacsonyabb szinten.

Maximális vízállások és vízhozamok alakulása

év	H_{max} Szolnok	H_{max}-hoz tartozó Q	Q_{max} Szolnok	H_{max} Szolnok - H_t Csongrád	H_{max} Szolnok - H_t Szeged
	(cm)	(m^3/sec)	(m^3/sec)	(cm)	(cm)
1895.	827	2908	3317	221	465
1919	882	-	-	264	509
1932.	894	2768	3179	232	492
1970	909	2400	2450	239	492
1979.	904	2320	2424	369	650
1998.	897	1970	2161	384	714
1999	974	2334	2403	352	677
2000.	1041	2487	2608	312	633

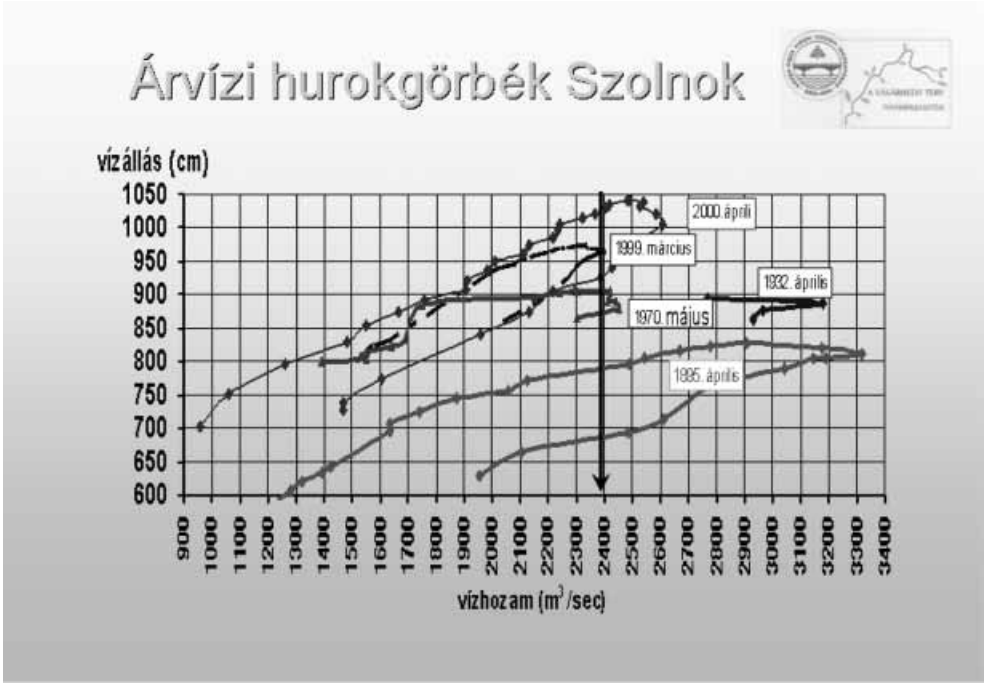
Ez az árvízi meder kedvezőtlen változására utal.

A Szolnokon végzett legutóbbi árvízi vízhozam mérések még markánsabban jelzik azt a kedvezőtlen változást, ami az árvízi mederben lezajlott. Látható, hogy ugyanaz a vízhozam egyre magasabb szinten folyik le.

Az árvízi meder változása tehát az árhullámok levezetése szempontjából kedvezőtlen, ha nem tudjuk ellensúlyozni, a számos apró összetevőből előálló kedvezőtlen hatásokat, további emelkedéssel kell számolni.

Említettük, hogy ráadásul azzal az eshetőséggel is számolni kell, hogy nagyobb vízhozamokat kell levezetni a Tiszán, mint 2000-ben, ami természetesen magasabb árhullámok kialakulását jelenti.

További kockázati tényezőt jelent az időjárás változás. Számos kutató a szélsőséges időjárási szituációk számának növekedését prognosztizálja, ami a szélsőséges árvizek megjelenésének gyakoribbá válását vonhatja maga után.



Hogyan tudunk az egyre magasabb árvizek ellen védekezni?

Az elmúlt 150 évben elődeink egy-egy árvízi rekord után megemelték az árvízvédelmi töltések előírt magasságát. Jól látható viszont, hogy 1934. és 2002. között csak jelentéktelen mértékben, 17 cm-rel emelték a töltések előírt korona szintjét. Térségünkben az elmúlt 70 évben gyakorlatilag az 1934. évi előírásnak megfelelően épültek ki a hidak, a közmű keresztezések, a töltések és azok műtárgyai. Ennek megfelelően határozták meg a Tisza-menti települések építési előírásait.

A mért legnagyobb vízállás		Árvízvédelmi töltések előírt magassága	
cm	éve	év	cm
685	1853.	1855	760
739	1855.	1860	865
818	1888.	1888	968
894	1932.	1934	**1044**
909	1970.	1976	1061
974	1999.		1061
1041	2000.		**1061**

Ha az elődeink által követett utat járnánk, akkor a magassági előírást egy-másfél méterrel meg kellene emelni. Új koronaszint esetén valamennyi hidat meg kellene emelni, az árvédelmi rendszer valamennyi műtárgyát, közmű keresztezését át kellene építeni és a Tisza-parti települések esetében jelentős ingatlan kisajátítást kellene végrehajtani.

És még valami. Jelenleg a Közép-Tisza töltései az előírt méretre jelentős hosszban nincsenek kiépítve, ami azt jelenti, hogy a jelenlegi töltések nagy részén nem egy métert, hanem ennél nagyobb, helyenként másfél métert kell emelni, egyes "magasparti" szakaszokon új töltéseket kell építeni.

Az egyre magasabb árvízszint egyre nagyobb fenyegetettséget jelent a védett területen élőkre és a védett vagyonra, különösen igaz ez a Közép-Tisza vidékén, ahol a töltések magassága helyenként most is meghaladja az 5 métert. A Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Intézetének kutatásai szerint a Közép-Tisza vidék helyzetét tovább rontja, hogy évente 4 mm körüli értékben süllyed a felszín. Ez az elmúlt 150 év alatt 60 cm-t jelent, ami relatíve hozza rosszabb helyzetbe a Közép-Tiszát az itt torlódó árhullámokkal szemben.

Hogyan tovább?

Az elvégzett vizsgálatok és értékelés alapján számunkra egyértelművé vált, hogy fel kell készülnünk az egyre magasabb árvízszintek kivédésére, amit a jelenleg érvényes előírások alapján megépített védelmi rendszerrel biztonságosan nem tudunk megvalósítani. Ezért vagy a töltéskorona előírt szintjének az emelését választjuk – és ez esetben a Tisza-völgy nagy részében a töltéseket újabb egy méterrel megemeljük -, vagy megvizsgáljuk, hogyan lehet csökkenteni az árvízszinteket. Erre vonatkozóan több lehetőség kínálkozik. Az egyik a folyó kiterülésének (az eredeti ártér elárasztásának) visszaállítása, a másik a nagyvízi meder vízszállításának javítása, a levonulás gyorsítása, végül a tározók létesítése.

A régi ártér újbóli igénybevételét reálisan nem lehet célul kitűzni a Tisza-völgy beépítettsége, területhasználata, a szabályozatlan vízkiterülés környezeti és vízminőségi károkozásai ezt teljesen kizárják. Lehetőséget látunk viszont arra, hogy a közép-tiszai árvízi mederben zajló folyamatok befolyásolásával jelentős árvízszint csökkentést érjünk el. Részletesen vizsgáltuk az árvízi tározók létesítésének lehetőségét. Az elvégzett számításaink szerint Tokaj és Tiszasüly között mintegy 1 milliárd m3 árvízi tározó létrehozásával lehet biztosítani, hogy a 2000 évihez hasonló árhullám 1 méterrel alacsonyabb szinten vonuljon le a Közép-Tiszán.

Szakítanunk kell azzal a korábbi gyakorlattal is, hogy az árvízi tározókat robbantással, vagy kotróval nyissuk meg. A tiszai árhullámok jellege és nagysága szükségessé teszi, hogy a töltések között biztonsággal le nem vezethető vízmennyiséget szabályozottan vezessük ki az árvízi tározókba. Onnan csak akkor vezessük vissza, amikor a Tisza alsóbb szakaszainak árvízi helyzete azt lehetővé teszi, és természetesen csak akkor, ha a betározott víz nem hasznosítható. Ezt megfelelően kiépített ki- és beeresztő műtárgyakkal tudjuk megvalósítani.

Elemzéseink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a Tiszával kapcsolatosan egy új árvízvédelmi koncepció kidolgozása szükséges, amely az árvízi biztonság növelését alapvetően az árvízszint csökkentő módszerek (vízkiterülés, töltés kijjebb helyezés, nagyvízi meder rekonstrukciója, tározás) együttes alkalmazásával éri el, és csak ott választja a töltések előírt magasságának növelését, ahol az előbbiek nem vezetnek eredményre.

Vízügyi szakemberek szűkebb körének bevonásával készült el 2000. novemberében – jóval a beregi töltésszakadás előtt – a "Gondolatok az új Vásárhelyi-terv koncepciójának kialakítására, különös tekintettel a Közép-Tisza vidéki árvízvédelmi helyzetre" című dolgozat, amelyben megfogalmaztuk az elérendő célokat és az elvégzendő legfontosabb vizsgálatokat. Az új koncepció szakmai megalapozása érdekében végzett munkánkból jelenleg részletesen ismertetjük a Tisza Kisköre és Csongrád közötti árvízi medrének változásaival kapcsolatos vizsgálatainkat.

Árvízi mederrel kapcsolatos folyamat vizsgálatok

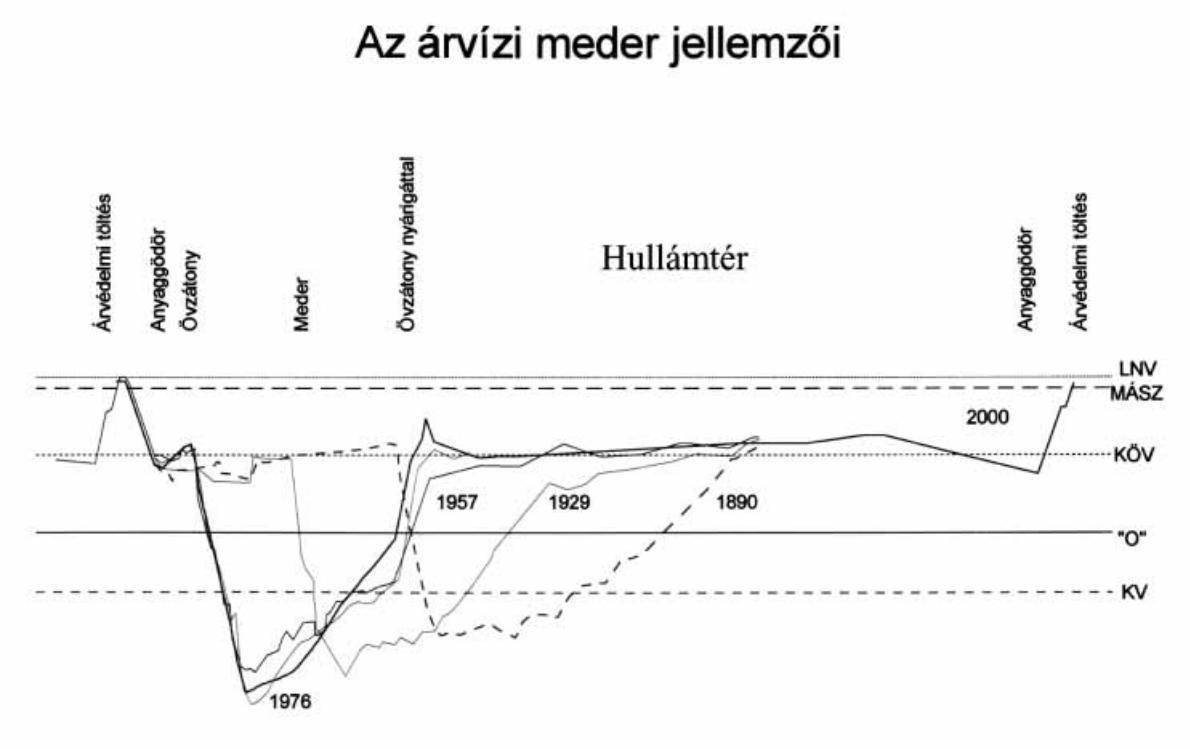
A rendelkezésre álló adatok, térképek, dokumentumok, idős vízügyesek elbeszélései alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy az árvízi meder vizsgálatát történelmi léptékben kell elvégeznünk, mert e területen olyan mértékű és folyamatos változások zajlanak, amelyek hosszú távon befolyásolják – emberi tevékenységtől függetlenül is-, a térségünkben kialakuló tiszai árvízszinteket.

A következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen, a Tisza árvízszintjét befolyásoló folyamatok zajlottak le az árvízi mederben az elmúlt 220 évben?
- Milyen folyamatok várhatók a következő évtizedekben?
- Az előbbieknek külön-külön is és összességében is milyen hatása volt, illetve lesz az árvízszintek kialakulására?
- Beavatkozzunk-e a hullámtéri folyamatok menetébe, s ha igen, akkor mit tegyünk?

Az árvízi meder összetettsége (hullámtér, övzátony, ősmeder), időben és térben való állandó változása, és e változások hatásának értékelése szükségessé tette, hogy egy újszerű vizsgálati rendszert alakítsunk ki.

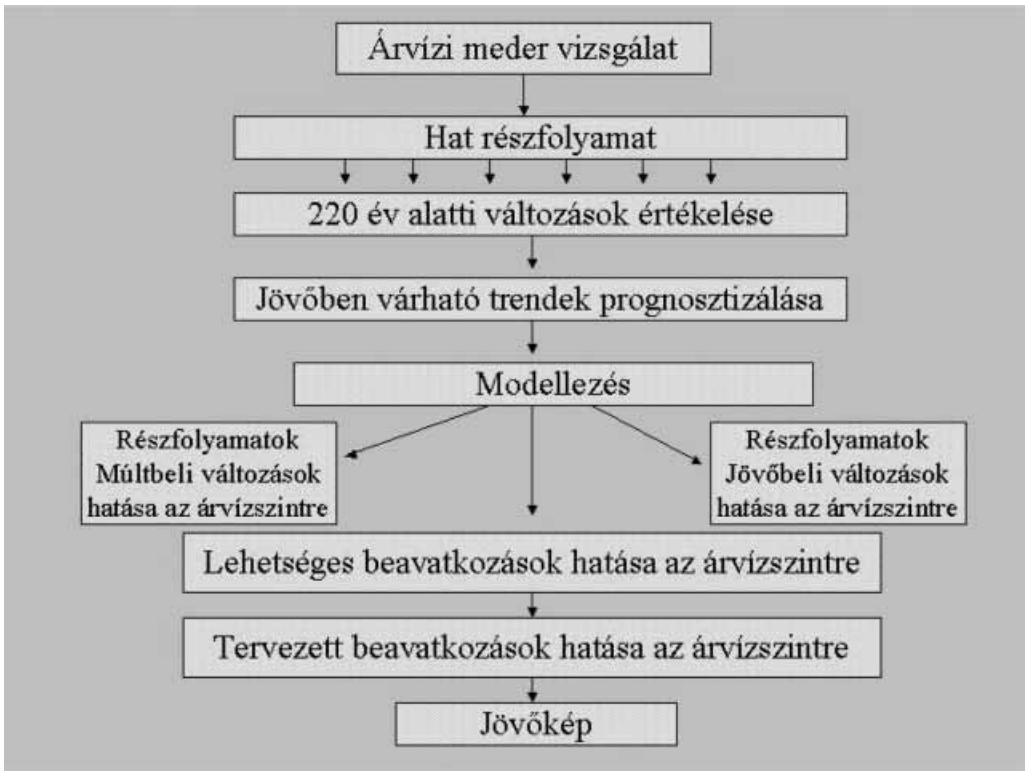
Annak érdekében, hogy az egyes folyamatok, az emberi beavatkozások értékelhetők, számszerűsíthetők lehessenek, az árvízi mederben zajló folyamatokat 6 részfolyamatra bontottuk és azokat külön-külön vizsgáltuk.



A hat részfolyamat a következő:

– árvízi meder területének változása,
– árvízi mederben mesterségesen létrehozott vízfolyási akadályok időbeni változása,
– hullámtéri területhasználatok változása,
– a közép-vízi meder változása,
– övzátonyok fejlődése,
– a hullámtér feliszapolódása.

A vizsgálatokat az alábbi logikai menet szerint végezzük.



A vizsgálatokhoz pedig az alábbi dokumentumokat használtuk:

– 1780-as évekből az első magyar katonai térkép,
– 1860-70-es évekből a második magyar katonai térkép,
– az 1890-es években készült "Tisza hajdan és most" kötetben összegyűjtött térképek és mederfelvételek,
– az 1930-as évek elején megismételt és dokumentált felmérések,
– az 1957, 1976-ban készült Tisza mappák,
– a 2000-2001. évi mederfelvételek,
– az árvízi mederben végzett geodéziai mérések,
– a legutolsó kiadású 10.000-es és 100.000 méretarányú térképek,
– a 2001. évi légi felvételből készített orto-fotó és digitális terepmodell,
– a földnyilvántartási térképek adatai,
– egyéb dokumentumok.

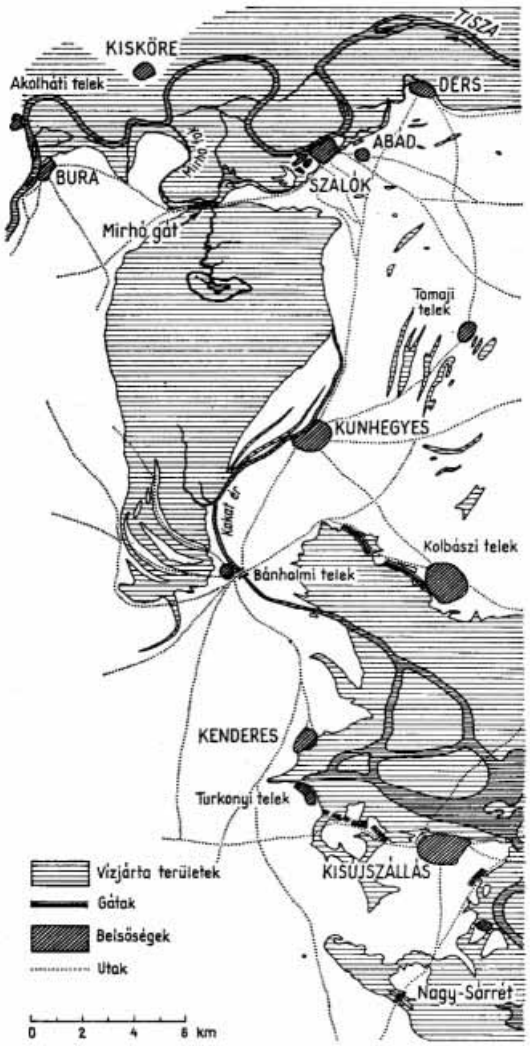
Valamennyi dokumentumot digitalizáltuk, a térképeket az Egységes Országos Vetületi rendszerbe (EOV), a magassági adatokat azonos Balti alapsíkra számoltuk át. Tervezzük az 1930-as és az 1950-es években készült katonai térkép és az 1970-es árvízről készült légi fotó digitalizálását. A felsorolt adatbázist, helyszíni felmérésekkel, feltárásokkal egészítjük ki, illetve szükség esetén kontroláljuk.

Az árvízi meder területének változása

1754-ben épült meg Abádszalók közelében a Mirhó-gát (helyszínrajz, 14. sz. ábra) első része. Ezzel kezdődött meg térségünkben az árvízi meder területének szűkítése. A gátat az aszályos években 1776-ban elbontották, majd hosszas viták – és nagy árvizek – után 1785-ben végleg megépítették.

1890-re többségében elkészültek a mederátvágások, megépültek az árvízvédelmi töltések. Így célirányosan 1892-höz viszonyítva mértük fel az árvízi meder változását Tiszafüred és a Körös-torok között.

A Mirhó-gát által védett terület



Árvízi meder terület csökkenése Tiszafüred-csongrád között

Helye	Időpont	Terület csökkenés ha	Tározó térfogat mértékadó árvízszintnél millió m^3
1888 - 1945. között			
Csongrád, Hármas Körös torkolattól Tiszasas-Csépa vonaláig	1890-1895. között	8.200	439,8
Tiszakécske magasparttól Szolnok, volt vasúti töltésig, beleértve a Közös-főcsatorna és a Körös-ér völgye is	1929-1931. után	16.065	319,2
Szolnok, Alcsi-Szajol (161/1 vo) között	1890-1991. és 1929-1931. között	5.500	162,0
Szajol, 166 vo és a 165 vo közötti szakasz	1929-1931. között	285	5,7
Pityókától-Tiszabőig (159/2 vo - 155/2 vo között)	1929-1931. között	1.480	56,6
Kisköre alatt, Akolhát (144/1 vo - 143/2 vo között	1929-1931. között	650	17,8
Kisköre fölött, Cserőköz	1929-1931. között	900	16,0
Ö s s z e s e n :		33.080	1.017

1945. után			
Szolnok, Új 4. sz. főút miatti töltés áthelyezés	1989-1991. között	445	16.9
Tiszabura	1968-1973. között	81	3,3
Abádszalók	1968-1973. között	72	2,4
Ö s s z e s e n :		598	23
M I N D Ö S S Z E S E N :		33.678	1.040

Felméréseink szerint Tiszafüred és Csongrád között (1892-től 1945-ig) az árvízi meder területe 33.000 hektárral csökkent, ezzel az árvízi meder elvesztette tározó képességének közel felét. Mértékadó árvízszint esetén ezen az „elvesztett” területen egy milliárd m3 víz férne el.

1945. után csak három kisebb jelentőségű töltés áthelyezésére került sor, 23 millió m3-rel csökkentve az árvízi tározó térfogatot. Nem igazolható tehát, hogy a szocialista gigantománia tette tönkre a folyók vízállapotát.

Mesterséges létesítmények az árvízi mederben (nyárigátak, épületek, utak, hidak stb.)

– 1780-1892. között a hidak kivételével nem épült semmi az árvízi mederben, ami vízfolyási akadályt jelentene.

– 1892-1945. között megjelentek a nyárigátak, de magasságuk nem haladta meg lényegesen az övzátonyok akkori magasságát (I. fokú árvízszintet).

– 1960-tól erősödött fel a nyárigátak építése, és különösen az 1980-as években magasították a Tsz-ek az engedélyezett koronaszint fölé azokat (III. fokú árvízszint fölé 0,5-1 m-rel). Területünkön összesen 128 km nyárigát épült, többségében az övzátony magasításával.

– 1960 után kezdődött a hullámtéri üdülők építése ráadásul az előírástól eltérően (Tiszapüspöki, Tiszaug, Doba, Nagykörü, Szolnok).

– 1980-as évektől jelennek meg az erdészeti tuskóprizmák és az azokon felnőtt rendkívül sűrű faállomány.

– 1997-től nem épült új vízfolyási akadály, ugyanakkor megkezdtük a nyárigátak engedélyezett szintre való visszabontását.

Hullámtéri területek használata

Az első katonai térkép szerint a jelenlegi hullámtérben erdő elvétve található. A térkép a Tisza egyik partján szórvány fákat tüntet fel, míg a másik partját famentesnek ábrázolja (hajó vontató út volt az egyik part). A terület nagyobb része mocsár volt, a többi területen többségében rét-legelő, kisebb részben szántóföldi gazdálkodást folytattak. Magasabb homokos területeket szőlő ültetvények és gyümölcsösök foglalták el.

Az 1890-es térképen megjelentek az újonnan épített árvédelmi töltések hullámverés elleni védelmére telepített véderdők. A véderdők szerepe azért volt rendkívül fontos, mert a hullámtérben elvétve fordult elő összefüggő területen erdő. A hullámverés ellen védelmet csak a töltések elé újonnan telepített erdősáv nyújtott. Jellemző területhasználat továbbra is a rét, legelő, szántó és mocsár.

Az 1902-ben készült felmérés szerint a hullámtér terület használatát táblázatba foglaltuk. Ekkor az erdőterület aránya a Közép-Tisza vidékén 7 % volt, a Tisza teljes szakaszán 14 %.

Hullámtér területének megoszlása 1902-ben

Az erdőállomány gyors gyarapodása a termelőszövetkezetek megalakulása után kezdődött el, mellyel együtt járt a legeltetés visszaszorulása, és a hullámtéri legelő területek csökkenése. Az olaj, majd a gázfűtésre való áttérés jelentősen csökkentette a tűzifa iránti igényt, folyamatosan elmaradt az erdő aljak és a mederrézsű tisztítása, népnyelven szólva a "kutyafa" gyűjtése. Az 1960-as évekig az erdők alját minden évben ősszel kitisztították, a fákat – gyümölcsösöket is beleértve – magas koronával nevelték. A fák alatt az árvíz szabadon tudott folyni.

Meder szakasz	Rét, legelő		Szántóföld		Erdő		Mocsár, állóvíz, anyaggödör	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
A Köröstől-Szolnokig	11.855	69	1.399	8	767	5	3.126	18
Szolnoktól-Tiszaderzsig	9.793	62	2.246	14	1.400	9	2.410	15
Tiszaderzstől-Ároktőig	19.944	70	2.003	7	1.998	7	4.232	16
Közép-Tisza össz.	41.592	68	5.648	9	4.165	7	9.768	16
Torkolattól-Tiszaújlakig össz.	74.610	53	24.464	17	20.238	14	21.344	15

1970-től a szántóföldi művelés visszaszorult a magas nyárigátakkal védett területekre. A többi területen felhagytak a szántó műveléssel, helyette vagy erdőt telepítettek vagy parlagon hagyták. A parlagon hagyott területeken 3 éven belül több méter magas áthatolhatatlan sűrűségű fás állomány alakult ki.

Az 1998-1999, 2000, 2001. évi árvizek miatt a maradék szántók és legelők többségének művelése is lehetetlenné vált, helyükön rendkívül sűrű többségében pionír fajtákból álló fás állomány növekszik gyors ütemben.

A Közép-Tiszán a jellemző mederesés 3 cm/km. A kialakult, illetve kialakuló sűrű bozóton az árvíz áramlása jelentősen lelassul a rét, legelő és aljnövényzettől mentes erdő területekhez viszonyítva. A 2001. évi légi felvétel és a 2002 szeptemberi terület bejárások alapján, 2002 évben a művelt szántó és rét területek arányát csak 3-5 %-ra becsüljük. A mederrézsűn a + 2 m-es vízszint felett hatalmas fák nőnek, a folyó fölé hajolva jelentősen csökkentve a középvízi meder szabad keresztmetszetét.

Középvízi meder

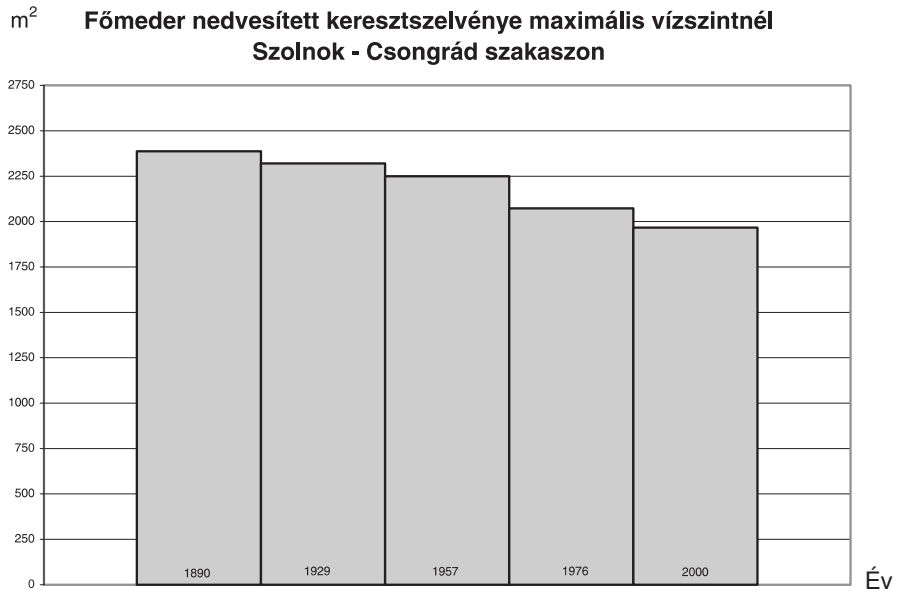
A Közép-Tisza vidéki mederátvágások tervei, valamint az 1890-es felvételek tanulsága szerint széles, legalább egyik partján lapos mederrézsű jellemezte a középvízi medret.

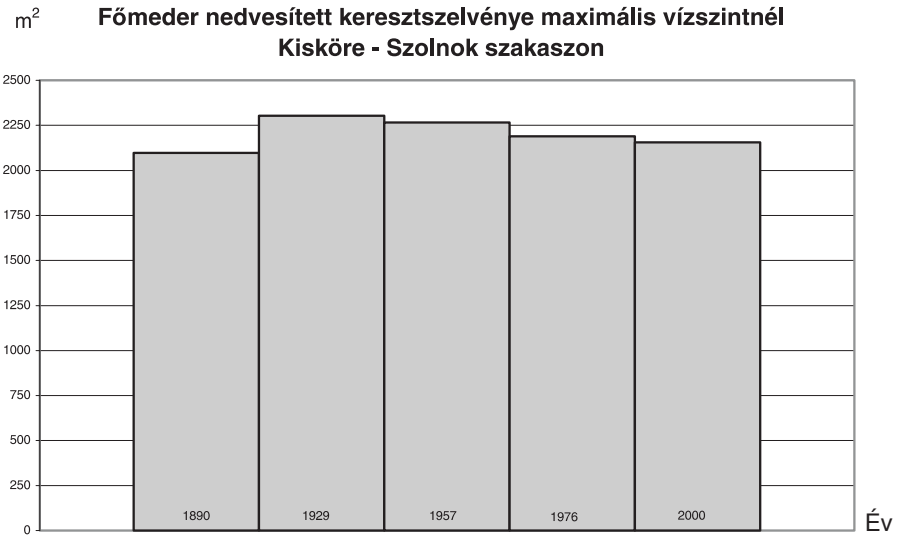
Az átvágások megépítésével elindult egy meder mélyülési folyamat, amit a középvízszinthez tartozó mederszélesség csökkenése kísért.

A Kiskörei Vízlépcső hatásaként a Kisköre-Szolnok közötti szakaszon a meder mélyülése tovább folytatódott, ami az elmúlt években megállt. Szolnok alatt megkezdődött a meder feltöltődése.

A hordalékmozgás eredőjeként az 1950-es évektől a középvízi meder keresztmetszetének csökkenése Szolnok-Csongrád között nagyobb, Kisköre-Szolnok között kisebb mértékű.

A középvízi meder szűkülése, valamint a meder rézsűkön felnőtt faállomány jelentősen csökkenti a főmeder vízszállító képességét.





Övzátony képződés

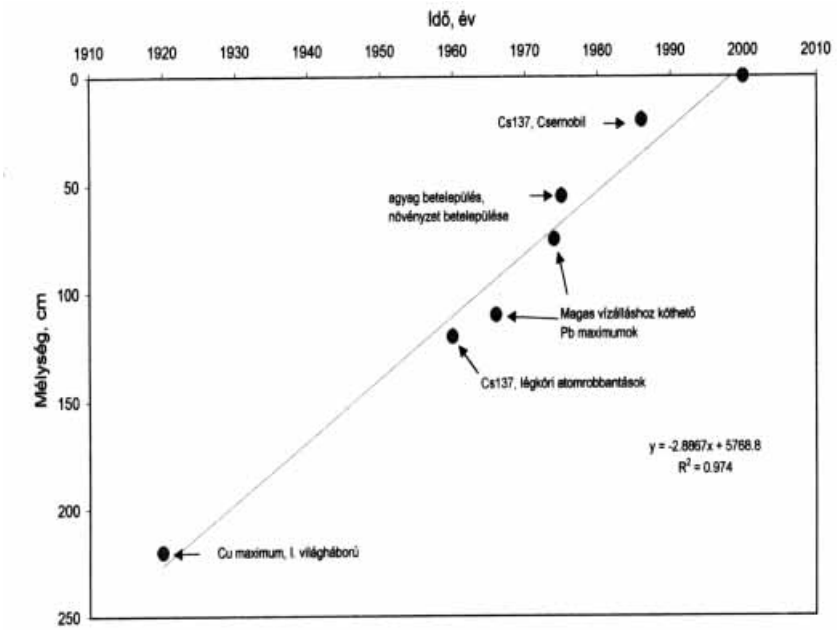
A Tisza hegyvidéki vízgyűjtőjén lehulló nagy intenzitású csapadékok jelentős hordalékot képesek a mederbe szállítani. Amíg a folyók nem voltak a hegyvidéki területig töltések közé szorítva, hordalékuk jelentős részét a hegyek lábánál sík területekre kiérve lerakták. A Tisza és mellékfolyói mentén a töltések hosszának növekedésével egyre nagyobb hordalék mennyiség jut le a Közép-Tisza vidékére, ahol a víz sebessége lecsökken, és a folyó a hordalékának egy részét itt rakja le.

A középvízi mederből a hullámtérre kilépő víz sebessége hirtelen lecsökken és hordalékának jelentős részét a folyó partján lerakja. Ezzel folyamatosan építi az úgynevezett "övzátonyt". A Tisza-tó térképén jól látható, hogy a jelenlegi nyári duzzasztási szint mellett a folyót végig a kétoldali övzátonyon felnőtt erdősáv kíséri, és mögötte 1,0-3,0 m-rel mélyebb területek helyezkednek el.

Szolnok fölött a bal parton átvágtunk egy övzátonyt, melynek magassága 2,4 m, szolnoki vízmércén mérve 761 cm. Két cm-enként vett rétegminták elemzésével meghatároztattuk az egyes rétegek korát. Azt tapasztaltuk, hogy az övzátony fejlődési üteme lineáris, évente meghaladja a 2 cm-t. Az övzátonyok magassága, távolodva a főmedertől általában gyors ütemben csökken.

Szolnoki övzátony kormeghatározása

Méréseink szerint, ahol a főmeder oldalirányban nem mozog, a szabályozás óta az övzátonyok 1,0-2,5 métert emelkedtek és folyamatosan zárják el a hullámtéri medret a főmedertől, így az övzátony szintje alatti árhullámoknál a hullámtér nem tud részt venni a vízszállításban, az e fölötti árhullámoknál pedig csökkenti annak kapacitását. 110 évvel ezelőtt az övzátonyok többsége az 500-600 cm-es vízmagasság között helyezkedett el. A mai jellemző érték 700-750 cm.



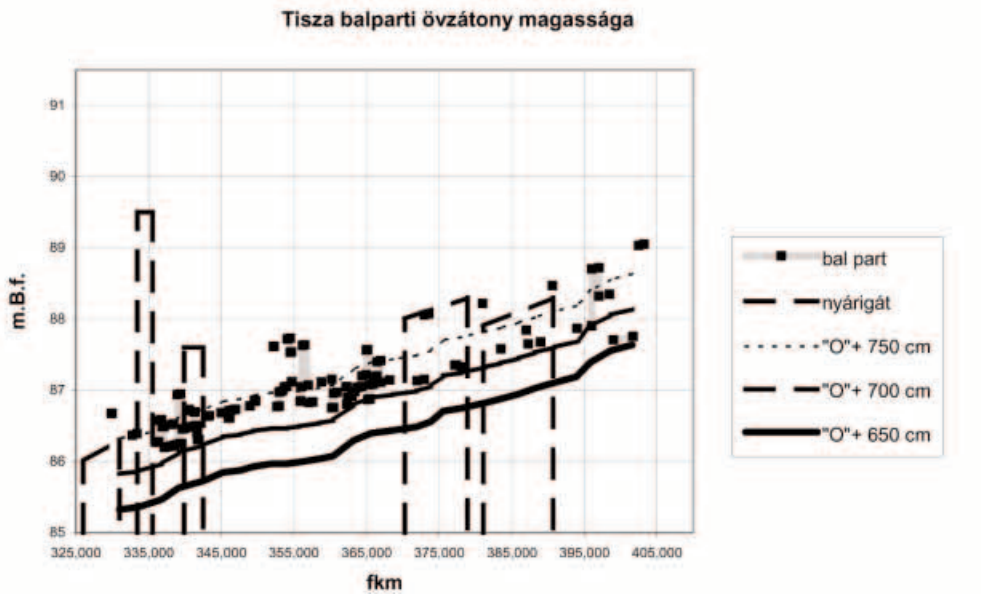
A hullámtér feliszapolódása:

Az övzátonyon átlépő, illetve annak fokain átáramló víz hordalékának egy részét a hullámtéren lerakja. A hullámtérről a főmederbe visszaáramló víz hordalék tartalma töredéke a kiáramló vizének.

A hullámtéri területek feliszapolódása rendkívül szélsőséges, 0-tól több méterig terjedhet. Legvastagabb feliszapolódást a hullámtéri holtágakban, mélyedésekben (kubik gödrökben) és a viszonylag keskeny hullámtéri meder szakaszokon mérjük. (Ilyen szakaszokon nem ritka az 50 év alatti 1,5-2 m-es feliszapolódás. 40-60 éves fák tuskóinak kiásásakor ez jól érzékelhető.)

A sűrű hullámtéri növényzet kialakulása tovább fokozza a hordalék lerakódást. A kiülepedő hordalék megemeli a hullámtér terepszintjét, ezzel csökkenti a vízszállító és tározó képességét, növeli az árvizek magasságát.

Összegezve az előbbieket, az árvízi mederben lezajló folyamatok közül kettő, az árvízi meder szűkülése és a mesterséges létesítmények számának növekedése, ember döntésétől függ.



A jövőben az árvízi meder területének és keresztmetszetének szűkítése helyett annak bővítése irányába kell a döntéseket hozni. Meg kell akadályozni további hullámtéri vízfolyási akadályok építését. Ha ez elkerülhetetlenné válik (pl. hídépítés esetén), azt megfelelő beavatkozással ellensúlyozni kell. A már meglévő akadályok eltávolítására programot kell kidolgozni. Ha az ember a hullámtéri területek használatával felhagy, az ott magról kikelő fás növényzet rendkívül nagy vitalitása következtében a hullámtér pár éven belül elveszti vízszállító képességét és csak árvízi tározóként funkcionál.

Őseink széles hullámtereket alakítottak ki a kis esés miatt a Közép-Tisza vidékén és tisztán tartották azt, így biztosítva, hogy a nagy árvizek elviselhető magasságban folyjanak le. A különböző érdekek összehangolásával ki kell alakítani a hullámtéri gazdálkodás új rendjét, jelentős területeken vissza kell állítani a hullámtéri legelőket és a vízfolyási akadályt képező aljnövényzettől mentes erdősávokat, egyben megőrizve az értékes hullámtéri faállományt.

A középvízi meder változása, az övzátonyok emelkedése, a hullámtéri feliszapolódás emberi akarattól részben független folyamat, a vízgyűjtőn végrehajtott emberi beavatkozás azt csak gyorsíthatja. Tudatos intézkedéseinkkel a folyamatot csak lassítani tudjuk, negatív hatásuk ellensúlyozására intézkedési programot kell kidolgozni.

Összességében megállapíthatjuk, hogy az árvízi mederben az elmúlt 220 évben lezajlott folyamatok egytől-egyig az árvízszinteket emelték. Egy részük az emberi akarattól függetlenül is folytatódik a jövőben. A folyamatban lévő vizsgálatok célja, hogy számszerűsítse a múltbeli és a várható jövőbeli folyamatok árvízszintre gyakorolt hatását.

Végül álljon itt egy idézet az 1885-ben kiadott első magyar vízügyi törvény magyarázó részéből:

„Hazai mérnökeink is belátták, de ezen nézetükben megerősíttettek a szegedi katasztrófa után meghallgatott külföldi szakértők véleménye által is, hogy csak töltések emelése által az árviznek kitett területek bizton nem mentesithetők, hanem szükséges, hogy az árvizeknek rendes lefolyása is biztosittassék, minélfogva a töltések közti előterekről minden a vizfolyást akadályozó ültetvény vagy épület egy bizonyos szélességben eltávolitandó s az ezen területen alkalmazandó mívelésmódok meghatározandók. Az ilyen rendszabálynak rendeleti uton való végrehajtása azonban számtalan nehézségekre adott volna alkalmat s igy várni kelle azzal, míg a törvény rendelkezik.”

A XIX. században elvettük a Tisza árterületének nagy részét. A XX. században az ember és az erdő elfoglalta a Tisza hullámterét. Annak érdekében dolgozunk, hogy a XXI. században a Tisza visszakapja a hullámterét és árterének egy részét.

Döntési kényszer

A 2000. évi árvízi helyzet értékelése, a Tisza vízgyűjtőjén és az árvízi mederben lezajló folyamatok vizsgálata valószínűsíti egy eddiginél nagyobb árvíz kialakulásának lehetőségét, ami katasztrófát okozhat, amennyiben a jelenlegi árvízvédelmi rendszert nem fejlesztjük. Helyzetünk évről-évre rosszabb, a döntés nem halogatható.

Ha halogatunk és nem csinálunk semmit, azzal az árvízi katasztrófát készítjük elő, tudva azt, hogy annak időpontját előre nem lehet megmondani. Egyes „gondolkodók” felvetik a védett ártéren élő lakosok egy részének áttelepítését, de ezzel a lehetőséggel mi még gondolatban sem kívánunk foglalkozni.

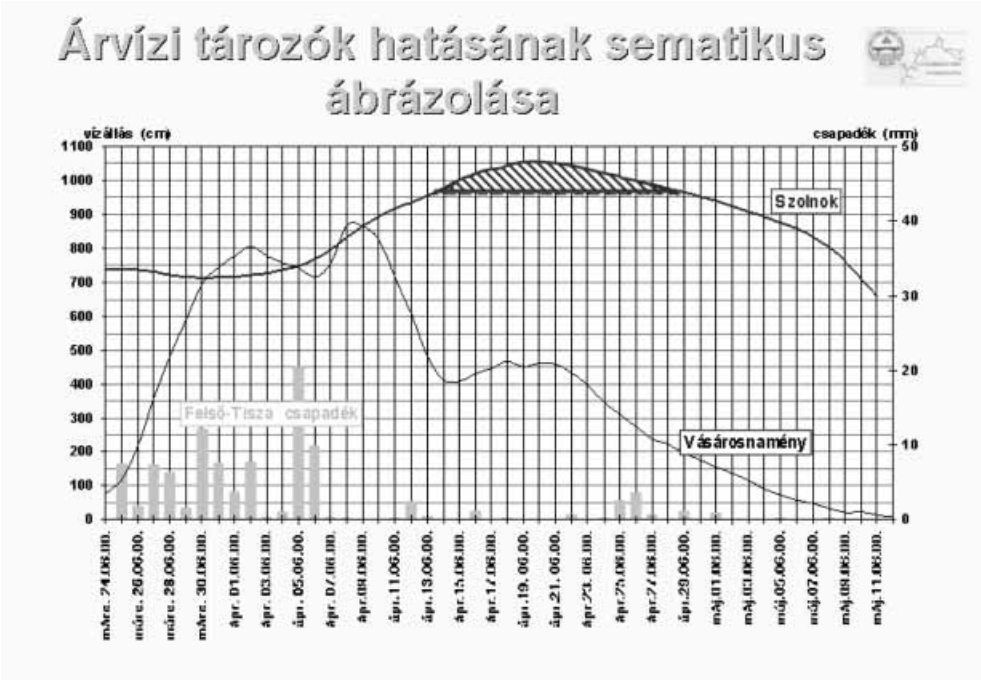
Az általunk lehetségesnek tartott és vizsgált változat: a védett ártéren élők biztonságának növelése. Vizsgálataink elején az árvízszint csökkentést mint biztonság növelő módszert, a korábbi gyakorlat (töltések folyamatos emelése) alternatívájának szántuk. Mai ismereteink alapján azt kell kijelentenünk, hogy csak az árvízszint csökkentés a reális változat.

„Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése” című koncepció

A szakminisztérium irányításával 2001-ben elkészült a „Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése” című koncepció terv, aminek nyilvános vitája, szakmai és lakossági egyeztetése is megtörtént. A koncepció terv az árvízszint csökkentés megvalósítására helyezi a hangsúlyt, és csak ott fogadja el a töltéskorona előírt magasságának emelését, ahol az elkerülhetetlen. A biztonság növelést, belföldön megvalósuló létesítményekkel kívánja megoldani. A Tisza vízgyűjtő hegyvidéki területeiről az országba zúduló víztömegből, amelyet nem tud biztonsággal átvezetni az árvédelmi töltések között, azt árvízi tározókba helyezi el.

Az árvízi tározókat úgy kell megvalósítani, hogy további építéssel végleges tározóként is tudjanak üzemelni. Tározók építésével segítsük elő az érintett lakosság életminőségének javítását, a tájrehabilitációt, vizes élőhelyek kialakítását és a jövőben várható igények megvalósítását.

A Tisza mentén rendelkezésre állnak azok a területek, ahol a jelenlegi és jövőbeni igényeknek megfelelő árvízi tározókapacitás megvalósítható. Szükséges e területeket e célra fenntartani. Ezen területek jelenlegi hasznosításának folyamatos átalakításával teremthetjük meg a Tisza-menti árvízi tározók, állandó tározók és vizes élőhelyek megvalósításának feltételét.



Annak érdekében, hogy az átvezethető víztömeg minél nagyobb legyen, az árvízvédelmi rendszert egyenszilárdságúra kell kiépíteni – legalább az 1934. évi előírásoknak megfelelően -, és az árvízi meder vízvezető képességét kell növelni.

Ezzel egyidőben a nagyobb vízmegtartó képesség eléréséhez a tározókat üzembe lehet helyezni kisvíz idején is. Meg kell tartani a településeket, az életet, de nagyobb biztonságban egyes, főleg gyenge minőségű területek igénybevételével.

A koncepció terv elkészítésével három célt kívántunk elérni: értékelni akartuk a kialakult helyzetet, erről tájékoztatni kívántuk az érintett területek és az ország lakosságát, és megoldási javaslatot kívántunk adni, hangsúlyozva, hogy a cél az ártéren élő lakosság biztonságának növelése.

Megismerve és tisztelve a Tisza által szabott feltételeket, úgy fejlesszük tovább az árvédelmi rendszerünket, hogy hosszú távon békében és biztonságban élhessünk együtt e szép és szeszélyes folyóval.

E feladat számos szakterület számára jelent komoly kihívást. A vízügyi tudomány terület csak egy ezek közül, amely évszázados ismereteinek összegzésével, legújabb tudományos eredményeivel felvállalja a probléma megoldásának kezdeményezését, és kéri a társtudományok és szakterületek segítségét és együttműködését a Tisza-völgy árvízi biztonságának növelésében.

A Tisza-völgy vízgazdálkodásának jövőképe

Dr. Váradi József – Dr. Nagy István

A Tisza vízgyűjtőn az elmúlt évtizedben ismétlődően előforduló rendkívüli események – az egymást követő újabb és újabb rekordokat és katasztrófákat előidéző árvizek, vízminőségi havariák (cianid, nehézfém szennyezés, alga túlszaporodás, majd teljes pusztulás stb.), vízhiányos időszakok – nyomatékosan ráirányították a figyelmet a Tisza vízgyűjtőjére, az ott folyó gazdasági tevékenységre, a vízgazdálkodás problémáira.

Az állampolgárok és a szakemberek egyre több kérdést tesznek fel, amire mielőbb választ kell adni. Nézzük a leggyakrabban előforduló kérdéseket:

– Mi, vagy mik okozzák a rendkívüli árvizeket?
– A Kárpátokban folyó erdőgazdálkodás milyen hatással van az árvizek és kisvizek nagyságára?
– Meddig emelkednek az árvízszintek?
– Lesz-e elegendő vize az Alföldnek?
– Milyen lesz a vízminőség a Tisza vízgyűjtőjén felszínen és felszín alatt?
– Megismétlődhet-e cianid- és nehézfém szennyezés?
– Mi kell ahhoz, hogy tudományosan megalapozott, előrelátó vízgazdálkodást folytassunk?

A kérdéseket hosszan lehetne sorolni. Ahhoz, hogy ezekre választ tudjunk adni, a jövőt prognosztizálni, tervezni tudjuk, szükséges az egész Tisza vízgyűjtőjére egy új vízgazdálkodási vizsgálati és tervezési metodika kidolgozása. Az új metodika segítségünkre lehet a vízgazdálkodási jövőkép kialakításánál. Megalapozhatja és elősegítheti a jövőben kívánatos magatartásformák, intézkedések megfogalmazását, elősegíti a különböző igények teljesítési feltételeinek, megvalósításuk esetén várható hatásaiknak számítását, prognosztizálását.

Az EU 2000/60/EK Irányelve előírja a vízgyűjtő kerületekre vízgyűjtő gazdálkodási terv készítését. Ajánlásokat fogalmaz meg a Közösség határain túlnyúló nemzetközi vízgyűjtő kerület esetében is.

A vízgyűjtő gazdálkodási terveket 2010-ig el kell készíteni.

A javasolt tervezési metodika és az ajánlott vizsgálatok megalapozzák és elősegítik egy a gyakorlatban jól használható, szakmailag megalapozott vízgyűjtő gazdálkodási terv elkészítését.

Magyarország, ezen belül az Alföld stratégiai kérdése, hogy milyen lesz a vízgazdálkodás helyzete a Tisza vízgyűjtőjén. Ezért szükséges, hogy a kérdéskört mind tudományos, mind gazdasági, mind politikai oldalról súlyának megfelelően kezeljük a jövőben.

A Tisza vízgyűjtő vízgazdálkodási kérdéseinek átfogó vizsgálatát utoljára az 1960-70-es években végezték el, és 1977-ben a Vízgazdálkodási Intézet „A Tisza vízgyűjtő természeti, gazdasági és vízgazdálkodási adatgyűjteménye” cím alatt dokumentálta. Azóta csak rész kérdések vizsgálatára került sor.

1950-1990. között a Tisza külföldi vízgyűjtőjén olyan vízgazdálkodási létesítmények épültek, melyek jelentősen befolyásolják a Tisza-völgy magyarországi részén a vízgazdálkodás lehetőségeit, feltételeit.

1997-ben a Középtisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság kezdeményezésére a tiszai igazgatóságok felmérték, hogy az egyes külföldi rész-vízgyűjtőkön milyen létesítmények épültek meg, milyen vízigényeket elégítenek ki, milyen potenciális és tényleges vízszennyezők vannak. Csak logikai úton vizsgáltuk, hogy ezek a létesítmények milyen hatást gyakorolnak a magyarországi vízgazdálkodásra. (Nem rendelkeztünk olyan eszközökkel és feltételekkel, hogy számszerűsíteni tudtuk volna a hatásokat.)

Az elkészült tanulmány több oldalon sorolta fel, hogy milyen információkhoz nem tudunk hivatalos úton hozzájutni, amelyek viszont szükségesek lennének a megalapozott helyzetértékeléshez. Az elmúlt évek katasztrófái kikényszerítették a Tisza vízgyűjtőn érdekelt öt állam együttműködésének újra indítását, ismételten megerősítették, hogy a teljes vízgyűjtővel egységes rendszerben kell foglalkozni, és ebben leginkább Magyarország az érdekelt.

A Tisza vízgyűjtőjén emberi tevékenység, az általa létrehozott létesítmények és azok üzemeltetése oly mértékben befolyásolják a vízgazdálkodási folyamatokat, hogy azok ismerete nélkül nem lehet értékelni a kialakult helyzetet, és nem lehet a jövő érdekében megalapozott intézkedéseket hozni. Ezért szükséges vizsgálni, hogy a vízgyűjtőn **milyen folyamatok** zajlottak le és zajlanak, amelyek hatással vannak a vízgazdálkodási helyzetre. Ezen folyamatoknak a hatását számszerűsítve választ tudunk adni a feltett kérdésekre, prognosztizálni tudjuk a jelenlegi feltételrendszer mellett a jövőbeni folyamatokat, megtervezhetjük a jövőben kívánatos vízgyűjtő használatot.

Az „Árvíz, árvízi biztonság a Közép-Tisza vidékén” c. cikkben ismertettük a Kisköre és Csongrád közötti Tisza szakasz árvízi medrével kapcsolatosan elvégzett folyamat vizsgálatot.

A vizsgálat során kidolgozott módszerekre, eredményekre alapozva, azt továbbfejlesztve, kibővítve végezhetjük el a Tisza vízgyűjtő folyamat- vizsgálatait.

Tisza vízgyűjtő folyamatvizsgálatai

Az ismertetett folyamatvizsgálat csak az árvízszintekre gyakorolt hatás szempontjából elemezte az árvízi mederben lezajló folyamatokat. Ahhoz, hogy a Tisza vízgyűjtő vízgazdálkodási helyzetét értékelni tudjuk, a

– vízkészleteket befolyásoló folyamatokat,
– árvízi helyzetet befolyásoló folyamatokat,
– kisvízi helyzetet befolyásoló folyamatokat,
– vízminőségi helyzetet befolyásoló folyamatokat

részletesen fel kell tárni a múltra vonatkozóan. Egyes folyószakaszok vízjárására alapvető befolyást gyakorló nagy létesítmények hatását külön-külön kell elemezni. A folyamat-vizsgálatokat el kell végezni a rész-vízgyűjtőkre, a Tisza és mellékfolyóinak árvízi medrére. A folyamat-vizsgálatokat úgy kell elvégezni, hogy a rendelkezésre álló modellekkel (lefolyási, egy- és kétdimenziós, vízminőségi stb.) hatásukat számítani lehessen, továbbá, hogy a jövőbeni folyamatok prognosztizálhatók legyenek.

Az eredményes nemzetközi együttműködés érdekében biztosítani kell, hogy a Tisza vízgyűjtőjén ugyanazt a modell rendszert használják. Ez elősegítené, hogy egységes elvek alapján épüljön ki a szükséges észlelő- és mérőrendszer, egységes adatkezelő, feldolgozó és továbbító rendszer kerüljön kialakításra.

A jövőbeni folyamatok vizsgálatához, a modell-számításokhoz, az üzemirányítási modellhez szükséges adatok képeznék az egységes Tisza-völgyi információs rendszer törzsadat állományát. Ezt kiegészítve az egyéb igények alapján szükséges információkkal, előállna az Egységes Tisza-völgyi Információs Rendszer. E rendszert úgy kell kialakítani és működtetni, hogy az a Tisza-völgy vízgazdálkodásában érdekelt országok részéről automatikusan elérhető legyen. Amennyiben a folyamatvizsgálati, modellezési, üzemirányítási rendszert kialakítjuk, annak használata kikényszeríti a jelenlegi észlelési, mérési és adatszolgáltatási rendszer felülvizsgálatát, korszerűsítését. **Az eseményeket követő vízgazdálkodásról áttérhetünk az értékelő és a várható folyamatokra felkészülő vízgazdálkodásra.**

Különböző szakterületek, a gazdaság szereplői, a civil szervezetek sorra fogalmazzák meg a jövőre vonatkozó javaslataikat, igényeiket, elvárásaikat. A felvázolt rendszer alkalmas arra, hogy ezeket modellezze, és várható hatásukat számolja, vagy prognosztizálja.

Az elvégzendő folyamat-vizsgálatok és modellezések segítségével a magyar fél tudományos alapon tudja információ igényét partnerei felé előterjeszteni, súlyozni tudja a felmerülő igényeket. A külföldi vízgyűjtőn tervezett beavatkozások magyarországi hatását különböző üzemvitel és meteorológiai szituációk mellett számítani tudja, ezzel lehetővé válik, hogy megalapozott észrevételeket tegyen, illetve a magyar fél érdekeit képviselni tudja. A magyar politika számára megfelelő érvanyagot tud szolgáltatni a vízgazdálkodási kérdések megítéléséhez, súlyuknak megfelelő kezeléséhez.

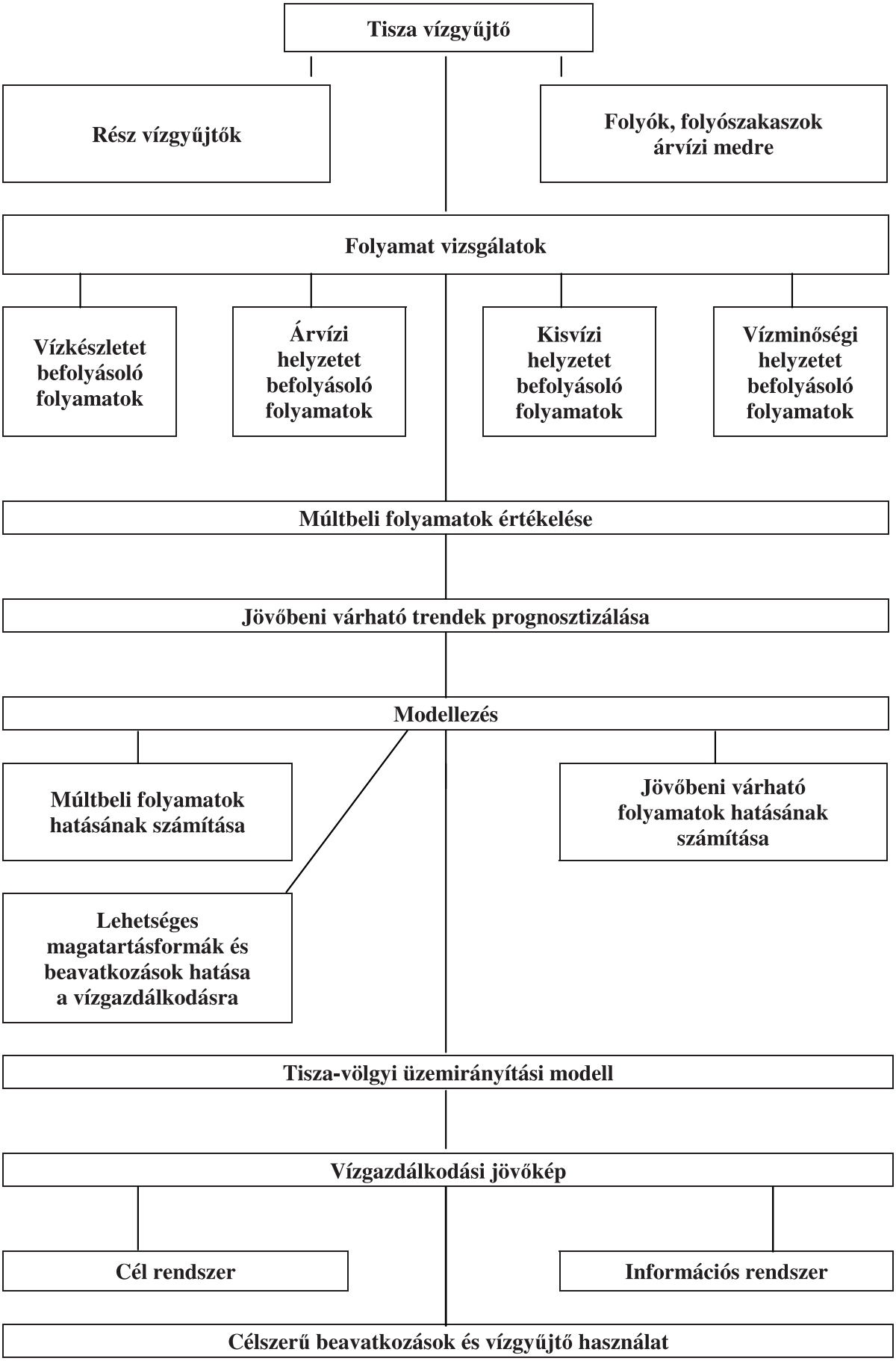
A kedvező politikai helyzet, a rendelkezésünkre álló és korszerű informatikai, mérési és észlelési lehetőségek lehetővé teszik, sőt kikényszerítik, hogy a Tisza vízgyűjtő vízgazdálkodását új alapokra helyezzük.

Természetesen az új rendszer bevezetése is egy több évig, akár egy évtizedig tartó folyamat eredménye lesz, melyen belül folyamatos fejlesztést, korrekciókat és visszacsatolásokat kell végrehajtani.

Az új rendszer bevezetésének ma már nincs technikai akadálya, a korábban meglévő politikai akadályok megszűntek, vagy gyorsan megszűnnek. A rendszer alkalmazása biztosíthatja, hogy a Tisza vízgyűjtőn élők egymás érdekeit figyelembe vevő, a fenntartható fejlődést elősegítő vízgazdálkodást és gazdálkodást folytassanak.

A tét rendkívül nagy (a beregi esemény csak enyhe figyelmeztetésnek tekinthető), ezért mielőbb teremtsük meg a feltételeket, és tegyük meg a szükséges intézkedéseket egy új vízgazdálkodási rendszer kialakítására, éljünk a rendelkezésünkre álló történelmi lehetőséggel.

Tisza vízgyűjtő vízgazdálkodási folyamatvizsgálatok elvi sémája



NYILATKOZAT

A Közép-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság munkatársai Szolnokon, 2002. november 18-án bemutatták a tiszai árterületek biztonság növelésére vonatkozó tervező munkákat alapozó vizsgálatok eddigi eredményeit.

A Tisza érintett szakaszára megkezdett adatgyűjtések és hidrológiai elemzések az elmúlt rendkívüli árvizek tapasztalataira alapozódtak és a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése című programhoz kapcsolódnak.

A bemutatott munkák:

- **a VTT megalapozó vizsgálati program kidolgozása,**
- **a Közép-Tisza vidéki térinformatikai adatbázis, különös tekintettel a hullámtéri lefolyási viszonyok változására,**
- **numerikus hidraulikai modell vizsgálatok a Tisza középső szakaszára.**

A beszámolók alapján a jelenlévők a Tiszán az árvízszintek csökkentésére tervezett beavatkozásokat támogatják. Különösen kihangsúlyozzák a hidrológiai elemzések és a térinformatikai alkalmazások szakszerűségét és újszerűségét.

Javasolják az alkalmazott módszerek széles körű megismertetését és a Tisza teljes magyarországi szakaszára történő alkalmazását.

Fontosnak tartják a hidrológiai elemző munkák eredményeinek továbbfejlesztését és tovább folytatásuk messzemenő támogatását kérik.

Dr. Alföldi László

Dr. Bakonyi Péter
VITUKI vezérigazgató

Kardos Imre

Dr. Kertai Ede

Dr. Kertai István
VIZITERV műsz.ig.

Kollár Ferenc

Dr. Kováts Gábor
Mérnök Kamara Elnöke

Dr. Kozák Miklós

Litauszki István

Markó László

Molnár László

Dr. Orlóci István

Dr. Papp Ferenc

Dr. Rákóczi László

Dr. Starasolszky Ödön

Szántó Miklós

Dr. Szeifert Gyula

Dr. Szigyártó Zoltán

Dr. Vágás István

Zorkóczy Zoltán