

A bósi vízlépcső hatása a magyar Felső-Duna vízjárására és hordalékviszonyaira

IVICSICS LAJOS–SZEKERES JÁNOS¹

Bevezetés

A Duna vízgyűjtőterülete – amely magába foglalja az Alpok, a Cseh-erdő és a Kárpát-medence nagy részét, a Havasalföldet és a Kárpátok D-i előterét – 817 000 km². A folyam teljes hossza 2850 km, magyarországi szakasza 417 km, számított legnagyobb vízhozama az ország D-i határánál 10 500 m³/s.

Jelentősebb mellékfolyói jobbról az Isar, az Inn, a Traun, az Enns, a Rába, a Dráva, a Száva, a Morava, balról pedig a Morva, a Vág, a Garam, az Ipoly, a Tisza, a Temes, a Zsil, az Olt, az Arges, a Jalomita, a Szeret és a Prut (1. táblázat). Az elsőrendű mellékfolyók több másodrendű mellékfolyó vizét fogadják magukba.

A Duna árvizei ellen a völgyében élő népek már sok évszázaddal ezelőtt – rendszerint töltések építésével – védekeztek. A gátépítési tevékenység az 1700-as évektől kezdődően fokozódott és egyre nagyobbak voltak a Duna hajózási lehetőségeivel kapcsolatos igények is. Az árvizek elleni védelem megkönnyítése, a hajózási lehetőségek javítása céljából az elmúlt évszázadban a Duna egyes szakaszait szabályozták. E munkák eredményeként az árvízvédelem és a hajózási lehetőségei kedvezőbbekké váltak, de egyes szakaszokon a fokozódó igényeknek még ma sem felelnek meg teljes mértékben.

A Duna geológiai történeti fejlődése folyamán, amikor a Kisalföldre lépett, mellékágakra szakadt. A mellékágak helye, méretei – főképpen az árvizek és a hordalékmozgás hatására – az idők során jelentősen változtak. Ezt a változást a múlt évszázadban megkezdett folyószabályozási beavatkozások számottevő mértékben csökkentették, de nem szüntették meg. A szabályozási munkák folyamán a környező területek árvizek elleni védelme céljából a Dunát két oldalról árvízvédelmi töltésekkel szegélyezték és arra törekedtek, hogy a lefolyó vizek lehetőleg minél nagyobb részét a mellékágakból kotrással, párhuzamművekkel és partvédő kőburkolatokkal kialakított középvízi mederbe tereljék, hogy a víz hordalékmozgató erejét hasznosítva elősegítsék a gázlók számának csökkentését és ezáltal a megfelelő hajózási kialakulását. A mellékágrendszer kiterjedésére jellemző, hogy annak ellenére, hogy az árvízvédelmi töltések helyszínrajzi alakjának tervezésekor egyes mellékágakat a töltések mentett oldalán hagytak, a két parti töltések közötti távolság helyenként eléri az 5–6 km-t (1. ábra).

¹ Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Rt., Hidrológiai Intézet, 1095 Budapest Kvassay Jenő út 1.

1. táblázat. A Duna fontosabb mellékfolyói

A folyó						A Duna	
neve		hossza	vízgyűjtő területe	távolsága Sulinától	középvíz-hozama	vízgyűjtője a torkolat alatt	évi átlagos vízmenynyisége
jobb part	bal part	km	km ²	fkm	m ³ /s	10 ³ km ²	10 ⁹ m ³
Iller		170	2152	2589	68	7,5	3,7
Lech		285	4126	2497	118		
	Altmühl	165	3257	2411	22	35	13,5
	Naab	165	5508	2385	49		
	Regen	165	2874	2379	40		
Isar		352	8964	2281	176		
Inn		510	26131	2225	760	76	45,3
Traun		180	4277	2125	150	90	56,3
Enns		260	6080	2112	230		
Ybbs		130	1293	2057	42		
	Kamp	144	1753	1985	13	131	63,5
	Morva	394	26658	1880	105		
Mosoni-Duna (Rába)		398	18061	1794	80	207	72,4
	Vág	375	20080	1766	190		
	Garam	275	5464	1716	58		
	Ipoly	212	5151	1708	25,5		
Sió		190	14728	1497	31	252	80
Dráva		749	40150	1383	622	412	119,8
	Tisza	963	157220	1215	995	513	167,8
Száva		933	95719	1170	1800	564	175,8
	Temes	341	16224	1154	104		
Morava		620	37444	1103	244	690	187,6
Timok		171	4630	846	41		
	Zsil	220	10469	692	90		
Isker		300	8646	637	55	645	184,2
	Olt	530	24300	604	163		
Jantra		150	7862	537	40	710	188,6
	Arges	300	12681	432	61		
	Jalomita	240	8873	244	41		
	Szeret	416	44014	155	225		
	Prut	828	28395	72	76	791	203,0
Sulina torkolat						817	203,0

A mellékágak folyásirány szerinti felső kitorkollását a kőből épített gátakkal, a gátak hátoldalára rakott kavicsfeltöltésekkel elzárták, alsó torkolatát nyitva hagyták. Ennek következtében a víz a középvízi mederből alacsony vízállások idején is bejutott a mellékágakba, a felső torkolatot elzáró kőgátakon át pedig a közelítőleg közepesenél nagyobb vízhozamoknak egy része átbukott és bekerült a mellékágakba. Ennek hatására az árvédelmi töltések közötti részen (a mellékágakban, a szigeteken, továbbá a töltések



1. ábra. A Felső-Duna vázlatos helyszínrajza a bósi vízerőmű megépítése előtt.

Detailed sketch map of the upper stretch of the Danube in Hungary before the construction of the Gabčíkovo (Bős) barrage

menti területeken) rendkívül gazdag, európai és világviszonylatban is egyedülálló értékű *állat- és növényvilág* fejlődött ki.

A Kisalföldre lépő Duna nem csupán ágakra szakadt, hanem a felsőbb szakaszokról görgetve szállított, jelentős mennyiségű *hordalékot* is lerakott. Ennek a jó vízvezető hordalékrétegnek a vastagsága helyenként eléri a 250 m-t. A benne levő víz, ha annak kisebb-nagyobb részét mezőgazdasági, települési vízellátás céljára hasznosítják, folyamatosan pótlódik, minthogy a réteg a Duna medrén át kapcsolatban van a Duna vizével. A rétegben levő víz mennyisége méreteiből következően igen jelentős.

A magyarországi Duna-szakasz másik jellegzetessége a viszonylag kicsiny *vízszínésés*. Ennek értéke Pozsony (Bratislava) és Bős (Gabčíkovo) között még 30–40 cm/km, lejjebb 8–15 cm/km, Paks alatt már csak mintegy 5 cm/km. A vízszínésés változásának megfelelően csökken a folyam vízének sebessége, valamint görgetett hordalékának szemnagysága is: a Kisalföld felső részén 1–15 cm szemcseméretű a görgett hordalék, Paksnál pedig csak homok van a mederben.

A Duna vízgyűjtőterületének *meteorológiai viszonyai* nagyon változatosak; a terület Ny-i részén első-sorban az óceáni, középső részén a mediterrán és a kontinentális, K-i felén jobbra a kontinentális éghajlat hatása érvényesül.

A vízgyűjtőterület *csapadékviszonyai* helyzetéből, domborzati viszonyaiából következően nagyon változatosak. Az évi csapadék átlagos mennyisége a terület egyes részein mintegy 2000 mm, másutt viszont csak 500 mm. A lehullott csapa-

déknak a vízgyűjtőterület felső részén több mint 70%-a, az alsó részén mintegy a 25–30%-a folyik le (2. táblázat). A Duna vízjárása nem olyan szabályos, mint több más nagyobb folyóé (pl. az Amu-Darjáié, a Szír-Darjáié, vagy a Nílusé). A tavasz végén, a nyár elején rendszerint előfordulnak magas vízállások, de volt már árvíz a Dunán augusztusban, októberben és decemberben is.

2. táblázat. Lefolyási tényező és fajlagos lefolyás a Duna és mellékfolyói vízgyűjtőjén

Vízgyűjtő		Távolság Sulinától	Lefolyási tényező		Évi fajlagos lefolyás	
Duna	mellékfolyó		Duna	mellékfolyó	Duna	mellékfolyó
		fkm	%		l/s.km ²	
Ulm	Inn	2586	50,5		13,8	
		2225		77		28,1
Passau		2225	46,5		24,6	
Linz		2135			18,5	
Bécs		1934			18,9	
Bratislava	Morva	1880		17		4,0
		1869	47,0		15,9	
Budapest	Vág	1766		29		10,0
		1647	40,0		12,7	
Bogojevo	Dráva	1383		43,5		16,8
		1367	32,0		10,0	
Beograd	Tisza	1215		24,2		9,2
		1170		39,5		15,2
Orsova	Száva	1170	34,0		10,4	
	Morava	1103		18,8		5,1
Orsova		955	34,0		9,7	
Braila	Olt	604		25,6		6,9
		170	29,0		8,1	
	Szeret	155		34,5		8,2
	Pрут	72		28,8		5,5

A Dunával kapcsolatos igények nem csupán az árvizek elleni védelem és a hajózási viszonyok kedvezőbbé tételére korlátozódtak, hanem kiterjedtek a *vízenergia* hasznosítására is. Az első világháborút követő időszakban megkezdődött az osztrák szakaszon a vízlépcsők építése (2. ábra). Ezeknek folyásirány szerint legalsó tagjaként ma a freudenau vízlépcső épül. Korábban, a második világháborút követő időben felvetődött az ez alatti, hainburgi, valamint az osztrák–cseh-szlovák (ma osztrák–szlovák) határ közelében létesítendő wolfstahli *vízlépcső* megvalósításának gondolata is. Az 1900-as évek második felében épült meg a Duna vaskapui szakaszán a közös román–jugoszláv vízlépcső, a Derdap is.

A vízlépcsők építésének eredményeképpen a Duna Európa jelentős *belvízi hajóútjává* vált. Kézenfekvő volt a gondolat, hogy ehhez a víziúthoz egyéb belvízi, részben mesterséges, részben természetes hajóutakat csatlakoztassanak. Közülük némelyik csak a tervezés szakaszáig jutott, mint pl. a Dunát az Adriai-tengerrel összekötő csatorna, vagy a Duna–Odera–Elba-csatorna, más részük, mint pl. a Duna–Fekete-tenger-csatorna megépült. Az utóbbiak közül a legjelentősebb az 1992. szeptemberében átadott Duna–Majna–Rajna-csatorna, amely a Dunát a Majnán és a Rajnán át az Északi-tengerrel köti össze. Megvalósítása a három folyó mentén fekvő országok sok évszázados álma volt. Ma elvileg

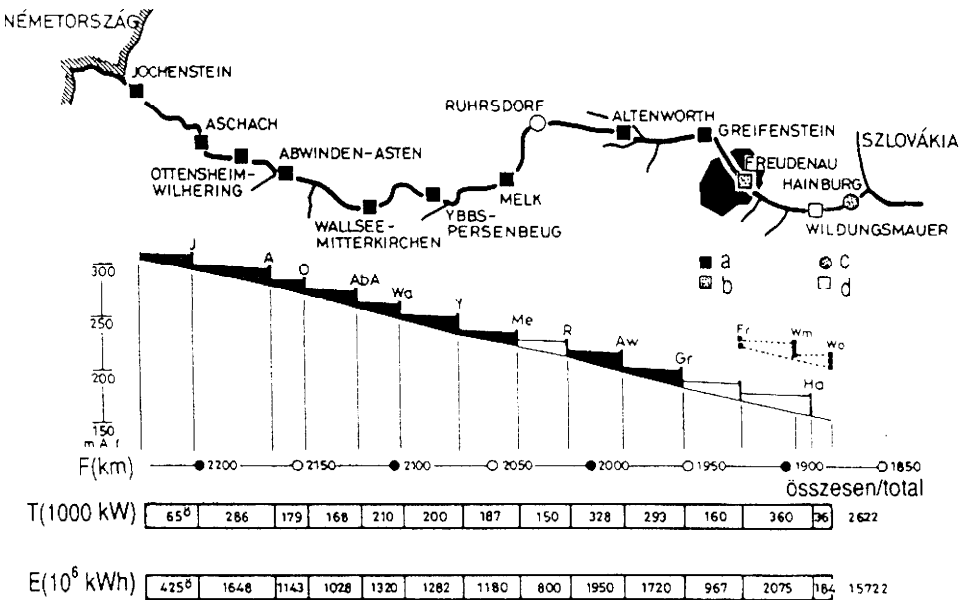
víziúti kapcsolatot jelent az Északi-tenger és a Fekete-tenger között. A gyakorlati összeköttetést alacsony vízállások idején ma még a Bős alatti, valamint a Nagymaros feletti és alatti szakasz egyes gázlói nehezítik meg. Ezeknek a hajózási nehézségeknek a megszüntetése volt a Bős–Nagymaros Vízlépcsőrendszer megvalósításának egyik célja.

A Bős–Nagymaros Vízlépcsőrendszer rövid „története”

A közös magyar–csehszlovák Duna-szakasz hajózási lehetőségeinek javítása és vízerejének hasznosítása céljából a két ország kormányküldöttségének tárgyalásai 1952 nyarán kezdődtek. Megállapodásuknak megfelelően a hasznosítás több változatát dolgozták ki. Ezek között mind mederbeli, mind pedig üzemvízcsatornás változatok voltak. 1964-ben elfogadták a legcélszerűbbnek ítélt Bős–Nagymaros Vízlépcsőrendszer tervét. Megvalósítására 1977-ben államközi szerződést kötöttek.

A szerződés alapszándéka az eredeti elgondolásnak megfelelően a Pozsony és Budapest közötti Duna-szakasz vízgazdálkodási, árvízvédelmi, hajózási viszonyainak javítása és vízerejének hasznosítása. Ennek a célnak az elérésére előirányozták

– a dunakiliti vízlépcső,



2. ábra. Az osztrák Duna-szakasz vízlépcsői. – a = üzemben lévő; b = épülő vízlépcső; c = hainburgi vízlépcső (tervezett); d = alternatíva; F = folyam km; T = teljesítőképesség; E = energiatermelés; ö = Ausztria részesedése
Barrages on the Austrian Danube section. – Barrage: a = in operation; b = under construction; c = formerly planned at Hainburg; d = alternative; F = river km; T = capacity; E = energy production; ö = Austrian share

- a dunakiliti vízlépcső feletti tározótérből kiágazó üzemvízcsatorna és a csatornához csatlakozó bósi vízlépcső és
- a nagymarosi vízlépcső megépítését, valamint
- az üzemvízcsatorna visszatorkollása és a nagymarosi vízlépcső alatti Duna-szakasz, továbbá a Szentendre-i és a Váci-Dunaág kotrással való mélyfűtését (3. ábra).

A dunakiliti vízlépcső tervezett helye a Duna 1842. fkm szelvénye, duzzasztási szintje 131,10 m B. f., a felette keletkező tározó hasznos térfogata 52 millió m³. A duzzasztó koronahossza 215 m, zárószervezete billenőtáblás szegmensgát. Mellette 24 m x 125 m méretű hajózsilip van, a zsilip melletti pillérbe 30 m³/s nyelőképességű turbina szerelhető. A duzzasztó mellé hallépcsőt, a csónakok számára emelőt is terveztek.

A dunakiliti tározóból a balparton ágazik ki a 17,6 km hosszú üzemvízcsatorna, amely a vizet az 1820,5 fkm-nél levő bósi erőműhöz vezeti. A csatornát 4000 m³/s vízhozam folyamatos vezetésére méretezték, vízhozama csúcsüzemben 3360 m³/s és 5200 m³/s között változik. A csatornabeli legnagyobb szelvényközépsébség 1,5 m/s.

A bósi erőmű fő részei: az erőtelep, a hajózsilipek, az alvívcsatorna és a transzformátorállomás. Az erőműbe nyolc Kaplan-turbinát építettek. A létesítmény víztárcsátó képessége 6495 m³/s.

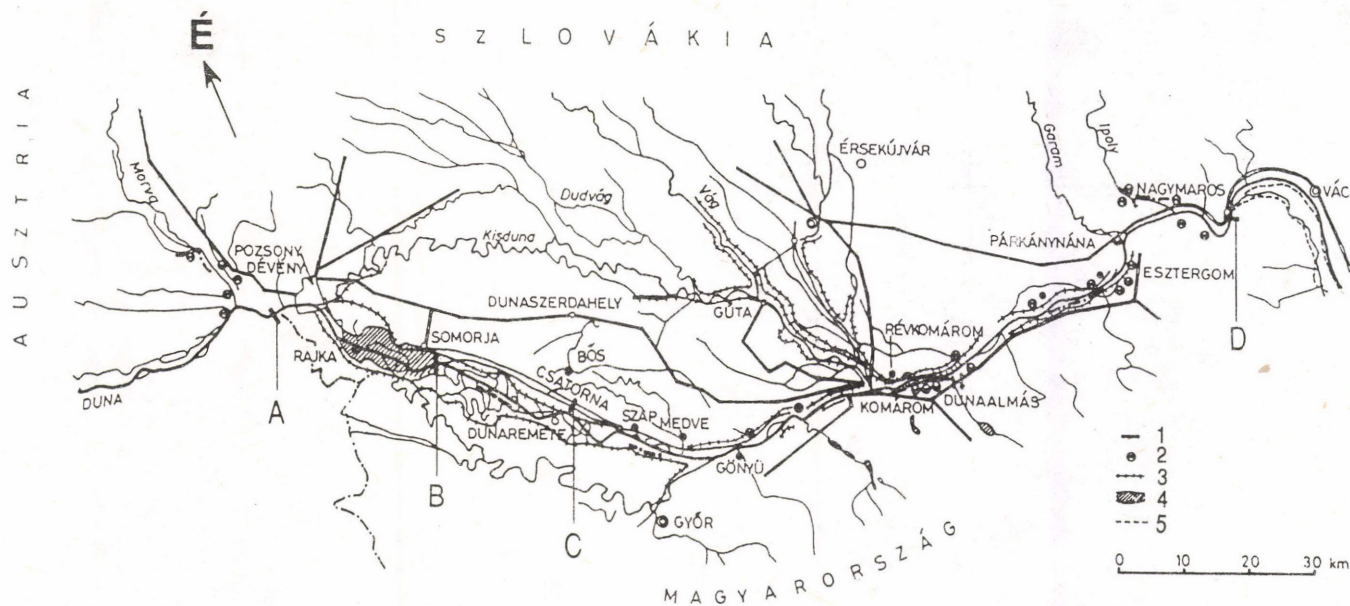
A dunakiliti vízlépcső és az alvívcsatorna visszatorkollása közötti szakaszra a vízszín megemlése céljából fenékküszöbököt (fenékgátakat) terveztek építeni.

A nagymarosi vízlépcső tervezett helye a Duna 1696,250 fkm-énél van, a duzzasztási szint 107,83 m B. f. A balparthoz csatlakozó iker hajózsilip mérete egyenként 24 m x 260 m. A duzzasztó hét, egyenként 24 m széles mezőből áll, szervezete billenőtáblás szegmens. A turbinák száma 10. A vízlépcső, ha megépítik, a Duna vizét mintegy 110, az Ipolyét és a Garamét 12, a Vágét 36, az Érsekújvári-Dunáét 20, a Mosoni-Dunáét 15 km hosszban duzzasztja meg.

A szlovák oldali létesítmények építése nagy, a magyar oldaliaké mérsékelt ütemben haladt egészen 1989-ig, amikor az akkori magyar kormány miniszterelnöke bejelentette, hogy a magyar fél felfüggeszti a nagymarosi vízlépcső építését (addig a nagymarosi szakaszon a munkagödör balparthoz csatlakozó részének körülzárása és a Duna vizének részleges elterelése történt meg) és 1989 októberében leállította a gyakorlatilag elkészült dunakiliti vízlépcső befejezési munkáit, vagyis felfüggesztette a Duna vizének a bósi vízlépcső üzemvízcsatornájába terelését és ezáltal a vízlépcső 1989 őszére tervezett üzembehelyezését. Ezért a csehszlovák fél kénytelen volt a bósi erőmű üzembehelyezésének feltételeit a saját területén megteremteni. Ezeknek a beavatkozásoknak több változatát dolgozták ki, közülük megvalósításra a C jelűt fogadták el. Ennek lényege az eredetileg csehszlovák (ma szlovák) területen a Duna medrének elzárása és a víz olyan mértékű megduzzasztása, hogy a bósi erőmű működtethető legyen.

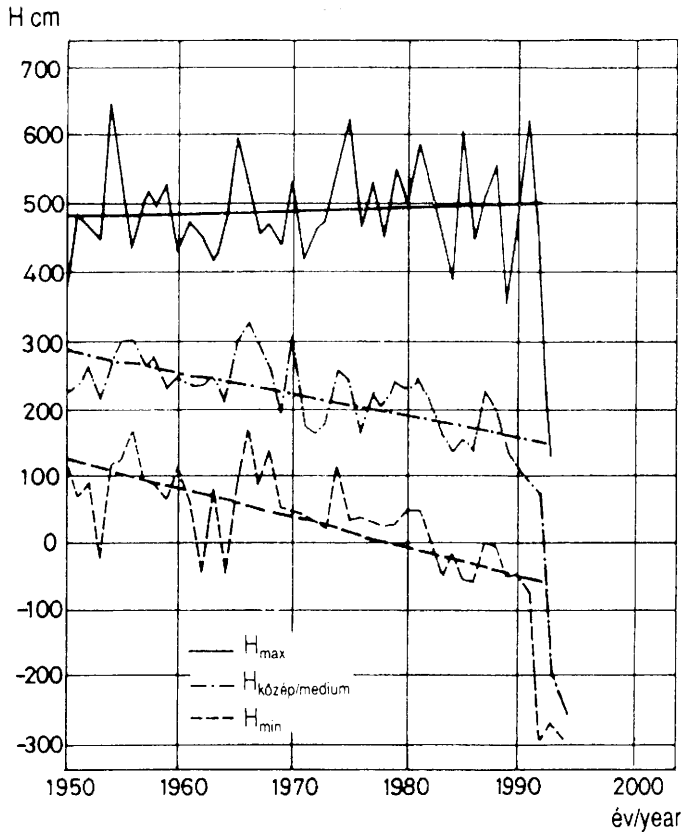
A C-változatot addig a szintig, hogy a bósi erőmű a turbinák üzeméhez szükséges vízhozamot megkapja, 1992. októberének végén üzembe helyezték, azóta a Duna régi medrébe csak néhány száz m³/s nagyságú vízhozamot bocsátanak. Az 1992. októbertől óta eltelt időben Szlovákia folytatta a C-változatnak nevezett dunacsúnyi mederelzárás, valamint a bósi vízerőmű építését (az utóbbiba további turbinák beszerelését), a magyar kormány pedig eldöntötte a nagymarosi munkatérlezárás már elkészült részének elbontását, vagyis a nagymarosi vízlépcső, amely az eredeti, 1977-ben megkötött szerződésnek megfelelő tervnek része volt, nem épült meg. Ma a bósi erőműnek mind a nyolc turbinája üzemképes.

1992. októberében Magyarország a bósi vízerőművel kapcsolatos vitában a hágai Nemzetközi Bíróság döntését kérte. Mivel a vita időt, energiát, anyagiakat emészt fel, a rendezetlenség egyik országnak sem lehet érdeke (más kérdés, hogy adott esetben melyik ország vesztesége a nagyobb).



3. ábra. A Bős–Nagymaros Vízlépcsőrendszer helyszínrajza. – A = Pozsony–Wolfstahl vízlépcső (tervezett); B = Dunakiliti duzzasztómű; C = Bősi vízlépcső; D = Nagymarosi vízlépcső (tervezett); 1 = duzzasztó; 2 = szivattyútelep; 3 = árvédelmi töltés; 4 = víztározó; 5 = mederkostrás

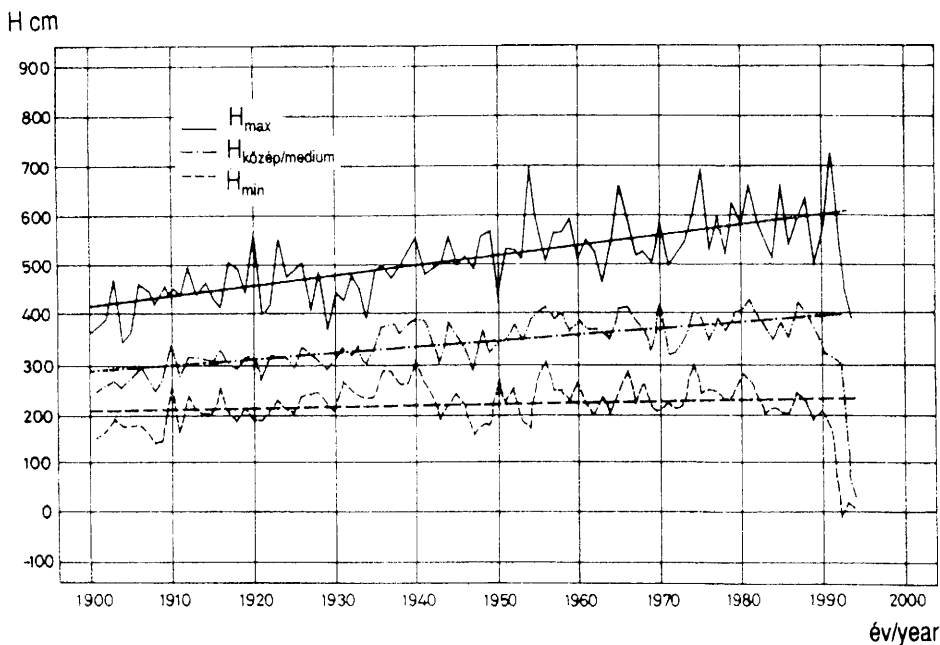
Map of the Gabčíkovo–Nagymaros Barrage System. – A = Bratislava–Wolfstahl Barrage (planned); B = Dunakiliti Barrage; C = Gabčíkovo (Bős) Barrage; D = Nagymaros Barrage (formerly planned); 1 = other barrage; 2 = pumping station; 3 = flood protection dike; 4 = reservoir; 5 = river bed dredging



4. ábra. 1950–1994. évi jellemző vízállások (H) a Duna rajkai szelvényében
 Typical water levels (H) of the Danube at Rajka between 1950 and 1994

A Duna vízjárásának megváltozása és következményei

A bőszi vízlépcső üzembehelyezése (a dunacsúnyi duzzasztás megkezdése) következtében megváltozott a Duna viszonylag hosszú szakaszának víz- és hordalékjárása. A vízjárást elsősorban a *vízállások* és a *vízhozamok* jellemzik, és a vízjárás alakulásának függvényében változnak a *hordalékmozgási viszonyok* is. Mindhárom mennyiség következménye számos hidrometeorológiai, mederalakulási, szabályozási, vízlépcsőépítési folyamatnak, ill. beavatkozásnak, ezeknek a hatását mintegy eredőkként tükrözik, de a vízállások, a vízhozamok és a hordalékmozgási jellemzők módosulása következtében megváltozik számos más hidrológiai és hidrobiológiai jellemző, közöttük pl. a meder alakja, a környező területek talajvízjárása, a mellékágak vízjárása, a hullámtér növényzeti viszonyai, állatvilága stb.



5. ábra. 1900–1994. évi jellemző vízállások (H) a Duna dunaremetei szelvényében
 Typical water levels (H) of the Danube at Dunaremete between 1900 and 1994

A vízállások és a vízhozamok változása

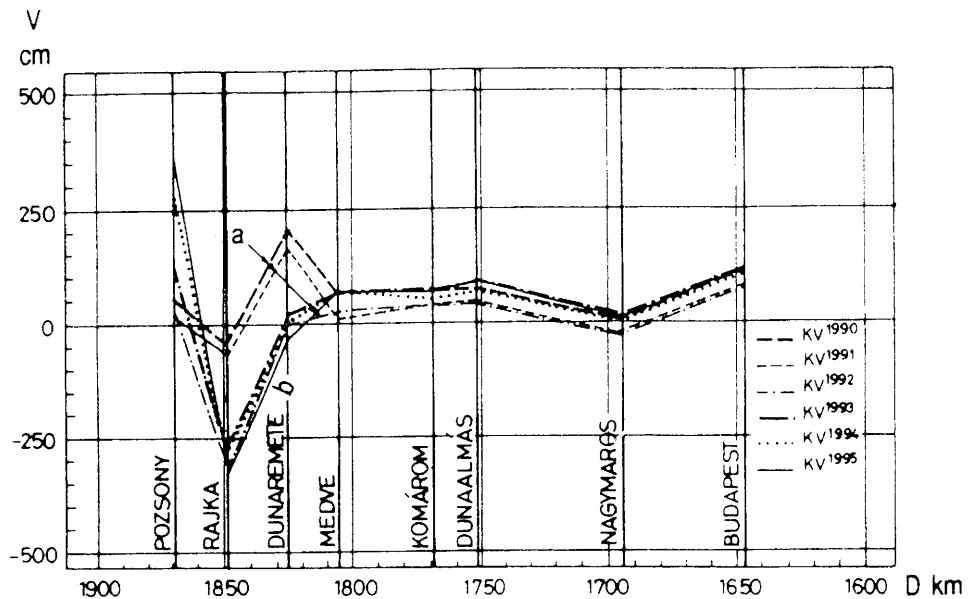
A Felső-Duna a múltban is fontos része volt a Duna magyarországi szakaszának, ennek következtében hidrológiai–hidraulikai jellemzőit már az elmúlt évszázadban is rendszeresen mérték. (A vízállásokat, elsősorban az esetenként előfordult árvízszinteket feltehetően már sok évszázaddal korábban is mérték, vagy megjelölték, de ezeket az adatokat a történelmi viharok éppúgy elsodorták, mint a Kárpát-medence népeinek sok más kultúrtörténelmi emlékét.)

A második világháborút követő időszakban megkezdődött a kisalföldi talajvízszintmérési kutak építése és a talajvízszintek mérése is. A mérési eredményeket mind a felszíni, mind pedig a felszín alatti vizeket illetően a magyar vízrajzi szolgálat rendszeresen értékeli. Ezeknek az adatoknak az alapján a dunacsúnyi mederelzárás és a bőszi vízerőmű felső-dunai vízállásokat és vízhozamokat befolyásoló hatásával kapcsolatosan összefoglalóan a következők állapíthatók meg:

A Duna vízállásait az országhatár közelében levő rajkai vízmérceszelvénynél 1950 óta mérik, a Dunaremete és Budapest közötti vízrajzi állomásokon a vízszintmérések, mint említettük, már a megelőző évszázadban megkezdődtek, de a Bős–Nagymaros Vízlépcsőrendszer hidrológiai hatásainak vizsgálatához elegendő az 1900 óta eltelt időszak vízállásainak áttekintése. A vízállások változását a napontként egyszer vagy többször mért vízállások menetgörbéjén kívül az egyes évek legmagasabb, közepes, valamint legalacsonyabb vízállásainak alakulását szemléltető görbék is jellemzik. A hosszabb időszak alatti alakulások irányzatát a szélső, valamint a középtértékek vonalát kiegyenlítő egyenesek menete is mutatja.

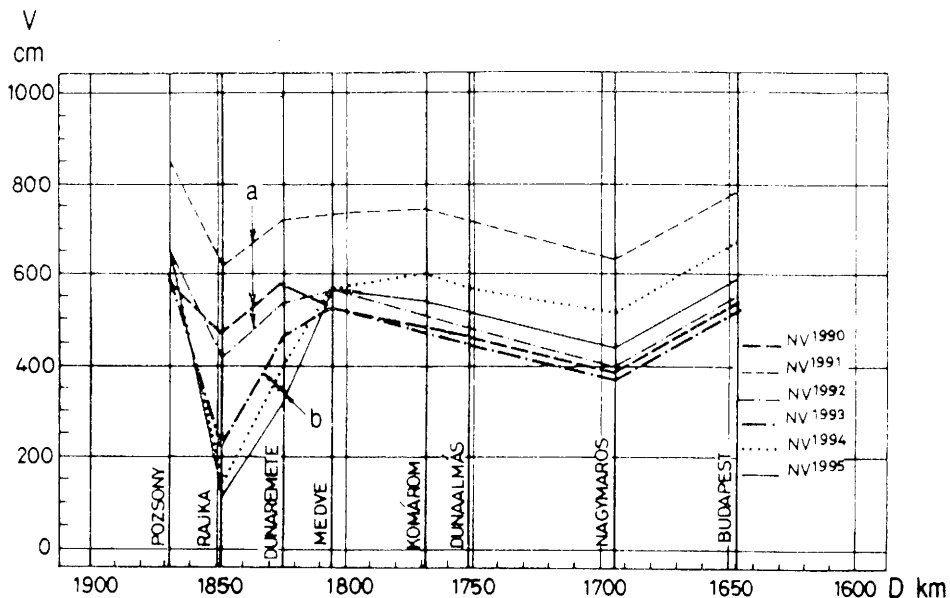
A rajkai vízmérceszelvény évi legmagasabb vízállásainak vonala (4. ábra) az 1950 óta eltelt időszakban a mintegy 350 cm és 630 cm közötti tartományban ingadozott, eltekintve az 1993. évi legmagasabb vízállástól, amelynek értéke 120 cm volt. Ennek az alacsony vízállásnak az oka a bősi erőmű 1992. évi üzembehelyezése volt; a felsőbb szakasról érkező vízhozam legnagyobb része még magas vízállások–vízhozamok idején is a dunacsúnyi mederelzárás felett tározódott és az üzemvízcsatornán, valamint a bősi erőművön átfolyva Szapnánál került vissza a Duna medrébe. Ennek megfelelően az 1993. évi legmagasabb vízállás Dunaremeténél még feltűnően alacsony, Medvénél és a folyásirányban lejjebb levő Duna-szakaszon a legmagasabb vízállás értéke ezen az szakaszon már csak a hidrológiai tényezőknek és a tározásnak a hatását mutatja, de a vízhozam nagy részének az üzemvízcsatornába terelése már természetesen kisebb mértékben befolyásolja az évi legmagasabb vízállások alakulását (5. ábra). A rajkai és a dunaremetei vízmérceszelvény vízállásvonalainak 1992. évi nagymértékű süllyedése jól szemlélteti a vízállások folyóhossz menti nagymértékű csökkenését a 6–7. ábra is.

A vízszinteknek megfelelően alakulnak a bősi vízerőmű megépítése óta a Duna kisalföldi szakaszán a jellemző vízhozamok is. A Duna hossza menti változásukat a 8–9. ábra mutatja. Látható, hogy mindhárom jellemző vízhozam a bősi erőmű üzembehelyezése következtében számottevő mértékben csökkent.



6. ábra. Az évi legalacsonyabb vízállások (KV) hossz menti változása a szigetközi Duna-szakaszon. – a = a folyam elterelése előtt; b = elterelés után; D = távolság a torkolattól (folyam km-ben)

Longitudinal change of the lowest annual water levels (KV) in the Danube section of Szigetköz. – a = before; b = after diverting the river; D = distance from the mouth of the river (in river km)

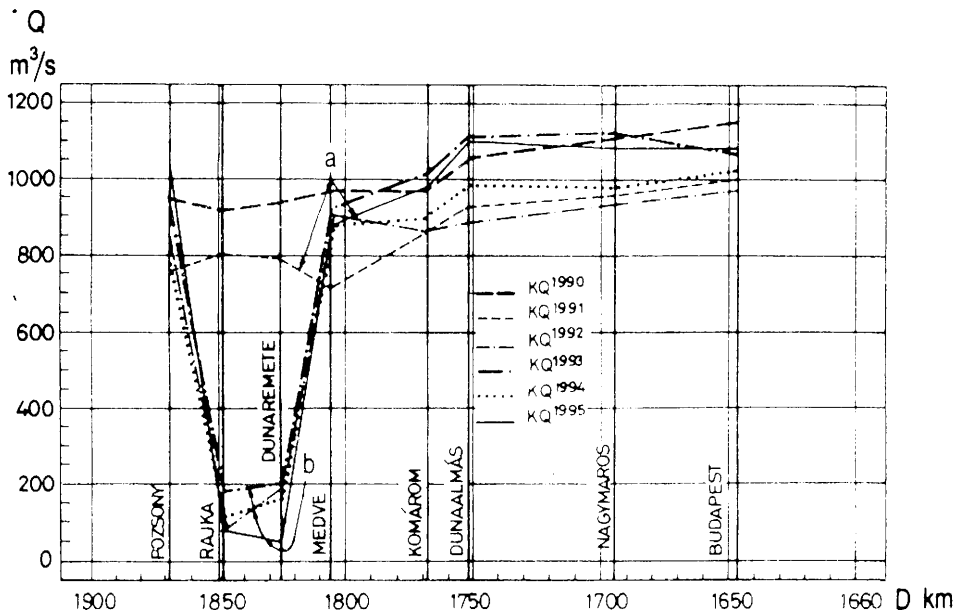


7. ábra. Az évi legmagasabb vízállások (NV) hossz menti változása a szigetközi Duna-szakaszon. – A jelmagyarázatot l. a 6. ábránál

Longitudinal change of the highest annual water levels (NV) along the Danube section of Szigetköz. – For explanation see Fig. 6.

Az évi közepes vízállások időbeli változásának iránya a rajkai vízmércénél 1992-ig számottevő mértékben süllyedő volt (4. ábra), a vízhozamok változásának iránya viszont 1990-ig nem változott. Ez arra utal, hogy a középvízi meder a rajkai vízmérce szakaszán mélyült. (A rajkai szelvényen átfolyó vízhozamokat csak 1972 óta ismerjük.) 1950 és 1992 között a rajkai évi közepes vízállások jól láthatóan csökkentek, 1992 és 1994 között pedig értékeik a korábbiaknál lényegesen alacsonyabbak voltak (4. ábra).

Hasonlóképpen változtak az 1950–1990. közötti időszakban az évi legalacsonyabb vízállások is a rajkai szelvényénél. A süllyedés nagyobb mértékű volt, mint az évi közepes vízállásoké, az 1990. utáni, különösképpen pedig az 1992–1994. évi időszakban minden korábbi értéket lefelé meghaladóan alacsonyabbak voltak az évi legalacsonyabb vízállások és azoknak megfelelően az évi legkisebb vízhozamok is. Az a körülmény, hogy az 1991-ig terjedő időszakban az évi legalacsonyabb vízállások változásának iránya süllyedő volt, az évi legkisebb vízhozamok változásának iránya viszont nem változott, éppúgy, mint az évi közepes vízállások és vízhozamok változásának esetében a középvízi meder mélyülését mutatja. Az 1992–1994. évi rendkívül alacsony, közepes és legalacsonyabb vízállások, valamint vízhozamok a dunacsúnyi mederelzárás megépítésének (a bőszi erőmű üzembehelyezésének) következményei.



8. ábra. Az évi legkisebb vízhozamok (KQ) hossz menti változása a szigetközi Duna-szakaszon. – A jelmagyarozatot l. a 6. ábránál

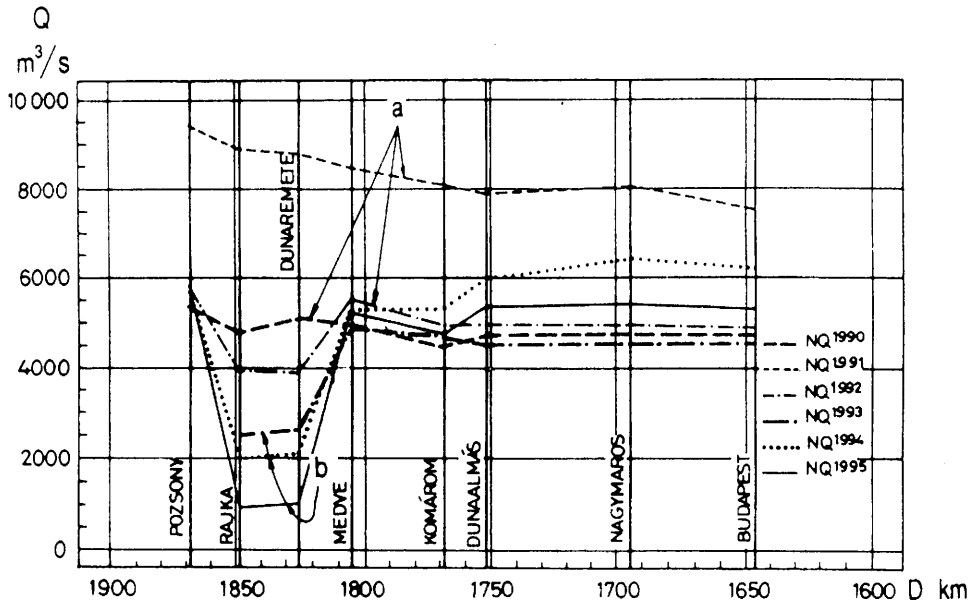
Longitudinal change of the lowest annual discharge (KQ) along the Danube section of Szigetköz. – For explanation see Fig. 6.

Dunaremeténél mindhárom jellemző (az évi legmagasabb, közepes és legalacsonyabb) vízállás változásának irányzata az 1950–1991 közötti időszakban emelkedő volt (5. ábra), annak ellenére, hogy az egyes évek legkisebb, valamint közepes vízhozamainak alakulási irányzata nem változott, az évi nagyvizeké pedig süllyedő volt (10. ábra). (Dunaremeténél sajnos csak 1972 óta mérik rendszeresen a vízhozamot.)

A vízállások és a vízhozamok egymásétól eltérő változási irányzatainak főbb oka a középvízi meder görgetett hordalékkal való feltöltődése, a mellékágak felső (befolyási) szakaszainak lezárása és ennek következtében a mellékágak fokozottabb mértékű feltöltődése volt. A kiágazások lezárásának szélesítése, magasítása következtében ugyanis a mellékágrendszereknek egyre nagyobb része a korábbiaknál hosszabb időre került áramlási árnyékba. Ennek eredményeként egyre több lebegtetett hordalék rakódott le és csökkentette a középvízi meder partmagasságát meghaladó nagyvizek lefolyási szelvényét.

Az évi legmagasabb vízhozamok változásának irányzata az 1972–1992 közötti 20 éves időszakban süllyedő volt annak ellenére, hogy a lefolyásuk idején mért vízállások alakulásának irányzata emelkedő volt (5., 10. ábra). Ez a nagyvízi meder (a hullámtér) áramlási ellenállásának a növekedését és a meder feltöltődését mutatja.

A dunacsúnyi mederelzárás (a bősi erőmű) üzembehelyezését (1992. október) követően a dunaremetei szakaszon átfolyó vizek szintje, mennyisége igen nagymértékben



9. ábra. Az évi legnagyobb vízhozamok (NQ) hossz menti változása a szigetközi Duna-szakaszon. – A jelmagyarázatot l. a 6. ábránál

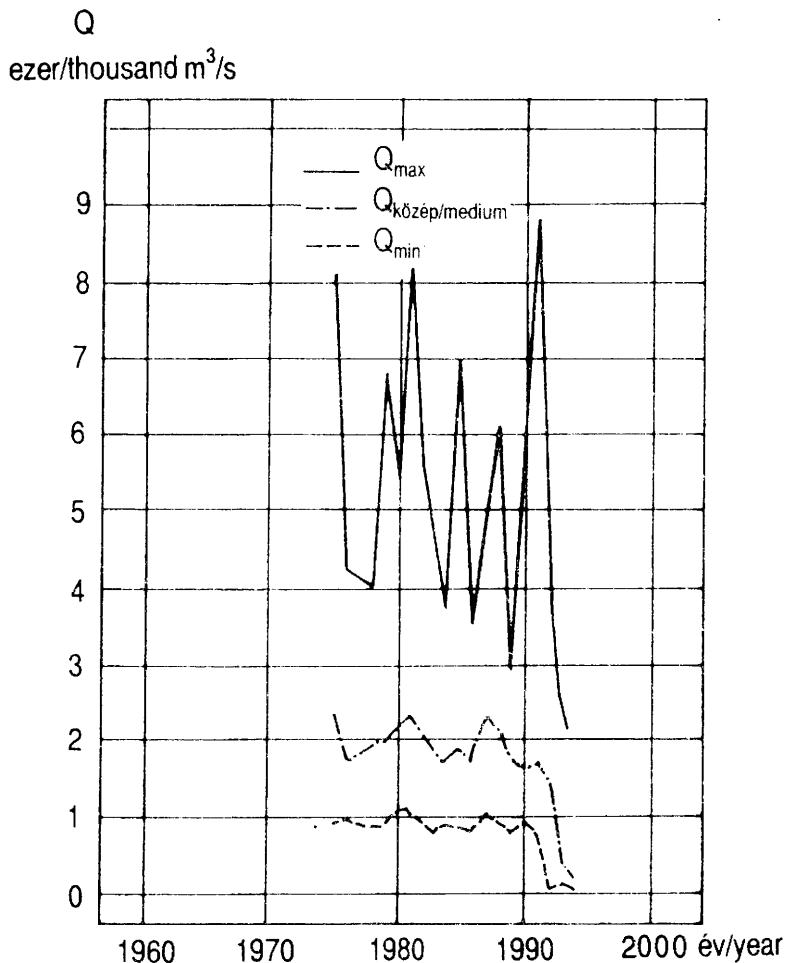
Longitudinal change of the highest annual discharge (NQ) along the Danube section of Szigetköz. – For explanation see Fig. 6.

csökkent, ennek következtében a Duna középvízi medréből a mellékágakba nem jut víz, a páratlan természeti értékű, jobb oldali mellékágrendszerek, amelyeknek szépsége, jellegzetessége és értéke számos természeti tényezőnek a beavatkozások előtti kedvező kölcsönhatása következtében fejlődött ki, tönkrementek vagy tönkremennek. A megmentésük céljából a magyar oldalon nagy költséggel és sok fáradtsággal végzett beavatkozásoknak igen kevés eredményük volt. Ez nem jelenti azt, hogy eredeti állapotuk (értékük, szépségük) a bósi erőmű működésének fenntartása mellett nem lenne visszaállítható.

A medvei vízmérce vízállásgörbéi rövidebbek, mint a dunaremeteieké és csak 1926-ban kezdődnek. A vízállások változásának irányzata a dunaremetei vízállások alakulásától az évi közepes és a legalacsonyabb vízállásokat tekintve eltérő, azzal ellentétben süllyedő, az évi legmagasabb vízállások azonban éppúgy, mint Dunaremeténél, emelkedő irányzatúak. Mivel az évi közepes, valamint legkisebb vízhozamok változásának irányzata sem nem növekvő, sem nem süllyedő, a középvízi meder a vizsgált időszakban mélyült, a nagyvízi meder (a hullámtér) áramlási ellenállása viszont kismértékben növekedett.

A medvei vízmérce környezetében – minthogy a bósi erőmű alvívcsatornájának visszatorkollása alatt van – az üzemvívcsatornába való vízelterelés hatása már csak annyiban érvényesült, amennyiben a dunacsúnyi elzárás feletti tározó a lefolyási viszonyokat módosította. Sem a vízállások, sem pedig a vízhozamok értékeinek azok a nagy-

mértékű csökkenései, amelyeket a dunaremetei és a rajkai vízmérce esetében tapasztaltunk, a medvei vízállások és vízhozamok alakulását nem jellemezték, a meder vizsont számottevő mértékben megváltozott: Szap felett feltöltődött, alatta mélyült, lejjebb pedig zátonyok keletkeztek.



10. ábra. 1974–1994. évi jellemző vízhozamok (Q) a Duna dunaremetei szelvényében
Typical annual discharges (Q) of the Danube at Dunaremete between 1974 and 1994

A komáromi vízmércén az 1990–1992 közötti időszakban mért évi jellemző vízálások változásának irányzata kismértékben süllyedő volt és éppúgy, mint a medvei vízmércénél, a dunacsúnyi mederelzárással való vízelterelés hatása csak annyiban érvényesült, amennyiben az elzárás feletti tározó módosította a lefolyási viszonyokat.

A komáromi vízmércénél csak 1984 óta mérnek vízhozamokat. A viszonylag rövid időszak évi jellemző vízhozamainak sem növekvő, sem csökkenő változási irányzata nem volt.

A dunaalmási vízmércén mért évi legmagasabb vízállások alakulása az 1900–1994. közötti időszakban sem emelkedő, sem csökkenő irányzatú nem volt, a közepes, valamint a legalacsonyabb vízállások mérsékelten süllyedtek. A dunaalmási vízmércénél 1948 óta mérik a vízhozamot. Az 1948–1994 közötti időszakban az évi legnagyobb vízhozamok változása csökkenő, az évi közepes vízhozamoké kismértékben süllyedő irányzatú volt, az évi legkisebb vízhozamok pedig mérsékelten emelkedtek.

A Felső-Duna vízállásai és vízhozamai azonban nem csak a dunacsúnyi mederelzárás és a bósi vízerőmű üzembehelyezésével, valamint az osztrák Duna-szakasz vízlépcső-építéseiivel függnek össze, hanem kölcsönös kapcsolatban vannak a mederhez É-ről, valamint D-ről csatlakozó terület geológiai jellemzőivel is.

A Duna kisalföldi deltája, mellékágrendszere ugyanis a szabályozások előtt – mint már említettük – a mainál sokkal szélesebb volt, a mai Szigetközt és a Csallóközt sok mellékág osztotta szigetekre. Ezeknek a mellékágaknak egy része ma is megvan, más részük nyomai, maradványai részben a terep, részben a növényzet alakulása alapján felismerhetők. Emléküket több helyen az általuk annak idején körülzárt települések neve őrzi (pl. Sérfenyősziget, Cikolasziget). A hajdani mellékágak helye is, alakja is változott az idők folyamán, a nagyobb árvizek sokszor módosították a delta képét, geometriai viszonyait. Ennek a régi deltatorlatnak a területén Ny–K felé vékonyodó, jó vízvezető réteg van. Ez a réteg – mint említettük – hidraulikai kapcsolatban van a Duna mai medrével. A dunai vízállások emelkedésekor a környező terület felszín alatti vizeinek mennyisége növekedik, alacsony dunai vízállások idején pedig a talajvíz egy része a Duna medre felé áramlik. A csatlakozó területek talajvízállásai, talajvízének mozgási jellemzői összefüggnek a Duna vízállásaival.

A dunai vízhozamok egy része eddigi mérési adataink szerint a Pozsony és Medve közötti szakaszon kiszivárog a mederhez csatlakozó vízvezető rétegekbe és kissé egyszerűbben fogalmazva azt mondhatjuk, hogy a Duna-víz egy része a meder és a szomszédos területek alatt áramlik, majd Medve és Komárom között visszajut a Duna medrébe. A bósi erőmű üzembehelyezése ezt a felszín alatti vízmozgást is számottevő mértékben befolyásolja azáltal, hogy következtében a Dunacsúny és Szap közötti szakasz vízállásai és vízhozamai – mint az előzőekben láttuk – igen jelentősen csökkentek.

A Duna medrének alakja azonban nem csak a szabályozás előtti időszakban volt más, mint ma, hanem a földtörténeti korokban sem abban a mederben folyt a Duna, amelyikben ma folyik. Ez a földtörténeti meder is változott azonban és módosulások eredményeként fejlődött ki a mai meder. A korábbi földtörténeti időszakokban a Duna által szállított, majd a kisebb esésű szakaszokon lerakott hordalékrétegek a felszín alatt ma is megvannak. Nagyrészt jó vízvezető képességű és bennük, feltehetőleg, a dunai vízállástól függően ma is mozog a víz.

Ezekben a Dunával kapcsolatban levő rétegekben lejátszódó vízmozgások jellemzőit a bósi vízerőmű üzembehelyezése előtt is csak igen változatosan ismertük, a földtörténeti Duna megmaradt, felszín alatti medrében érvényesülő vízmozgásra pedig – ugyancsak a dunai vízhozamok folyóhossz menti alakulása alapján – csak következtethetünk. A jellemzők meghatározására további vízszint- és vízhozamméréseket kellene végezni.

A bősi erőmű, ill. a működését lehetővé tevő dunacsúnyi mederelzárás a felső-dunai felszíni vízállásokat, valamint vízhozamokat módosító hatásának összefoglalásaként megállapítható, hogy ez a hatás főképpen a Rajka és az üzemvízcsatorna visszatorkollása (Szap) közötti szakaszon érvényesül, ahol a vízállások és a vízhozamok csökkenése az erőmű üzembehelyezése óta igen nagymértékű; a legkisebb vízállások és vízhozamok az egész szakaszon lényegesen alacsonyabbak voltak a korábbi legalacsonyabb értékeknél.

A hordalékmozgás megváltozása

A Felső-Duna által szállított lebegtetett hordalék töménysége az 1956–1992. közötti időszakban, ingadozva bár, de jelentős mértékben csökkent. A csökkenés fő oka az osztrák szakasz vízlépcsőrendszerének megépítése; a duzzasztott terekben a görgetett hordalék megáll, a lebegtetett hordalék nagy része leülepedik és így az alsóbb szakaszokra kevesebb hordalék kerül, mint korábban. A duzzasztók feletti mederszakaszokat rendszerint csak egy–egy árhullám öblíti ki.

A dunacsúnyi mederelzárás felett újabb tározó keletkezett. Várható, hogy abban ugyancsak lerakódik a lebegtetett hordalék jelentős része, ennek következtében az üzemvízcsatornába és az alvízcsatornán át a Duna medrébe a korábbinál kevesebb hordalék kerül. Valószínűleg még ennél is kevesebb lebegtetett hordalék jut a Dunacsúny és Rajka közötti mederszakaszra, mivel – mint a fentebbiekben láttuk – a dunacsúnyi mederelzáráson át a középvízi mederbe lényegesen kevesebb víz kerül a bősi erőmű üzembehelyezése óta, mint korábban. A csökkenés mértékére csak következtetni lehet, minthogy a Dunacsúny feletti tározó hordalék visszatartó hatását illetően nincsenek mérési adataink és csak becsülni tudnánk a bősi erőmű csúcsüzemének a tározót kiöblítő hatását, ha ismernénk a csúcsrajáratás hidraulikai jellemzőit.

A bősi erőmű működésének a felső-dunai görgetett hordalékmozgást befolyásoló hatását illetően arra következtethetünk, hogy sem a dunacsúnyi mederelzáráson, sem pedig a bősi erőművön át várhatóan nem jut számottevő mennyiségű görgetett hordalék az alsóbb mederszakaszra. A tározó, valamint a bősi erőmű alatti részen nagyvizek idején esetenként mozoghat a meder anyag, a dunacsúnyi mederelzárás és a Szap közötti részen ez a mozgás mérsékeltebb lesz, mint a Szap feletti szakaszon.

A görgetett hordalék hozamát megbízhatóan mérő műszert ez ideig nem fejlesztettek ki, a meglévő módszerek alapján csak közvetve következtethetünk a vízfolyás által szállított görgetett hordalék mennyiségére. A mozgó hordalékról SZEKERES J. által készített videofelvételek megkönnyítik a folyamat megismerését.

A dunacsúnyi mederelzárás következtében megváltozott vízrajzi viszonyoknak számos következménye van. Ezeknek részletes feltárása e cikknek nem célja, ezért a következőket említjük:

– A szigetközi Duna-szakasz növény- és állatvilága szorosan összefügg a Duna fentiekben vázlatosan ismertett hidrológiai, áramlástanai viszonyaival és azok megváltozásával. A dunacsúnyi mederelzárás üzembehelyezése előtt a szigetközi növények és állatok, az egész terület természeti jellemzői egyedülálló értéket jelentettek. Ennek az értéknek a jelentős része 1992. novembere óta fokozatosan pusztul. Anélkül, hogy az azóta végzett megfigyeléseknek, méréseknek a részleteit, az egyes növény- és állatfajokra vonatkozó eredményeit ismertetnénk, csak azt állapítjuk meg, hogy a szigetközi természeti viszonyok ma igen siralmas képet mutatnak és pusztulásuk folytatódik.

Az utóbbi időben megvalósított, kétségtelenül jó szándékú beavatkozások nem érték el a szükséges eredményt. Nem lehet vitás azonban, hogy a további pusztulást meg kell akadályozni, sőt az eredeti természeti értékeket vissza kell állítani. Ennek a célnak az elérését jelentős mértékben elősegítenék a középvízi mederbe építendő, mozgatható elzáró szerkezetű gátak. (Számukat, helyüket körültekintő tervezéssel kellene meghatározni.) Megvalósításuk számottevő költséget jelentene, de megfelelő kezelésükkel közepes, valamint alacsony vízállások idején annyi víz lenne juttatható a mellékágrendszerekbe, amennyi azok fenntartásához, legkedvezőbb fejlődéséhez szükséges és elégséges lenne és a gátak az árvizek elleni védelmet sem nehezítenék. Ez a főági vízszintszabályozás a kiránduló- és a halászhajó-forgalom, valamint az üdülés számára is kedvező lenne.

– A szigetközi Duna-szakaszon kívül ugyancsak nagyon értékes területe Szlovákiának a Csallóköz, Magyarországnak a Szigetköz. Ezeknek a területeknek az értékeit részletezni itt nem szükséges. Védelmük – ideértve természetesen a területek lakosságát, építményeit, létesítményeit is – feltétlenül szükséges.

A Duna mellékrendszerét, a Csallóközt, a Szigetközt nem csak a vízhiány okozta károk, hanem az árvizek pusztításai ellen továbbra is védeni kell, a fentebbiekben ismertetett vízszint-, valamint vízhozamcsökkenések alapján nem következtethetünk arra, hogy a bősi erőmű megépítése által érintett Duna-szakasz árvízi veszélyeztetettsége megszűnt. Az 1954. és az 1965. évi árvíz pusztításaira még sokan emlékeznek. Élesebben élnek ezek az árvizek azoknak az emlékezetében, akik a pusztításokat saját szemükkel látták, vagy annak maguk is szenvedő alanyai voltak, esetleg a védekezésben is részt vettek, halványabban azokéban, akik csak hallottak, olvastak az árvizekről.

– Az 1954. vagy az 1965. évihez hasonló árvizek bármikor bekövetkezhetnek. Pusztításaik megismétlődését semmiképpen sem szabad megengedni, mivel olyankor nem csak anyagi értékek, hanem emberi életek is veszélyben vannak.

– Az árvizek elleni védelem biztonságának fokozására mindenképpen szükség van: semmi biztosíték sincs arra, hogy az említett árvizekhez hasonlókat az árvízvédelmi töltések mai állapotukban ki tudnának védeni, különösképpen akkor, ha az hosszabb ideig tartana, vagy ha a védekezés nem lenne megfelelőképpen hatékony. A szigetközi Duna-szakasszal kapcsolatos beavatkozások tervezésekor erre gondolni kell.

*

Befejezésül arra hívjuk fel a figyelmet, hogy világszerte egyre szélesebb körben terjed annak a régi igazságnak a felismerése, hogy a *vízgazdálkodási határok nem egyeznek meg az országhatárokkal*. A vizekkel egy-egy vízgyűjtőterület határai között lehet célszerűen gazdálkodni, figyelembe véve és tisztelve természetesen a vízgyűjtőterületen élő népek önállóságát, országhatárait.

Több országban a fejlődés a közös tájegységek, vízgyűjtőterületek használatában, fenntartásában, fejlesztésében való együttműködés irányában halad. Példaként többek között a Nílus 2002 elnevezésű konferenciasorozat említhető, amelynek fő kérdésköre a Nílus-medence vízkészletének átfogó hasznosítása, vagy megemlíthető az Alpok-egyezmény, amelynek a természet, a környezet egész alpesi térségre kiterjedő védelmén kívül célja a térség országainak összehangolt vízgazdálkodása is.

Itt hívjuk fel a figyelmet D. PFÜNDLnek a dunai országok 1994-ben Budapesten tartott, XVII. konferenciáján elhangzott előadására, amelyben a dunai együttműködéssel kapcsolatos megállapodásokat ismertetve a további, fokozottabb együttműködés szükségességét hangsúlyozta. A közös vízgyűjtőterületű országok jelenlegi vízgazdálkodási vitái az említett és kívánt fejlődés irányával ellentétesek.

IRODALOM

- IVICSICS L. 1993. Árvízvédelem és hajózás a Duna Dunacsúny és Budapest közötti szakaszán a Bős–nagymarosi vízlépcsőrendszer egyes változatainak megépítése esetén. – Budapest.
- SZEKERES J. 1993. A Felső-Duna környezeti állapotértékelése. – Budapest.
- SZEKERES, J.–IVICSICS, L. 1997. Changes of hydrologic conditions in the Hungarian Upper Danube due to the Bős hydropower plant. – Columbia University Seminar Series. Pennington, N. J. Megjelenés alatt.
- VÁHOSTAV, 1985. Sústava vodnych diel na Dunaji Gabčíkovo–Nagymaros. – Zilina.
- Vízrajzi Atlasz. 1970. Duna. – Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest.

IMPACT OF THE BŐS HYDROPOWER PLANT ON SOME HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE HUNGARIAN UPPER STRETCH OF THE DANUBE RIVER

by *L. Ivicsics and J. Szekeres*

S u m m a r y

The hydrological conditions of the Hungarian upper (the Hungarian–Slovak border) stretch of the Danube River before construction of the Bős Hydropower Plant and the most important engineering data of the Bős–Nagymaros Hydropower Scheme and of the Dunacsúny dam (variant C) are described.

The changes in water level discharge, sediment and bed load transport of the Danube River due to the construction of Bős Hydropower Plant are tackled.

The effects of the changes of hydrologic conditions on the natural environment are predicted and the needs and possibilities of environmental and flood protection emphasized. There is a need in cooperation of nations living on the Danube basin in the field of water resources management.

Translated by L. IVICSICS