

**Előzetes Megvalósíthatósági Tanulmány:
A Duna szigetközi szakaszának rehabilitációja**

Megbízó:

A Bős-Nagymaros Projekt Kormányküldöttsége által a
közös magyar-szlovák Stratégiai Környezeti Vizsgálat elkészítése céljából
megalakított Munkacsoport magyar szekciója

Fordítás angol nyelvből

(Hiteles forrásnak az eredeti angol változat tekintendő)

**2009. február
Budapest**

Készítette

VITUKI

(Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet)

AZ ALÁBBI SZAKÉRTŐK KÖZREMŰKÖDÉSÉVEL:

Búzás Kálmán, vízgazdálkodási szakértő
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
1111 Budapest, Műegyetem rkp.3.

Deák András, történész
Duna Múzeum
2500 Esztergom, Kölcsey u.2.

Guti Gábor, ökológus, halbiológiai és halászati szakértő
Magyar Tudományos Akadémia Magyar Duna-kutató Állomása
2131 Göd, Jávorka S.u.14.

Hahn István, botanikus
Eötvös Loránt Tudományegyetem, Növényrendszertani és Ökológiai Tanszék
1117 Budapest, Pázmány sétány 1/C.

Ijjas István, vízgazdálkodási szakértő
Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
1111 Budapest, Műegyetem rkp.3.

Janák Emil, vízgazdálkodási szakértő
Észak-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság
9021 Győr, Árpád út 28-32.

Józsa János, hidrológus
Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
H-1111 Budapest, Műegyetem rkp.3.

Klaus Kern, környezeti-vízi mérnökszakértő
River Consult Am Rennbuckel 17, 76185 Karlsruhe, Németország

Kitley Gábor, igazgató helyettes
Geonardo – Szigetköz Life Project
GEONARDO Kft
1031 Budapest, Záhony u. 7. Graphisoft Park G/F épület

Kovács György, ökológus
Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
1011 Budapest, Fő utca 44-50

Kovács Péter, vízgazdálkodási szakértő
Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
1011 Budapest, Fő utca 44-50

Liebe Pál, hidrológus
VITUKI Kht, Hidrológiai Intézet
1095 Budapest Kvassay Jenő út 1.

Nagy Boldizsár, nemzetközi jogi szakértő
Eötvös Loránt Tudományegyetem, Állam- és Jogtudományi Kar
1053 Budapest, Egyetem tér 1-3.

Németh Nándor, geográfus
Geonardo – Szigetköz Life Project
GEONARDO Kft
1031 Budapest, Záhony u. 7. Graphisoft Park G/F épület

Pálvölgyi Tamás, meteorológus
ENV-IN-CENT KFT
1126 Budapest, Böszörményi út 20-22.

Rákóczi László, folyó morfológiai szakértő
VITUKI Kht
1095 Budapest Kvassay Jenő út 1.

Sass Jenő, folyó morfológia szakértő
VITUKI Kht
1095 Budapest Kvassay Jenő út 1.

Friedrich Schiemer, ökológus, nagy folyók helyreállítási szakértője
Department of Freshwater Ecology, University of Vienna, Althanstrasse 14
A- 1090 Vienna, Austria

Simonffy Zoltán, vízgazdálkodási szakértő
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
1111 Budapest, Műegyetem rkp.3.

A Steering Committee (Ijjas István, Klaus Kern és Kovács György) irányításával

Megbízó:

A Gabčíkovo-Nagymaros Project Kormányküldöttsége által a
közös magyar-szlovák Stratégiai Környezeti Vizsgálat elkészítése céljából
megalakított Munkacsoport magyar szekciója

TARTALOMJEGYZÉK

1.	A TERMÉSZETI RENDSZER ÉRTÉKELÉSE	7
1.1.	HIDROLÓGIAI ÉS HIDROMORFOLÓGIAI DINAMIKA	7
1.1.1.	VÍZJÁRÁS	7
1.1.2.	TALAJVÍZHÁZTARTÁS	13
1.1.3.	HIDROMORFOLÓGIAI FOLYAMATOK	16
1.2.	A TERMÉSZETES KORMÁNYZÓ FOLYAMATOKBÓL EREDŐ TÁJKÉPI STRUKTÚRA	19
1.2.1.	TERMÉSZETES KORMÁNYZÓ FOLYAMATOK	19
1.2.1.1.	HOSSZIRÁNYÚ KORMÁNYZÓ FOLYAMATOK	20
1.2.1.2.	OLDALIRÁNYÚ KORMÁNYZÓ FOLYAMATOK	20
1.2.1.3.	FÜGGŐLEGES IRÁNYÚ SZABÁLYOZÁSI FOLYAMATOK	22
1.2.1.4.	IDŐBELI DINAMIZMUS	22
1.2.1.5.	ZAVARÁSOK	24
1.2.2.	ÉLŐHELY MINTÁZAT	25
1.3.	BIÓTA, BIODIVERZITÁS, A VÍZMINŐSÉGGEL KAPCSOLATOS ÖKOLÓGIAI FOLYAMATOK 28	
2.	A TERÜLET FOLYÓSZABÁLYOZÁSÁNAK ÉS FÖLDHASZNÁLATÁNAK TÖRTÉNETE	32
2.1.	A FOLYÓSZABÁLYOZÁSI MUNKÁK TÖRTÉNETE	32
2.2.	A FÖLDHASZNÁLAT TÖRTÉNETE	36
2.2.1.	MEZŐGAZDASÁG	36
2.2.2.	ERDÉSZET	36
3.	VISSZAFORDÍTHATATLAN VÁLTOZÁSOK, SZÜKSÉGSZERŰSÉGEK, TERHELÉSEK- ÉS HATÁSOK ELEMZÉSE	38
3.1.	HIDROLÓGIAI- ÉS HIDROMORFOLÓGIAI DINAMIKA	38
3.1.1.	AZ ERDŐGAZDÁLKODÁS HATÁSA	38
3.1.2.	KLÍMAVÁLTOZÁS	38
3.1.3.	A FOLYÓSZABÁLYOZÁS HATÁSAI	39
3.1.4.	A FELSŐ FOLYÓSZAKASZ DUZZASZTÓGÁTJAINAK HATÁSAI	39
3.1.5.	A MEDERKOTRÁS HATÁSAI	40
3.2.	TÁJSZERKEZET	40
3.2.1.	A FOLYÓRENDEZÉS HATÁSAI	40
3.2.2.	A FÖLDHASZNÁLAT HATÁSAI	41
3.2.3.	A SZENNYEZŐK ÉS NÖVÉNYI TÁPANYAGOK HATÁSAI A VÍZMINŐSÉGRE	41
3.3.	NÖVÉNY- ÉS ÁLLATVILÁG, BIODIVERZITÁS	41
3.3.1.	ÉGHAJLATVÁLTOZÁS	41
3.3.2.	A HIDROLÓGIAI VÁLTOZÁSOK HATÁSAI	42
3.3.3.	AZ ÉLŐHELYEK MEGVÁLTOZÁSÁNAK HATÁSAI	43
3.3.4.	A HAJÓZÁS HATÁSAI	45
3.3.5.	SZENNYEZÉS ÉS EUTROFIZÁCIÓ HATÁSAI	45
3.3.6.	A HALÁSZAT- ÉS ÜDÜLÉS HATÁSAI	45
3.4.	TERHELÉS- ÉS HATÁSVIZSGÁLAT	47
3.4.1.	KEDVEZŐTLEN VÍZJÁRÁS AZ EGYOLDALÚ ELTERELÉS MIATT	47
3.4.2.	A HOSSZANTI FOLYTONOSSÁG HIÁNYA, VÁLTOZÁSOK A HORDALÉKSZÁLLÍTÁSBAN 48	

3.4.3.	OLDALIRÁNYÚ FOLYTONOSSÁG HIÁNYA.....	48
3.4.4.	FELSZÍN ALATTI VÍZKÉSZLETEK VESZÉLYEZTETETTSÉGE.....	48
3.4.5.	SZENNYEZÉS.....	49
3.4.6.	ÖKOLÓGIAI KÉRDÉSEK ÉS BIODIVERZITÁS.....	49
3.4.7.	KLÍMAVÁLTOZÁS.....	49
3.4.8.	NÖVEKVŐ ÁRVÍZSZINTEK.....	50
3.4.9.	HAJÓZÁS, TÚRIZMUS, REKREÁCIÓ.....	50
3.4.10.	FÖLDHASZNÁLAT.....	50
3.4.11.	A JÖVŐBENI INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTÉSEK HATÁSAI.....	50
4.	A JELENLEGI HELYZET HIÁNYOSSÁGAINAK ÉRTÉKELÉSE.....	51
4.1.	HIDROLÓGIAI ÉS HIDROMORFOLÓGIAI DINAMIKA.....	51
4.1.1.	HORDALÉKJÁRÁS.....	51
4.1.2.	VÍZJÁRÁS.....	56
4.1.3.	FELSZÍN ALATTI VÍZJÁRÁS.....	60
4.1.4.	IVÓVÍZ FORRÁSOK.....	64
4.2.	TÁJSZERKEZET.....	65
4.2.1.	ÉLŐHELYEK FRAGMENTÁCIÓJA.....	65
4.2.2.	AZ ÉLŐHELYEK ROMLÁSA.....	67
4.3.	FLÓRA ÉS FAUNA, BIODIVERZITÁS.....	70
4.3.1.	AZ ÉLŐHELYEK FRAGMENTÁCIÓJÁNAK KÖVETKEZMÉNYEI.....	70
4.3.2.	AZ ÉLŐHELYEK ROMLÁSÁNAK KÖVETKEZMÉNYEI.....	72
5.	FIGYELEMBE VEENDŐ JOGI KÖTELEZETTSÉGEK ÉS ÉRINTETTI ÉRDEKEK.....	73
5.1.	JOGI KÖTELEZETTSÉGEK.....	73
5.1.1.	AZ ÍTÉLET.....	74
5.1.2.	NEMZETKÖZI JOG.....	75
5.1.2.1.	KÖRNYEZETVÉDELME.....	75
5.1.2.2.	HAJÓZÁS.....	76
5.1.3.	EURÓPAI JOG.....	77
5.1.3.1.	A VÍZ KERETIRÁNYELV.....	77
5.1.3.2.	A KÖZÖSSÉG TERMÉSZETVÉDELMI RENDSZERE.....	78
5.1.4.	NEMZETKÖZI JOG, MINT EURÓPAI JOG.....	79
5.2.	AZ ÉRINTETTEK ÉRDEKEI.....	79
5.2.1.	A FŐBB EREDMÉNYEK RÖVIDEN.....	80
5.2.2.	A VIZSGÁLAT RÖVID ÁTTEKINTÉSE.....	81
5.2.3.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	82
6.	A KÖRNYEZETI CÉLKITŰZÉSEK ISMERTETÉSE.....	83
6.1.	HIDROLÓGIAI ÉS HIDRO-MORFOLÓGIAI DINAMIKA.....	83
6.1.1.	A VÍZJÁRÁS SZEZONÁLIS DINAMIKÁJA.....	86
6.1.2.	AZ ÁRAMLÁSOK ÉS A VÍZSZINTEK VÁLTOZÁSA MEGFELELŐ ÁLLAPOT ESETÉN.....	86
6.1.3.	VÍZJÁRÁS.....	86
6.1.4.	A MEDERHORDALÉK MOZGÁSA.....	87
6.1.5.	MEDERFEJLŐDÉS.....	87
6.1.6.	LATERÁLIS, VERTIKÁLIS ÉS LONGITUDINÁLIS FOLYAMATOSSÁG.....	87
6.1.7.	FELSZÍN ALATTI VÍZJÁRÁS.....	88
6.2.	TÁJSZERKEZET.....	88
6.2.2.	ÁTMENETI ZÓNA.....	91
6.2.3.	SZÁRAZFÖLDI ÉLŐHELYEK.....	92

6.3.	BIÓTA ÉS BIODIVERZITÁS.....	92
7.	A REHABILITÁCIÓS INTÉZKEDÉSEK ÁLTALÁNOS ÁTTEKINTÉSE	95
7.1.	A MŰSZAKI INTÉZKEDÉSEK RÖVID ÁTTEKINTÉSE.....	95
7.1.1.	I. CSOPORT: A VÍZJÁRÁS MÓDOSÍTÁSA, 1. SZ. VÁLTOZAT.....	98
7.1.2.	II. CSOPORT A FŐ FOLYÓMEDER MÓDOSÍTÁSA.....	102
7.1.2.1.	A FOLYÓMEDER MEGEMELÉSE ÉS A KERESZTMETSZET SZŰKÍTÉSE, 2. SZ. VÁLTOZAT 102	
7.1.2.2.	A FOLYÓMEDER MEGEMELÉSE ÉS A KERESZTMETSZET KISZÉLESÍTÉSE, 3. SZ. VÁLTOZAT	106
7.1.3.	III. CSOPORT A VÍZSZINTEK MÓDOSÍTÁSA DUZZASZTÁSSAL.....	111
7.1.3.1.	NÉGY TOVÁBBI GÁT ÉPÍTÉSE, 4. SZ. VÁLTOZAT.....	111
7.1.3.2.	TOVÁBBI 8 GÁT ÉPÍTÉSE ÉS AZ OLDALÁGAK CSATLAKOZTATÁSA A FŐMEDER MINDKÉT OLDALÁN, 5. SZ. VÁLTOZAT.....	116
7.1.3.3.	TOVÁBBI 8 GÁT ÉPÍTÉSE ÉS AZ OLDALÁGAK CSATLAKOZTATÁSA KIZÁRÓLAG A MAGYAR ÁRTÉREN, 5. SZ. VÁLTOZAT.....	121
7.1.3.4.	HÁROM GÁT MEGÉPÍTÉSE KIINDULÁSKÉNT; A TOVÁBBI GÁTÉPÍTÉSI HELYEK KIVÁLASZTÁSA A TELJESÍTMÉNYT ALAPJÁN, 7. SZ. VÁLTOZAT.....	121
7.1.3.5.	TOVÁBBI 7 GÁT ÉPÍTÉSE ÚJONNAN KIALAKÍTOTT KANYARGÓ OLDALÁGGAL, 8. SZ. VÁLTOZAT	123
7.1.3.6.	HÉT GÁT ÉPÍTÉSE, AZ ÚJ KANYARGÓ OLDALÁGAT AZ ÁRADÁSOK FOLYAMATOSAN ALAKÍJTJÁK KI, 9. SZ. VÁLTOZAT.....	126
8.	TOVÁBBI VIZSGÁLATOK.....	129
8.1.	A VIZSGÁLATOK ÁTTEKINTÉSE.....	130
8.2.	A VÁLTOZATOK KIDOLGOZÁSA.....	130
8.2.1.	I. CSOPORT: A VÍZJÁRÁS MÓDOSÍTÁSA.....	130
8.2.2.	II. CSOPORT: A FŐ FOLYÓMEDER MÓDOSÍTÁSA.....	131
8.2.3.	III-1. CSOPORT: GÁTAK ÉPÍTÉSE A FŐ FOLYÓMEDERBEN (SOROZATOS DUZZASZTÁS) 131	
8.2.4.	III-2. CSOPORT: KANYARGÓ CSATORNA KIALAKÍTÁSA AZ ÁRTÉREN A FŐ FOLYÓMEDERBEN ÉPÍTETT GÁTAKKAL.....	132
8.3.	HIDRAULIKUS MODELLEZÉS.....	133
8.3.1.	FELSZÍNI VÍZEK.....	133
8.3.2.	HORDALÉKSZÁLLÍTÁS.....	133
8.3.3.	A TALAJVÍZ-VÁLASZ.....	134
8.4.	A TÁJELEMEK ELEMZÉSE.....	134
8.5.	AZ ÖKOLÓGIAI HELYZET FELMÉRÉSE (VKI).....	135
8.6.	KÖLTSÉG-HASZON ELEMZÉS.....	135
8.7.	A VÁLTOZATOK ÉRTÉKELÉSE.....	135
8.8.	A MONITOROZÁS EREDMÉNYEINEK ÁTTEKINTÉSE ÉS AJÁNLÁSOK.....	136
8.9.	ZÁRÓ MEGJEGYZÉSEK.....	136
9.	IRODALOM.....	137

1. A természeti rendszer értékelése

A nagy kiterjedésű ártérrel rendelkező folyók komplex ökoszisztémája, a viszonylag kis területen előforduló különféle élőhelyeik rendkívüli változatossága jelentősen hozzájárul egy ökorégió természetes biodiverzitásához. A folyószabályozással és az árterek növekvő használatával azonban a természetes funkciók jelentős része elveszett. A természetes rendszer állapotának romlása nem csak a biológiai sokféleséget veszélyezteti, hanem a jövőbeni hasznosítást is, mint például a vízadó rétegekből történő jó minőségű és nagy mennyiségű vízellátást, a fenntartható rekreáció és turizmus fejlesztését, stb.. A Duna szigetközi szakasza ökológiai funkcióinak rehabilitálása mindkét szomszédos állam, Szlovákia és Magyarország elsődleges érdeke is.

Egy folyó helyreállításánál általános nehézséget jelent, hogy a hidromorfológiai folyamatok referencia állapota, valamint az ebből következő közel eredeti állapot természetes élőhelyei és a hozzátartozó biológiai elemek többnyire szegényesen dokumentáltak. Néhány kulcsfontosságú elem leolvasható régi, történelmi térképekről és hidrológiai adatok regisztrátumaiból, stb. A Víz Keretirányelv (Water Framework Directive, 2000) úgy határozza meg az úgynevezett jó ökológiai állapotot, mint az emberi tevékenységből származó kismértékű torzulást a zavartalan állapothoz képest. A VKI-ban mind az ökológiai állapot értékelése, mind pedig a környezeti célkitűzések meghatározása az úgynevezett biológiai minőségi elemek alapján történik. A jelentés alapjául szolgáló általános eljárás kompatibilis mindkettővel, vagyis a folyó helyreállítás tudományos alapelveivel, különös tekintettel a nagy árterű folyók rehabilitációjára, valamint a VKI jogi kötelezettségeivel.

Az utóbbi két évtized során számos olyan koncepció került kidolgozásra, amely bemutatja a folyók ökoszisztémáinak működését (lásd. Thorp et al. 2006). Ezek a koncepciók hasznos háttérrel jelentenek a kisalföldi Duna-szakasz természetes folyó rendszerének leírásához.

1.1. Hidrológiai és hidromorfológiai dinamika

A Duna árterén a Dévényi-kapu alatt a víz és a hordalék a két legfontosabb tájalakító tényező, mely alapvető szerepet játszik a felszíni formációk kialakításában, továbbá a különféle tájökológiai képződmény kifejlődésében (Pécsi, 1959; Göcsei 1979)

1.1.1. Vízjárás

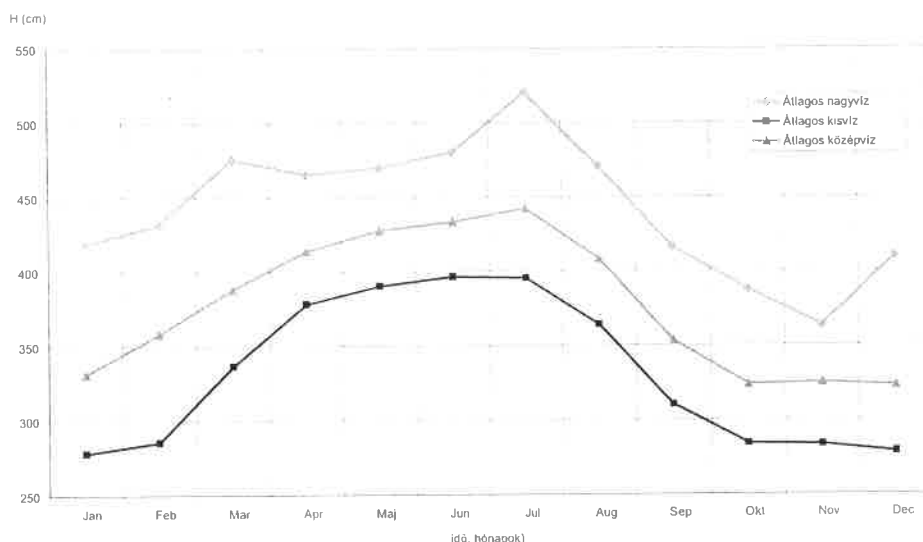
A vízparti ökoszisztémák formálói a folyó vízjárásának dinamikája és az ehhez kapcsolódó hordalék-eróziós, transzport- és lerakódási folyamatok. A folyó vízjárásának alapvető jellemzői egy természetes rendszerben a következők:

- (1) a vízhozam és a hozzá tartozó vízállások évszakhoz kötött változása természetes stádiumokban;

- (2) a talajvízszintek ennek megfelelő változása a folyóvízből történő utánpótlódási és elszivárgási folyamatokkal együtt;
- (3) a mellékágakat változó mértékben feltöltő, valamint a környező hullámteret egyszer-egyszer napokig, hetekig vagy akár hónapokig elöntő árvízi vízhozamok előfordulása.

A folyó vízhozamának jelentős részét, valamint a vízjárást az Alpok és az Alpokalja érszaki részének 131,000 km² nagyságú vízgyűjtő területéről érkező csapadék, valamint hó- és gleccserolvadás határozza meg. A Duna vízjárása alapvetően sztochasztikus természetű, jóllehet a tavasztól nyár közepéig tartó időszakban általában több árhullám is érkezik egymás után. A hótakaró és gleccserek olvadása az Alpokban, valamint az egyidejűleg kialakuló jelentős csapadék rendszerint nagyobb árhullámokat eredményez május végétől júniusig. Kisvizes időszak jellemzően októbertől alakul ki, melyet aztán a vízhozam kismértékű emelkedése követ. Decembertől egy újabb kisvizes időszak következik, mivel a vízgyűjtő terület magashegységi része az éghajlati körülmények, fagyás miatt nem biztosít többé vizet. A vízhozam ingadozása, valamint az ehhez kapcsolódó hordalékszállítás az uralkodó folyómeder formáló érői.

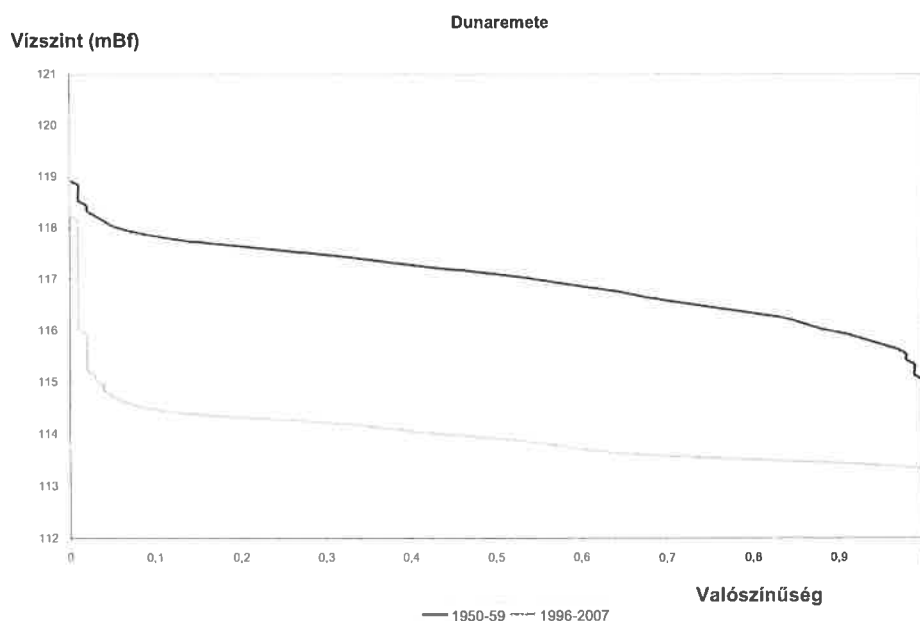
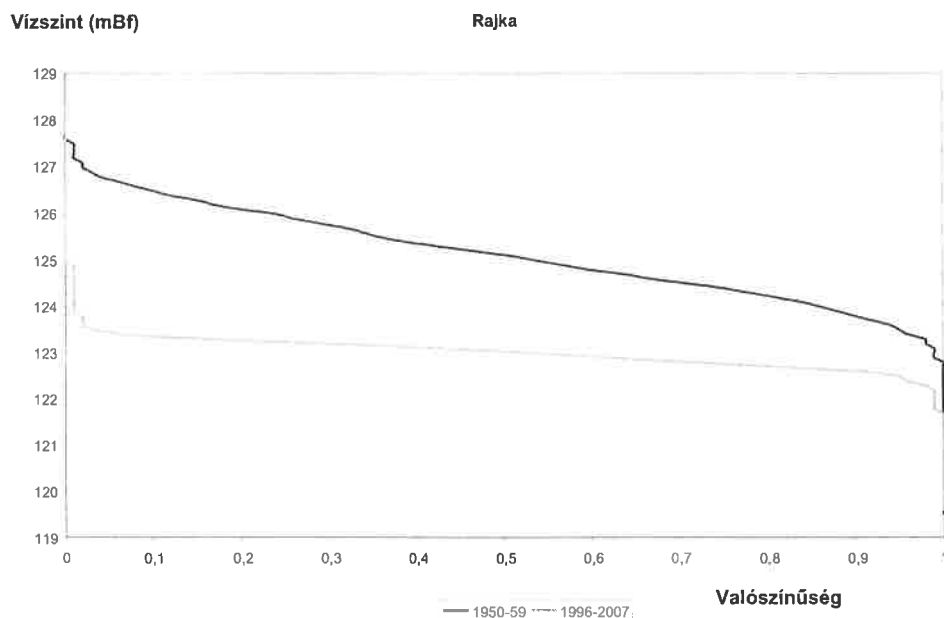
A dunaremetei szelvényben található vízmércén mért vízállás az 1. ábraán bemutatott évszakos változása tükrözi a hullámtér mezőgazdasági hasznosításának gátat vető, tavaszi és kora nyári árhullámokkal járó alpesi vízjárást. Ez a legfontosabb oka a kultúrművények hiányának, valamint a nagy kiterjedésű puhafa és keményfa erdőállományok jelenlétének a szigetközi hullámtéren.



1. ábra Jellemző havi átlagos vízállások évszakos változása a dunaremetei vízmércén 1950-1959 között

A 2. ábra azt jelzi, hogy az átlagos éves vízszintek változása Rajkánál és Dunaremeténél az 1950-es években megközelítőleg 5, illetve 4 méteres tartományokban

mozgott, figyelmen kívül hagyva a csak pár napig tartó szélsőséges vízhiányokat és árvizeket. A vízszintek teljes amplitúdója a 7 métert is elérte. Az év 80% -ában a vízállás változás tartománya Rajkánál 2,7 méter és Dunaremeténél 1,8 méter volt. Rajkánál a vízállás a vízmérce nulla pontja felett 125,1 m-es, Dunaremeténél 117,1 m-es középérték körül váltakozott.



2. ábra Vízállások tartóssági görbéje Rajkánál és Dunaremeténél az 1950-es években és a mellékágrendszer ideiglenes vízpótlásának 1995-ben történt megvalósítása után

Egy természetes rendszerben a fő vízfolyás medre gyakran vándorolt a jelentősebb árvízi események során, ezzel alakítva ki változatos magasságú és tetszőleges vízhozamú ágak rendszerét a fejlődés különböző szakaszaiban.

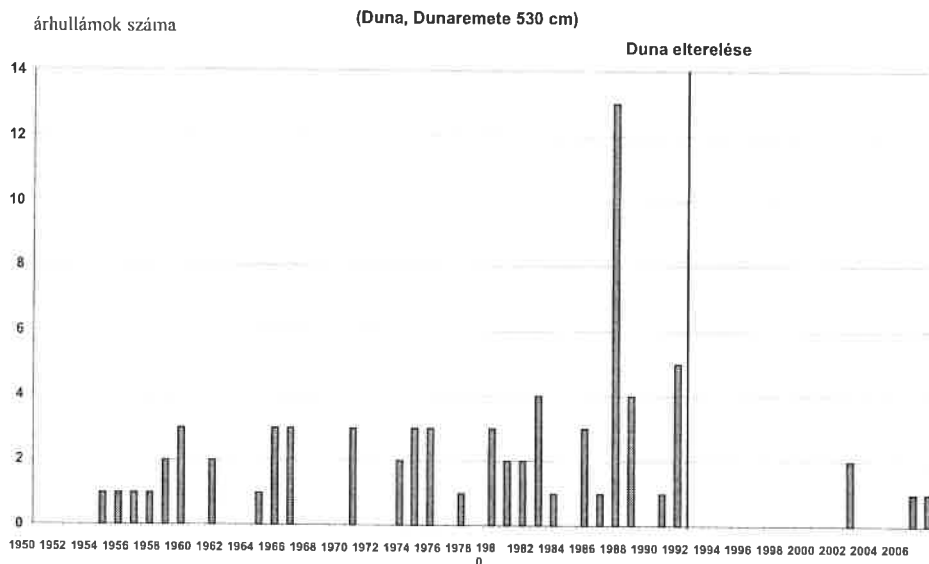
A hajózási feltételek javítása céljából a kisvízi szabályozás magába foglalta a mellékágak bukógátákkal történő elzárását. Az 1960-as években ezeknek a gátaknak a szintjét egységesen a 2500 m³/s vízhozamnak megfelelő vízállásokhoz építették. A gátak úgy kerültek megtervezésre, hogy a gátkoronának legyen egy 30-50 m széles középső szakasza, ahol a gátkorona magassága 50 cm-el lecsökkent. Ez azt jelentette, hogy a mellékágak már 2000 m³/s-os vízhozamnál kezdtek vizet kapni és 2500 m³/s-nál jelentős vízhozam értékeket mutattak. A kisvízi meder bevágódása miatt az 1980-as évekre a tervezési szint az egységes átfolyási szintnek megfelelő 2500 m³/s-ról 3150 m³/s-ra változott, miközben a feltöltés megkezdéséhez szükséges minimális vízhozam érték 2000 m³/s-ról 2700 m³/s-ra emelkedett.

Az 1. táblázat számszerűsíti a mellékágrendszer kapcsolatát a fő mederrel az 1980-as években.

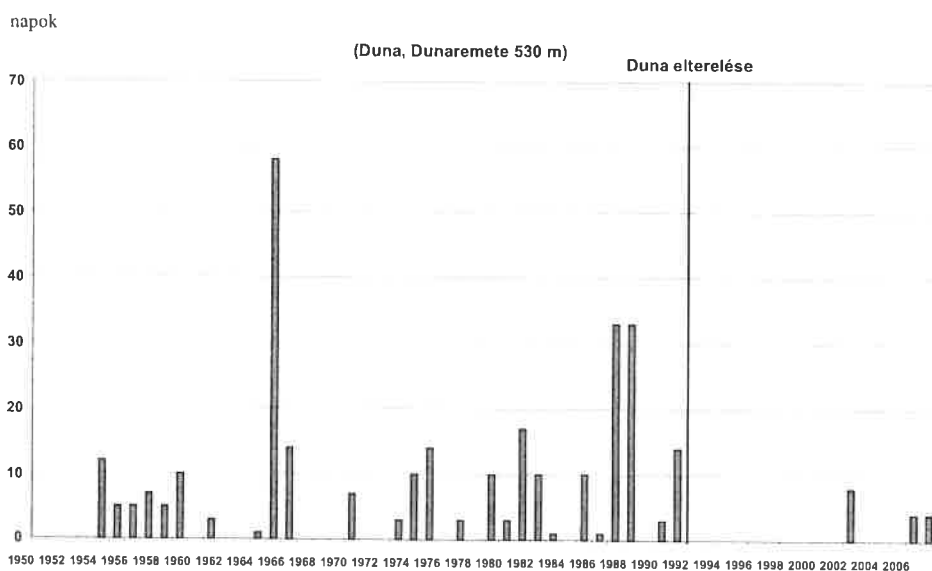
1. táblázat A mellékágrendszer kapcsolata a fő mederrel és elöntése az 1980-as években (az EC Working Group Report, 1992 alapján)

Jellemző vízjárási helyzet	Vízhozam (m ³ /s) és átlagos tartósság (napok száma évente)	Gyakoriság
A víz áramlása nagyrészt a sarkantyúk közötti területekre korlátozódik a fő mederben	<1000 m ³ /s, 13 nap	Többször egy évben
Vízáramlás a fő mederben és a permanens ágakban	1000-1800 m ³ /s, 42 nap	Többször egy évben
Vízáramlás néhány mellékágban	1800-2500 m ³ /s, 122 nap	Többször egy évben
Vízáramlás több mellékágban	2500-3500 m ³ /s, 78 nap	Többször egy évben
Vízáramlás szinte az összes mellékágban	3500-4500 m ³ /s, 17 nap	Többször egy évben
A hullámtér teljes árvízi elöntése	4500-6000 m ³ /s, 4 nap	Egyszer egy évben
A hullámtér magas árvízi elöntése	>6000 m ³ /s, < 1 nap	3-4 évben egyszer

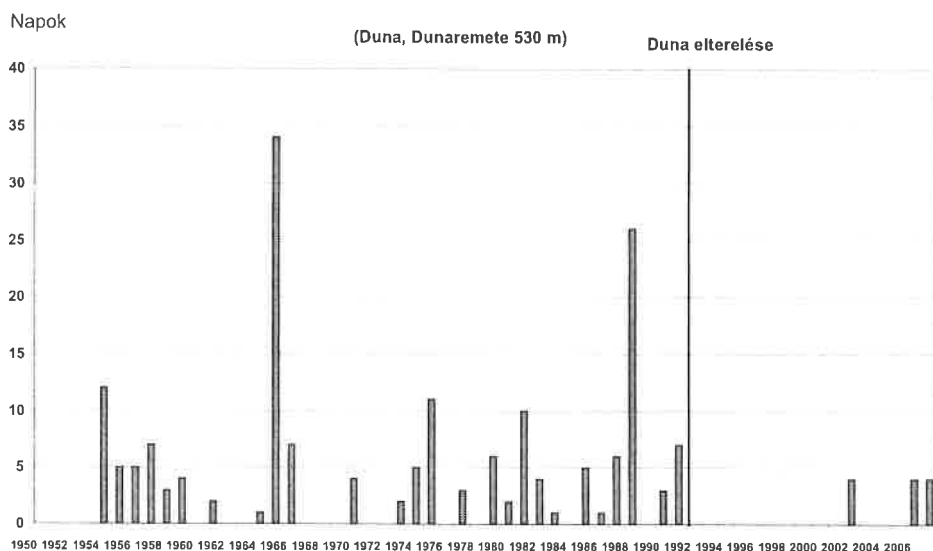
A dunaremetei vízmérce 3900 m³/s-os vízhozamnak megfelelő 530 cm-es küszöbértéke feletti árvízi vízhozamok gyakoriságát és tartósságát a 3. ábra, 4. ábra és 5. ábra mutatja. Általánosságban, a hullámtér elöntését okozó árvizek éves száma 1-től 3-ig terjed, azonban, ahogy azt a statisztikai eredmények is mutatják néhány évben egyáltalán nincs árvízi elöntés a hullámtéren. Egy adott évben előforduló ismétlődő elöntések eredményeképpen a hullámtér összességében hosszabb ideig is elöntés alatt állhat, jöllehet néhány év kivételével (1965, 1982, 1988, és 1989), a rendelkezésre álló adatok alapján ez nem haladta meg a 14 napot és átlagosan kevesebb volt, mint 10 nap. Az 1965-ös év rendkívüli volt, amikor is a leghosszabb hullámtéri árvízi elöntés időtartama több mint 1 hónap volt. Egy másik kitartó elöntés 1989-ben alakult ki. Az elöntés időtartama rendes körülmények között 1-től 6 nap között alakul.



3. ábra A hullámtér teljes árvízi előntését okozó árhullámok száma 1950 és 2007 között a Duna szigetközi szakaszán (Duna, Dunaremete 530 cm, ÉDUKÖVIZIG)



4. ábra A hullámtér árvízi előntés napjainak összege 1950 és 2007 között a Duna szigetközi szakaszán (Duna, Dunaremete 530 cm, ÉDUKÖVIZIG)



5. ábra A hullámtér árvízi elöntését okozó leghosszabb árhullámok időtartama 1950 és 2007 között a Duna szigetközi szakaszán (Duna, Dunaremete 530 cm, ÉDUKÖVIZIG)

Nyilvánvaló, hogy ezek az adatok nem a zavartalan állapotra vonatkoznak. A szabályozott folyómedernek nagyobb a vízszállító kapacitása, mint a természetes mederforma fő ágainak. Ezen kívül a mederágy bevágódása tovább növelte a csatorna vízszállító kapacitását. A hullámtér gát rendszerekkel történő visszaszorítása megnövelte a vízszint ingadozások tartományát (2.1 fejezet). Mindamellet, minden beavatkozás ellenére, a természetes ökoszisztéma alapvető hidrológiai jellemzője mégis levezethető a fent megadott adatokból (2. táblázat).

2. táblázat A természetes rendszer vízjárásának összefoglalása

- A **vízjárás évszakos** alakulását – nyári árhullámokkal és téli kisvizekkel – jelentősen befolyásolja az alpesi vízgyűjtő terület.
- Az **éves vízszintingadozás** 5-7 m-t ölel fel, a teljes tartomány Rajkától Dunaremetéig csökken. Ha kizárjuk a tartóssági görbe legmagasabb és legalacsonyabb 10%-os szintjeit, akkor az éves középértéktől eltérő vízszint ingadozási tartománya Rajkánál 2,7 m, illetve Dunaremeténél 1,8 m volt.
- A természetes rendszerben nem volt meghatározott **áramlási küszöbérték a mellékágakban**, hiszen a fő ágak gyakran változtatták helyzetüket. Csak a folyószabályozás hozta létre a mellékágak meghatározott rendszerét, melyek közül

több is kapott vizet a középvízi állapotokban az 1960-as évekig, amikor is a gátakat építették a hajózhatóság javítása céljából.

- **A hullámtér elöntése** sokkal gyakoribb lehetett, mint ahogy azt a 3. ábra mutatja. Mindazonáltal a vízjárás sztochasztikus jellege miatt lehetnek olyan egymást követő évek, amikor nem volt árvízi elöntés a hullámtéren. Ugyanakkor a nedves évek előidézhettek számos töltéskoronán átbukó vizet. A nagymértékű elöntések néhány napig, ritkán két hétig és kivételesen egy hónapig is tarthattak.

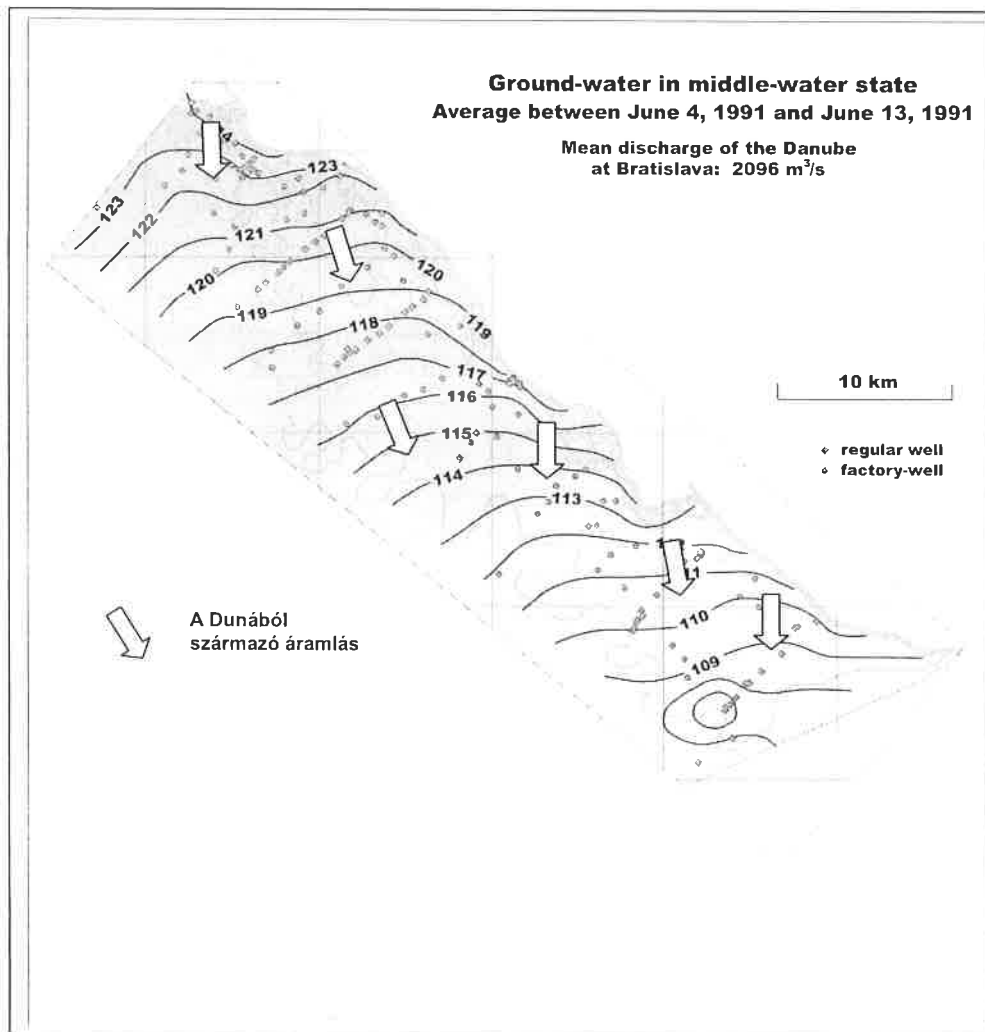
1.1.2. Talajvízháztartás

A Kisalföld geológiai fejlődése jelentősen kapcsolódott a Duna morfológiai fejlődéséhez, mely egy nagy kiterjedésű, 10 - 600 méter közötti vastagságú negyedidőszaki alluviális vízadó réteg kialakulásához vezetett. A Szigetközben található magyarországi vízadó réteg becsült térfogata megközelítőleg $21,8 \text{ km}^3$ (Erdélyi, 1994) és egy térben váltakozó 0-5 m vastagságú finom homok fedőréteg takarja, valamint egy 1 km vastag homokos kavics összleten fekszik, ami a mélyben hévizeket tartalmaz.

A talajvíz áramlásának és utánpótlódásának rendszerét a területi talajvízszintek (Hajósy, Liebe és Szalai, 2008; 6. ábra) és a stabil izotópelemzés (Deák et al, 1996; Stute et al, 1997; Deák et al, 2002) mutatják. A Szigetköz és a Csallóköz vízadó rétegének uralkodó utánpótlási forrása a Duna volt. Dunából származó vizet több száz méter mélységben is találtak a Szigetközben és a Mosoni-Dunán túl. A radioaktív kiváláson alapuló nyomjelző vizsgálatok igazolták, hogy a talajvíz áramlása főleg vízszintes irányú és a Duna felől indul, a vízszintes áramlási sebesség 500 m/év is lehet a vízadó réteg felső rétegében. A Duna elterelése előtt a Duna magyar-szlovák szakaszából $7 \text{ m}^3/\text{s}$, a Mosoni-Dunából és Lajtából pedig $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ mennyiségű víz szivárgott közvetlenül a talajvízbe. Ezzel szemben a $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ -os csapadékból származó utánpótlódás elhanyagolható (Simonffy, 1998), mely közvetve azokkal a mérésekkel is bizonyítható, melyek azt mutatják, hogy a potenciális evapotranszpiráció mértéke 30%-al meghaladja a csapadékösszeget (Petrasovits, 1988). Mindazonáltal a Mosoni-Dunán túl az egyéb utánpótlási források fokozatosan fontosabbá válnak.

Hidraulikus kapcsolat a fő Duna ággal a Rajka-Gönyü szakaszon mindenütt megvan, a Csúni tározó megépítése előtt a Duna vize határozta meg a talajvízszinteket a Szigetközben és azon túl is. A fentebb említett 6. ábra mutatja az átlagos talajvíztükör magasságokat 1991-ben (melyek jellemzőek a felszíni víz vízszintjének megfelelően történő alakulásra az 1980-as évek végén), amelyből következtetni lehet a hozzávetőleges áramlási irányra. Ami azt illeti, a reakció sokkal összetettebb, magas dunai vízhozamú körülmények között az uralkodó jellegű talajvíz áramlási iránya dél-keleti irányúról délire változik, tükrözve a magas vízállásból származó utánpótlódás fontosságát a Szigetköz számára. A talajvízszintek a Szigetközben szorosan követik a Duna vízállásának változásait, de Dunától való távolság növekedésével arányosan csökkenő amplitúdóval. Ennek megfelelően a Dunával szomszédos területeken a 2,0 métert meghaladó

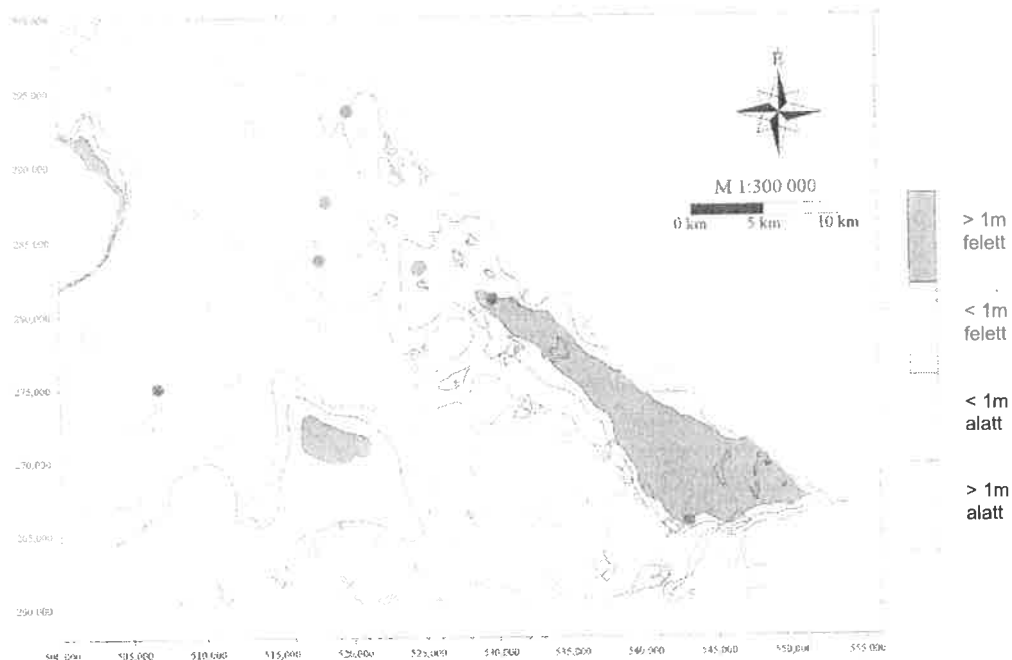
talajvízszint váltakozás is megfigyelhető. A Mosoni-Duna közelében ez 1,0 m-re vagy még annál is kevesebbre csökken.



6. ábra Talajvízszint domborzat 1991-ben (1991. június 4 és június 13-a közötti átlag) 2096 m³/s átlagos pozsonyi vízhozamnál. ♦ - normál kutak, • - üzemi kutak

A talajvíztükör felszín alatti mélysége nagy jelentőséggel bír a kapilláris talajnedvesség ellátásában. Amennyiben a talajvíztükör felemelkedik a vízadó réteg durva allúviumát takaró finom talajba, akkor a víz kapilláris folyamatok által fel tud emelkedni a talajszelvénybe és jelentős hozzájárulást biztosít mind a természetes vegetáció, mind pedig a mezőgazdasági növénytermesztés számára. A kapilláris vízellátás fokozatosan egyre fontosabbá válik a Felső-Szigetközben az Alsó-Szigetköz felé haladva, továbbá a dunai árvízi vízhozamok esetében. Mivel árhullámok jellemzően késő tavaszi/kora nyári időszakban alakulnak ki, és ezt késő nyári árhullámok is követhetik, a legmagasabb

talajvízszintek egybeesnek a növények magas vízigényének, valamint a maximális éghajlati igénybevételek időszakával. Ez egy természetes alúlról érkező vízellátás, amely alapvető jellegzetessége volt terület ökológiájának és mezőgazdaságának. Az 1980-as évek állapotának bemutatása céljából Simonffy (1998) készített egy térképet, amely szemlélteti a talajvízszint és a talajtakaró réteg mélyebb felszíne közötti kapcsolatot (7. ábra)



7. ábra Talajvízszintek a talajtakaró réteg mélyebb felszíne függvényében (az 1980-as évek állapota)
Szerkesztette: Simonffy Z.

A Szigetköz vízadó rétege megközelítőleg $5,4 \text{ km}^3$ talajvizet tartalmaz. Ez egy olyan nemzeti stratégiai jelentőséggel bíró, egyedülálló jó minőségű vízkészlet, mely jelenleg többnyire nincs hasznosítva. A területen található legnagyobb vízművek Győr-Szőgye, Győr-Révfalu és Darnózseli. A víztermelés becsült mennyisége Mosonmagyaróvárral együtt $75500 \text{ m}^3/\text{nap}$.

3. táblázat A természetes rendszer talajvízháztartásának összegzése

- A Kisalföld 10-től 600 m mélységben található homok és kavicsrétegekből álló vízadó összlete jelenti Magyarország és Szlovákia legfontosabb talajvíz tartalékát.
- Egy hordalékkúp tetején elterülve a Duna változó folyómeder rendszere jelenti a talajvíz legfontosabb utánpótlódási forrását minden vízállási helyzetben. Talajvíz csak az apadó árvízi helyzetben szivárog egy rövid ideig a folyómederbe, biztosítva a meder és a vízadó összlet közötti nyitott kapcsolatot a talajvíz utánpótlódás idejére.

- A vízrendszer által biztosított utánpótlódás mértéke messze meghaladja a csapadék hozzájárulását, ami még a párolgási veszteség kiegyenlítésére sem lenne elegendő. A szigetközi vízáradó összlet Dunából származó utánpótlódását 1992 októbere előtt 7-8 m³/s-ra becsülték
- A talajvízszint 1-2 méteres ingadozása nedvességet biztosított a finom szemcséjű takarórétegben még a Szigetköz északi részén is, ahol annak vastagsága nem volt megfelelő a talajvízzel való kapcsolatból származó permanens kapilláris emelkedésre.

1.1.3. Hidromorfológiai folyamatok

A Duna közel kétfélmillió évvel ezelőtt jelent meg a Kisalföld területén. Síksági területre lépve a folyó esése és sebessége lecsökken, ennél fogva a hordalékszállító-kapacitása is jelentősen csökken, mely az Alpokból szállított hordalék lerakását eredményezi. A Kisalföld alacsonyan fekvő területe több millió éven keresztül mintegy 0,1 – 0,5 mm/év sebességgel süllyedt, majd kavicsos hordalékkal töltődött fel. A Duna németországi és ausztriai szakaszán uralkodóan kavics típusú hordalékot szállít, melynek a teljes hordalékszállításból (megközelítőleg 5-7x10⁶ m³/év) való részesedése 10 - 20 % között alakult az Inn folyó és a Duna duzzasztógátjainak megépítését megelőzően. A hordaléklerakódási folyamatok a földtörténeti idők során folyamatosan töltötték fel a Kisalföld alacsonyan fekvő területét, ezzel egy széles árteret alakítva ki, ahol a folyó saját folyóvízi hordalékkúpján folyt le (Pécsi 1959, Göcsei 1979).

Az alluviális folyók fonatos vagy meanderező jellegűek lehetnek az erózió és hordalék lerakódás hányadától függően. A folyó fonatos, ha a hordalék lerakódás meghaladja az eróziós folyamatok mértékét. A fonatos mederszakasz ágakra szakad a hordalékkal folyamatosan töltődő allúviumon és a folyóágak delta-szerű hálózatát alakítja ki, egymásra rétegződő szigetekkel. A széles és sekély ágakban a hordalék lerakódásával zátonyok alakulnak ki. A zátonyok szigetekké fejlődnek, ha felszínüket a növényzet megköti. További hordalék lerakódással a fonatos ágak később tovább szakadhatnak. Nagyvízi időszakban az eróziós folyamatok új ágakat alakíthatnak ki, amikor a folyó eredeti medrét elhagyva új medret vág magának az ártéren. Jelentős árvizek során az egybefolyó főág megváltoztatja irányát, egy új főágot alakít ki és elhagyja régi medrét. A fonatos folyó szárazföldi rendszere legtöbbször instabil, mely meggátolja a teljes ökológiai szukcessziót, ezért az ökoszisztéma fejlődése a középső szakasznál tovább nem jut.

A folyó akkor kezd meanderezni, ha a hordalék lerakódás egyensúlyban van az erózióval. Egy meanderező mederben az erózió a homorú (külső) partot pusztítja és egy rövid távolság megtétele után az ott erodált anyagot lerakja, azzal építve a domború partot. A homorú partok általában meredek, a domború partok enyhén lejtős homokos hordalékpadok. Hosszú időszak alatt a meanderek lefelé vándorolnak a folyón, szélességük növekedik mindaddig, amíg az elkeskenyedő földnyelv átvágásra nem kerül egy nagy árhullám során és a meander hurok morotvává vagy holtággá válik. Az elhagyott morotva tavak fokozatosan elvesztik kapcsolatukat a folyóval, mivel a hordalék

lerakódás elzárja a felvízi és az alvízi torkolatukat is, továbbá ki vannak téve a biológiai üledékképződésből és az árhullámok utáni lebegőanyag kiülepedésből származó feltöltődésnek. Néhány évszázad alatt ez a morfológiai szukcesszió a morotva tó teljes eltűnéséhez vezethet, csak egy keskeny mélyedést hagyva maga után az ártér felszínén (Amoros et al. 1987).

A 8. ábra bemutatja a Szigetköz területén kialakult hidromorfológiai folyamatokból származó folyómeder rendszert a 19. század végén megkezdődött folyószabályozások előtt.



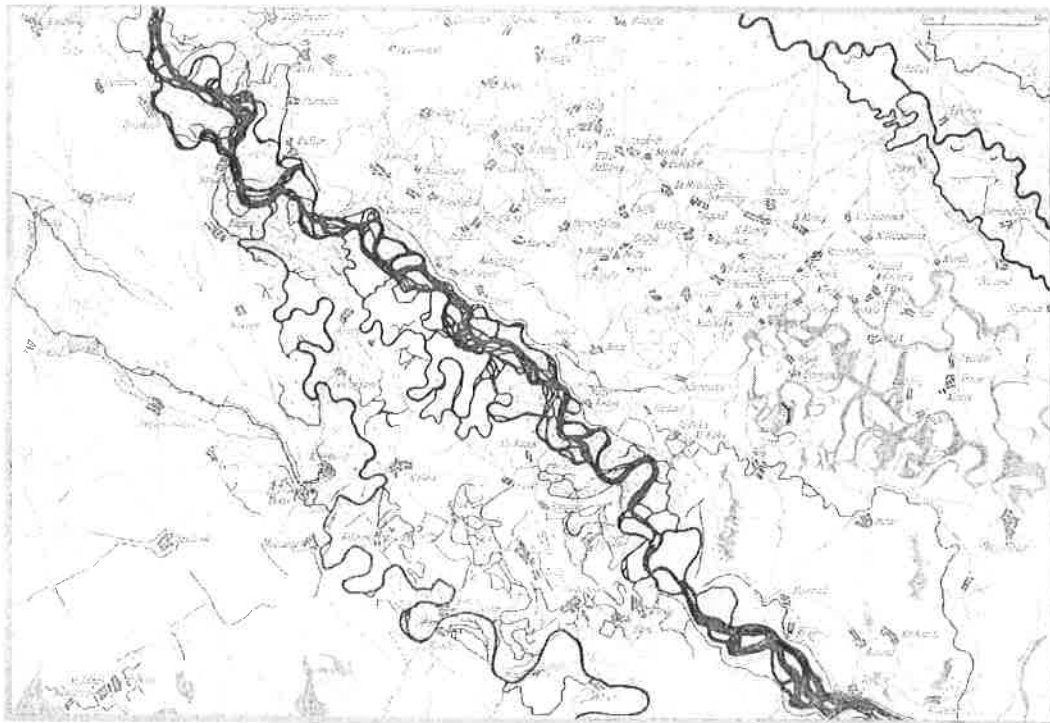
8. ábra Duna-szakasz a Szigetközben a 19. századi folyószabályozás előtt az 1806 és 1869 között végzett katonai térképészeti felmérések alapján

A hordalék lerakásának és a szigetek kialakulásának legfontosabb oka a Szap (1811 fkm) közelében tapasztalható hirtelen eséstörés, mely tovább csökkenti, felére vagy akár harmadára a folyó hordalékszállító energiáját. Az esésben beálló törés helye nem teljesen állandó: nagyvizek esetén folyásirány ellen mozog, miközben, egy jelentős vízszintesési esemény során, például a folyómeder kotrása miatt, folyásiránnyal megegyezően tolódhat el.

A Duna folyómedrének alakulása elsősorban a viszonylag rövid árvízi időszak során megy végbe (9. ábra). Az emelkedő árhullám során a folyó főleg eróziós munkát végez a folyómederben, addig, amíg az árhullám eléri a csúcspontját, és csak kis mértékben építi a medrét. Ugyanakkor a hullámtérre kilépő víz csak kismértékben erodáló hatású, a víz által kiülepített homokos, iszapszerű hordalék mindazonáltal nagyobb jelentőséggel bír a felszín alakításának szempontjából. Az árvízi csúcs levonulását követő apadás során az üledék-lerakódás folytatódik a mederben, hiszen a víz sebessége csökken. Közepes és kisvízi időszak alatt a Duna az árvizek során kialakuló változásokhoz képest csak kisebb mértékben alakítja medrét.

A szigetközi szakasz meder szerkezetének morfológiája csökkenő mértékben változik, és négy kiemelkedő ökológiai jelentőséggel bíró szakaszt vagy övezetet lehet megkülönböztetni:

- 1) A Rajka és Szap közötti központi fonatos meder övezete 25-35 cm/km eséssel. Ez kisebb ágakká szakad. A hordalék akkumulációja és a szárazföldi felszín gyors átrendeződése rendszeresen megszakítja az ökológiai szukcessziót.
- 2) A Szap és Gönyű közötti alsó fonatos meder övezete 12-15 cm/km eséssel. Ez néhány nagyobb ágra szakad és nagyobb mértékben stabil. Morfológiai változásai sokkal ritkábban törik meg a természetes vízi élőhelyek szukcesszióját.
- 3) Meanderező mellékági övezet a hordalékkúp tetején (pl. Zátanyi-Duna, Nováki-csatorna). A magukra hagyott holtágak szukcessziója teljes.
- 4) Nagyobb vízhozamú meanderező mellékági övezet hordalékkúp peremén (Mosoni-Duna). A viszonylag széles és mély folyómedret a Dunából érkező árvizek, valamint a befolyó mellékvizek (Lajta, Rábca, Rába) alakították ki. A magukra hagyott holtágak a szukcessziója teljes.



9. ábra Rendszeresen elöntött terület (világoskék színnel) a Duna szigetközi szakasza mentén az átfogó folyószabályozási munkák megkezdése előtt, az 1763 és 1785 között végzett első katonai felmérés alapján (a Duna Múzeum gyűjteményéből)

A szigetközi hullámtér szárazföldi felszínét jelenleg két magassági szintre lehet osztályozni. Az alacsony hullámtér 1-3 méterrel magasabban fekszik, mint Duna középviszintje és szinte minden évben elöntésre került. A magas hullámtér az alacsony

hullámtér felett 1-2 méterrel helyezkedik el és csak a minden 3-4. évben kialakuló nagyon magas árvizek során került előtérre.

Az élőhely struktúrájához kapcsolódó morfordinamikai folyamatokról az 1.2 és 1.3 fejezetekben lesz szó.

4. táblázat A természetes rendszer morfordinamikai rezsimje

- A terület tektonikai süllyedését az alpesi hordalék folyamatos lerakódása egyenlítette ki. Az éles eséstörés miatt egy nagy kiterjedésű **hordalékkúp** fejlődött ki Pozsony és Gönyű között.
- Zavartalan körülmények között a Duna nagymértékben változtatta meg saját irányát, **delta-szerű folyóág rendszert** kialakítva a Szigetközben/Csallóközben. A jelenkori vízfolyás helyén a főágak, a folyamatosan vizet kapó mellékágak, valamint a magasabb fenékszinttel és alacsonyabb vízhozammal bíró vagy akár elszigetelt alacsonyabb szintű ágak gyakori változásai által kialakult meanderező és mellékági szakaszok rendszere fejlődött ki.
- A természetes rendszer **kormányzó folyamatai** a nagy mennyiségű iszap, homok és kavics eróziója, szállítása és lerakódása voltak. Az emelkedő árvízi sebességek erodálták a mederanyagot és elszállították amennyiben a turbulens áramlás elég erős volt. A megnövekedett geometria, pl. folyómedrek elterelése által, vagy az árvízi hozam apadása a hordalék medren belüli lerakódásához vezet. A hullámtér feltöltődése a vízgyűjtő területen megjelenő első településekig visszadatálható talajerózió eredménye. Az erózió és lerakódás természetes folyamatai szoros kapcsolatban állnak az árhullám teljes hordalékszállítási kapacitásával (az árvíz időtartamával, a vízhozam emelkedésével és esésével).
- A természetes rendszer **dinamikus egyensúlyi körülmények** között volt, ami a mederfenék szinteket illeti, azaz a bevágódás vagy hordalék lerakódás elhanyagolható volt vízgazdálkodási értelemben. Több száz vagy ezer év során a hordalékkúp kifejlődése végső soron kialakított egy olyan esést, mely képes volt biztosítani a fenntartható vízhozam és hordalék szállítási hányadot.

1.2. A természetes kormányzó folyamatokból eredő tájképi struktúra

1.2.1. Természetes kormányzó folyamatok

A vízfolyások ökológiájának jelenlegi koncepciói igazolják, hogy a fluviális rendszerek komplex négy-dimenziós ökoszisztémák (Ward 1989, Ward & Stanford 1989). A folyó rendszerek kölcsönhatásban vannak a három térbeli dimenzió irányában: hosszirányba (folyó felső szakasz - alsó szakasz vagy folyó – mellékfolyó kapcsolatok), oldalirányba (folyó – ártér kölcsönhatás), valamint függőleges irányba (folyó – felszín alatti vizek kölcsönhatása). A negyedik dimenzió az idő, mely magába foglalja a fluviális rendszer

hosszú-távú változását és az éves hidrológiai ciklushoz kapcsolódó rövid-távú folyamatokat. A négy-dimenziós megközelítés egy általános keretet biztosít a vízrendszer élőhely típusainak ökológiai integritását meghatározó folyamatok vizsgálatához a Szigetköz területén.

1.2.1.1. Hosszirányú kormányzó folyamatok

A Dévényi-kapu feletti területéről érkező víz hozama, hordaléka, növényi tápanyagai, szerves anyagai és a sodródó élő szervezetek alapvetően meghatározzák a Szigetköz fluviális rendszerének élőhely mintáit, valamint azok bióta összetételét és termelékenységét. A vízhozam közvetlen hatással van az alapvető élőhelyek jellegzetességeire, úgymint vízmélység, áramlás mértéke, mederfenék típusa, stb., valamint a folyómeder morfológiáját meghatározó eróziós és horda-léklerakódási folyamatokra. A Felső-Dunáról érkező 400,000-500,000 m³/év hordalékhozam lerakódása (Károlyi 1962) az ágrendszer kialakulásának egy döntő jelentőségű tényezője.

A hidromorfológiai folyamatokat a bióta megváltozása követte. A természetes szukcesszió során több faj is elveszítette területét a számára kedvezőtlené váló élőhelyen, de meghódította a létrejövő új élőhelyeket. A vegetáció térbeli és időbeli mintázata dinamikusan változó, mozaikszerű volt.

Az ártéri növényközösségek összetételét a helyi vegetáció és a hegyvidéki területekről ide sodródott vegetatív szaporítóanyagok (magvak, gyümölcsök, hajtások életképes részei) biztosították. A Duna felső vízgyűjtőjén őshonos hegyvidéki növények szaporítóanyaga rendszeresen lesodródott a Duna kisalföldi szakaszára, ahol az árvizek által elterjedtek az ártéri területeken. Ennek eredményeképpen a terület flóráját viszonylag nagy fajszám jellemzi. A flóra legfőbb tulajdonságát nem a különleges védett növények, hanem inkább az egymás közvetlen közelében előforduló hegyvidéki és síkvidéki fajok összetételének kivételes változatossága határozzák meg (Hahn 2003).

A folyami makroszkopikus vízi gerinctelenek sodródással történő terjedése vagy "vándorlása" az üledéklakó közösségek kialakulásában elsődleges jelentőségű folyamat. A nagy árvizek által lekoptatott természetes bentikus élőhelyek újránépesülnek a felső szakasról érkező kolonizáció által.

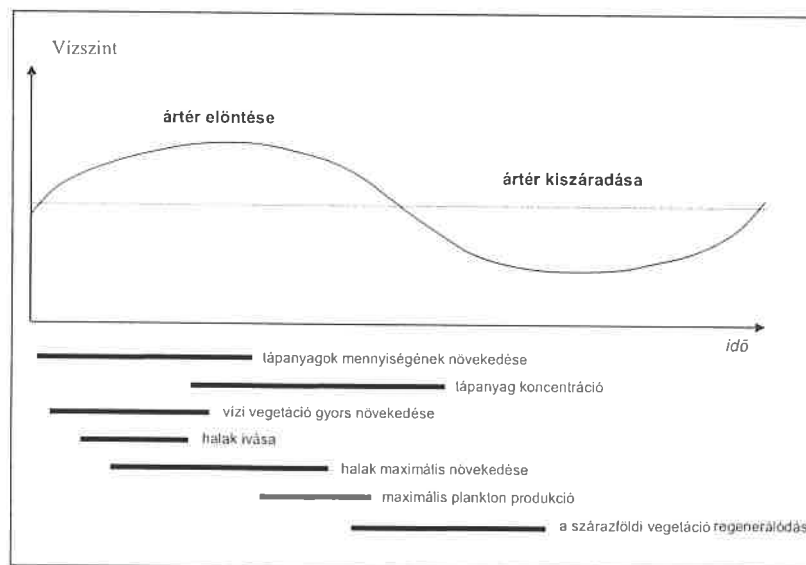
A detritusz mennyiségét és minőségét befolyásolják a más területéről érkező (allochton) inputok, helyben történő (autochton) termelés, mikrobás és állati tevékenység és a felvízi területek visszatartó tulajdonságai.

1.2.1.2. Oldalirányú kormányzó folyamatok

Az árhullámok és kisvizek egymást követő periódusa (árhullámok ritmusa) a folyó-ártéri ökoszisztéma legfontosabb szabályozó ereje. Ezt a jelenséget az „Árhullám Konceptió” (Flood Pulse Concept; Junk et al. 1989) írja le. Ennek az elvi keretnek megfelelően az

ártér a síkvidéki folyórendszer alapvető része, mely időszakosan kapcsolatba kerül a folyóval és az árhullám levonulásával oldalirányba mozgó vízi-szárazföldi átmeneti zónán (Aquatic-Terrestrial Transition Zone (ATTZ)) keresztül különül el a folyótól. A kiemelkedő biológiai aktivitással bíró ATTZ az 1-2 méteres vízmélységű part menti zóna, melynek fluktuációs kiterjedése elér az ártér felső széléig (Junk et al. 1989, Bayley 1995). Ennek kiterjedt oldalirányú mozgása hatással van a növényi tápanyagok, valamint szerves anyagok áramlására, továbbá a folyó ártér növény- és állatvilágának fejlődésére és tartósságára. A síksági folyók növény- és állatvilága alkalmazkodott a periodikusan elöntött ártér hasznosításához. Amikor az árhullám megérkezik a vízi gerinctelenek és halak jelentős része a folyómederből az éppen elöntött ártérre vándorol. A halak többsége szaporodni kezd, amikor tavasszal vagy kora nyáron az áradások megkezdődnek. Az elöntött ártéren letelepedett halak és vízi gerinctelenek felhasználják az ATTZ-n a főleg allochton eredetű szerves anyagokat addig, amíg az árhullám tetőzik. Ugyanakkor a szárazföldi fauna jelentős hányada menedéket keresve elvándorol az áradásmentes élőhelyekre. Amikor az árhullám visszahúzódik, az ATTZ-ről származó biomassza az ártérről az állandó jellegű víztestekbe folyik. Az ATTZ-n termelődött biomassza, úgymint a halak és vízi gerinctelenek szaporulata, jelentős részben hozzájárul a síkvidéki folyók biológiai produktivitásához (10. ábra). Az autochton biomassza mennyisége az árvíz térbeli és időbeli kiterjedésétől függ. Az ATTZ alapvető biológiai funkciói a következők:

- tápanyagok fontos forrása
- az allochton biomassza fontos forrása
- az elsődleges és másodlagos autochton termelés nagy hányadának helyszíne
- több vízi és vízhez-kötött élőlények egyedfejlődésének kulcsfontosságú élőhelye



10. ábra Az árvízi hullám levonulásához kapcsolódó biológiai folyamatok a folyó-ártér rendszeren a vegetációs időszak kezdetén, időben ábrázolva

A folyó-ártér ökoszisztéma nagy produktivitása az ártér vízi és szárazföldi állapotba történő átalakulásának köszönhető. Ha az áradások abbamaradnak, a fluviális rendszer produktivitása jelentős mértékben lecsökken, megváltoztatva ezzel a tápanyagok áramlását és az ökoszisztémák szerveződését.

1.2.1.3. Függőleges irányú szabályozási folyamatok

Az alluviális síksági folyók hiporheális régiója jól fejlett és ezért a vízi ökoszisztéma alapvető részét képezi (Stanford és Ward 1993). A folyómederrel közvetlen kapcsolatban álló hiporheális térszögekben található víztest különleges élőhelyet biztosít számos bentikus gerinctelen élőlény számára. A hiporheális régió ugyanakkor kulcsfontossággal bír több reofil halfaj egyedfejlődésében is, úgymint ivási és ivadéknevelési közeg, vagy juvenilis halak természetes élőhelye és árvízi menedékhelye, különösen a reofil halfajok esetében (Jungwirth 1998).

A bentikus közösségek produktivitása lényegesen alacsonyabb a feltöltődő holtágak esetében, ahol a szerves anyagban gazdag felhalmozódó iszapos üledék megakadályozza a közvetlen kölcsönhatásokat a felszíni és a közbenső víztestek között.

1.2.1.4. Időbeli dinamizmus

Az időbeli dinamizmus magába foglalja a fluviális rendszere hosszú-távú (>10 éves) változásait és az éves hidrológiai ciklushoz kapcsolódó rövid-távú eseményeket.

A fluviális rendszer geomorfológiai fejlődését és az élőhelyek szukcesszióját a hosszú-távú változások határozzák meg. A szukcesszió mértékét az allogén (vízszintesés, az ásványi hordalék kiülepedése, stb.) és az autogén (vegetáció dinamikája, eutrofizáció, stb.) folyamatok befolyásolják. A mellékágrendszerből elszigeteltté váló mellékág az allogén folyamatok eredményeként néhány évtized alatt feltöltődik. Mindazonáltal egy meander lefűződésének eredményeként kialakult elhagyott morotva tó autogén feltöltődése és szárazföldi ökoszisztémává való átalakulása 200-300 évig tart. A 11. ábraán látható a Szigetköz egy részére készült történelmi térképek sora, melyek két évszázadra visszamenőleg szemléltetik a tájképi változásokat.

A rövid-távú változások befolyásolják a folyó és az ártér közötti kölcsönhatások időtartamát a vízjárással és időjárással összefüggésben, melyek az ártéri ökoszisztéma biológiai funkcióit szabályozzák (lásd az előző szakaszt).



11. ábra A Szigetköz bodaki területén egy 140 éves időtartam alatt bekövetkezett tájképi változásokat bemutató négy történelmi térkép sorozata. A térképek 1784-ből (balra fent), az 1840-es évekből (jobbra fent), 1872-ből (balra lent) és 1920-ból (jobbra lent) származnak. A késsel rajzolt réteg a meglévő medreket mutatja.

1.2.1.5. Zavarások

A zavarások rendkívüli és rendszertelenül előforduló események, melyek váratlan szerkezeti változást eredményeznek az élőhelyeken, a közösségekben és a populációkban. A zavarás értékelése változhat a tér és az idő léptékétől függően. Egy közepes árhullám levonulása nem tekinthető zavarásnak. Hozzájárul az élőhelyek mintázatának tartósságához – például átöblítő hatása eltávolítja az iszapszerű szerves és szervetlen üledéket a folyóágakból és a hiporheális régió üregeiből, megelőzi a víznövény vegetációk kifejlődését az egyes ágakban, stb. Mindazonáltal a rendkívül magas árvizeket zavarásnak tekintik. A felerősödött eróziós folyamatok látványosan megváltoztatják az ártér geomorfológiáját, zátonyok keletkeznek, ágak jelennek meg vagy töltődnek fel, meanderek fejlődnek ki, stb. A zavarás megszakítja az élőhelyek szukcesszióját, elősegíti a kevésbé versenyképes pionír fajok és közösségek megjelenését. Egy rendkívüli árhullámot követően a folyómeder geomorfológiája egy évekig tartó, és az ökológiai elemek (egyedek, populációk, közösségek, ökoszisztéma) kolonizációjával és szerveződésével dinamikusan kölcsönhatásban álló újra-rendeződési folyamattal jellemezhető.

A közepes zavarási hipotézis (Ward & Stanford 1989) szerint a közepes gyakoriságú és intenzitású zavarások lehetővé teszik a fajok különböző csoportjainak tartósságát a nem-egyensúlyi körülmények folyamatos fenntartásával mely a folyóvízi ökoszisztéma nagyobb biodiverzitását eredményezi. A folyóvízi ökoszisztéma kialakulásánál a zavarások ismétlődő előfordulása korlátozza a biotikus kölcsönhatásokat eltérően a tavi ökoszisztémák kialakulásának esetétől. Az előreláthatóság egy fontos tényező a zavarások értékelése során. A síksági folyók élőhelyei alkalmazkodtak a vízjárás, hőmérséklet, stb. évszakos váltakozásához. Ezért csak előre nem látható események tekinthetők tipikus zavarásnak. Statisztikai értelemben egy esemény akkor tekinthető előre nem láthatónak, ha a előfordulási valószínűsége $< 5\%$ (Resh et al. 1988).

5. táblázat A kormányzó folyamatok dimenzióinak összefoglalása

- Az ártér-folyó ökoszisztémák három térbeli dimenzióban állnak kölcsönhatásban. A folyó menti hosszirányú mintázatokat és folyamatokat hosszú időn keresztül úgy tekintették, mint a folyó rendszer alapvető jellegzetességét. Léteznek kölcsönhatásban álló útvonalak a folyómeder és a parti zóna között. Az áradás kinetikus energiája (fluviális dinamika) tartja fenn a folytonosságot. Függőleges irányú kölcsönhatás alakul ki a felszíni víz és a talajvíz között.
- Az ártér-folyó ökoszisztémákat zavarások jellemzik. Különösen az ágak mintázatát átformáló, megfelelő vízhozamú ritka árvízi események szakítják meg az élőhely szukcesszióját, új kiindulási pontot létrehozva.

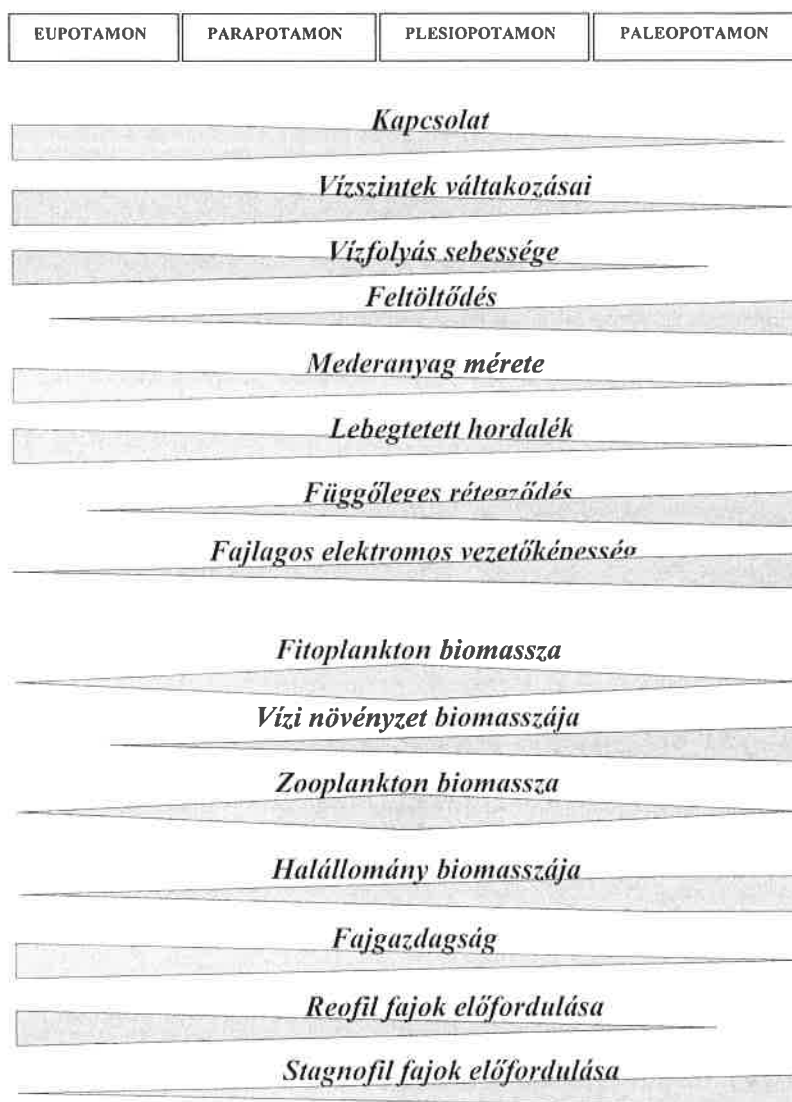
1.2.2. Élőhely mintázat

A Duna szigetközi hullámtere a többé-kevésbe összekapcsolódó víztestek hálózatának tűnik (8. ábra). A hullámteren belül többféle típusú élőhely különböztethető meg, melyek a hidrológiai és geomorfológiai folyamatokból származnak. A hullámtéri víztestek közötti élőhelyi különbségek a kis térbeli-időbeli léptéknél a szezonális elöntés során történő vízmozgásokon alapulnak. Az élőhelyek mintázata a fluviális rendszer funkcionális szektoraiiban a vízszinteknek megfelelően változik. Kisvízi időszakban a víz beáramlása a nagyobb és mélyebb csatornába korlátozott. A folytonosság mértékétől függően a mellékágak és holtágak különböznek azoktól az élőhelyektől, ahol a víz folyik. A párolgás és szivárgás következményeként vízvesztésük jelentős lehet, vizük minősége változhat, és akár ki is száradhatnak. Az élőhely változás egy szűk térben a folyamatosság és az ökológiai szukcesszió állapotára utal. A folyóvízi rendszer négy fő vízi élőhely típusa jellemezhető (Roux et al. 1982). A négy típus között az ökológiai szukcessziós folyamatokban átmeneti folytonosság van (12. ábra).

- *Eupotamon*: Állandó átfolyással rendelkező ág (főmeder, mellékágak). Az alzat durva szemcseméretű, gyakran kavicsos. A lebegőanyag tartalom nagy, az árhullámok levonulásakor különösen jelentős. A hőmérséklet és az oxigén vertikális rétegződése nem jellemző, a víz fajlagos elektromos vezetőképessége alacsony. A fitoplankton mennyisége szegényes, elsődlegesen sodródó kovamoszatok alkotják, a makrovegetációjuk jelentéktelen. A zooplankton domináns elemei a protozoák és a rotatóriák, amelyek alacsony biomasszát jelentenek. A zoobentoszt és a viszonylag fajgazdag halállományt elsősorban reofil fajok jellemzik, amelyek biomasszája kicsi.
- *Parapotamon*: A folyó fő ágával állandó kapcsolatban álló időszakosan folyó mellékág. A vízhozamát mind a felszíni víz, mind pedig a talajvíz táplálhatja, a folyó vízszintingadozása függvényében az áramlás mértéke és iránya változhat. A lebegőanyag tartalom a kisvízes periódusokban alacsony. Az alzat összetétele kevésbé durva szemcseméretű, gyakran homokkal és iszappal kevert kavics. A hőmérséklet és az oxigén vertikális rétegződése a vízmélységtől függően időszakosan előfordul, a víz fajlagos elektromos vezetőképessége közepes szintű. A fitoplankton fajgazdag, jelentős a kovaalgák és zöldalgák biomasszája; mindazonáltal a makrovegetáció szegényes. A zooplankton biomasszája számottevő, domináns elemei a protozoák és a rotatóriák. A zoobentosz biomasszája jelentős. A halállományt az élőhelyi sajátosságok vonatkozásában igénytelenebb. Eurytop és kis részben reofil fajok jellemzik, amelyek biomasszája közepes.
- *Plesiopotamon*: Időszakosan lefűződő, állóvízű holtág vagy elhagyott hurok; kiterjedése és víztömege a folyó vízállásától függően változik. Az alzat iszappal és agyagból áll. A lebegőanyag-tartalom általában mérsékelt. Jellemző a hőmérséklet és az oxigén vertikális rétegződése. A víz fajlagos elektromos vezetőképessége nagy. Fitoplanktonja nagy tömegű, a vízvirágzás gyakori jelenség; a makrovegetáció dús. A zooplankton domináns elemei a rotatóriák és az alsóbbrendű rákok, amelyek biomasszája különösen nagy. A zoobentosz biomasszája jelentős. A halállomány eurytop, valamint limnofil fajokkal

jellemezhető. Az időszakosan szélsőséges környezeti viszonyok eredményeképpen a halközösség mono- vagy bispecifikussá alakulhat. A halállomány biomasszája szélsőséges értékek között változik, különösen nagy is lehet.

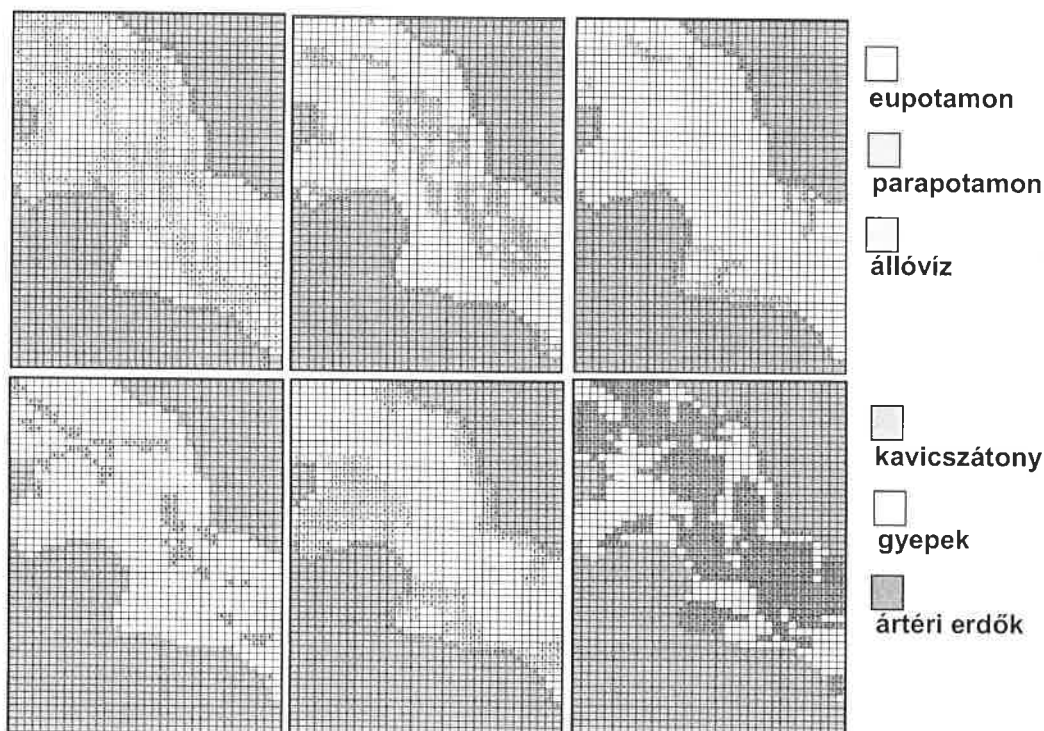
- *Paleopotamon*: Tartósan elzáródott, állóvízű holtág vagy elhagyott hurok. A legmagasabb vízállások esetén kerülhet csak közvetlen felszíni kapcsolatba az áramló vízü ágakkal. Vízpótlását többnyire az alluviumon átszivárgó talajvíz, valamint csapadék biztosítja. Az alzata iszapos és agyagos, az üledék felszínének szervesanyag-tartalma igen nagy. A lebegőanyag tartalom kevés. A hőmérséklet és az oxigén napi vertikális rétegződése jelentős, a víz fajlagos elektromos vezetőképessége nagyon magas. A fitoplankton fajszegény, biomasszája jelentéktelen- Makrovegetációja különösen dús. A zooplankton meghatározó szervezetei az alsóbbrendű rákok, amelyek biomasszája kevés. A zoobentosz biomasszája nem jelentős. A halállományt viszonylag kevés limnofil faj jellemzi, amelyek biomasszája számottevő.



12. ábra A fő vízi élőhelyek néhány fizikai és biológiai jellegzetességének összehasonlítása

Az élőhelyek történeti elemzése segíthet az eredeti állapot hidromorfológiai körülményeinek meghatározásában (Hohensinner et al. 2005). A folyószabályozás előtt az élőhelyek eloszlása kiértékelésre került egy 15 km hosszú homogén szakaszon a központi fonatos meder szektorban (lásd. 1.2.1.4 fejezet), melyet a 3. katonai felmérés (1872) során készített térkép mutat be. A 15 km hosszú mintaszakasz Cikolasziget és Lipót között található a Bodaki mellékágrendszerben – lásd. 11. ábra). A természetes vízi élőhelyek három típusát: eupotamon, parapotamon és állóvizek (ez egyesíti a plesiopotamon és a paleopotamon típusú élőhelyeket), valamint a szárazföldi élőhelyek ugyancsak három típusát: kavicsátony, gyepek és ártéri erdő, különböztették meg.

A mintaterületen található vízi és szárazföldi élőhelyek teljes területe külön-külön megközelítőleg 388 ha (45%) és 465 ha (55%) voltak (13. ábra). A domináns vízi élőhely (282 ha, 72 %), melyet a parapotamon (81 ha, 21%) és az állóvizek (25 ha, 7%) követnek. A legnagyobb kiterjedésű természetes szárazföldi élőhely az ártéri erdő (269 ha, 58%) volt, melyet a gyepek (209 ha, 45%) és a kavicszátonyok (34 ha, 7%) követték. Ezek az élőhely arányok jellemezték a Szigetköz árterének központi fonatos ágrendszerét.



13. ábra A széleskörű folyószabályozási munkákat megelőző (1872) vízi és szárazföldi élőhelyek eloszlásának becslése a Bodaki mellékág-rendszerben a. Az élőhely foltok térképrács módszerrel kerültek meghatározásra. Az egyes élőhely típusok arányát hat fokozatban (0, 20, 40, 60, 80 vagy 100%) kvadrátokban (100 x 100 m) becsültük.

1.3. Bióta, biodiverzitás, a vízminőséggel kapcsolatos ökológiai folyamatok

A fő folyószabályozási tervezéseket megelőzően a szigetközi ártér természetes állapotát tekintve megállapíthatjuk, hogy a fluviális dinamika, a korai szukcessziós szintek gyakori, árvíz által szabályozott visszaállítása, valamint az ártér nagy oldalirányú kiterjedése eredményeként kialakult magas élőhely diverzitás miatt a jellegzetes folyóvízi-ártéri társulások biodiverzitása magas volt és az öntisztulási folyamatok kiegyensúlyozott szinten voltak. A 19. században végzett folyószabályozási tervezések

által előidézett tájfejlődéssel összehasonlítva az élőhely diverzitás magasabb volt és akvatikus és semiakvarikus területek uralták. Az élőhelyi körülmények bemutatott széles köre – hidrológiai kapcsolat a fő folyóággal, áramlás, hordalék-visszatartási jellemzők, hordalék típusa, valamint a nedves/száraz időszakok változása. A történelmi térképek elemzése világosan mutatja a korai szukcessziós szinten lévő élőhelyek ilyen túlsúlyát - kopár kavicszátonyokat és finomabb hordalék lerakódású területeket. Lapos szigetek alakultak ki és erodálódtak folyamatosan. Az élőhely turn over magas volt, valamint a szárazföldivé válási folyamatok alacsony szinten maradtak. Így a történelmi feljegyzésekből, továbbá a jellemző fajok autökológiai igényeinek rendelkezésre álló ismeretében megállapíthatjuk, hogy a reofil fajok, valamint a korai fejlődésű szakaszokban nyers folyami üledéket igénylő és a gyakori árvízi elöntéseket toleráló korai pionír és közbenső szukcessziós növényfajok biodiverzitása növekedett a szárazföldi gerinctelenek szemiakvatikus társulásaival (pl. futrinkák vagy futóbogarak, pók és hangya-közösségek), illetve a költéshez nyílt kavicszátonyokat igénylő jellemző madárfajokkal.

A magas biodiverzitást a növényi társulások széles skálája reprezentálta. A kavicságyakon nyers öntéstalaj alakult ki, mely humuszban szegény, de tápanyagokban gazdag volt. A talaj árvizek idején vízzel telítődött és a víz a növények gyökereit a talajvízből történő kapilláris erő révén érte el. Az alacsony szigetek, valamint mellékágak partjai mentén rendes körülmények között alacsony koronaszintű folyó menti bokorfüzesek alakultak ki, a talaj minőségétől függő fajösszetétellel. A kavicsos zátonyokon csigolya-bokorfüzesek (*Rumici crispi-Salicetum purpureae*) alakultak ki. A kisebb áramlási sebességű szakaszokon, ahol homok és iszap alakított ki szigeteket mandulalevelű bokorfüzesek (*Polygono hydropiperi-Salicetum triandrae*) telepedtek meg. A jó vízellátottságú zárt vízvezetésű területeken pangóvízes fűzláp és égerláp (*Calamagrostio-Salicetum cinereae*, *Carici elongatae-Alnetum*) alakultak ki. Az alacsonyabban fekvő terepen ahol a rendszeres árvízi elöntések 1-2 hónapig tartottak magasabb füzek és nyár alkotott puhafa erdőket. A rendszeresen elöntött területeken fűzligetek (*Leucojo aestivi-Salicetum albae*) erdősült élőhelye fordult elő. A fekete nyárligetek (*Carduo crispus-Populetum nigrae*) a vízzel szintén rendszeresen elöntött természetes erdős élőhelyeken alakultak ki, de ott ahol a talajtakaró alatt árvízmentes időszakban gyorsabban kiszáradó homokos-kavicsos réteg található. A keményfa ligeterdőt alkotó fajok közül a Vénic szil (*Ulmus laevis*) gyakran megjelenik a társulásokban.

Az ártéri terület magasabb szintjein, melyek csak nagyobb árvizek esetén kerültek elöntésre fehér nyárligetek (*Senecioni sarracenicus-Populetum albae*) fejlődtek ki. A ritkán elöntött területeken felfelé haladva különböző keményfa társulások voltak az uralkodóak: égerligetek (*Paridi quadrifoliae-Alnetum*), tölgy-köris-szil ligeterdő (*Pimpinello majoris-Ulmetum*), gyertyános-tölgyes (*Majanthemo-Carpinetum*), és zárt és nyílt száraz tölgyesek (*Piptathero virescentis-Quercetum roboris*, *Peucedano alsatico-Quercetum roboris*) alkották a vegetációs mozaikot.

A vízi vegetáció jellemző társulásai magukba foglalják a lebegő hínártársulások változatait (*Lemnetae: Salvinio-Spirodeletum, Lemno-Utricularietum vulgare* I,

Hydrocharitetum morsus ranae, *Ceratophylletum demers*) és a gyökerező hínártársulásokat (*Nymphoidetum peltatae*, *Nymphaeetum albo-lutea*, *Hottonierum palustris*, *Ranunculetum fluitantis*).

A vízhez-kötött vegetáció és vízi növények szintén nagy diverzitást mutattak (*Phragmitetum communi*, *Sparganietum erecti*, *Glycerietum maximae*, *Typhetum angustifoliae* and *Typhetum latifoliae*, *Butomo-Alismatetum plantaginis-aquaticae* és *Hippuridaetum vulgare*).

Az árvízzel nem érintett holtágakban – főleg a Felső-Szigetközben – pangóvízes fűzláp rekettyései (*Calamagrostio-Salicetum cinereae*) tőzegpáfrányos égerlápok (*Thelypteridi-Alnetum*) alakultak ki. Ezen kívül mocsári gyapjúsásos láprétek (*Carici flavae-Eriophoretum*) és meszes talajú kékperlyés láprétek (*Succiso-Molinietum hungaricae*) voltak az uralkodóak.

A vízi fauna közül a reofil fajok közösségei voltak az uralkodóak mind a gerinctelenek (pl. puhatestűek, tegzesek, szitakötők), mind pedig a halak körében. Mindamellert az ártér nagy oldalirányú kiterjedésén mégis jó élőhely viszonyok alakultak ki az alacsonyabb szintű összeköttetésre és a szárazföldi szukcesszió későbbi szakaszaira jellemző közösségek számára az ártér távolabbi területein. Bizonyítékaink vannak arra nézve, hogy a folyószabályozást megelőzően mind a reofil, mind pedig a jellegzetes limnofil fajok közösségei (az ártér nagyobb oldalirányú kiterjedése miatt) jobb élőhely viszonyokat találtak a jelenlegi helyzethez hasonlítva. A 6. táblázat mutatja a szigetközi terület hal közösségeinek jelenlegi eloszlását.

Az ártereken zajló funkcionális folyamatokra vonatkozó újabb kori kutatásokból (pl. Schiemer et al. 2008) azt vezethetjük le, hogy a folyószabályozást megelőzően fennálló vízsebességek, áramlás és hordalék-visszatartás szélesebb gradiensei serkentőleg hatottak a tápanyagforgalom funkcionális folyamataira, valamint az ülepedési és lebomlási folyamatokra. A fitoplankton, fitobentosz és makrofiták helyi elsődleges produkciója által termelt oldott szerves szén (DOC) fokozta a bakteriális aktivitást. Azt is megállapíthatjuk az ártéri ökoszisztémák jelenlegi felfogásából, hogy az öntisztulási folyamatokat stimuláló széles nyílások voltak a felszíni vizek, hiporheális régiók és a talajvíz között.

6. táblázat Referencia halfauna a Duna szigetközi szakaszának főbb élőhely típusain +++ gyakori (becsült relatív abundancia >5%), ++ közönséges (becsült relatív abundancia >1%), + ritka (becsült relatív abundancia <1%).

fish species	habitat type			
	eupot.	parapot.	plesiopot.	paleopot.
<i>Abramis bjoerkna</i>	++	+++	+	
<i>Abramis brama</i>	++	+++	+	
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	++	+		
<i>Acipenser nudiiventris</i>	+	+		
<i>Acipenser ruthenus</i>	++	+		
<i>Acipenser stellatus</i>	+	+		
<i>Alburnoides bipunctatus</i>	+			
<i>Alburnus alburnus</i>	+++	+++	++	+
<i>Anguilla anguilla</i>	+	+		
<i>Aspius aspius</i>	++	++	+	
<i>Ballerus ballerus</i>	++	+		
<i>Ballerus sapa</i>	++	+		
<i>Barbatula barbatula</i>	++	+		
<i>Barbus barbus</i>	+++	++		
<i>Carassius carassius</i>			+	++
<i>Chondrostoma nasus</i>	+++	++		
<i>Cobitis elongata</i>		+	++	+
<i>Cottus gobio</i>	+	+		
<i>Cyprinus carpio</i>	++	++	+	+
<i>Esox lucius</i>	+	++	++	++
<i>Eudontomyzon mariae</i>	+	+		
<i>Gobio gobio</i>	+	++		
<i>Gymnocephalus baloni</i>	++	++		
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	++	++	+	
<i>Gymnocephalus schraetser</i>	++	+		
<i>Hucho hucho</i>	+			
<i>Huso huso</i>	++	+		
<i>Leucaspius delineatus</i>			+	++
<i>Leuciscus cephalus</i>	++	++	+	
<i>Leuciscus idus</i>	+++	++	+	
<i>Leuciscus leuciscus</i>	++	+		
<i>Lota lota</i>	++	++		
<i>Misgurnus fossilis</i>		+	++	++
<i>Pelecus cultratus</i>	+			
<i>Perca fluviatilis</i>	++	++	++	+
<i>Rhodeus amarus</i>	+	++	+++	++
<i>Romanogobio kesslerii</i>	+	+		
<i>Romanogobio vladykovi</i>	+++	++		
<i>Rutilus rutilus</i>	++	+++	+++	++
<i>Rutilus virgo</i>	++	+		
<i>Sabanejewia balcanica</i>	+	++		
<i>Salmo trutta fario</i>	++	+		
<i>Sander lucioperca</i>	++	++	+	
<i>Sander volgensis</i>	+	+		
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	+	+	++	++
<i>Silurus glanis</i>	+++	++	+	
<i>Tinca tinca</i>		+	++	++
<i>Umbra krameri</i>				++
<i>Vimba vimba</i>	++	+		
<i>Zingel streber</i>	++	+		
<i>Zingel zingel</i>	++	+		

2. A terület folyószabályozásának és földhasználatának története

A korai emberi tevékenységek, mint például az erdők kivágása a Duna felső folyásának vízgyűjtő területén és ennek következtében a hegyvidékről lefolyó csapadékvíz arányának megváltozása, valamint a talajerózió folyamatának felgyorsulása valószínűsíthetően már évszázadokkal ezelőtt látható változásokat idéztek elő a Duna Szigetközi szakaszán. A vízrendszerre közvetlen hatást gyakorló tevékenységnek rendszerint a folyószabályozással voltak kapcsolatban. A közvetett emberi hatások közül a vízgyűjtő területén folytatott mezőgazdasági- és erdészeti tevékenységnek van jelentős hatása a szigetközi vízrendszerre.

2.1. A folyószabályozási munkák története

A Duna felső szakaszának szabályozási munkálatairól az első feljegyzések 1247-ből származnak. Zsigmond Király egy meghatalmazottja ellenőrizte a csallóközi árvízvédelmi gátak építési munkáit, mi több, római kori gát maradványai is fellelhetők. A 17. században sok települést körgáttal védtek (Károlyi 1973). Az árvizek elleni védelem mellett 1850-ben már 92 km hosszú belvíz lecsapoló rendszert is építettek. Az elmúlt 150 évben jelentős változások történtek a szigetközi térség vízrendszerében.

Mivel sikertelennak bizonyult az 1837-ben megvalósult, kizárólag keresztgátakat alkalmazó első korszerű folyószabályozási kísérlet Guttor és Vének között, alacsonyabb, de tartós *földgátakat* építettek Remete és Lipót között, valamint Szapnál. A pozitív tapasztalatokra építve 1886 és 1896 között befejezték a Felső Duna *vezetőművekkel* történő középvízi szabályozását. Ezekkel a folyószabályozási projektekkel a folyó főmedrét sikeresen stabilizálták, ugyanakkor a századfordulóra a munkálatok kedvezőtlen mellékhatásai is jelentkeztek (Tőri, 1952).

A középvízi meder szabályozása a Duna számos szakaszán véget vetett a meanderképződés folyamatának és hosszú, egyenes, vagy közel egyenes szakaszokat hozott létre, amelyeken a sodorvonal semmiféle határozott szabályozása nem érvényesül.

A Duna jobb partján a "Szigetközi Árvízvédelmi Társaság" építette 1892 és 1896 között az első olyan árvízvédelmi földmű-rendszert, amely a belső kölcsönhatásokat számításba vette. A folyószabályozási munkák véget vetettek a folyómeder vándorlásának ugyanakkor a földmű-rendszer kiépítésével megakadályozták az árvizek szétterjedését. A hajózóút biztosítása érdekében egy egységes, homogén fő folyómeder jött így létre (14. ábra).



23. tábla
A közép-Duna völgyén és Szepes vidékén a 1860-1910. években végrehajtott árterület-szabályozás utáni a m. kir. Állami Földmérési és Tervezési Hivatal 1922. évi felvétele.
Mérték: 1:75 000

14. ábra A szigetközi Duna szakasz 1922-ben, a folyószabályozást követően

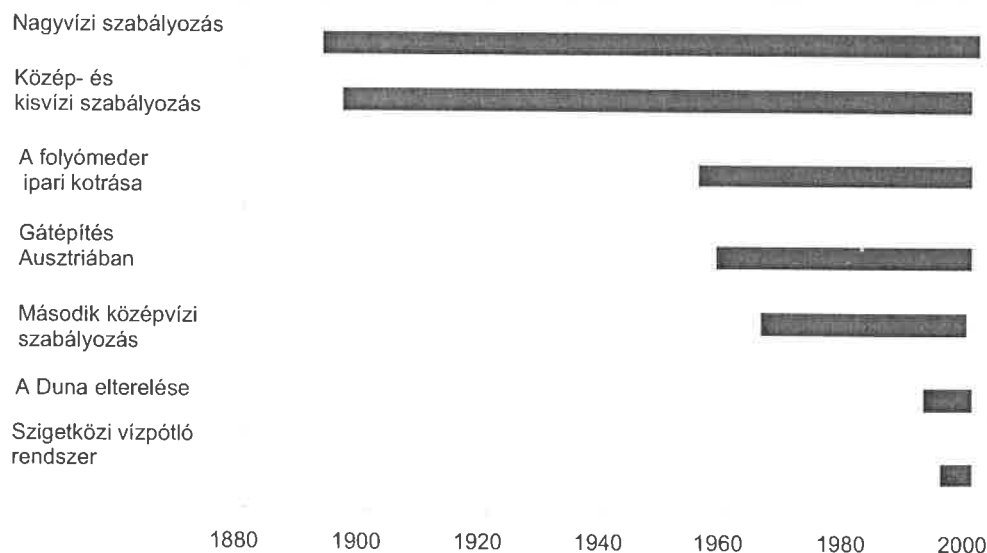
Már a XX. Század első évtizedeiben megfigyelték, hogy a meder Pozsony alatt jelentősen kimosódott, míg sok helyen a szigetközi túlméretezett és kiegyenesített csatorna-szakaszokon, valamint a szapi eséstörés alatt feltöltődött. A kiüledett hordalék ezt követően mozgó gázlók formájában tovább vándorolt. Mivel gazdasági okok miatt lehetetlen volt a vezetőküvek és földgátak áthelyezése ugyanúgy, mint a meanderek visszaállítását, elkezdődtek a kisvízi folyószabályozás munkálatai. Ez a módszer egyrészt terelőművek (sarkantyúgátak) sorozatával szűkítette a túlságosan is széles fő folyómedret, másrészt a csatornázott egyenes szakaszok partjai közé, kis amplitúdójú meanderekbe kényszerítette a folyam vizét és sodorvonalát.

Az I. Világháború alatt felfüggesztették a kisvízi szabályozási munkálatokat és a meglévő létesítmények fenntartási munkáit is elhanyagolták, ami számos új zátony kifejlődését eredményezte. A háború végére a Duna fő medre államhatárrá alakult, miáltal a folyót érintő szabályozási- és fejlesztési projekteket Magyarország és Csehszlovákia vízgazdálkodási szerveinek együttműködésben kellett kivitelezni. A gázlórendezések ellenére a mederfenék emelkedése nem csökkent, ezért az ötvenes évektől kezdődően mindkét ország *kostrással* igyekezett kialakítani, majd fenntartani a hajózáshoz szükséges vízmélységet. Bár a mederfenék emelkedésének problémáját ezzel sikeresen megoldották, a hordalék árvízi időszakban történő lerakódását a hullámtéren nem tudták megakadályozni, így tovább emelkedett a legmagasabb árvízszint.

A Duna éves hordalékhozamával összehasonlítva, a gázlós szakaszokból kitermelt kavics térfogata ebben az időben kicsi volt: a mérések szerint a becsült mennyiség 650,000 m³/év volt a Magyarországra belépő hordalék mennyiség, amiből még több mint 100,000 m³/év maradt Dunaremeténél (Bogárdi, 1955). A gázlók kitermelt anyagát elsősorban a folyószabályozás céljaira, úgymint a földgátak szintjének emelésére, vagy meder visszatöltésre használták. A beavatkozások, valamint az osztrák Duna szakaszon kiépített vízlépcsők hordalék-visszatartó hatására a magyarországi felső Duna szakaszon összességében egy dinamikus egyensúly jött létre a mederhordalék szállításában és a meder fokozatos feltöltését eredményezte csak azokon a szakaszokon, ahol jelentősebb eséstörés volt.

Egy vízlépcsőrendszer építésének gondolata először az 1940-es években merült fel. 1952 és 1955 között tizenhárom alternatívát elemeztek végig a Csehszlovák szakértők, a magyarok pedig további tizenkettőt. Végül 1963-ban szakminisztériumi képviselők döntést hoztak egy közös vízlépcsőrendszerről. A bős-Nagymaros Vízlépcsőrendszer megvalósítására és üzemeltetésére vonatkozó kétoldalú egyezményt 1977-ben kötötték meg. 1989-ben a környezettudatosság erősödése és az ökológiai szempontok előtérbe kerülése egyre erősödő társadalmi ellenállást váltott ki a vízlépcső tervével szemben, ezért a Magyar Kormány felfüggesztette a projektet és javasolta a kétoldalú egyezmény módosítását.

Egy ilyen módosítást tárgyalások útján nem lehetett keresztülvinni. Ezért a Magyar Kormány javasolta az egyezmény felbontását miközben a Csehszlovák Szövetségi Kormány döntést hozott a bősi létesítmények egyoldalú megépítéséről, melyet 1992 januárjában el is kezdtek. 1992. június 9-én a Magyar parlament visszavonta a kétoldalú egyezményt, miközben a Csehszlovák fél 1992. október 24-25-én végzett a Duna elrekesztésével az 1851.75 folyamkilométernél és a folyó vizét a Bősi Vízerőmű felvízcsatornájába terelte. Ezek után Magyarországnak semmilyen eszköz nem állt rendelkezésére, hogy a vízhozamot a fő mederbe vezesse. A Magyarország és Csehszlovákia közötti vitát a Hágai Nemzetközi Bíróság elé vitték. A Bíróság 1997. szeptemberi ítéletében jogellenesnek mondta ki magyar részről a szerződés egyoldalú felbontását, csehszlovák részről pedig az egyoldalúan elterelt folyó üzemeltetését.



15. ábra A szigetközi vízrendszert közvetlenül formáló vízgazdálkodási beavatkozások időrendi sorrendjét ábrázoló grafikon

A különböző közvetlen emberi beavatkozások áttekintő képét az időskálán a 15. ábra, a folyószabályozás szakaszainak időrendi bemutatását tartalmazza a 7. táblázat összegzi.

7. táblázat A folyószabályozási munkák időrendi sorrendje

<p>1886 és 1896 között a szigetközi Duna szakasz átfogó szabályozása megtörtént a hajózhatóság biztosításának valamint a jeges árvizek levonulásának meggyorsítása céljából. Ebben az időszakban 300-380 m szélesre alakították a medret. A fő folyómeder partjait a középvíz szintjéig érő kőburkolattal stabilizálták, melyet alámosás ellen köhányással védtek. Több mint 3 millió m³ követ építettek be számos helyen megváltoztatva a mederfenék anyagösszetételét (Károlyi 1973, Várday 1987).</p>
<p>1892 és 1895 között széleskörű árvízvédelmi munkálatokat végeztek a Duna szigetközi szakaszán. Az árvízvédelmi gátak a jobbpart 375 km²-es árterületének 80%-át védték árvíz ellen. A földgátakkal övezett nagyvízi mederben felgyorsult az árvíz hullámok levonulása, egyben lerövidült a levonulás időtartama.</p>
<p>1886 és 1900 között a lecsapoló csatornák többsége a mentett oldalon létesült. Az árvízvédelmi gátak megépültével a felszínre törő víz lecsapolása szükségessé vált. Ennek elősegítésére a folyamat csatornákkal csatlakoztatták a korábbi fattyúágakhoz, melyek akkori összes hossza 157 km volt, ma közel 400 km. A gátak keresztezésében bukókat, majd később, ugyanezekben a pontokon szivattyútelepeket létesítettek.</p>
<p>1888: Folyószabályozással, majd később a rajkai zsilippel szabályozták a Mosoni-Dunába vezetett víz mennyiségét. Árvízi időszakban a zsilip szabályozta a Dunából származó vízpótlást.</p>
<p>1899 és 1940 között keresztgátak építésével, az oldalágak folytatólagos elzárásával és a gázlók kiterjedt kotrásával tették teljessé a kisvízi folyórendezést. Ezek a munkálatok kimélyítették a medret Dévény és Rajka között és az itt kimosott hordalék az alsóbb szakaszon ülepedett le. Az 1920-as évekre a lerakódás nagyrészt a Dunaremete és Ásványráró közötti, az 1950-es évekre pedig a Szap és Medve közötti szakaszra helyeződött át (Molnár 2004). A folyómeder további emelkedése következtében alacsonnyá váltak a vezetóművek és azok partvédő művei, a kisvízi rendezést biztosító létesítmények pedig feltöltődtek. Az ágrendszerekbe épített bukók következményeként a mellékágakban a vízáramlás lelassult és ennek velejárójaként a lebegő hordalékok leülepedése nőtt.</p>
<p>1963 és 1983 között újabb átfogó középvízi folyórendezési projekt valósult meg a Rajka és Szap közötti folyószakaszon. A beavatkozásra a kiülepedő lebegtetett hordalék okozta mederfeltöltés miatt vált szükségessé. A folyószabályozás keretében a mellékágak felső szakaszain a vízbevezető bukókat 2500 m³/s vízhozamra állították be, ezáltal az 1980-as évekre lényegesen - az éves átlag 20%-ra - csökkent a mellékágrendszer évente átöblítő vízmennyiség. A vízátfolyás gyakoriságának csökkenése következtében a fonatos ágak felső végén fokozódott a lebegtetett hordalék lerakódása (Károlyi 1973, Várday, 1987).</p>
<p>A XX. század második felében a szigetközi szakaszon kotrásokat végeztek Magyarországon és Szlovákiában a tömeges ipari betongyártás kavicsigényének kielégítésére. A mederfenék jelentős bevágódását okozta, hogy az évente kitermelt kavics a meder hordalékhozamát sokszorosan meghaladta.</p>
<p>Az 1980-as évektől kezdődően a Duna osztrák szakaszán épített duzzasztógátak hordalékfogó hatására miatt tovább fokozódott a mederbevágódás folyamata. A lebegtetett hordaléknak hozzávetőlegesen 30-40%-a az osztrák duzzasztógátak miatt ülepedik le és a görgetett üledék teljes hozamát tartják vissza (Rákóczi 1993). Az 1970-es évek közepétől a Duna szigetközi szakasza évente átlagosan 3cm-t mélyült a korábbi 1,5- 8 cm/év nagyságú mederfeltöltődéshez viszonyítva. Az utóbbi évtizedekben a hullámtér ágrendszere és a Duna fő medre közötti kapcsolat leszűkül a helyi kisvízállás több mint 1,5-méteres szint-csökkenése következtében.</p>
<p>1992-ben, a bösi duzzasztógát üzembe helyezésével a Duna vízhozamának mintegy 80%-át az üzemvízcsatornába terelték. Ennek következtében a Csún és Szap közötti szakasz vízszintje napokon belül 2-3 métert esett és az oldalágak jelentős hányada kiszáradt. Az ezt követő két évben a hullámtéri ágrendszerben a fő medertől való elzárás miatt gyakorlatilag megszűnt a vízáramlás.</p>
<p>1995-ben egy víz alatti bukót építettek a Duna medrébe Dunakilitinél azzal a céllal, hogy gravitációsan biztosítsanak vízpótlást a hullámtér oldalági rendszerébe. A Dunakilitinél létesített zsilip kapui révén a víz mennyisége 40-130 m³/s között változtatható. A Csúni tározó szivárgó csatornájának vízhozama nagyrészt a Mosoni-Dunaág vízellátását szolgálja. Nagyrészt ez a forrás biztosítja az oldalágak és mentett oldali csatornák vízutánpótlását. A hullámtér vízpótlásának rugalmasabbá tétele érdekében a cikolai ág első egybefolyásánál 1998-ban kiépítettek egy erre szolgáló csatornát. A létesítmény részét képezi egy hallépcső is, mely direkt kapcsolatot teremt a Duna meder és a hullámtéri oldalágak között.</p>

A különböző folyószabályozási munkák hatását a vízjáráson is megfigyelhetjük. Dunaremete és Gönyű vízmérce-állomásoknak van a leghosszabb, több mint száz évre visszanyúló folyamatos vízállás adatsora. A XIX. század végén az árvízi munkálatok, az árvízvédelmi gátak építése jól követhető a folyó hidrológiai viselkedésén. Az a beérkező hordalék, amely azelőtt a teljes Szigetközön és a Csallóközön terült szét, ezen túl a gátak közötti hullámteret töltötte fel gyors ütemben, ezzel egyaránt emelve a kisvíz, a középvíz és a nagyvíz szintjét.

2.2. A földhasználat története

2.2.1. Mezőgazdaság

A középkorban az erdővel és réttel borított Szigetköz leginkább extenzív állattartásra volt alkalmas. A gyakori árvizek a szántóművelést nem tették lehetővé. A helyi extenzív állattartásról beszámoló legkorábbi írásos feljegyzések a XIII. századból származnak. A falvakat a magaslatokon hozták létre, erdők és rétek tisztásain. A településeken az épületek szigetszerű kiemelkedéseken álltak, vagy a hullámtér legmagasabb pontjain. A falvakat kert, gyümölcsös, szántó, rét, vagy erdő vette körül.

A 19. században a Szigetközben végrehajtott széleskörű folyószabályozás alapjaiban megváltoztatta az ottani mezőgazdaságot. Az állattartás intenzívebbé vált és fokozatosan elterjedt az állatok istállóban tartása. Az ugaroztatás és a két-, illetve háromnyomásos gazdálkodást felváltotta a vetésforgó. Meghonosodott a szántóföldi művelés és a gabonatermesztés. A talajok kedvező vízháztartása viszonylag magas terméshozamokat tett lehetővé megfelelő biztonsággal. Az 1980-as években a szántóföldek 91%-a herbicidet kapott és a tenyészidőszakban szántóföldek csaknem 30%-át permetezték növényvédő szerekkel. Az évente felhasznált műtrágya hatóanyagtartalma átlagosan 120 kg N/ha, 90 kg P/ha, and 157 kg K/ha (MKK 2003).

A 20. század végén a tulajdonviszonyok rendezésével megváltozott a művelési ágak aránya is. A piacgazdaság szempontjainak előtérbe kerülése meghatározta a vetésszerkezetet, a műtrágya használatot, stb.. Az állattartás sokat veszített a jelentőségéből, mivel az intenzív állattartás nem tud versenyezni az európai piacok kínálatával. Jelenleg 42 társas vállalkozás, 105 egyéni vállalkozás, 1130 őstermelő és 15 szövetkezet foglalkozik mezőgazdasággal a Szigetköz magyarországi területén.

2.2.2. Erdészet

A Szigetközben hosszú ideig nem folytattak erdőgazdálkodást. A térség lakossága az ártéri erdőkből szerezte be a faszükségletét. A megmaradt faállomány természetes úton újratermelődött.

Az 1920-as években kezdődött az intenzív erdőgazdálkodás, a magyarországi terület akkori nagybirtokain. Új erdőket telepítettek nemesített szaporítóanyag segítségével, mely a természetes erdőkhez viszonyítva nagy hozamokat ígért. Az 1950-es években a fűz volt a túlsúlyban lévő faj az erdővel borított területen belül és jelentős területeket foglaltak el a lombhullató keményfafajok és a nemes nyár. Ekkor kezdtek kiterjedtebben nemesített nyárfafajtákat telepíteni. A nemesített nyárfafajták népszerűsége az 1980-as évekig tartott, amikor a Szigetköz magyarországi erdővel borított területének 68%-át borították (Lump, 2007). A természetes faközösségek ekkorra jelentősen visszaszorultak. A fűz-nyár-éger (*Saliceto-Populeto-Alnetum*) ligetek, melyeknek jelentős vízszintingadozásra és alacsony fekvésű árterületekre van szükségük, már alig találhatók meg az eredeti formájukban. A megváltozott élőhely viszonyok miatt az éger- mocsár-erdők (*Alnetum glutinosa*) teljesen eltűntek, szilfa-nyár ligeterdők (*Ulmeto-populetum*) pedig már csak elvétve találhatók. A szilfa- kőris-tölgy ligeterdők (*Ulmeto-Fraxineto-Roburetum*) csak kis területeken és csak mesterséges formában találhatók meg.

Az 1990-es években az erdészetben bekövetkezett fogalmi változások hatására erőfeszítéseket tettek a természeteshez közli erdők telepítése érdekében. Ez nem változtatta meg látványosan az addig kialakult állapotokat, de az erdőmegújítások alkalmával százhektáros nagyságrendű területeken előnyben részesültek a helyben honos fafajok. A hullámtér magyarországi részén az erdővel borított terület 61 %-án volt megtalálható 2006-ban a nemes nyár (Limp 2007; 8. táblázat).

8. táblázat Az erdőtípusok és koruk területi megoszlása (ha) a Duna szigetközi hullámterén 2006-ban, (Limp 2007.)

Erdő / kor	1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-	Sum.	%
Tölgy	36	5	--	--	3	--	1	45	1,5
Kőris	13	15	1	--	4	1	13	47	1,5
Álakác	59	13	4	4	4	2	--	86	2,8
keményfa	2	4	--	--	--	--	--	6	0,2
Hibrid nyár	570	558	454	182	66	14	3	1847	60,0
őshonos nyár	82	99	78	42	23	12	1	337	10,9
Fűz	11	179	238	93	13	2	3	539	17,5
Puhafa	2	--	2	--	--	--	--	4	0,1
Fenyő	--	--	--	--	4	--	--	4	0,1
Nincs erdőborítás	--	--	--	--	--	--	--	165	5,4
%	26	30	27	11	4	1	1	100	--
összesen:								3 080 ha	100

3. Visszafordíthatatlan változások, szükségszerűségek, terhelések- és hatások elemzése

A visszafordíthatatlan hatások meghatározása lényeges gyakorlati kérdés az elérhető környezeti célok körvonalazása szempontjából. Az ökológiai rendszer visszafordíthatatlan változásainak azokat tekintjük, amelyek esetében az emberi beavatkozás megszűnése után sem áll vissza az eredeti állapot (pl. bizonyos fajok kipusztulása). Másrésztől szükségszerűségeknek azokat a kényszerítő körülményeket nevezzük, amelyeket társadalmi-gazdasági okok miatt figyelembe kell venni (például: árvízvédelem).

3.1. Hidrológiai- és hidromorfológiai dinamika

3.1.1. Az erdőgazdálkodás hatása

A korai történelmi időkben a növénytermesztés céljából végzett erdőirtások a Duna medence kiterjedt területein megváltoztatták a vízhozam rendszert, valamint megnövelték a folyóba mosott, erodált talajmennyiséget. Az így megnövekedett iszaplerakódás változásokat okozott a meder és az ártér morfológiájában és folyami élőhely-rombolással járt (Petts et al. 1989, Kern 1994).

3.1.2. Klímaváltozás

A Föld éghajlata sohasem volt állandó és a történelem előtti klímaváltozások nyilvánvalóan csak természetes eredetűek voltak. A jelenlegi- és jövőbeni klímaváltozások okai és mértéke azonban egészen más. Ma az okok főleg a légkörre gyakorolt emberi tevékenységekre vezethetők vissza és a felmelegedés mértéke máris meghaladta az elmúlt 10 000 évben tapasztaltat. Az üvegházhatás és a légköri szén ciklus hatására felgyorsult globális felmelegedés eredményeképpen a rendkívüli időjárási körülmények gyakorisága megnőtt (szárazság, rendkívüli záporok, szélviharok) a 20. század kezdetétől.

A klímaváltozás európai folyókra gyakorolt hatásainak becslése bonyolult és ebből eredően bizonytalan, különösen a rendkívüli események elemzését tekintve. Nehéz különbséget tenni a klímaváltozás- és az emberi hatások okozta árvíz gyakoriság növekedése között. A napi csapadékmennyiség esetleges változékonysága jelentős növekedést okozhat az árvizek gyakoriságában (Lehner et al. 2006).

3.1.3. *A folyószabályozás hatásai*

A gátakkal határolt hullámtéren sokkal kisebb tér áll rendelkezésre az árhullámok levonulására és a folyó hordalékának szétterülésére. Ezt bizonyítja a 20. századi folyamatos árvízszint-növekedés. A száraz területeket borító víz magasságának növekedésével csökken a partmenti, gyorsan felmelegedő sekélyvizű élőhelyek kiterjedése. Az allogén folyamatok előtérbe kerültek a vízi élőhelyek szukcessziós folyamataiban. Felgyorsult az árvizek levonulása és a tetőző árvízszintek növekedése általánosságban megnövelte a rendkívüli helyzeteket.

A Dunát nemzetközi hajózási útvonalnak minősítették. 1948-ban a Belgrádi Egyezmény aláírásával Magyarország kötelezte magát, hogy a Duna Bizottság javaslataiban meghatározott *hajózhatóság feltételeit biztosítja*. Ma a Szap fölötti szakaszon a bősi vízerőműnek üzemvízcsatornájabítosítja hajózhatóságot, de Szap és Gönyű között csak kis- és középvízi folyószabályozással biztosíthatók a hajózási útvonal nemzetközi előírásai. Általában a hajózhatóság érdekében megvalósult beavatkozások a mederfenék mélyüléséhez járulnak hozzá okozza, mely a Szap alatt folyószakaszon megfigyelhető.

3.1.4. *A felső folyószakasz duzzasztógátjainak hatásai*

A felső folyószakaszon, Ausztriában 1955 után felépített *duzzasztógátak sorozatának hordalék visszatartó hatása* jelentős morfológiai hatásokat eredményezett a Duna szigetközi szakaszán. Az évente szállított lebegő hordalék mennyiség – az éves vízjárás függvényében – széles határok között mozog (1-10 millió tonna/év). Az 1950-es évek elejétől kezdődően harminc éves idősor alapján egyértelműen kijelenthető, hogy az 1970-es évektől jelentősen lecsökkent az évente szállított lebegő hordalék mennyiség (Láng et al. 1993), amellyel együtt járt a vizek átlátszóságának és fényáteresztőképességének növekedésével. Ez elősegítheti a növények fotoszintetizáló képességét, a vízi élőhelyek autogén szukcesszióját és növelheti a vizek elsődleges produktívumát.

A becslések alapján az évente a Felső Dunáról a Dévényi Kapu szelvénye alá érkező lebegő hordalék mennyisége 400 000-500 000 m³ (Károlyi 1962) volt, melyből 150 000 m³ a Rajka és Szap közötti főágon ülepedett ki, míg 50 000-60 000 m³ Szap és Medve között. A fennmaradó hányad az ágakban halmozódott fel, vagy távozott. Az elmúlt évtizedekben a folyó elterelését megelőzően az osztrák szakaszon épült duzzasztógátak és a Pozsony térségében bekövetkezett mederkostrások hatására Rajkához nem érkezett jelentős mennyiségű lebegtetett hordalék (Láng et al. 1993). Jelentős ipari mederkostrásokat végeztek a közös magyar-szlovák szakaszon is (lásd 7. táblázat). Az 1960-as évektől kezdve a csökkenő kis- és középvízszintek jelzik a hordalékhozam megszűntét, a víz hordalék szállító képességének növekedését és a mederfenék bevágódását. A főmeder-re jellemző süllyedés a hullámtéri ágakon nem volt megfigyelhető, emiatt a jellemzően átfolyó ágak ezután csak szivárgó vizekből kaptak

utánpótlást egész évben. A lebegtetett hordalék-hozam jelentős csökkenése miatt a gázló- és szigetképződés visszaszorult, ami szintén befolyással van a vízi élőhelyek szukcessziójára.

3.1.5. A mederkotrás hatásai

Bizonyos gazdasági-politikai döntések következtében a hatvanas évek végén Csehszlovákia és Magyarország panellakás-építésbe kezdett, ezzel egyidőben pedig betonpanelek más célokra történő tömeggyártását is elkezdték. Mindez a folyami kavics rendkívüli méreteken történő kitermelését követelte meg. Egy 1994-es megállapítás szerint (Delft Hydraulics, F.R. Harris and VITUKI, 1994) a Duna 1811 és 1702 folyamkilométerei között 64 millió m³ kavicsot termelt ki kotrással a Duna medréről a két szomszédos ország az 1968-1991 közötti időszakban. Ennek a kavicsmennyiségnek az utánpótlása 2.8 millió m³/év hordalékhozamot feltételez a felső folyásból mintegy 23 éven keresztül. A 2002. évi szlovák hordalékhozam adatok szerint ennek csak kevesebb, mint tizede érkezett a Duna 1795 fkm szelvényéhez. A magyar fél által kikotort mennyiség 29 millió m³ –re tehető, melyből körülbelül 25 millió m³ ipari célú kotrás volt. Az ilyen mértékű túlhasznosítás mindkét ország vízgazdálkodási hatóságaonak engedélyével történt.

A Duna meder kavics forrását tekintve a 64 millió m³ kitermelése túlhasznosításnak minősül, különösen, ha hozzávesszük a Pozsony fölötti szakaszon végzett kotrásokat is. Tulajdonképpen ezen a teljes mértékben szlovák fennhatóság alatti, 1860 és 1870 fkm közötti szakaszon összesen 7.5 millió m³ kavicsot termeltek ki a Duna medréről 16 év alatt, amelynek kétharmad részét egy mindössze 2 km-es szakaszon (Topolská and Klúcovská 1995). A teljes kikotort kavicsmennyiséget a folyó több mint 50 év alatt tudta volna pótolni. Mióta az Osztrák Duna szakaszon megépítették a duzzasztógátak sorát, a Duna hordalékszállítása lezuhant 200 000 m³/évre. A felső szakasról érkező hordalékhozam némileg növekedett, mióta az osztrák vízügyi hatóságok mintegy 170 000 m³ kavicsot szórnak évente a Bécs alatti Duna mederbe a Freudenaus vízlépcső megépülését követően (1993). Meg kell jegyezni, hogy ma a Pozsony fölötti kotrás szakasza a felépült dunacsúni gát duzzasztási határánál ér véget. Más szóval úgy számolhatunk, hogy itt fog felhalmozódni az Ausztriából származó megmaradt dunai hordalékhozam nagyobb része.

3.2. Tájszerkezet

3.2.1. A folyórendezés hatásai

A nagyvízi mederszabályozás keretében a 19. század végén megépült árvízvédelmi gátak a 375 km² területű szigetközi árteret hullámtérre és védett területre, ugynevezett mentett oldalra osztja. Mintegy 80%-kal csökkent ezzel az elárasztott terület nagysága, ami számos jellegzetes ártéri élőhely feldarabolódását és pusztulását okozta a szigetközi folyó-ártér rendszerben. A hullámtér és a védett terület közötti direkt kapcsolat megszűnt és az utóbbi fejlődése más irányban folytatódott.

A mentett oldalon a korábbi ágak és a leszakadt holtágak egyrészt elvesztették a Dunával való összeköttetésüket, másrészt sokat közülük betemettek. A leszakadt ágak vízutánpótlása nagyrészt a beszűrődő talajvízből, másrészt a csapadékból származott. A paleopotamon élőhely-tulajdonságok megmaradtak a régi ágakban a 20. században is az 1990-es évekig. A talajvízből származó vízutánpótlás a Duna vízjárásától függött. A régi ágak többségét a belvízcsatorna rendszerhez csatlakoztatták és innen belvízelvezetésre szolgált. A vízrendszer szétszabdaldott, a hosszanti átjárhatóságot zsilipekkel és más elzáró szerkezetekkel akadályozták. A vízi- és szárazföldi élőhelyek beszűkültek, mert szűk határok közé korlátozódott a vízszintingadozás.

3.2.2. A földhasználat hatásai

Az ártéri erdők jelentős részét kivágták és rétté változtatták a középkorban. Az erdősült területek nagysága a 19. századtól kezdődően növekedett, de a jelenlegi erdőterület nagy része mesterséges telepítésű. A szomszédos mezőgazdasági a talajvízbe szivárgó növényi tápanyag hozzájárult a víztestek eutrofizációjához. A mentett oldali területeken a mezőgazdasági művelést rendszeres vegyszeres gyomirtást is alkalmazó szántóföldi termelés, rovarirtószerek-permetezés és műtrágyahasználat jellemzi. A mezőgazdasági hatások döntően az oldott anyagok diffúzió (nem pontszerű) beszivárgásából származik. Művelt területeken megnőtt az ilyen terhelés. Ez a hatás időben váltakozó intenzitású és függ a csapadék mennyiségétől, valamint a mezőgazdasági tevékenység szezonális változásaitól.

3.2.3. A szennyezők és növényi tápanyagok hatásai a vízminőségre

A környezeti szennyezések okozta élőhely-pusztulást nem lehet direkt módon észlelni. A nitrogénkörforgásba való emberi beavatkozás nagymértékben növelte a folyók által a torkolatba szállított nitrogént (Vitousek et al 1997b). A Duna vízminősége nitrát- és összes oldott anyag vonatkozásában a Magyarországra lépés szelvényében fokozatosan romlott (Hock and Somlyódi 1990).

3.3. Növény- és állatvilág, biodiverzitás

3.3.1. Éghajlatváltozás

Az emelkedő hőmérséklet és a változó árvízi vízjárási viszonyok, valamint az éghajlatváltozás egyéb szempontjai hatni kezdenek a Közép-Duna medence biodiverzítására. A globális felmelegedés következtében a nagy folyók vízhőmérséklete ugyancsak növekedik, amely kihat azokra a területekre vízi növény- és állatvilággal népesültek be, beleértve bizonyos hal fajokat. A Duna, mint ökológiai folyosó mentén a flóra és fauna globális éghajlatváltozáshoz kapcsolódó megváltozásának nyilvánvaló változásai figyelhetők meg. A természetes északi bióta elemek sarkvidéki területek felé történő visszaszorulása, valamint a ponto-kaszipi eredetű invazív fajok további sikeres

betelepülése várható. Napjainkban a kutatók között még nincs konszenzus a globális éghajlatváltozás biológiai hatásainak mértékét illetően.

Az éghajlatváltozás fontos tényezője lehet a nem őshonos biológiai elemek térhódításában. A Duna egyrészt az őshonos bióta fontos ökológiai folyosója, másrészt az idegen szervezetek szintén fontos terjedési útvonala. A gyorsan változó éghajlat kedvezhet azoknak a fajoknak, amelyek gyorsan tudják változtatni területüket vagy tolerálni tudják a klimatikus viszonyok széles tartományát. Invazív fajok hajlamosak arra, hogy generalisták legyenek, mely növelheti sikerüket, ezzel veszélyeztetve egyes őshonos fajokat. A biológiai invázió az egyik legfontosabb hajtóereje a globális biodiverzitás csökkenésnek (Vitousek et al. 1997a).

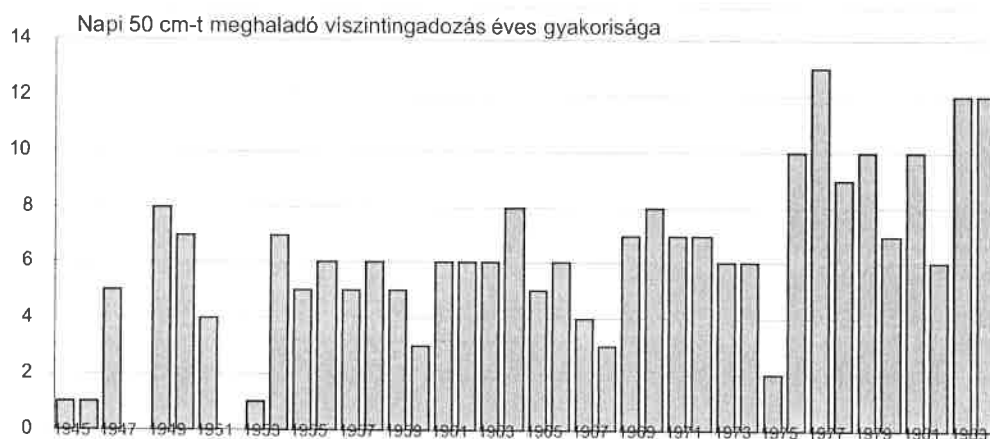
A 20. század kezdete óta 19 nem őshonos halfajt figyeltek meg, melyek közül 13-nak állandó populációja van a Duna szigetközi szakaszán. Az 1990-es évek kezdete óta négy ponto-kaszpi géb faj, a Kessler-géb (*Neogobius kessleri*), a feketeszájú géb (*N. melanostomus*), a folyami géb (*N. fluviatilis*) és a csupasztorkú géb (*N. gymnotrachelus*) jelent meg és szaporodott el. Az invazív idegen fajok őshonos halfajok populációjára és a biotikus kölcsönhatások változásaira (versengés, ragadozás) gyakorolt hatásának vizsgálata nem történt meg a Duna magyarországi szakaszán.

A Magyar Dunakutató Állomás hal monitoring eredményei alapján a botos kölon (*Cottus gobio*) őshonos populációja eltűnt a Duna szigetközi szakaszán a *Neogobius* fajok beérkezése után. A botos kölon relatív sűrűsége meghaladta 1,000 egyed/km sűrűsége a Duna fő ágának kőhányásai mentén a dunaszigeti mintavételi helyen 1993-ban. A faj sűrűsége az 1990-es években csökkenni kezdett és 2003-tól már nem észlelték a területen. A botos kölon hőmérséklet érzékenysége ismert, a legvalószínűbb azonban az, hogy a *Neogobius* fajok biotikus kölcsönhatása volt rá hatással.

Számos idegen növényfaj invázióját állapították meg a szigetközi régió szárazföldi élőhelyein. Közönséges nem őshonos lágyszárú növények az *Aster lanceolatus*, *Impatiens glandulifera*, *Impatiens parviflora*, *Solidago gigantea*. Idegen fajok például az *Acer negundo* és *Ailanthus altissima*.

3.3.2. A hidrológiai változások hatásai

A szezonális- és éves árvízszint ingadozást tompította a felső folyószakasz vízlépcsőrendszere, ami az ökológiai jelentőségű vizek természetes dinamikájára is hatással volt. A vízjárás változását legjobban a napi 50 cm-t meghaladó ingadozás éves gyakoriságával tudjuk jellemezni (16. ábra).



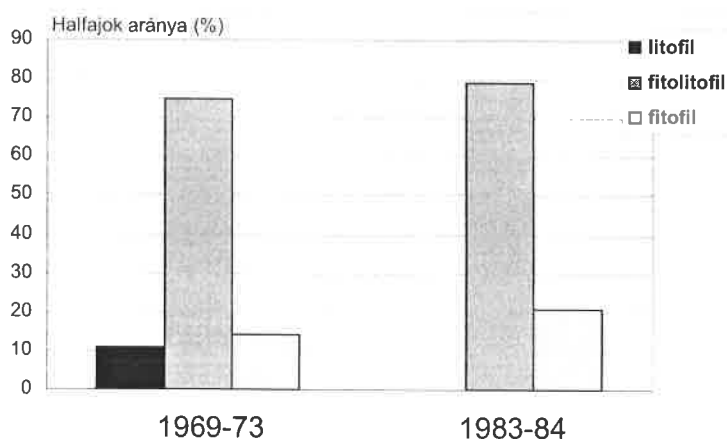
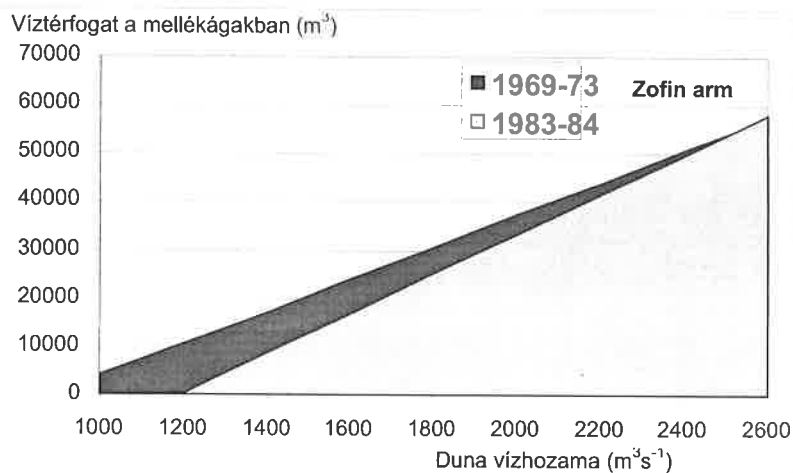
16. ábra A napi 50 cm-t meghaladó vízszint ingadozás éves gyakorisága Dunaremeténél

A 20. század második felében növekvő tendenciát mutat a magas napi vízszint ingadozás éves gyakorisága. Ennek a rendkívüli hidrológiai jelenségnek a vízi-szárazföldi átmeneti zónában biodiverzitást csökkentő hatása lehet.

3.3.3. Az élőhelyek megváltozásának hatásai

A 19. század végétől, a Duna szigetközi szakaszának komplex szabályozásától kezdve a hullámtéri mellékágakban intenzívebbé vált a mederfeltöltődés, mint a főmederben. A hullámtéri mellékágak felülről történő elzáródása befolyásolta azok vízjárását- és üledékszállítását. A leírt élőhelyváltozás számos folyami faj főmederbe való visszaszorulását eredményezte. A finom üledék ágrendszerben történt lerakódása a litofil fajok ívóhelyeinek számát lecsökkentette.

A csallóközi ártér Zsofini mellékágában vizsgálták a morfológiai jellemzőket a hal közösségeket szempontjából két időszakban, 1969-1973 és 1983-1984 között. A 17. ábra grafikonja az oldalág számított víztérfogatát mutatja a Duna vízhozama függvényében. A második időszakban a mellékág vízhozama és víztömege egy alluviális elzáródás következtében jelentősen. A halfajösszetételben ennek következtében jelentős változás mutatkozott: 22-ről 16-ra csökkent a halfajok száma, a litofilek eltűntek. A hal biomassza 292 kg/ha-ról 189 kg/ha-ra csökkent (Holčík 1990).



17. ábra A Duna Zsofini mellékágának számított víztérfogata a Duna vízhozamának függvényében 1969-1973 and 1983-1984 között (felül), valamint a halpopuláció fajösszetételének változása (Holčík, 1990)

A lassú folyású és időszakosan állóvízű mellékágak kedvező feltételeket biztosítottak a fito- zooplanktonok fokozott szaporodásához. Az ágak fontos táplálékszerző- és menedékhelynek számítottak a fiatal egyedek csoportjai számára, ezért a hullámtéri mellékágak rendszere a Duna magyarországi szakaszán belül a legnagyobb halszaporulatot biztosította.

A mentett árterületek vizeiben a 20. század második felében a paleopotamon típusú élőhely vált jellemzővé (az 1990-es évekig). Az élőhelyek feltételeinek megváltozása és a természetes vízszintingadozások gyakoriságának csökkenése miatt az ősi élőközösségek fajösszetétele megváltozott, a legtöbb folyami faj eltűnt, a limnofil flora- és fauna elemek gyarapodtak. Egyes veszélyeztetett limnofil halfajok (*Umbra krameri*, *Misgurnus fossilis*,

Carassius carassius, *Tinca tinca*) sűrűsége magas volt az 1990-es évek előtt. A talajvízbeszivárgásnak megfelelően gazdag bentoszlakó élőközösség tudott kifejlődni a hyporheális életterben.

3.3.4. *A hajózás hatásai*

A hajózásra használt folyókban a hajók elhaladásakor keltett hullámtevékenység és turbulencia rombolja a partot és a partmenti növényzetet. A part eróziója az üledéket felkavarja, ami a mikroélővilág táplálékforrásának betakarásához és az ökoszisztéma produktivitásának csökkenéséhez vezet. A lebegő talajbemosódás miatt csökken a víz áttetszősége és a fényátjárhatósága és általában az elsődleges produkció. Ehhez hozzáadódik, hogy a hajók elhaladásából adódó fizikai zavarás és a hajók zaja megzavarja a táplálkozási és szaporodási viselkedést. Ez ott jelentős, ahol a hajók elhaldtása folyamatosan zavarja az ivó- és ivadéknevelő élőhelyeket, amelyek a halpopuláció fenntartása szempontjából jelentősek.

A hajózás lehetőségeinek bővülése és a hajózás kedvez az invazív fajok elterjedésének. A nem-honos géb fajok hajók által előidézett passzív elterjedése ismert jelenség (Moyle 1991; Ahnelt et al. 1998).

3.3.5. *Szennyezés és eutrofizáció hatásai*

Állóvízi körülmények között a tápanyag koncentrációjának növekedése a produktivitás növekedését okozza és a fajok összetételének változása állandósítja az eutrofizációt. Az így elősegített elnövényesedés esetleg viszonylag kisszámú lemerülő-, vagy felszínen úszó makrofitára (*Elodea nuttallii*, *Potamogeton crispus*, *Nuphar lutea*), floating-leaved plants (*Spirodella polyrhizza*), vagy kovamoszat fajokra *Cyanobacteria*, *Dinoflagella* and *Eugleonid species* terjed ki. Az eredeti fajösszetétel határozza meg, hogy melyik faj lesz az uralkodó, de a legfőbb hatás a fajok számának csökkenése a nagy biomasszát adó egyedszám növekedése mellett. Az élőhelyek növényi tápanyaggal való táplálék ellátása elsődleges tényező a makrogerinctelenek fajgazdagságának alakulásában. Az eutróf víztestek makrogerinctelen faunája szegény, ami további hatással van a halak élőközösségének faji összetételére. Az eutrofizáció a vízi szervezetekben veszteséget okozhat, amennyiben az oldott oxigén koncentrációja letálisan alacsony.

A növényvédőszer talajból való kimosódása és a szivárgó vizekbe jutása végzetes hatással lehet az érintett víztest vízi növény- és állatvilágára. A Szigetközben nem vizsgálták még a mezőgazdaság vízi élővilágra gyakorolt hatását.

3.3.6. *A halászat- és üdülés hatásai*

Bizonyos tokhalfajoknak a Közép-Duna szakaszon tapasztalt kihalásában valószínűleg nagy szerepe volt a túlhalászásnak. A kihalászható tokok mennyisége a 14. századtól kezdett csökkenni, a 19. században pedig már alig lehetett fogni a térségben (Kriesch

1876, Károli 1877, Herman 1887, Khin 1957, Hensel és Holčík 1997, Guti 2008). A fokozott halászat csökkentette az íváskor a folyóból a tenger felé igyekvő tokfaj egyedszámát nemcsak a kisalföldi ívóhelyén, hanem végig a Fekete Tengertől a 2000 km-es vándorútjukon. Feltételezhetően néhány vándorló tokfaj metapopulációt alkotva (ami azt jelenti, hogy egy faj különböző genotípusainak egyedei alkottak számos alpopulációt) népesítette be a folyót. Az alpopulációk ívóhelyei egymástól elkülönültek. A különböző genotípushoz tartozó egyedek többnyire visszaavándoroltak ívás idején a születésük helyére. A Fekete Tengertől a Duna felső szakaszáig vándorló genotípus halászással összefüggő pusztulása majdnem egy nagyságrenddel nagyobb lehetett, mint az alsó Duna-szakaszon szaporodó alfajé. A 19. században, amikor majdnem 1000 tonna tokhalat lehetett fogni az Alsó Duna-szakaszon, a Szigetközben ritkán lehetett találkozni vele. A Vaskapunál épített gátak (1970, 1984) a vándorló tokfajok még meglévő populációinak további pusztulását okozta a Közép-Duna szakaszon. A nagy tokhal (*Huso huso*) és a sőregtok (*Acipenser stellatus*) ma már a Duna szigetközi vízi fauna kihalt elemének tekinthető, hiszen utolsó képviselőjét, mivel utolsó képviselőjét több, mint ötven éve látták.

A sporthorgászattal érintett halpopulációkat inkább az élőhelypusztulás, mint a túlhalászás fenyegeti. A mesterségesen felnevelt halak kiengedése volt az egyik megoldás a sport céllal horgászott szigetközi térség halállományának pótlására, függetlenül a honos fajok populációira gyakorolt hatástól. A legelterjedtebb betelepített halfaj a ponty (*Cyprinus carpio*) (Guti 1993).

9. táblázat A Szigetközben ismert legfontosabb visszafordíthatatlan változások összefoglalása

- A Duna hidromorfológiai dinamikájának megváltozása:
 - A hordalékszállítás csökkenése a felső szakaszokon megépített gátak miatt;
 - A finom üledék felhalmozódása az ártereken;
- Változások az allogén- és autogén folyamatokban, élőhely szukcesszió és diverzitás;
- a nitrogén körforgásba történő emberi beavatkozás és a megnövekedett növényi tápanyag változásokat okozott az ártéri ökoszisztémák összetételében és működésében;
- a biodiverzitásban bekövetkezett változások:
 - két bennszülött faj kihalása (*Huso huso*, *Acipenser stellatus*);
 - számos honos faj veszélyeztetettsége;
 - számos idegen invazív faj terjedése.

10. táblázat A Szigetközben ismert legfontosabb emberi hatótényezők összefoglalása

- árvízvédelem
- a Duna elterelése a Bösi Vízerőmű létesítése kacsán;
- hajózhatóság feltételeinek fenntartása (az üzemvízcsatornában és Szap alatt);

- Földhasználat:
- Erdőgazdálkodás;
- Mezőgazdasági tevékenység a mentett területen.

3.4. Terhelés- és hatásvizsgálat

A Víz Keretirányelv alapján minden víztestre terhelés- és hatásvizsgálatot kell végezni. A magyar Duna-szakaszon négy víztestet jelöltek ki a Vízyűjtő Gazdálkodási Terv elkészítésére. Ami a jelen tanulmány illetiezekből egyet kell figyelembe venni: a Szigetköz térségét (249. számú víztest, 1790-1852 fkm, Dunacsún -Szap). A Szigetköz-térségben a Report on the Significant Issues (A jelentős vízgazdálkodási kérdésekről készített jelentés¹ szerint a jelentős terhelések és hatások a következők:

3.4.1. Kedvezőtlen vízjárás az egyoldalú elterelés miatt

A Bósi Vízerőmű megépítése óta a Duna átlagos vízhozamának 80 %-a az üzemvíz csatornába folyik, jelentős változásokat előidézve a Duna fő medrének vízjárásában és a Szigetköz mellékágaiban. Az átmeneti vízpótló rendszer csak korlátozott mennyiségű vizet juttat a Szigetköz bizonyos területére és a korábbi vízjárás dinamikus jellege továbbra is hiányzik. A periodikusan visszatérő árvizet csak részben lehet mesterséges módszerekkel pótolni.

A vízhiány a következő megoldatlan problémákat okozza:

- A fő folyómeder rehabilitációjáról nincs megoldva;
- az időszakos vízpótló rendszer csak Ásványráróig jelent hatékony megoldást;
- az ártér rendszeres elöntése csak részben biztosított;
- a védett terület vízpótlása nem megoldott;
- a korábbi vizes élőhely hidrobiológiai jellegét teljesen megváltoztatták a kiszáradás elkerülése érdekében;
- a folyó hidrobiológiai jellegét teljesen megváltoztatták ;
- fontos ívóhelyek vesznek el;
- lecsökkent az elsősorban öntözési célú vízkivételek lehetősége.

¹ Republic of Hungary (2005): Report according to the Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy on analysis of the characteristics of the Hungarian part of the Danube River Basin District, and review of the environmental impact of human activities and economic analysis of water uses. Reporting deadline: 22 March 2005

3.4.2. A hosszanti folytonosság hiánya, változások a hordalékszállításban

A Dunacsúni duzzasztógát az elsődleges akadálya a Felső-Duna-szakasz hosszanti folytonosságának.

A duzzasztógát úgy épült meg, hogy a vándorló halfajok számára semmilyen megfelelő átjutási lehetőséget nem biztosít. Az elterelés a Duna folyó jelentős vízszintcsökkenését okozta, következésképpen a mellékág-rendszerek többsége kiszáradt. Az átmeneti vízpótlás biztosítása érdekében egy víz alatti bukót építettek a Magyar Köztársaság és a Szlovák Köztársaság közötti, átmeneti hatáscsökkentő intézkedések bevezetésére vonatkozó egyezmény jegyében, ami vízpótlást tesz lehetővé a Felső- és Közép-Duna szakaszon, bár az oldalágak alsó végeit le kellett zárni. Azoknak a kiegészítő szerkezetek a megvalósítása az elzárások helyein, amelyekkel a vízi állatok mozgása biztosítható lenne, nem fejeződött beteljesen minden helyen.

Az egyik legjelentősebb gond az, hogy az egész vízrendszeren – beleértve a mellékágakat és a Duna fő medrét – megoldatlan a vízi élőlények táplálkozási- és ivóhelyre történő mozgásának biztosítása.

A bösi tározó jelentős hatással van a Duna hordalékszállítására, mivel visszatartja a megmaradt hordalékot. Ugyanakkor a vízmozgás sebességében beállt változások a finom üledék nagyarányú felhalmozódását okozzák a mellékágakban.

3.4.3. Oldalirányú folytonosság hiánya

A jelentős árvízvédelmi beavatkozások és a földhasználatban bekövetkezett változások jelentős változásokat idéznek elő a folyórendszer oldalirányú folytonosságában is. A hullámtér árvízvédelmi gátak mögötti része mezőgazdasági területté vált, így már nem tudja betölteni a korábbi hullámtér szerepét.

A régi árterületek részei elszakadtak az időnként visszatérő vízpótlástól és/vagy mesterséges akadályokat hoztak létre a természetes lefolyás útjában, amivel újabb problémák keletkeztek.

Vizsgálat tárgyát kell, hogy képezzék a földhasználatban bevezethető változtatások, az ártér kiszélesítése, az árvízvédelmi gátak áthelyezése, vagy áttörése, a vizes élőhelyek, a korábbi mellékágak- és holtágak újbóli összekötése figyelembe véve a mentett területeket is.

3.4.4. Felszín alatti vízkészletek veszélyeztetettsége

A Szigetköz térségében öt üzemelő- és hat távlati felszín alatti vízbázis található. A hidrogeológiai összefüggések miatt sérülékenyek. Szakértői vélemények szerint nitrátszennyezés- és mennyiségi csökkenés veszélyének vannak kitéve.

A Szigetköz egyes részein jelentős talajvízszintesés észlelhető. Az időszakos vízpótló rendszer révén részben ez javítható, de a vízpótlásnak csak korlátozott hatása van. Fontos a talajvízszint süllyedés- és a talajvíztől függő élőközösségek közötti összefüggés vizsgálata is.

3.4.5. Szennyezés

A Települési Szennyvíz Kezeléséről szóló EGK irányelvek bevezetésével a pontszerű szennyezések el fognak tűnni. A jelenleg üzemelő és tervezett szennyvíztisztító telepek hatásait figyelembe kell venni. A további nitrogén terhelés elkerülése érdekében a szennyvíztisztítás egyéb lehetőségeit is meg kell vizsgálni. Az üzemelő szennyvíztisztító telepek érvényben lévő kibocsátási határértékeiket is felül kell vizsgálni tekintettel a befogadó vitést sérülékenységre és meglévő terhelésre.

A diffúz szennyezőforrások határozottan befolyásolják a Duna vízminőségét. Fontos hangsúlyozni, hogy nem csak a folyó általános körülményei és az élőhelyek veszélyeztetettek a vízminőség romlás következtében, hanem az érintett szakasz ivóvízbázisai is. A Nitrát Irányelv és a legjobb mezőgazdasági gyakorlat bevezetése szintén csökkenteni fogja a nitrát bemosódást a mezőgazdaságilag művelt területekről.

3.4.6. Ökológiai kérdések és biodiverzitás

A vízjárás és hordalékszállítás jelentős változásai, a főmederbeni vízszintek csökkenésével, valamint a mellékágak elzáródásával kísérve jelentős változásokat eredményezett a vizes élőhelyeken. Rehabilitációs intézkedésekkel helyre kell állítani azokat a hidromorfológiai viszonyokat, amelyek nélkülözhetetlenek a Szigetköz jellemző vizes élőhelyeinek és az azokhoz kapcsolódó életközösségek fejlődéséhez. A vizes élőhelyek ökoszisztémájának működése nagyban függ a vízjárás és a hordalékszállítás dinamikájától. Az élőhely típusok egyedülállóan sokszínű mintázat a térség biodiverzitásának előfeltételét jelenti. Az eredeti flóra és fauna vízi és vízhez kötött jellege a szárazföldi formák térhódításának irányába változott, csökkentve a biodiverzitást, miközben növekedett az invázív fajok száma.

A kedvezőtlen változásokat a visszafordíthatatlanság és a visszafordíthatóság szempontjából értékelni kell. A Duna fő medrének ökológiai szerepét vissza kell állítani.

3.4.7. Klímaváltozás

Figyelembe kell venni a klímaváltozás hosszútávú hatásait is. Ez jelentősen befolyásolhatja arendelkezésre álló vízkészletek mennyiségét és az árvízi vízjárást.

3.4.8. Növekvő árvízszintek

A hullámtér feliszapolódása és a Duna-meder vízszállító képességének romlása együttesen megemelkedett árvízszinteket okozott az utóbbi árvizek idején történt vízhozam- és vízszintmérések eredményei szerint. Az újonnan kialakult helyzet nem garantálhatja a biztonság elvárt szintjét. Az árvízvédelmi rendszer struktúrája változtatásra szorul: a hullámtér bővítésével több teret kell biztosítani a természetes árvizeknek. Az eredeti Duna meder vízszállító képességét fenn kell tartani, hogy szükség esetén le tudjon vonulni rajta az árvíz azon hányada, melyet az üzemvízcsatorna nem tud elszállítani.

3.4.9. Hajózás, turizmus, rekreáció

Ahogy a hajózási útvonal a Bősi Vízerőmű üzemvíz csatornájába került szükségteenné vált a kereskedelmi hajózás az eredeti folyómederben. A Duna folyómedrén és a mellékág rendszerben üdülési célú hajózás folyik. Fontos kialakítani egy koncepciót a terület jövőbeni rekreációs szerepére, hiszen a szigetköz még mindig a térség egyik fő turisztikai vonzerejének számít. Ebbe a koncepcióba bele kell építeni a természetvédelmi célokat is a turisztikai és üdülési célok mellett. Figyelemmel a természeti erőforrások fenntartható használatára a különböző turisztikai látványelemeket meg kell őrizni, vagy fejleszteni kell a Folyó Vízgyűjtő Gazdálkodási Terve megvalósítása keretében.

3.4.10. Földhasználat

A térség földhasználatában bekövetkezett változások lényegesen megváltoztatták az ártér visszatartó- és tározó képességét/ potenciálját, valamint a hordalék viszonyokat. Szigorítani kell a hullámtéri mezőgazdasági földhasználatot a talajvízkészletek utánpótlása és az árvízi hozamok felszín alatti víztartó rétegekben való tározása érdekében. A talajvízszint esés befolyásolja a szántóföldek talajának nedvességtartalmát is és ez a térség nagy részén jelentősen csökkentette a terméshozamokat. A vízhiány ellensúlyozását előtérbe kell helyezni. Vizsgálat tárgyává kell tenni a vízszintesések és a vízhiány okozta hatásokat az erdőgazdálkodásra.

3.4.11. A jövőbeni infrastruktúra fejlesztések hatásai

A jövőbeni infrastruktúra fejlesztéseket átlátható módon, a legjobb környezetvédelmi gyakorlat és az elérhető legjobb technológia alkalmazásával kell megvalósítani. A jó állapotra gyakorolt hatásokat, illetve a jó állapot romlását, valamint az országhatárokon átnyúló kedvezőtlen hatásokat el kell kerülni, csökkenteni, illetve kompenzálni szükséges.

4. A jelenlegi helyzet hiányosságainak értékelése

4.1. Hidrológiai és hidromorfológiai dinamika

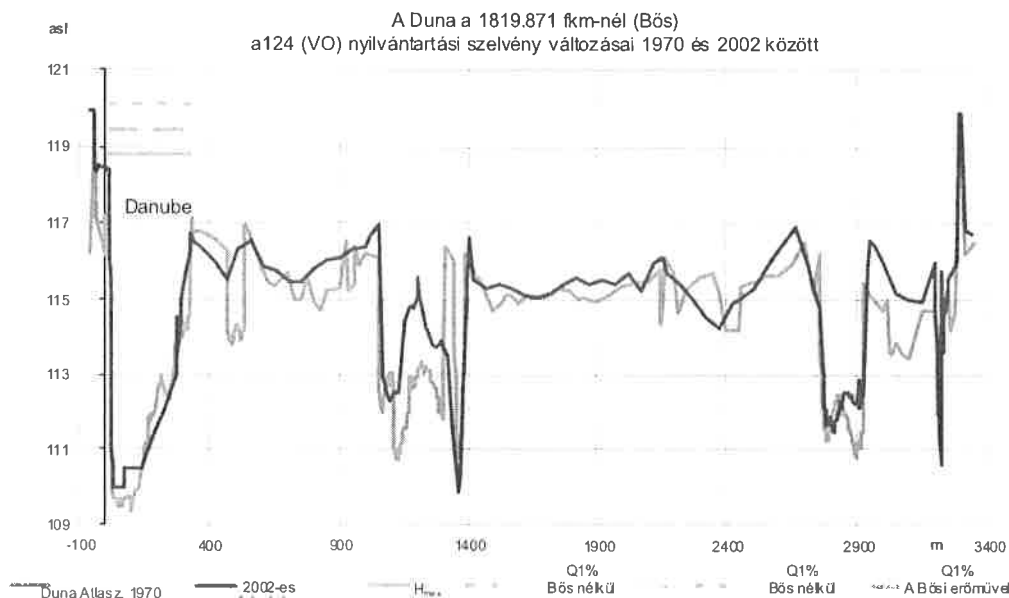
4.1.1. Hordalékjárás

A bősi oldalcsatorna 1992-es megnyitása, a dunacsúni duzzasztógát és a bősi vízierőmű megépítése és fokozatos üzembe helyezése, drámai és radikális módon megváltoztatta a folyó vízjárását és a görgetett hordalék mozgását a Szap és Szob közötti folyószakaszon. A folyó elterelésétől kezdve mai napig zajló, részletes (100 méterenként végzett) medervizsgálatokra került sor a Duna felső szakaszán Rajka és Vének között, amit kiegészített a nyilvántartási (VO) szelvények mederágyából (Rákóczi és Sass 1996) vett mintavételezés. Az eredmények arról tanúskodnak, hogy az Öreg-Dunába – vagyis az eredeti főmederbe – elvezetett, 200-600 m³/s-os vízhozamú úgynevezett “fenntartó áramlás” nem képes feltörni az eltereléskor létrehozott kemény kavicságyat, hanem inkább helyileg rendezi át a felette húzódó homokréteget. Nevezetesen, a dunacsúni duzzasztógát-rendszer építése során fellazított meder és ártér homokos-kavicsos anyagának jelentős részét az Öreg-Dunába sodorta az elterelést követően végigvonuló jelentős erejű árvíz hullám (1992. november). A főmeder (Öreg-Duna) Rajka és Szap közötti szakaszán a görgetett hordalék mozgása az elmúlt évtizedekben abból állt, hogy a 4,000 m³/s vízhozamot meghaladó nagyságú és a dunacsúni duzzasztógát által ide elvezetett árvíz hullámok egy része finom kavicsos-homokos anyagot sodort magával az *immobilis mederburkolat* felszínén. Ennek a görgetett hordaléknak a mozgása – amely nagyon gyenge az építkezés előtti helyzethez viszonyítva – térben is korlátozott, az elégséges vízhozam szintek igen rövid fennállási ideje (rendszerint csupán néhány nap) miatt.

Ráadásul a főmeder Rajka és Szap közötti nagyobbik szakasza, amely mesterséges táplálást kap a “fenntartó” vízfolyásból, tovább szűkült, és a partközeli sávokat vastag, sűrű, élő növényzet borította be. Mindezen felül a bősi erőmű csatornájának utolsó szakaszából a Duna-mederbe visszafolyó víz az Öreg-Dunán körülbelül Dunaremetéig (1826 fkm) felduzzasztja a “fenntartó vízáramlásokat”.

A szigetközi ágrendszer fő mellékágai a Duna elterelése óta jelentős mértékben eliszaposodtak (lásd a 18. ábraát). A bősi erőmű elvezető csatorna által felduzzasztott területen belül, a Bagoméri ág 346 000 m³ –el, töltődött fel 2005-ig. Ebben az ágban az átlagos üledékvastagság 60 cm, amelynek a felső harmada finom szemcséjű iszapfrakciókból áll. Az ágak csak mérsékelten iszaposodtak el, mert a Duna természetes árvíz hullámjai évente több alkalommal elöntötték az ágrendszert és az ágak között lévő szigeteket. Az áramlási sebesség-értékek 1992 óta a dunacsúni duzzasztógát működési menetrendjétől függenek. A mesterséges vízjárásokat a duzzasztógátaknak az árvíz hullámok kezdetén történő, hirtelen megnyitása jellemzi, ezért a Szigetköz elöntése rendszerint drámai gyorsasággal megy végbe. Az árvíz hullámok levonulását követően a

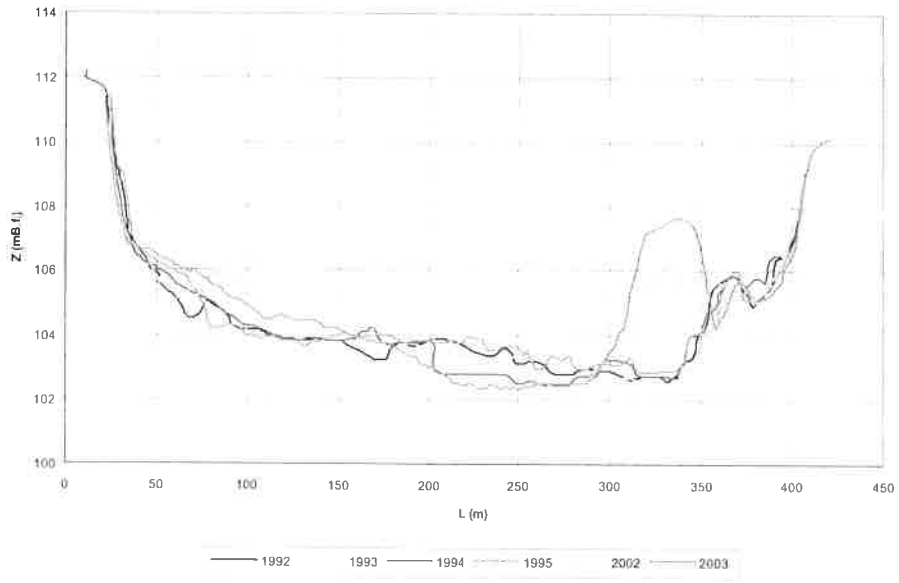
zsilipkapukat ugyancsak hirtelen zárják is le a víztározó vízveszteségének csökkentése érdekében. Ez az eljárás azt eredményezi, hogy a víz hirtelen és nagy sebességgel zúdul ki az ágakból, esetenként megrongálva a szigetközi vízpótló rendszer építményeit.



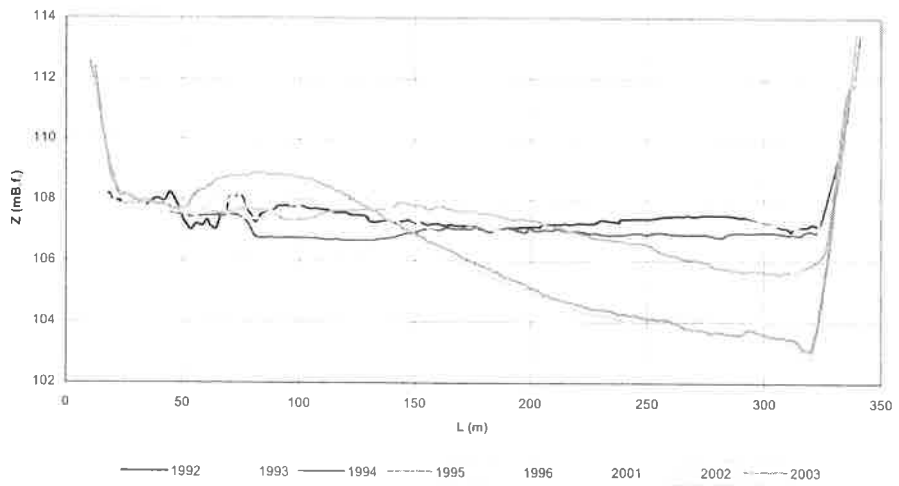
18. ábra A mellékágak és az árterek eliszaposodása

A dunacsúni víztározó teljes egészében visszatartja a Duna ausztriai szakaszából és a Morava folyóból érkező mederhordalékot, miközben a lebegő hordalék részben leülepszik. Ebből adódóan Szap környékén az összefolyásnál a meder minden évben jelentős mértékben, mintegy 10-17 cm-rel mélyül. A 19. ábra a meder 3,5 méteres kimélyülését mutatja az 1808-as folyamkilométernél, a bősi vízierőmű 15 éves üzemelését követően. Az alacsony vízállás-szintek a gönyői régióban 1,4 méterrel csökkentek a Duna vízének 1992-es elterelése óta, illetve ez a csökkenés 1,8 méteres volt az 1960-as és 1970-es évek vízszintjeihez viszonyítva. A legfrissebb adatok szerint a csatorna eróziója a folyásirányt tekintve Gönyütől felfelé ér véget (1792-es fkm). Az első években több százezer köbméternyi homokos kavics erodálódott a jobb partból az utócsatorna beömlésével szemközt, és elkezdett lassan folyásirányban mozogni.

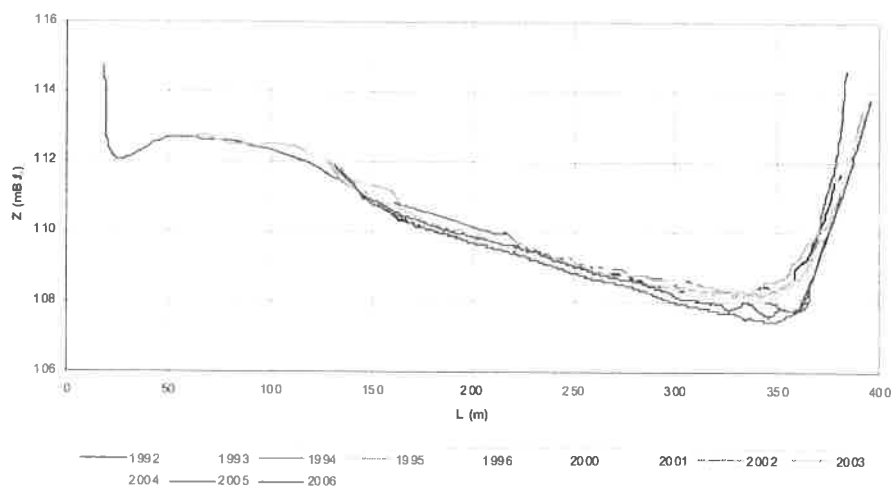
1795 rkm



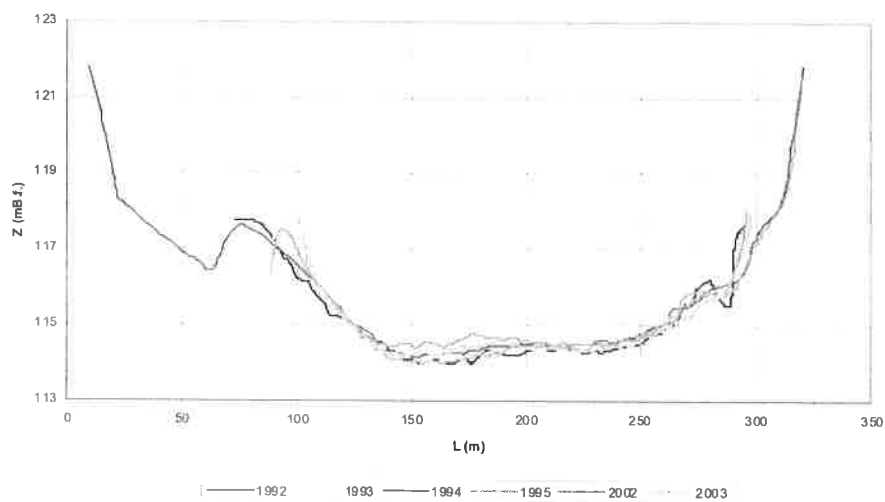
1808 rkm



1814 rkm



1835 rkm



19. ábra A keresztmetszetek alakulása a Duna 1992 októberében végrehajtott elterelését követően (betorkollás a 1811-es folyamkilométernél)

A hátrafelé irányuló erózió a betorkollástól felfelé kezdte el mélyíteni a medret, amely az 1814-es folyamkilométernél fennálló helyzetet bemutató 19. ábraán látható. A Cikolasziget közelében, az Öreg-Duna felső folyásán lévő 1835-ös folyamkilométer szelvény keresztmetszetén világosan látható az erre a folyószakaszra jellemző két hatás: a

folyó bal partja mentén lévő, növényekkel frissen benőtt sávok kifejezett feltöltése hordalékkal, valamint a korábbi meder feletti különböző üledékmagasságok, amelyek a köves folyómederben korábban említett hordalékmozgásra utalnak.

Az ICPDR hordalékról szóló anyaga (2006. november 20.), áttekintést nyújt a Duna Vízyűjtő hordalékminőséggel kapcsolatos kérdéseiről, rávilágít az ICPDR-en kívüli kezdeményezésekre, amelyek a Duna Vízyűjtő hordalékkal kapcsolatos kérdéseinek különböző aspektusaival foglalkoznak (SEDAN, Aqua Terra, UNESCO IHP International Sediment Initiative, SedNet, RISKBASE, CEDA), levonja az üzemeltetésre vonatkozó következtetéseket, olyan tevékenységekre tesz javaslatot, amelyek célja a Duna hordalékával kapcsolatos probléma jobb átlátásának biztosítása, valamint felvázolja a javasolt lépésekre vonatkozó ütemtervet. A vitaanyag egyes következtetései heves viták tárgyát képezik. A közösen elfogadott, és a jelen megvalósíthatósági tanulmány szempontjából releváns fő konklúziók a következők:

- Ahhoz, hogy tisztázni lehessen a Duna hordalékhiányának problémáját, amelyet a 2004-es Duna vízgyűjtő-területi jelentés (Danube Basin Roof report) ismertet, hosszabb távon gondolkodva tovább kell vizsgálni a Duna Vízyűjtő hordalékmozgásának mennyiségi szempontjait. A hordalékegyensúly megteremtése elsődleges fontosságú.
- Kiemelten kell foglalkozni az árvizeknek a hordalékmozgásban betöltött szerepével, mivel az árvizek tovább szállíthatják az éves hordalék mennyiség jelentős részét.
- A hordalékegyensúly megfelelő vizsgálata hosszú távú adatgyűjtést és –értékelést tesz szükségessé. Konszenzusra kell törekedni ebben a kérdésben.
- Meg kell vizsgálni a hordalékminőséggel kapcsolatosan rendelkezésre álló adatállományok összehasonlíthatóságát, és megegyezésre kell jutni a vonatkozó minőségbiztosítási kritériumok tekintetében. Össze kell hasonlítani a dunai országokban jelenleg használatos hordalék mintavételi módszereket közös szabvány kidolgozása érdekében.
- Vízyűjtő-szinten át kell tekinteni a kotrással kapcsolatos környezetvédelmi szempontokat.
- Jobban meg kell ismerni a hordaléknak a dunai természetes folyami ökoszisztéma működésében játszott szerepét. Olyan intézkedéseket kell kidolgozni, melyek célja a hordalékminőségnek- és mennyiségnek az ökológiai állapotra gyakorolt (kombinált) hatásának vizsgálata.

11. táblázat A jelenlegi morfordinamikus rendszer hiányosságainak áttekintése

- A mederhordalék felvízi gátak – köztük a dunacsúni víztározó – általi visszatartása a folyóágy **jelentős bevégozását** okozza a betorkollás alatt több kilométeres szakaszon, valamint az Öreg-Duna hátrafelé irányuló eróziójához vezet. Az, hogy a meder hordaléklerakódás (feltöltődés) helyett kimélyül, épp a **fordítottja a természetes folyamatnak**. Ennek következményeként az alacsony és átlagos vízállásra jellemző vízszint, valamint a kapcsolódó árterek felszín alatti vizeinek szintje csökken.

- Az az alapvető ökológiai folyamat, melynek során **új folyóágak keletkeznek**, míg mások ezzel egyidejűleg kiszáradnak, megszűnt a 19. században megkezdett folyószabályozás eredményeképpen, amely egy főágot és egy mellékágrendszer hozott létre. A főág erózióját megelőzően a mellékágakban is lezajlottak bizonyos mértékű eróziós folyamatok, nem csupán hordalékképződés vagy iszaposodás, mint a jelenlegi helyzetben.
- A folyó 1992-ben végrehajtott elterelését követően teljesen leálltak azok a **folyamatok**, amelyek nagy mennyiségű homokos-kavicsos hordalék erózióját, szállítását és leülepedését irányítják. Az árvizek megoszlása nem volt elegendő a hatékony hordalékszállítási folyamatokhoz. Másrészt a lebegő hordalékok nagy mennyiségben rakódtak le a mellékágakban, különösen a Duna alsó szakaszán.
- A hosszú távú megoldások kidolgozásánál figyelembe kell venni a **hiányzó mederhordalék pótlását**, például hordalékgazdálkodással, beleértve a homok és kavics víztározókon keresztüli szállítását.

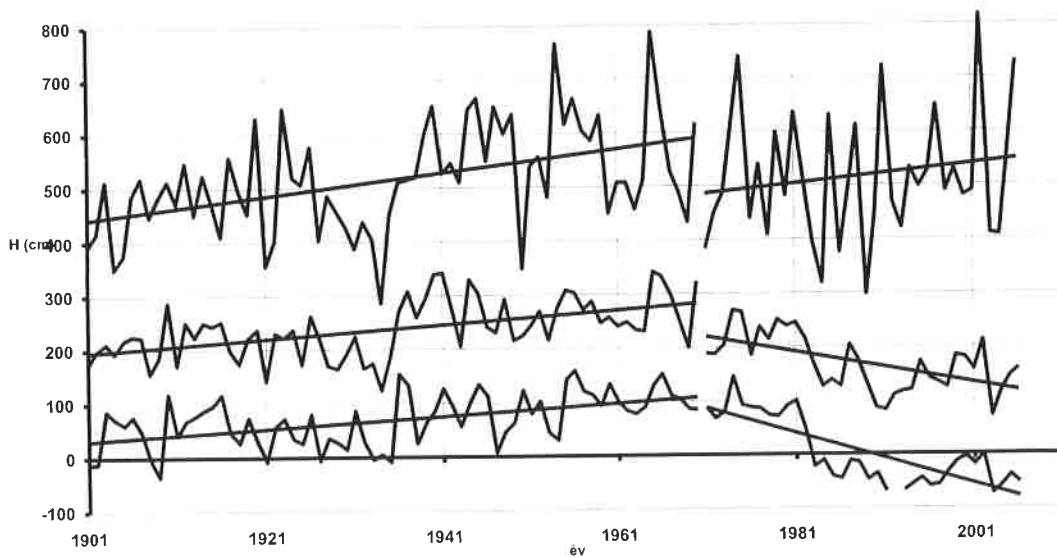
4.1.2. *Vízjárás*

Változási tendenciák 1992 előtt

A különböző folyószabályozási beavatkozások hatása megfigyelhető a vízjárásban. A 19. század végén az árvízvédelmi intézkedések és az árvízvédelmi töltések építése által gyakorolt hatás a folyó hidrológiai viselkedésén demonstrálható. A beérkező hordalék, amely korábban a Szigetköz és Csallóköz egész régiójában szétterült, később gyorsan feltöltötte a gát töltései között elhelyezkedő, nem védett földterületet, egyaránt emelve mind az alacsony, mind a közepes, mind a magas vízállású vizek vízszintjét (20. ábra és 21. ábra).

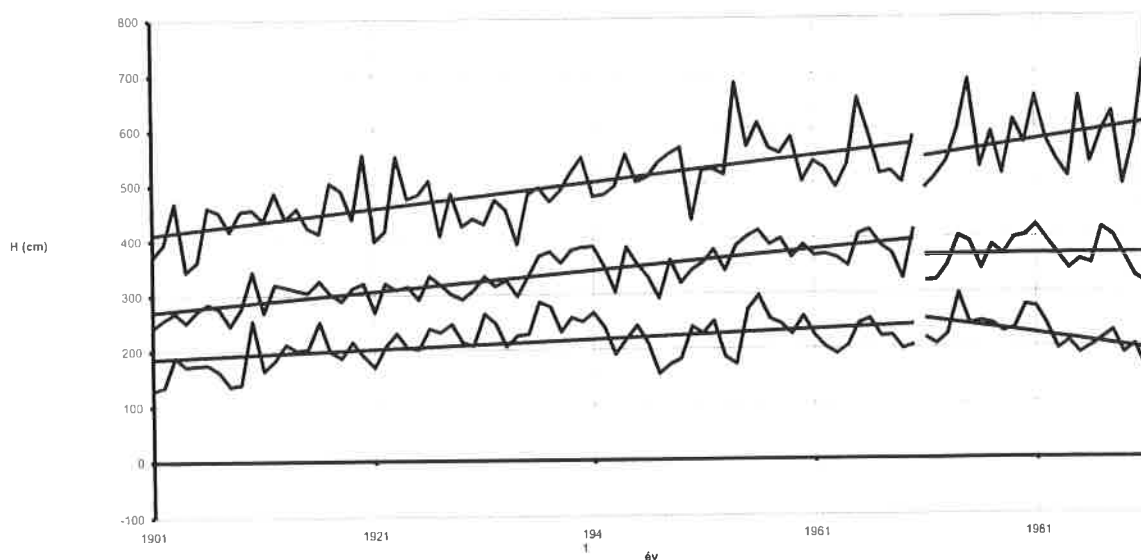
A 60-as évek végétől kezdve a közepes és alacsony vízállású területek vízszintje csökkenő tendenciát mutatott. A folyóágy kimélyülését a medervizsgálatok is alátámasztották. Ez a folyamat a területre jutó hordalék mennyiségének csökkenésével, a kotrási tevékenységekkel, valamint a megnövekedett szállítóképességgel magyarázható, amely a folyó szabályozásának következménye.

A 20. század elején Gönyü térségében az alacsony és a közepes vízállású vizek szintjének különbsége (20. ábra) 1,8 méter volt, miközben az alacsony és magas vízállás különbsége 4,3 métert tett ki. Az időszak végére – vagyis a 60-as évek második felére – ezek az értékek nem módosultak jelentős mértékben, kivéve azt a tényt, hogy a trendek növekedtek. Ezt követően – egészen napjainkig – az alacsony vízállású víz szintje lényegesen – közel két méterrel – csökkent. A magas vízállású szintek ugyanakkor tovább nőttek.



20. ábra A tipikus éves vízszintek változási tendenciáinak vizsgálata, Gönyü térségében

Ugyanez a tendencia volt megfigyelhető Dunaremete esetében (21. ábra). A 20. század elejére az alacsony és a magas vízállási szint különbsége már csupán 0,9-1,0 méter volt, míg az alacsony és a magas vízszint között 2,20 méter volt az eltérés.

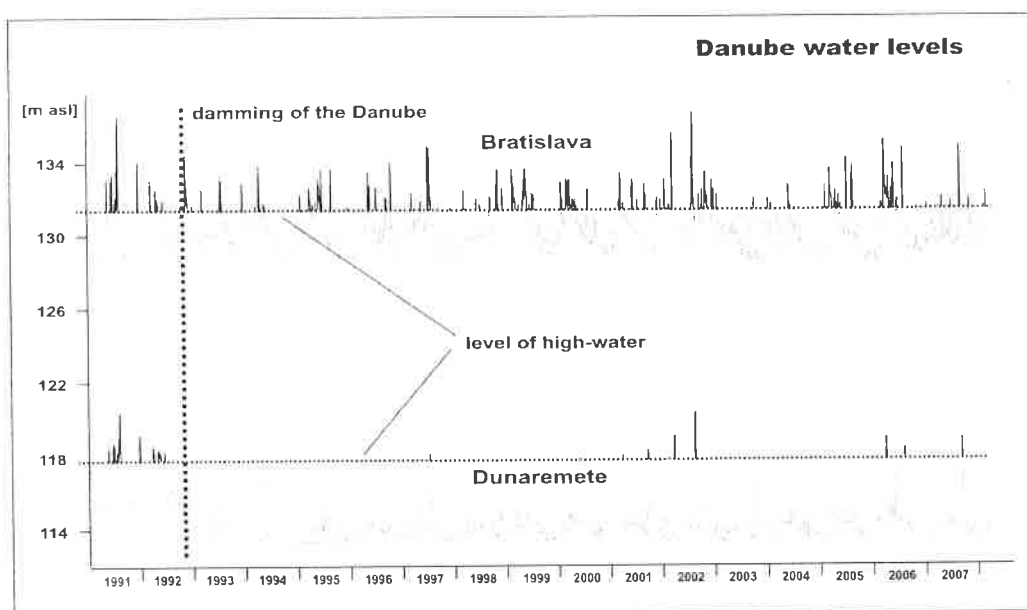


21. ábra A tipikus éves vízszintek változási tendenciáinak vizsgálata, Dunaremete térségében

Az alacsony és a közepes vízállás-szintek tendenciájának iránya megváltozott, a 70-es évektől kezdve csökkent. Az időszak végére (1991) az alacsony és magas vízállás közötti tartomány Dunaremete térségében szintén megközelítette a 4 métert.

Változási tendenciák 1992 októbere után

Az 1995-ös kétoldalú egyezménynek megfelelően Dunacsúnnál a Dunába ömlő átlagos éves vízhozam $400 \text{ m}^3/\text{s}$. A vízatadás az üzemeltetési tervben meghatározott eljárási rend szerint történik, figyelembe véve a Duna természetes hidrológiai rendszerét (22. ábra). Az eljárásrend előírja, hogy a vízatadásnak havi bontásban, a Duna dévényi szelvényénél mért vízhozamának függvényében kell történnie. Ezek a vízhozamok a nyári időszakban 400 és $600 \text{ m}^3/\text{s}$, télen pedig 250 és $600 \text{ m}^3/\text{s}$ között változnak.



22. ábra A pozsonyi és dunaremetei mérőállomáson mért vízállás-ingadozások az 1991 és 2007 közötti időszakban.

Danube water levels - a Duna vízállásai
 Damming of the Danube - a Duna duzzasztása
 Level of high-water - magas vízállás vízszintje

Rajka és Dunaremete térségében bizonyos helyeken a Duna vízszintje az elterelés miatt 4 méterrel apadt a korábbi átlagos vízszintekhez képest, és 1,5-2 méterrel a korábbi minimum vízszintekhez viszonyítva. $600 \text{ m}^3/\text{s}$ -nál magasabb vízhozamok csak a főágban voltak mérhetőek, amikor a folyó teljes vízhozama meghaladta a bösi vízierőmű maximális kapacitását. Az ilyen hirtelen kialakuló és gyorsan haladó "árvízhullámok" csúcsa alig éri el a régebbi átlag vízszinteket. A 3. ábra, 4. ábra és 5. ábra az árvízi vízhozamokban mutatkozó jelentős változást szemlélteti. Csak olyan különleges, szélsőséges állapotok, mint a 2002-es és a 2006-os, vezetnek az ártér teljes elöntéséhez. Ugyanakkor egyetlen árvíz sem tartott tovább 4 napnál, a bösi gát hirtelen lezárása miatt.

Megváltozott továbbá a vízjárás dinamikája is. A 2. ábra az Öreg-Duna 1992 utáni kismértékű vízszint-ingadozásait szemlélteti.

A főág felső folyásánál a vízhozam 1,0-ről fokozatosan 0,2 m³/s-ra esik, míg a víz, az árvíz hullámok elején akár visszafelé is folyhat az 1811-es és 1817-es folyamkilométer közötti szakaszon, a betorkollás korábban említett víz visszaáramlást okozó hatása miatt.

Az elterelést követően 1993 nyaráig az aktív ártéren található mellékágak legnagyobb része teljesen kiszáradt. A vízpótló rendszer létrehozása érdekében a korábbi lezárásokat megszüntették, új műtárgyakat építettek, és rövidítő átvágásokat hoztak létre. Ennek eredményeképpen folyamatos, a bösi gáttól érkező vízhozamtól függően 20 és 110 m³/s közötti vízellátást biztosítanak az aktív ártéren található mellékág-rendszer részére, 0,5 és 1,0 m közötti éves vízszint-ingadozással.

Az aktív ártér megközelítőleg 36 km hosszú vízellátó rendszere teljes mértékben elkülönül a főágtól; az aktív ártéren a vízszintek 2-4 méterrel magasabbak, mint a főágban. A természetes körülményekhez viszonyítva ez relatív vízbőséget jelent, amely a korábbi átlagos vízszinteknek felel meg.

12. táblázat A jelenlegi hidrológiai vízjárás hiányosságainak összefoglalása

- Az évszakoknak megfelelő természetes **szezonális vízjárás** tükröződik a Rajkánál vagy Dunaremeténél regisztrált vízjárási görbéken (1. ábra). Ugyanakkor egy nagy folyórendszer természetes vízjárásához tartozó ökológiai forgalom számos okból nem funkcionál.
- A **vízszint-ingadozások** átlagos tartománya lényegesen kisebb volt, mint természetes körülmények között. Ráadásul két, különálló folyórendszer van: a még kisebb vízszint-ingadozásokat mutató mellékágak és a főág. Az alacsonyabb vízállás mellett jelentkező kisebb mérvű vízszint-ingadozások az árterek öntözésével együtt a korábbi folyami ökoszisztéma teljes mértékű megváltozását mutatják.
- A **mellékágak összekötése** lezárásokkal és keresztirányú gátakkal a vízszint emelése céljából ugyan bőséges víztesteket hozott létre, de olyan folyóvízzel, amely az elégtelen árhullámok miatt kismértékű ingadozásokat mutat.
- Az a kevés olyan **árvíz**, amely meghaladta a bösi erőmű átbocsátási kapacitását, nem volt elegendő ahhoz, hogy beindítsa a folyami ökoszisztéma alapvető jellegének megőrzéséhez elengedhetetlenül szükséges, jelentős morfordinamikai folyamatokat. A jövőre vonatkozó valamennyi koncepciónak olyan hatékony vízjárás biztosítására kell összpontosítania, amely bizonyos mértékig képes a meder megváltoztatására, valamint az ártéri hordalékok átrendezésére.

4.1.3. Felszín alatti vízjárás

Az átlagos felszín alatti vízszintek alacsony, közepes és magas vízállások melletti összehasonlításának eredményei szerint a felszín alatti vizek szintje az elterelést követően jelentős mértékben csökkent, és a fenékküszöb megépítése után továbbra is alacsonyabb maradt átlagos és főleg magas vízállás mellett a Szigetköz középső részében. Rajka térségében a felszín alatti vizek szintje emelkedett a dunacsúni víztározó duzzasztása miatt. A fenékküszöb megépítését követően a megemelkedett szintű víz alacsony vízállások mellett még nagyobb területeket borított be. A Duna mentén, egy 1-2 km széles sávon a Dunakiliti és Ásványráró közötti szakaszon, a felszín alatti vizek szintje alacsony vízállás mellett 1-3 méterrel, magas vízállás mellett pedig 2-4 méterrel alacsonyabb. A védett oldal egyes részein a csökkenés 1-2 m a tavaszi és kora nyári, magas vízállású időszakban, amely mezőgazdasági szempontból lényeges (Scharek P. és Zsámbok I., 1996).

A 23. ábra a Duna elterelését követően kialakult felszín alatti vízszintet mutatja. Az ábrán jól látható, hogy a Duna medrétől érkező, felszín alatti vízvisszatöltődés Rajka és Dunaremete között megszűnt. A Duna szerepét részben átvette a dunacsúni víztározó, a Mosoni-Duna, a szivárgócsatorna és a mellékágak vízellátó rendszere.

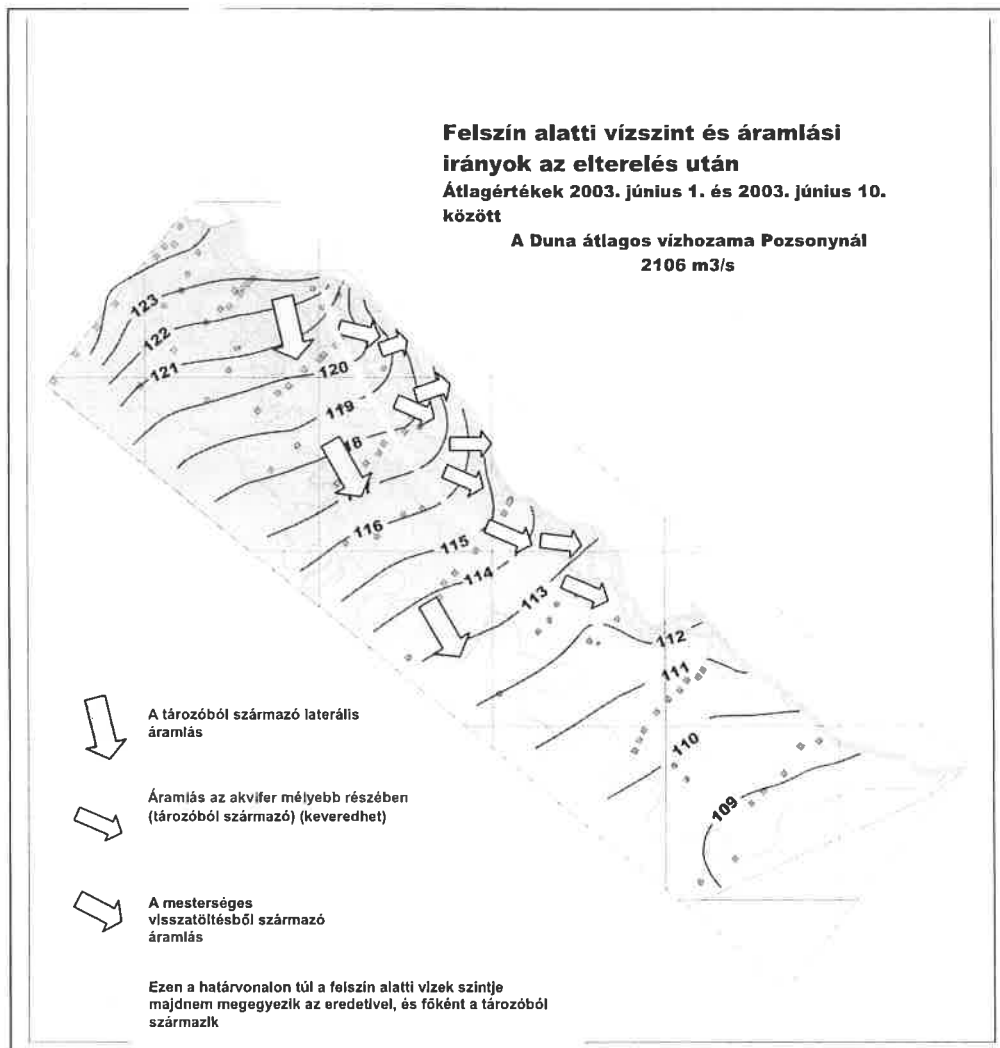
A víztározótól a szigetközi akviferbe irányuló laterális áramlást két tényező határozza meg: (i) a víztározó hordalék-lerakódási szintje, valamint (ii) a duzzasztás szintje a dunakiliti gáttól felfelé. (A hordalék-lerakódás csökkenti a tározóból történő elszivárgást, míg a Szigetköz felé irányuló laterális áramlás nagyobb, mivel magasabb a duzzasztás szintje).

A védett oldal vízfolyásaiból és az artéri mellékágakból beszűrődő víz (mesterséges vízpótlás) jelentős része a Dunába folyik a csökkent vízszintek miatt. A víz mennyisége fontos abból a szempontból, hogy a védett oldalon a felszín alatti vizek szintjét az eredetihez közeli értéken lehessen stabilizálni. Ugyanakkor az aktív artéren a növekedésnek csak csekély hatása van a felszín alatti vizek szintjére. Ez utóbbit inkább a Duna átlagos vízszintje határozza meg (másik fontos határoló tényezőként). Minél magasabb a Duna átlagos vízszintje, annál kisebb a mesterséges visszatöltéshez szükséges vízmennyiség, vagy a beszűrődött víznek annál nagyobb része látja el a mellékágakat.

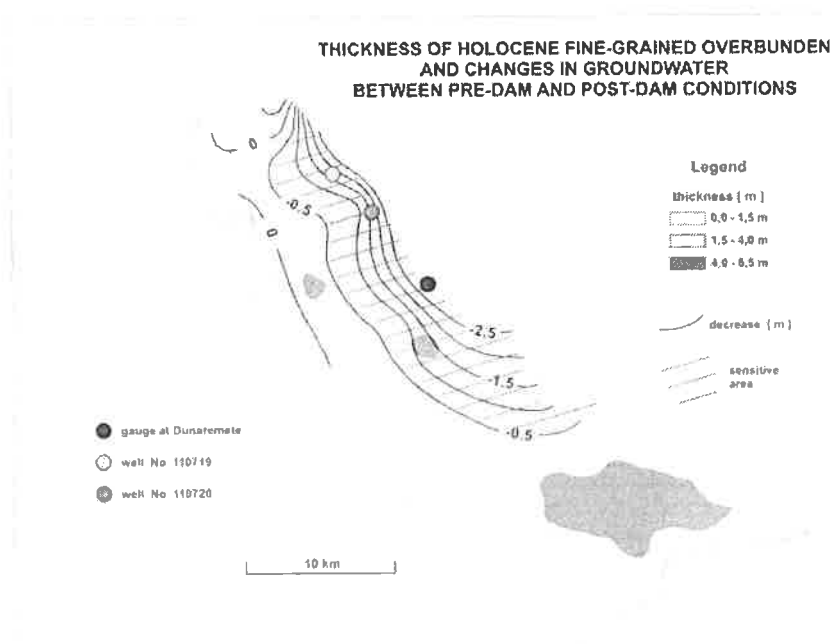
Ami a felszín alatti vizek eredését illeti, két fő zóna különböztethető meg (a Duna elterelését megelőzően a teljes akvifert a Duna vize töltötte fel). A hozzávetőleges határ azoknak a védett oldali vízfolyásoknak a vonalában húzódik, amelyek a mesterséges visszatöltésre használatosak (lásd a rózsaszín vonalat a 23. ábra). A Mosoni-Duna és a határvonal között a forrás, a tározóból származó beszűrődött víz, míg a Duna felé az akvifer felső részén a vízpótló rendszerből érkező friss víz a jellemző.

Minőségi szempontból fontos, hogy a felszín alatti víz a tározóból történő átszűrt vízből, az öntözőcsatornákból beszivárgó vízből, vagy a mellékág-vízutánpótlásából ered. Az, hogy mikor iszaposodik el a tározó vize, és – ennek eredményeként – mikor válik oxigénben szegényre az átszűrt víz, és hogyan csökken folyamatosan a felszín alatti vízáramlás, pusztán idő kérdése. A tározói víz késleltetett eliszaposodása és a több éves haladási idő miatt a felszín alatti víz minőségének romlása a jövőben nem zárható ki. Másrészt a friss vízzel és kis mennyiségű lebegő hordalékkal történő mesterséges visszatöltés minősége az eredetihez hasonló minőséget hoz létre. Általánosságban levonhatjuk azt a következtetést, hogy minőségi szempontból kedvezőbb, ha a vízfolyásokból származó visszatöltés aránya magasabb.

A fedőréteg kapilláris nedvesedése kulcsfontosságú mind a vizes élőhely ökológiája, mind a védett oldalon lévő mezőgazdasági terület szempontjából a termő időszakban. A 7. ábra az átlagos felszín alatti vízszint viszonylagos helyzetét mutatja a fedőréteg alsó felszínének, a 80-as években mért alsó felszínéhez képest. Nyilvánvaló, hogy az érzékeny területek a Szigetköz felső részén helyezkednek el. Ami a jelenlegi helyzetet illeti, a nemrégiben végzett vizsgálatok (Hajósy, A.; Liebe, P. és Szalai, J., 2008) eredményei láthatók a 24. ábra. Azok a legérzékenyebb területek, amelyeket 4 méternél vékonyabb fedőréteg takar, és ahol jelentősen csökkent a felszín alatti vizek szintje. Ezeken a területeken a legfelső talajréteg kapilláris nedvesedése megszűnt vagy veszélyeztetett. A grafikon a felszín alatti vizek magas vízállás mellett mért szintjének különbségét mutatja a Duna elterelése előtti, illetve utáni két, ötéves időszakban (1987-1991, illetve 1999-2003). A kapilláris nedvesedés csökkenése várható a párhuzamos vonalakkal jelzett területeken, még az ártérben is, a rendszeres elárasztások elmaradása miatt. Az ábrán feltüntetett mintavételi helyek felszíni és felszín alatti vizeinek szintjét a 25. ábra mutatja be.



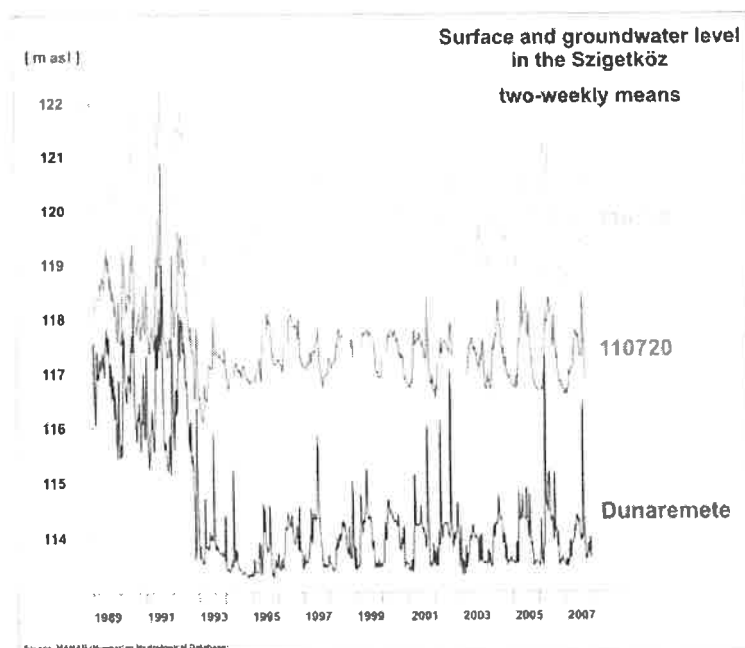
23. ábra A felszín alatti vízszint és az áramlási irányok a Duna elterelését követően



1. Edited by A. Foglár, P. L. Lelkes, P. Schmitt, J. Szász, 2004

24. ábra A fedőréteg vastagsága és a felszín alatti vizek szintjében bekövetkező változások 1987-1991, illetve 1999-2003 között

Legend- Ábramagyarázat; thickness [m] - vastagság [m]; decrease – csökkenés; sensitive area - érzékeny terület; gauge at Dunaremete - dunaremete-i vízmérő well No. 110719 - 110719-es számú kút



25. ábra A felszíni (Dunaremete) és felszín alatti vizek (110719-es és 110720-as számú kút) szintjének kéthetes középértékei. A mintavételi helyeket a Hiba! A hivatkozási forrás nem található.. ábra mutatja. Forrás: MAHAB (Magyar Hidrológiai Adatbázis); Two weekly means - Kéthetes középértékek

13. táblázat A felszín alatti vizek vízársásában mutatkozó hiányosságok áttekintése

- A felszín alatti vizek visszapótlása elsősorban a dunacsúni víztározóból, illetve azokból a vízfolyásokból történik, amelyek innen kapják a vizet. Mivel megszűnt a természetes exfiltráció fordított folyamata, hosszú távon fennáll az üledék-lerakódás veszélye, és ehhez kapcsolódóan a visszatöltés mértékének csökkenése következhet be, amely viszont a vízminőség romlásához vezethet.
- A felszín alatti vízszintek csökkenése a középső Szigetköz érzékeny területein veszélyezteti a fedőréteg kapilláris nedvesedését az ártér nagy területein, beleértve a védett oldali területeket is.
- A felszín alatti vízársás összesített változása, a magasabb és alacsonyabb felszín alatti vízszintű területekkel, a jelentősen csökkent árvízjárással párosuló kisebb vízszint-ingadozások, az egész vizes élőhelyi ökoszisztéma jelentős változását idézték elő annak eredeti, természetes jellegéhez és biológiai készletéhez viszonyítva.

4.1.4. Ivóvíz források

A működő közüzemi vízmű naponta átlagosan 50 000 m³ vizet használ fel, és további körülbelül 15 000 m³/nap mennyiségű vízkinyerést regisztrálnak ipari és mezőgazdasági célokra. Tíz évvel ezelőtt 235 000 m³/nap kapacitású parti szűrésű kútmezőket terveztek jövőbeni vízkinyerés céljára.

Fontos hangsúlyozni, hogy a potenciális forrás lényegesen nagyobb. A Szigetköz tekintették az ország legfőbb ivóvíz forrásának. *A Duna elterelése előtt* a Duna kavicssterasza naponta körülbelül 1 millió m³ parti szűrésű víz kinyerésére biztosított lehetőséget, és további 150 000 m³/nap vízmennyiséggel lehetne számolni a Szigetköz belső részén (a visszapótlás eredete maga a Duna lenne). A Szigetköz délkeleti részén a jelenleg működő győrújfalui és szőgyei vízmű vízminőségi problémákkal küzd a víz redukív jellege miatt (magas vas- és mangántartalom).

A Duna elterelése óta megszűnt a folyó mellett fúrt kutakból a hagyományos (egyszerű) parti szűrésű víz kinyerése. Víz nyerhető mesterséges visszatöltő tavakból vagy a folyómeder alá ferdén befúrt kutakból is. A potenciális parti szűrésű források hozzávetőlegesen 600 000 m³/nap mennyiségre csökkentek, amely 250 000 m³/nap kvázi parti szűrésű vízforrással bővíthető (kizárólag abban az esetben, ha elfogadható a vízminőség a Rajka és Dunakiliti közötti elvezető csatorna mentén). Növekedett az a további rendelkezésre álló, felszín alatti vízforrás, amely a Szigetköz belső részén található: jelenlegi becsült mennyisége mintegy 230 000 m³/nap. Ily módon a rendelkezésre álló felszín alatti vízforrás csökkenése nem lényeges, de az üzemeltetési költségek minden bizonnyal magasabbak lesznek, mert mind a szivattyúzási, mind a kezelési költségek emelkedésével számolni kell.

14. táblázat Az ivóvíz források hiányosságainak áttekintése

- A Duna menti parti szűrésű ivóvíz-ellátás potenciális kapacitása 1 millió m³/napról 0,6 millió m³/napra csökkent. A csökkenést részben kompenzálja a Rajka és Dunakiliti közötti elvezető csatorna mentén rendelkezésre álló parti szűrésű kapacitás (0,25 millió m³/nap), valamint a megnövekedett vízellátási forrás a Szigetköz felső részén (0,23 millió m³/nap).
- A parti szűrésű víz kinyerése a Duna mentén költségesebb technológiákat tenne szükségessé a főmeder mentén elhelyezett egyszerű kutakkal szemben.
- Megnövekedett a romló körülmények, és ebből következően a kezelés szükségességének valószínűsége.
- A rendelkezésre álló ivóvízforrások mennyisége nem változott jelentősen, de az üzemeltetési költségek valószínűleg magasabbak lennének a megnövekedett szivattyúzási és kezelési költségek miatt.

4.2. Tájszerkezet

4.2.1. Élőhelyek fragmentációja

Az egyes élőhely-töredékeket gyakran teljesen elválasztják egymástól a köztük lévő, kiterjedt, romló vagy tönkrement területek. Folyami ökoszisztémák esetében még kisebb változtatások – például duzzasztók, keresztirányú töltések, vízlépcsők, gátak is az élőhelyek fragmentálódáshoz vezethetnek.

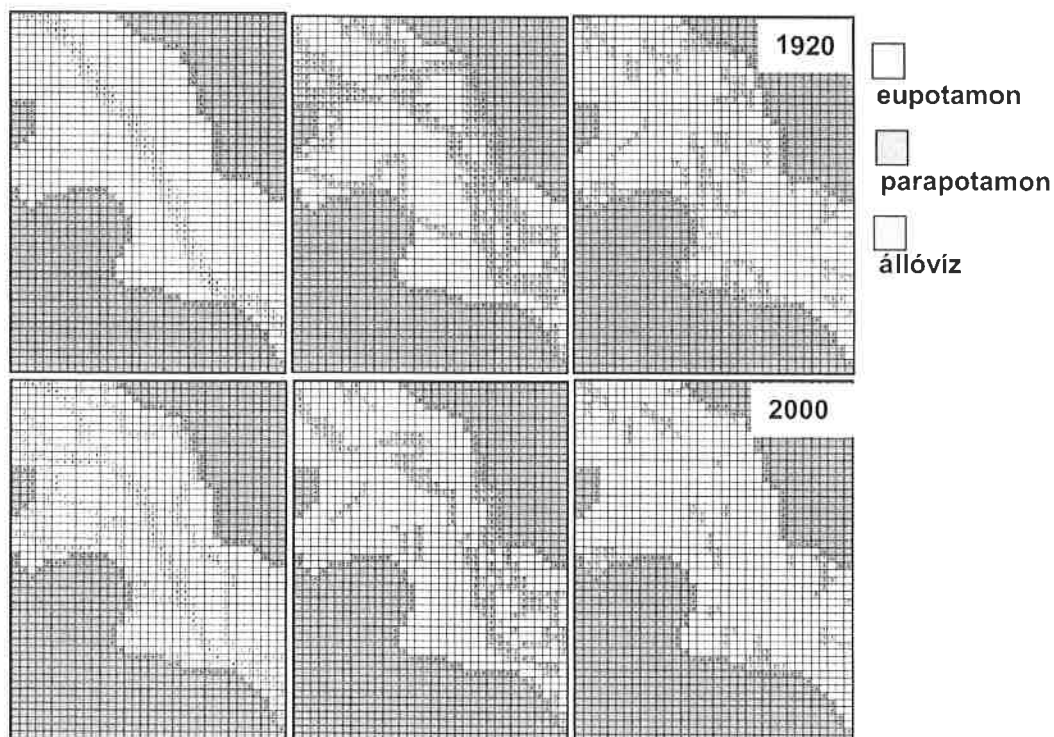
Élőhely fragmentáció a Duna elterelése előtt

- A szigetközi árvízvédelmi töltések az árteret elárasztott és el nem árasztott területekre szabdalják fel, valamint több mellékágat választottak el a főágtól.
- A főág létrehozása és stabilizálása, valamint a mellékágak felvízi befolyóinak elzárása megváltoztatta a szegélyező ágrendszer vizes élőhelyeinek hidromorfológiai dinamikáját és ebből adódóan a szerkezetét is.
- A mellékágak szabályozásával több keresztöltést létesítettek, amelyek korlátozták az ágrendszereken belüli hosszanti folyamatosságot az alacsony vízállású időszakokban.
- Számos vízszint-szabályozó építmény szakította meg a folyamatosságot az ártér védett oldalának vízrendszerében.

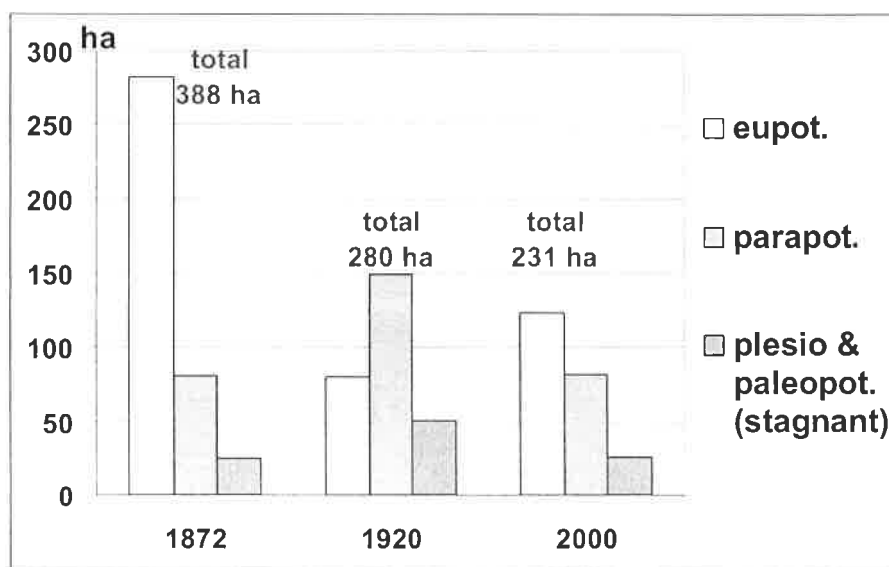
Az élőhely-fragmentáció változásai a Duna elterelését követően

- A főmeder hosszanti folyamatosága a dunacsúni duzzasztó 1992-es megépítése óta megszakadt.
- Az ártéri mellékágrendszer mellékfolyóit teljesen lezárták, amikor létrehozták a szigetközi aktív ártér időszakos vízpótló rendszerét a 90-es évek közepén.
- A főmeder hosszanti folyamatoságát korlátozta a dunakiliti víz alatti gát 1995-ös megépítése, de ez a szakasz nem leküzdhetetlen a halak számára.
- Az ágrendszereken belüli keresztöltések túlnyomó részét megnyitották annak érdekében, hogy javítsák a vízpótló rendszer áramlását. Az ágrendszeren belüli hosszanti folyamatoság javult.
- A Cikola mellékágrendszerének alsó mellékfolyóján (Duna 1832,5 fkm) 1998-ban egy halátjárót létesítettek. Ez az átjáró korlátozott átjárást biztosít a halaknak a Duna és az ártéri mellékágrendszer között.
- A vízpótló rendszer két ponton közvetlen kapcsolatokat biztosít az elárasztott és védett árterek között (Dunakiliti és Dunaremete).

A vizes élőhelyek eloszlásában 1872, 1920 és 2000 között bekövetkező változásokat szemlélteti a 26. ábra és 27. ábra.



26. ábra A vizes élőhelyek becsült eloszlása a bodaki mellékágrendszerben a kiterjedt folyószabályozások (1920) után és napjainkban (2000). Az élőhely-foltokat négyzethálós módszerrel határozták meg. (Lásd a Hiba! A hivatkozási forrás nem található.. ábrát).



27. ábra A vizes élőhelyek eloszlásának változásai a bodaki mellékágrendszerben a szabályozás előtti helyzettől napjainkig (1872, 1920 és 2000). (Lásd a Hiba! A hivatkozási forrás nem található.. és Hiba! A hivatkozási forrás nem található.. ábrát)

Fontos megjegyezni azonban, hogy az élőhelyek minősége is jelentős mértékben megváltozott; például az eupotamon víztesteket 1872-ben a szubsztrátok nagy változatossága jellemezte (kavics, homok, iszap), míg napjainkban a túlnyomórészt finom hordalékok egységes jelenléte dominál (lásd később).

4.2.2. Az élőhelyek romlása

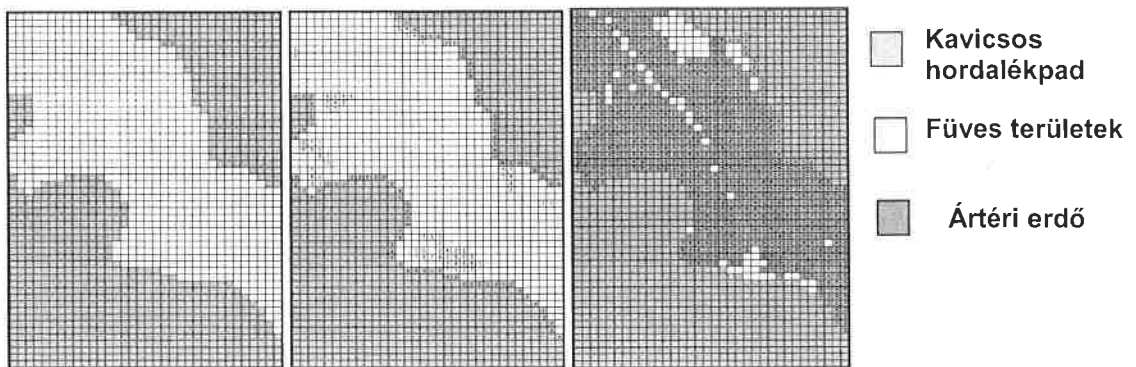
Az élőhelyek romlását számos tényező okozhatja. A víz- és hordalékjárás folyószabályozások miatt bekövetkező változásai az élőhely-szerkezet módosulásában mutatkoznak meg.

Az élőhelyek romlása a Duna elterelése előtt

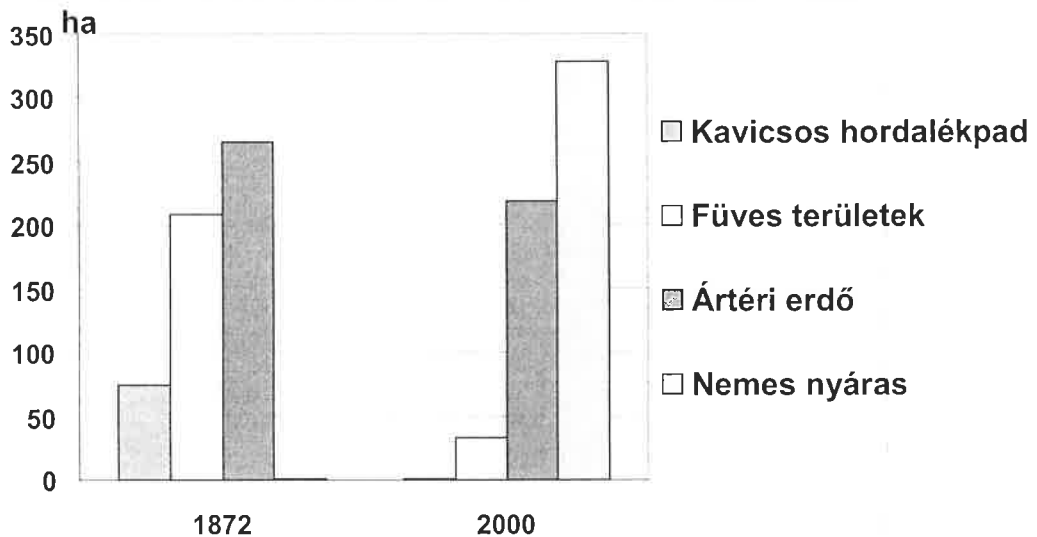
- A főág létrehozása és az ágrendszer felvízi befolyóinak lezárása megváltoztatta a vizes élőhelyek struktúráját. A főág stabil eupotamon jellegű élőhellyé vált, és a mellékágakban a vizes élőhelyek ökológiai szukszessziójának előrehaladottabb stádiumai (parapotamon vagy plesiopotamon) voltak jellemzők. Az eupotamon jellegű mellékágak aránya csökkent, és ugyanakkor a 20. század elején megnőtt a parapotamon típusú mellékágak és az állóvizek területe a bodaki mellékágrendszerben (26. ábra). Ezek a változások az élőhelyek módosulásának általános trendjét mutatják a szigetközi terület középső fonatos szektorában.
- A vízszint-ingadozás függőleges tartománya növekedett a keskeny elárasztási terület miatt. A megnövekedett függőleges vízszint-ingadozás megváltoztatta az élőhelyi körülményeket a Vízi-szárazföldi átmeneti zónában (Aquatic-Terrestrial

Transition Zone, ATTZ). A vízi-szárazföldi átmeneti zóna biológiai funkcióit befolyásolta az ártér megváltozott vízvisszatartó kapacitása.

- Az ártér el nem árasztott oldalán lévő, elhagyatott ágak az egymással való kapcsolat hiánya miatt paleopotamon jellegű élőhelyekké fejlődtek.
- Számos folyószabályozó struktúra (kőrakások, keresztgátak, stb.) megépítése módosította a főág és a mellékágak egyes szelvényeinek part közeli alakulását.
- Az élőhelyi fejlődés autogén folyamatait felgyorsította az alacsony és közepes vízszintek csökkenő tendenciája, amely a főmeder 60-as évek végétől meginduló kimélyülésének volt köszönhető. Az iszaposodás módosította a vizes vegetáció mintázatát.



28. ábra A szárazföldi élőhelyek becsült eloszlása a bodaki mellékágrendszerben (2000). Kavicsos hordalékpádok egyáltalán nincsenek.



29. ábra A szárazföldi élőhelyek eloszlásának változásai a bodaki mellékágrendszerben a szabályozás előtti helyzettől napjainkig (1872 és 2000).

Az élőhelyek romlása a Duna elterelését követően

- Az időszakos vízpótló rendszer üzemelése óta megnövekedett az eüpotamon jellegű élőhelyek aránya, és csökkent az ártéri területen a parapotamon mellékágak területe (27. ábra), ugyanakkor a korrekciós intézkedések nem oldották meg az élőhelyek romlásának problémáját. A kavicsos hordalékpád kialakulása és a litofil fajok hiánya az ágakban a természetes hidromorfológiai és ökológiai folyamatok hiányosságaira utal. A bodaki mellékágrendszerben lévő állandó vizes élőhelyek összes területe 40%-kal csökkent a szabályozás előtti állapothoz (1872) viszonyítva, és ez a változás általános hanyatlást mutat a Szigetköz középső fonatos ágrendszerben található víztestek kiterjedését tekintve.
- A vízszint-ingadozás szűk tartománya, valamint az elárasztások hiánya az ÁTTZ biológiai funkcióinak korlátozásaihoz vezetett, különösen a szigetközi régió felső részén. A zavaró körülmények csökkenése rontotta az első közösségek élet körülményeit.
- A vertikális felszíni-felszín alatti víz kapcsolatot és az intersticiális utakat korlátozza a több mellékágot érintő üledéklerakódás, és eltűntek a halak ívó és táplálkozó élőhelyei.
- A part menti növekvő hordalékrétegek megfelelő táptalajt biztosítanak a szemikvativus és szárazföldi makrofiták vagy a spontán erdő kialakulás számára.
- Megnőtt a napi vízszint ingadozások nagysága és gyakorisága a bösi erőmű alkalomszerű csúcsüzemének következtében. A speciális parti közösségek nem képesek adaptálódni az ismétlődő napi csúcs-vízszintekhez.
- A 19. század végétől megnőtt az ártéri erdők aránya a bodaki mellékágrendszerben (28. ábra és 29. ábra), de a jelenlegi erdők 60 %-át hibrid nyárfák alkotják (Limp, 2007).

15. táblázat A jelenlegi élőhely-struktúrák hiányosságainak összefoglalása

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Élőhely-fragmentáció:<ul style="list-style-type: none">– A főág hosszanti folyamatossága Dunacsúnnál 1992 óta megszűnt;– Az oldalirányú folyamatosság korlátozottá vált: az ártéri mellékágrendszer legtöbb mellékfolyója 1993 óta teljesen le van zárva;– Számos vízszint-szabályozó műtárgy akadályozza meg a hosszanti folyamatosságot az ártéri védett oldal vízrendszerén belül;• Élőhelyek romlása:<ul style="list-style-type: none">– A vízszint-ingadozások mértéke a Felső-Szigetközben kisebb lett, és az elárasztások gyakoriságának és időtartamának jelentős mérvű csökkenése a vizes-szárazföldi átmeneti zóna biológiai funkcióinak további korlátozásához vezetett;– A főágban és a mellékágak egyes szelvényeiben a part alakulása módosult a különböző folyószabályozási műtárgyak megépítése kapcsán; |
|--|

- Eltűntek a halak ivó- és táplálkozó helyei az eliszaposodás és a megfelelő árvízi elárasztások hiánya miatt;
- Az új part menti üledékrétegek megfelelő feltételeket biztosítanak a szemi-akvatikus és szárazföldi makrofiták vagy a spontán erdő kialakulása számára;
- A vízi-szárazföldi átmeneti zóna zavara a Szigetköz alsó részében a bösi vízierőmű csúcsüzeme miatt.

4.3. Flóra és fauna, biodiverzitás

4.3.1. Az élőhelyek fragmentációjának következményei

A fragmentáció megakadályozza a fajok szabad mozgását, vándorlását és terjedését, valamint a táplálékforrásokhoz és a megfelelő élőhelyekhez való hozzáférésüket. Az izolált élőhelyeken a fajok diverzitása lassan csökken a természetes szukcesszió által módosított körülményeknek megfelelően. Ugyanakkor az izoláció megakadályozza a versenytársak behatolását.

A dunacsúni gát áthághatatlan akadályt jelent a vándorló halak számára. 1996-ban egy "jelölés-visszafogás" kísérletben a dunakiliti fenékküszöb hozzáférhetőségét vizsgálták. Különböző halfajok egyes példányait megjelölték, és a víz alatti gát alatt elengedték. Profi halászok a 650 megjelölt példányból négyet fogtak ki újra a víz alatti gáttól felfelé, nevezetesen: *Barbus barbus*, *Carassius gibelio*, *Chondrostoma nasus*, *Leuciscus cephalus*. Ez arra utal, hogy a fenékküszöb nem jelent leküzdhetetlen akadályt ezen fajok számára. Ez azonban természetesen nem kvantitatív eredményt.

A folyó és az ártéri vizek közötti ökológiai kapcsolat foká, valamint az elárasztott szárazföldi területek fontos szerepet játszanak a halpopulációk és közösségek befolyásolásában (Amoros és mtsai 1987). A halak különösen érzékenyek a vízfolyások fragmentációjára, mivel az jelentősen korlátozhatja migrációjukat vagy élőhelyük optimális használatát. Sok dunai halfaj jelentős távolságokra vándorol az ivási szezon alatt, hogy megfelelő ivóhelyet találjon. A vándorlási útvonalak mentén lévő akadályok (keresztgátak, töltések) megakadályozzák az ivóhelyek elérését. Ennek súlyos következményei lehetnek a vándorló fajok szaporodási sikerére, és a halállomány csökkenéséhez vezethet (Cowx & Welcome 1998). Számos reofil halfaj számára a hosszirányú vándorlás olyan táplálkozási stratégiát jelent, amely – a verseny csökkentésével – lehetőséget teremt nagyszámú egyedet tartalmazó halpopulációk kialakulására (Jones 1968). Az ivási időszaktól független vándorlás miatt a halak hatékonyabban használják fel a mederben kiterjedten jelenlévő táplálék-forrásokat. A Dunán és annak holtágain található ivó- és halkeltető területekre vonatkozó átfogó vizsgálatok (Schiemer & Spindler 1989, Schiemer & Waidbacher 1992) bizonyítják, hogy a halak különböző ökológiai csoportjai eltérően reagálnak a longitudinális és a laterális folyamatosságra.

A Duna elterelését követően a főág és az ártéri mellékágrendszer közötti közvetlen laterális összeköttetés megszakadása hatást gyakorolt a mellékágakban élő halközösségek összetételére. Az 1994-es monitoring eredményei szerint 9 halfaj fiatal egyedei voltak fellelhetők a Cikola ágrendszerének felső részén, valamennyi reofil faj csökkent, és nagy számban jelent meg néhány fitofil ívó faj (*Carassius gibelio*, *Lepomis gibbosus*). 1995-ben mesterséges időszakos vízpótló rendszert hoztak létre, amely korlátozta a főághoz való közvetlen kapcsolatokat. A következő két évben 10 faj fiatal egyedeit detektálták; a fitofil halfajok száma csökkent, és újra felbukkant néhány reofil faj (*Abramis ballerus*, *Gobio albipinnatus*, *Leuciscus leuciscus*, *Vimba vimba*), ami a mellékágrendszer részleges folyamatosságára utal (Guti 1998).

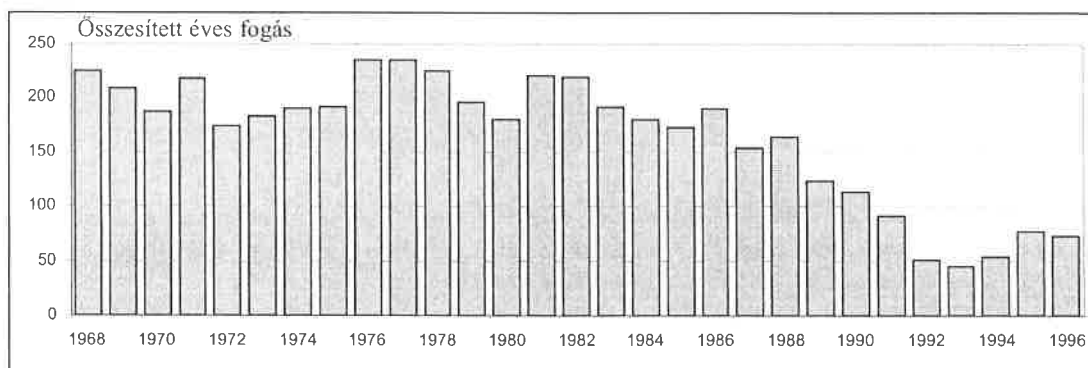
A Cikola ágrendszerének egy plesiopotamon-típusú mellékágában (Schiesler-mellékág) 1992-ben 20 halfajt figyeltek meg, de a Duna elterelését követően 1993 és 1996 között, amikor ez a mellékág teljesen le volt választva, a halállomány fajgazdagsága csökkent. A vizes élőhelyi vegetáció a folyamatos szeparáció révén sűrűn nőtt (16. táblázat). 1994-ben 4 halfajt (*Carassius gibelio*, *Rhodeus sericeus*, *Scardinius erythrophthalmus*, és *Leucaspis delineatus*) figyeltek meg. A *C. gibelio* faj fiatal egyedei igen nagy mennyiségben fordultak elő. A *L. delineatus* előfordulási gyakorisága viszonylag magas volt, tekintetbe véve, hogy a megelőző hat évben csupán egyszer regisztrálták. 1955-ben 3 fajt sikerült begyűjteni. A *L. delineatus* nagy mennyisége nagymértékben csökkent, csak egy felnőtt példányt találtak, míg a *R. sericeus* ritkává vált. 1996-ban csak a *C. gibelio* egyedeit figyelték meg nagy számban (Guti 1998).

16. táblázat A Schiesler-mellékágban élő halállomány változásai 1992 és 1996 között a mellékág leválasztása és intenzív eutrofikációja során

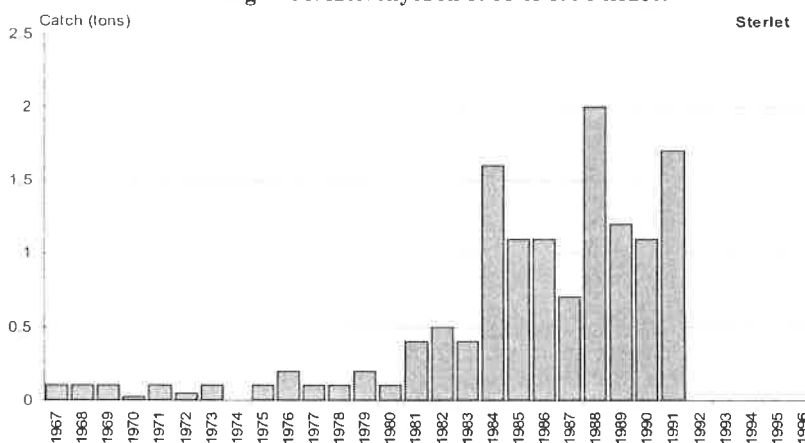
halfaj	1992	1994	1995	1996
<i>Abramis brama</i>	+			
<i>Alburnus alburnus</i>	++			
<i>Aspius aspius</i>	+			
<i>Blicca bjoerkna</i>	+++			
<i>Carassius gibelio</i>	++	+++	+++	+++
<i>Cobitis elongata</i>	++			
<i>Cyprinus carpio</i>	+			
<i>Esox lucius</i>	++			
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	+			
<i>Lepomis gibbosus</i>	++			
<i>Leucaspis delineatus</i>		++	+	
<i>Leuciscus cephalus</i>	+			
<i>Misgurnus fossilis</i>	++			
<i>Perca fluviatilis</i>	+++			
<i>Proterorhinus semilunaris</i>	+			
<i>Rhodeus amarus</i>	+++	++	+	
<i>Rutilus rutilus</i>	+++			
<i>Sander lucioperca</i>	+			
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	++	+		
<i>Tinca tinca</i>	++			

4.3.2. Az élőhelyek romlásának következményei

A Duna szigetközi szakasza állati biomasszájának legnagyobb részét az ártérről termelte ki. A vizes élőhelyek organismusai emelkedő és magas vízállásoknál népesítették be az árteret, a táplálkozási és szaporodási lehetőségek miatt. A vízi-szárazföldi átmeneti zóna biológiai működését – és így a folyami hidroszisztéma produktivitását - az árvizek nagyságában és időtartamában bekövetkező változások irányítják. Az alacsony vízállások csökkenő tendenciája és az ártereken zajló fokozottabb hordalék lerakódás miatt az ivó- és táplálkozó helyek száma csökkent a 80-as évek közepétől, ami befolyásolta a szigetközi terület halgazdaságainak termelékenységét, amint az a kereskedelmi halászat és rekreációs horgászat összesített éves fogásának 1968 és 1996 közötti változásából látható (30. ábra). A Duna elterelése óta a vízszint-ingadozás mértéke kisebb lett a Felső-Szigetközben, melynek következtében jelentősen csökkent az elárasztások mértéke és időtartama.



30. ábra A kereskedelmi halászat és rekreációs horgászat összesített éves fogásának változásai a Duna szigetközi szelvényében 1968 és 1996 között



31. ábra A kereskedelmi halászok éves kecsge fogásának változásai a Duna szigetközi szelvényében 1967 és 1996 között

A lebegő hordalék lerakódásának az ártéri mellékágak hal-élőhelyeire gyakorolt hatását szemlélteti a kecsége-fogás (*Acipenser ruthenus*) hosszútávú változása a szigetközi régióban (31. ábra). A kecsége-fogás a 60-as és 70-es években alacsony volt; a 80-as évek során emelkedni kezdett, majd 1992-től kevesebb, mint 10 kg/év értékre esett vissza. Kecsegét csak a bagoméri mellékág alsó folyásánál lehetett fogni, és ott is kizárólag az ívási időszakban. A halászati adatok szerint a kecsége a Duna elterelése óta gyakorlatilag eltűnt. Amikor a kecsége-fogás emelkedést mutatott, egy medermélyülési folyamat zajlott. Úgy tűnik, hogy egy kismértékű eróziós folyamat fenntarthatja a kecségék élőhelyének minőségét. A bagoméri ágrendszer mellékágainak területe 1903-tól 1962-ig 2,1%-kal növekedett, míg a mellékágak területe a Szigetköz felső részében legalább 60%-kal csökkent (Doborgazsziget, Cikola és Bodak ágrendszerei) (Csoma 1968).

A kecségék ívási helye a mélyfolyású ágakban van, 7-15 méteres mélységben. Az ikrákat 1-7 cm átmérőjű kavicsokra rakják (Sokolov & Vasilev 1989). A szigetközi élőhely a Duna elterelését követően megváltozott, mert a bagoméri mellékágba 1992 és 2005 között 346 000 m³ iszap rakódott le. Az ívási substráton az átlagos hordalékvastagság 60 cm, melynek a felső harmadát finom iszapréteg alkotja (Rákóczi & Sass 2005). Az ívási terület romlása magyarázatul szolgálhat arra, miért tűnt el a kecsége a Duna szigetközi régiójából.

A 19. században végzett folyószabályozás, az 1992-es elterelés, valamint a kapcsolódó partvédelem kőhányásokkal, jelentős mértékben hátrányosan befolyásolta a folyó természetes partvonalának alakulását, mind hosszúság, mind élőhely-minőség tekintetében. A 19. században végzett folyószabályozás során összesen 3,5 millió m³ követ hordtak össze, amely 22 m³ m⁻¹. A partmenti zóna szerkezeti diverzitása és vízviszatarthatása fontos az élőlényeknek mikroélőhelyi körülményének biztosítása, valamint a folyami zooplankton és a fiatal halak produktivitása szempontjából. A nagy folyók esetében a part menti vízviszatarthatás a biológiai folyamatok és a biodiverzitás kulcsfontosságú tényezője (Schiemer et al. 2001).

A bőszi erőmű mérsékelt csúcsüzeme által a vízi-szárazföldi átmeneti zónára gyakorolt zavaró hatást még nem vizsgálták.

5. Figyelembe veendő jogi kötelezettségek és érintetti érdekek.

5.1. Jogi kötelezettségek

A Bős-Nagymaros Projekt ügyében a hágai Nemzetközi Bíróság által 1997. szeptember 25-én hozott ítélet (a továbbiakban: az Ítélet) végrehajtásának jogi keretét, amely az

összes további intézkedés– beleértve a közös magyar-szlovák stratégiai környezeti vizsgálatot, ahogyan abban a felek megállapodtak – alapját alkotja több alkalommal meghatározták az elmúlt évtized során².

A tárgyaló Felek csatlakozása az Európai Unióhoz kétségkívül alapjaiban érintette a Felek cselekvési szabadságát, olyan korlátozásokat és igényeket támasztva velük szemben, amelyek nem az Ítéletből, nem a Bős-Nagymaros Vízlépcsőrendszer építéséről szóló 1977-es Szerződésből, és nem is a rájuk nézve kötelező érvényű kétoldalú vagy többoldalú egyezményekből (és a szokásos nemzetközi jogszabályokból) erednek.

Az alábbi szöveg azokra az eljárási és érdemi követelményekre vonatkozik, amelyeknek eleget kell tenni a Stratégiai Környezeti Vizsgálat előkészítése és lefolytatása, valamint a következtetései végrehajtása során, más szóval azoknak a műszaki intézkedéseknek az elfogadása és végrehajtása során, amelyeknek célja, hogy eleget tegyenek a Nemzetközi Bíróság arra vonatkozó felhívásának, hogy “Magyarországnak és Szlovákiának a fennálló helyzet fényében jóhiszeműen kell tárgyalnia, és minden szükséges lépést meg kell tennie annak érdekében, hogy az 1977. szeptember 16-i szerződés célkitűzéseit megvalósítsák, összhangban azokkal a módozatokkal, amelyekben esetleg megállapodnak”. (§ 155 (2)B).

5.1.1. Az ítélet

Amint a Bíróság megjegyezte, “a feleknek közösen újból tanulmányozniuk kell a bősi erőmű működésével kapcsolatos környezeti hatásokat. Mindenek előtt kielégítő megoldást kell találniuk a Duna régi medrébe és a folyó mindkét oldalán levő mellékágakba bocsátandó vízmennyiséget illetően.” (§ 140). “A környezeti kockázatok megítéléséhez a jelenlegi normákat kell figyelembe venni” (u.o.) – igényelte a Bíróság, hozzátéve, hogy a C-variánst, “amelynek üzemeltetési módját a szerződésben foglaltakkal összeegyeztethetetlennek ítéli, úgy kell üzemeltetni, hogy az megfeleljen a szerződés előírásainak. Ha Magyarország egyenlő félként bekapcsolódik működtetésébe, irányításába, és előnyeiből is részesül, a C-variáns a jelenlegi de facto státusból szerződésen alapuló rendszerbe kerül át.”

... a C-variáns működtethető úgy, hogy mind az áramtermelő rendszer gazdaságos működtetésének, mind az alapvető környezetvédelmi követelményeknek eleget tegyen.” (§ 146) Ebben a folyamatban “az új normákat kell figyelembe venni, és...az ilyen új szabványokra kellő súlyt kell helyezni.” (§ 140).

A feladat tehát a környezetvédelmi jog és más jogágak jelenlegi standardjeinek az azonosítása, amelyeket annak a folyamatnak a során kell alkalmazni, amely a C-variáns olyan működtetéséhez vezet, amely választ ad az alapvető környezeti aggályokra, miközben nem szűnik meg az energiatermelés és az 1977-es Szerződés egyéb célkitűzéseinek (hajózás, árvízvédelem) megvalósítása.

² Lásd pl.: 2006 December 19-i Plenáris ülés jegyzőkönyvének 4. Melléklete: Az alkalmazandó EU jog összefoglalása

5.1.2. Nemzetközi jog

5.1.2.1. Környezetvédelem

Az 1994. június 29-én Szófiában aláírt, a **Duna védelmére és fenntartható használatára vonatkozó együttműködésről szóló Egyezmény** (Convention on Cooperation for the Protection and Sustainable Use of the River Danube) (Duna-védelmi Egyezmény, Danube River Protection Convention) alkotja az átfogó jogi keretet a Duna Vízyűjtőn belüli együttműködéshez és a határokon áterjedő vízgazdálkodáshoz.

Az Egyezmény elsődleges célkitűzése annak biztosítása, hogy a Duna Vízyűjtőn belüli felszíni és felszín alatti vizek kezelése és használata fenntartható és méltányos módon történjen. Ez magában foglalja:

- a felszíni és felszín alatti vizek megőrzését, minőségük javítását és ésszerű használatát
- a balesetekből – árvizekből, jégkárokból vagy veszélyes anyagokból – eredő kockázatok megelőző intézkedésekkel történő minimalizálását
- a Duna Vízyűjtőből a Fekete-tengerbe kerülő szennyezések csökkentésére irányuló intézkedéseket.

Az aláíró felek kötelezettséget vállaltak arra, hogy megteszik a "a megfelelő jogi, igazgatási és műszaki intézkedéseket a Duna és a vízgyűjtőjén található vizek jelenlegi környezeti és vízminőségi viszonyainak legalább a fenntartására és javítására, valamint, hogy amennyire csak lehetséges, megelőzzék és csökkentsek az előforduló kedvezőtlen hatásokat és változásokat, továbbá azokat, amelyek bekövetkezése valószínű."

Az országhatárokon átlépő vízfolyások és nemzetközi tavak védelméről és használatáról szóló, 1992. március 17-én, Helsinkiben aláírt **Egyezmény** (Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes), valamint a hozzá tartozó, 1999. június 17-én, Londonban aláírt **Víz és egészség Jegyzőkönyv** (Protocol on Water and Health) előírja, hogy a Felek – az elővigyázatosság és a "szennyező fizet" elv alkalmazásával, és a jövő nemzedékek érdekeinek szem előtt tartásával – minden szükséges intézkedést tegyenek meg azon vízszennyezések megelőzése, megakadályozása és csökkentése érdekében, amelyeknek határokon áterjedő hatása van vagy lehet, és biztosítsák, hogy a határokon áterjedő vizek használata az ökológiai integritás és ésszerű vízgazdálkodás, a vízforrások megőrzése és a környezetvédelem jegyében történjen. A jegyzőkönyv előírja az ivóvíz-forrásként szolgáló vizek és a hozzájuk kapcsolódó vizes ökoszisztémák hatékony védelmét az egyéb szennyező forrásokból – például a mezőgazdaságból, iparból, és más, szennyező anyagokat kibocsátó tevékenységekből – származó szennyezésekkel szemben.

A 2000. október 20-án, Firenzében aláírt **Európai Táj Egyezmény** (European Landscape Convention) intézkedései arra szólítják fel a Feleket, hogy őrizzék meg és tartsák fenn a tájak azon lényeges vagy jellegzetes sajátosságait, amelyeket az adott táj természeti

adottságokból és/vagy emberi tevékenységből származó örökségi értéke igazol. Nem kétséges, hogy a projekt által érintett terület több szakasza "tájnak" tekinthető a Konvenció megfogalmazása szerint.

Az 1971. február 2-án, Ramsarban aláírt, a **Nemzetközi jelentőségű vizes területekről, különösen mint vízimadarak élőhelyéről szóló Egyezmény** (Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat) egyebek közt arra kötelezi a Feleket, hogy a vizes élőhelyekre vonatkozó valamennyi tervet úgy dolgozzák ki és hajtsák végre, hogy az elősegítse és könnyítse az érintett helyek ésszerű használatát és ökológiai jellegének megőrzését.

Az 1979. szeptember 19-én, Bernben aláírt **egyezmény az európai vadon élő növények, állatok és természetes élőhelyeik védelméről** (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats), előírja a Felek számára a vadon élő növény- és állatfajok, valamint élőhelyeik megőrzését, illetve a veszélyeztetett vándorló fajok védelmét, és megtiltja a szándékos károkozást vagy a párzó- vagy pihenőhelyek rongálását, illetve a vadállomány zavarását, különösen a párzási, nevelési és hibernációs időszakban.

Az 1992. június 5-én Rio de Janeiro-ban aláírt, a **biológiai sokféleségről szóló egyezményt**, az Európai Unió is aláírta. A főbb kötelezettségek közé tartozik (többek között) a megőrzés integrálása a szektorszintű és szektorközi politikákba és programokba; megfelelő intézkedések révén gondoskodás az in situ megőrzésről, a védett területeken és azokon kívül, valamint lépések a veszélyeztetett fajok megújulása és visszatelepítése érdekében. A stratégiai környezeti vizsgálat összefüggésében kiemelt jelentőségű, hogy a Felek kötelesek azokkal a tervekkel és programokkal kapcsolatos környezeti hatásvizsgálatoknak a lefolytatására, amelyek várhatóan lényeges mértékben hátrányosan befolyásolják a biológiai sokféleséget.

5.1.2.2. Hajózás

Ebben a tekintetben kétségkívül a leglényegesebb **A nemzetközi jelentőségű vízi utakról szóló európai megállapodás** (European Agreement on Main Inland Waterways of International Importance, AGN), amelyet 1996. január 19-én Genfben írtak alá és 15 európai ország, köztük Magyarország és Szlovákia is ratifikálta, és amely a nemzetközi víziutakra az Európai Unió által is elismert standardokat állít fel. Az AGN célja egységes műszaki és működtetési jellemzők meghatározása a nemzetközi folyami szállításra szánt víziutak megépítésére, korszerűsítésére, rekonstrukciójára és üzemeltetésére vonatkozóan. III. Függelék tartalmazza a nemzetközi jelentőségű víziutak kívánt műszaki jellemzőit. Ennek megfelelően *"Csak az a vízi út tekinthető „E” kategóriájú vízi útnak, amely legalább a IV. osztály alapkövetelményeinek (a hajók minimális méretei 85 m x 9,5 m) megfelel. A merülés (2,5 m-nél kevesebb) és a hidak alatti áthaladás legkisebb magasságának (5,25 m-nél kevesebb) korlátozása csak a már meglévő vízi utaknál és kivételes esetekben fogadható el"; ... Meglévő vízi utak modernizálásánál és/vagy újak kialakításánál nagyobb méretű hajókat és hajókaravánokat minden esetben*

számításba kell venni; azoknak a belföldi vízi utaknak, amelyek várhatóan jelentős mennyiségű konténer- és Ro-Ro forgalom fog bonyolódni, legalább az Vb. osztály előírásainak kellene megfelelniük³. Az ingadozó vízállású vízi utaknál a merülés ajánlott mértéke érje el vagy haladja meg azt a minimális mélységet, ami egy évben átlagosan legalább 240 napig (vagy a hajózási idény 60%-ában) fennáll.

A Dunán való hajózás rendjére vonatkozó, 1948. augusztus 18-án Belgrádban aláírt egyezményt várhatóan az új Duna Egyezmény váltja fel, amelyről már hosszú ideje tárgyalnak. A Duna Egyezmény nem állít fel konkrét paramétereket a hajózóútra és a Dunai Bizottság jogilag nem kötelező érvényű ajánlásai, melyeket azelőtt fogadtak el, hogy az AGN kötelező érvényűvé vált a part menti államokra nézve, az AGN hatályba lépését követően elvesztik jelentőségüket ebben a tekintetben⁴.

Sem az Ítélet, sem az 1977-es Szerződés nem határoz meg konkrét paramétereket a hajózásra vonatkozólag.

5.1.3. Európai jog

5.1.3.1. A Víz Keretirányelv

Az EU vízgazdálkodási politikájával kapcsolatos alapelveket, célokat és jogszabályi előírásokat a **Víz Keretirányelv** (VKI, Water Framework Directive, WFD) tartalmazza⁵.

A VKI a jogvita eldöntése szempontjából kulcsfontosságú Közösségi aktus, mivel a jogvita megoldásának alapelveit az irányelv által kitűzött környezetvédelmi célok megfelelő figyelembevételével kell meghatározni, míg a számításba e veendő műszaki variánsok paramétereinek meg kell felelniük az irányelv által kijelölt környezeti paramétereknek, ahol is a végleges megoldást össze kell hangolni a szlovák szakértőkkel együttműködésben előkészített vízgyűjtő-gazdálkodási tervekkel, illetve azokba bele kell foglalni.

A Közösségi vízvédelmi politika fő célja a vízminőség védelme és javítása. Ennek érdekében meg kell előzni a vizek állapotának (további) romlását; meg kell valósítani a fenntartható, kiegyensúlyozott, méltányos és ésszerű vízhasználatot, továbbá biztosítani kell a vízi ökoszisztémák és az azoktól közvetlenül függő szárazföldi ökoszisztémák és vizes élőhelyek védelmét⁶. Következésképpen a Víz Keretirányelv az, amely meghatározza a felszíni vizekre, felszín alatti víztestekre és a víztestekkel összefüggő területekre vonatkozó, alkalmazandó környezetvédelmi célokat. Ez alapján véve – a

³ Az Vb paraméterei: a tolt karavánok hossza: 172-185 m. Szélesség: 11,4 m. Merülés: 2,50-4,50 m. Tömeg: 3.200-6.000 tonna

⁴ Figyelemreméltó módon azok a régi ajánlások nem is szerepelnek a Duna Bizottság honlapján! lásd: <http://www.danubeecom-intern.org/GERMAN/Flag/flaginhalt.htm> 2008 április 13-án látogatva.

⁵ 2000/60/EK irányelv a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról

⁶ A VKI preambuluma (19), (26) és (23) bekezdése, 1. cikk, (a)-(b) pont

felszíni és felszín alatti vizek esetében – a legalább „vizek jó állapotának” elérését, míg a védett területekre vonatkozólag a kapcsolt környezetvédelmi célkitűzések párhuzamos és integrált teljesítését jelenti.

A Tagállamoknak meg kell vizsgálniuk, hogy a “vizek jó állapota” megfelelő intézkedésekkel elérhető-e, továbbá hogy a jelenlegi megoldásnak van-e műszakilag és gazdaságilag megvalósítható, környezetvédelmi szempontból kedvezőbb alternatívája. Ez a követelmény a gyakorlatban azt jelenti, hogy a Magyar Köztársaságnak és a Szlovák Köztársaságnak közösen vagy egymástól függetlenül át kell tekintenie – a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés folyamatának keretében – a vizek jó állapotának eléréséhez szükséges intézkedéseket, és át kell gondolniuk, hogy fennállnak-e még azok az együttes feltételek, amelyek az „erősen módosított víztest”-ként való besorolásához vezettek⁷.

Amennyiben bebizonyosodik, hogy ezek a feltételek egy adott víztest esetében fennállnak, az erősen módosított víztestnek minősül, egyébként természetes állapotúnak tekintendő. Ugyanakkor mindkét esetben ki kell dolgozni egy olyan beavatkozás-rendszert, amelynek eredményeként jó ökológiai állapot vagy (erősen módosított víztest esetében) jó ökológiai potenciál elérhető.

Az érintett szakaszokra vonatkozó konkrét intézkedések csak a környezeti célok meghatározása után adhatók meg. A beavatkozások esetében biztosítani kell a meglévő és már működő műtárgyakhoz kapcsolódó mindenféle használati forma - pl. energiatermelés, hajózás és árvízvédelem -, továbbá a berendezések és működésük környezeti kompatibilitását. Ennek mindenesetre magában kell foglalnia a Bős-Nagymaros projekt üzemeltetésének átfogó felülvizsgálatát, valamint megfelelő módosítását.

5.1.3.2. A Közösség természetvédelmi rendszere

A Közösség természetvédelmi rendszere, különös tekintettel az úgynevezett Madárvédelmi és Élőhelyvédelmi Irányelvekre (Birds and Habitats Directives)⁸ – alapvető korlátozásokat fektet le az EU Natura 2000 természetvédelmi hálózatához tartozó védett területek kedvező természetvédelmi állapotának fizikai módosítása vagy az abba történő egyéb beavatkozás tekintetében. Noha a Közösség természetvédelmi rendszerének fő célkitűzése az élőhelyek és fajok károsodásának vagy megzavarásának megelőzése, az érintett területek aktív kezeléséről – vagyis a Tagállamok által megvalósítandó beavatkozásokról - is gondoskodik. Az aktív kezelési intézkedések célja az érintett élőhely-típusok és fajok kedvező természetvédelmi állapotban történő megőrzése vagy helyreállítása, valamint a madárpopulációk olyan szinten való

⁷ VKI 4. cikk 3. paragrafus; a kijelölési körülmények és módszerek részletes ismertetését lásd az Erősen módosított víztestekre vonatkozó útmutató 12-14., 19-23. és 19-59. oldalán.

⁸ A vadon élő madarak védelméről szóló 79/409/EGK Irányelv (“Madárvédelmi Irányelv”), A természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állatok és növények védelméről szóló 92/43/EGK irányelv (“Élőhelyvédelmi Irányelv”)

fenntartása, amely megfelel különösen a vonatkozó ökológiai, tudományos és kulturális követelményeknek.

A kezelési intézkedés típusát a Tagállam határozhatja meg saját belátása szerint, az Élőhelyvédelmi Irányelv előírásainak megfelelően. A kezelési intézkedések tartalmát az aktuális Natura 2000 terület specifikus ökológiai igényeinek ismeretében kell meghatározni, a rendelkezésre álló tudományos adatok alapján, a kapcsolódó gazdasági, társadalmi és kulturális követelmények, valamint a regionális és helyi jellegzetességek figyelembe vételével.

A Feleknek a Natura 2000 területek aktív kezelésére vonatkozó kötelezettségeit első látásra (*prima facie*) nem érinti a Bős-Nagymaros vita. Ugyanakkor a létesítmények működésének jövőbeni változtatásai, melyek célja a vonatkozó környezetvédelmi célkitűzéseknek való megfelelés, számos Natura 2000 területen szükségessé tehetik a meglévő kezelési intézkedések felülvizsgálatát.

5.1.4. Nemzetközi jog, mint európai jog

Emlékeztetni kell arra, hogy a Közösség másodlagos jogalkotása mellett a Tagállamoknak közösségi jogként alkalmazniuk kell a Közösség által elfogadott nemzetközi egyezményeket is. Mint az az Európai Bíróságnak a *Bizottság kontra Írország* (C-459/03) ügyben 2006. május 30-án hozott ítélete⁹ révén érvényre jutott, "a Közösség által elfogadott nemzetközi egyezmények a Közösségi jog szerves részét képezik, ...a hagyományos ítélkezési gyakorlatnak megfelelően". Ebből adódóan többek között (*inter alia*) az alábbi egyezményeket kell figyelembe venni:

- A biológiai sokféleségre vonatkozó egyezményt (Rio de Janeiro, 1992)
- A vándormadarak és a vadon élő állatok védelméről szóló egyezményt (Bonn, 1979)
- A Duna védelmére és fenntartható használatára vonatkozó együttműködésről szóló egyezményt (Szófia, 1994)
- Az országhatárokat átlépő vízfolyások és nemzetközi tavak védelméről és használatáról szóló egyezményt (Helsinki 1992)

5.2. Az érintettek érdekei

Az érintettek és a végfelhasználók érdekeit részletesen vizsgálták a LIFE-III Közösségi Program keretében, amely a szigetközi projektet finanszírozta (*Innovatív döntéshozatali eszköz megalkotása és bevezetése a fenntartható víz- és területgazdálkodás*

⁹ <http://curia.europa.eu/juris/cgi-bin/form.pl?lang=hu&Submit=Keres%C3%A9s&alldocs=alldocs&docj=docj&docop=docop&docor=docor&docjo=docjo&numaff=C-459%2F03&datefs=&datefe=&nomusuel=&domaine=&mots=&resmax=100>

tervezéséhez és a vízhozampótlás biztosítása érdekében a magyar-szlovák határon áttérjedő dunai vizes élőhely, a Szigetköz területén (LIFE04ENV/H/000382)) 2004 és 2007 között. Ennek az érintettek érdekeit vizsgáló elemzésnek és értékelésnek az átfogó célja az volt, hogy értékes inputot biztosítson a Közös Magyar-Szlovák Stratégiai Környezeti Vizsgálathoz (Strategic Environmental Assessment, SEA), már az előkészítő fázisban.

A projekt koordinálását a helyi önkormányzatok szervezete végezte, míg a partnerek között voltak regionális vízügyi hatóságok, kutatóintézetek és magánkézben lévő kis- és középvállalkozások. A projekt első feladata az úgynevezett "Végfelhasználói követelmények vizsgálata" volt. A feladat eredményét teljes mértékben elfogadták a helyi érintettek, míg az érintettek érdekeinek elemzésében alkalmazott megközelítést és metodológiát, azóta már más EK által finanszírozott projektekhez is használták (nevezetesen a helyi INTERREG projekt).

5.2.1. A főbb eredmények röviden

Ennek az elemzésnek a fő célkitűzése az volt, hogy feltérképezze a környezetvédelmi, társadalmi és gazdasági folyamatokat a szigetközi régióban, a problémák vizsgálatával – a helyi érintettek által lényegesnek tekintett kérdésekre fókuszálva - és javaslatokat tegyen azok megoldására.

A vizsgálat során számos hivatalos interjút készítettek a szigetközi régió 26 településének polgármestereivel, Győr város polgármesterével, valamint a mosonmagyaróvári önkormányzat szakértőjével. Ugyancsak meginterjúvolták a régiók választott parlamenti képviselőit is. Tekintve, hogy ebben a vizsgálatban valamennyi jogi érintett és képviselő részt vett, az eredmények a helyi végfelhasználók valós igényeit és jövőbeni elképzeléseit tükrözik.

A feladat szempontjából a polgármesterekkel való interjúkészítés központi jelentőségű volt, mivel kulcsszerepet játszanak a települések fejlesztésében: a polgármesterek nagyon jól ismerik a települést sújtó problémákat; hozzájuk jutnak el a legszélesebb körű és legpontosabb információk a település lakóinak társadalmi és polgári életével kapcsolatban, így feltehetően az ő szempontjuk és véleményük a legpontosabb a Szigetköz jelenlegi állapotára vonatkozólag. (Ezeknek a vizsgálatoknak a struktúrája és részletes eredményei megtekinthetők a következő weboldalon: www.szigetkoz.info)

Bár az érintetteknek számos fejlesztési ötlete van a szigetközi régióra vonatkozó megoldásokkal kapcsolatban, az érintettek értékelésének eredményei az alábbiakban összegezhetők: (1) meg akarják találni a jelenlegi helyzetből való kiutat, és (2) támogatnak egyes műszaki megoldásokat annak érdekében, hogy egyidejűleg jobb és fenntarthatóbb környezetvédelmi és társadalmi-gazdasági helyzetet lehessen elérni.

A helyi érintettek igényeinek értékelése 3 fő pontban foglalható össze:

- a) Támogatnak a rehabilitációra vonatkozó, bármely lehetséges műszaki megoldást, jobbra azt, amelyet a SZITE dolgozott ki az Interreg Program által finanszírozott EK projekt keretében (2006-2008; további részletekért lásd a www.szigetkozosen.hu) weboldalt, mivel ez – álláspontjuk szerint – az egyetlen olyan műszaki megoldás, amelyet a helyi érintettek is megtárgyaltak és értékelték.
- b) A szigetközi régió rehabilitációját az egész Bős-Nagymaros ügytől teljesen függetlenül kívánják kezelni annak érdekében, hogy felgyorsítsák a szükséges intézkedéseket, és elkerüljék az elmúlt évtizedre jellemző vég nélküli politikai viták megismétlődését.
- c) Az előbbi pontokból következik, hogy a helyi érintettek támogatják a Szigetközi Nemzeti Park vagy "NaturPark" (nem ragaszkodnak a „Nemzeti Park” jogi terminushoz) lehető leghamarabb történő létrehozását. Úgy érzik, hogy a szubszidiaritás elve csak akkor érvényesíthető, amikor megegyeztek abban, hogy a helyi környezetvédelmi és természetvédelmi kérdésekről nem Budapesten vagy Saródon (a Fertő-Hanság Nemzeti Park központja), hanem helyi szinten döntenek. Ezt a Nemzeti Park/Természetvédelmi Park ügyet valamennyi helyi érintett támogatja. Az előkészítő munkálatok és a szükséges tervezés során az ausztriai Donau-Auen Nemzeti Parkot kell alapul venni, mint hasonló, erősen módosított területet, amely, ott megkapta a „Nemzeti Park” minősítést.

5.2.2. A Vizsgálat rövid áttekintése

A szigetközi régió erősségei és hiányosságai – a jelen vizsgálat során meginterjúvolt érintettek szerint – a következők.

Szinte valamennyi említett polgármester úgy vélte, hogy a természeti adottságok, a víz, a szépség és különösen a táj a régió erősségei közé sorolhatók. Nem kétséges, hogy a turizmus további fejlesztésének ezekre az adottságokra kell alapoznia. Egyesek úgy gondolják, hogy a turizmus terén már elért fejlesztések is a régió erősségei közé sorolhatók, hasonlóan a már működő turisztikai rendszerhez – amely nagyon vonzó, noha esetenként nem túlságosan jól működik. A szigetközi terület kiváló adottságokkal rendelkezik: maga a Duna és a mellékág-rendszer fontos turistacsalogatóként funkcionál; ezen felül sor került egy termálfürdő megépítésére is, és további fürdők építését tervezik. A nagyszabású fejlesztési tervek a regionális identitáson alapulnak. A Szigetköz gazdasági szempontból Magyarország egyik legjobb régiója; egy Budapest, a Balaton és az osztrák-magyar közigazgatási határ által határolt dinamikus terület. A Szigetközben alig van munkanélküliség, noha a gazdasági tevékenységek a terület két legnagyobb városában – Győrben és Mosonmagyaróváron – koncentrálódnak. A Szigetköz területén élő alkalmazottak ebben a két nagyvárosban vagy Ausztriában dolgoznak – míg legtöbbször arra vágyik, hogy saját falujában dolgozhasson. A helyiek nemrégiben ismerték fel a Szigetköz értékes adottságait, büszkéek lettek a régiójukra, és szeretnék nemzetközileg is jól megközelíthetővé tenni – ennek köszönhetően számos ötlet és terv máris megvalósult: Lipóton egy hotel és egy termálfürdő épült; a Lipótvárat (kastélyt) felújították, Héderváron pedig számos magán szállás-lehetőség van. Máriakálnokon új

termálfürdőt terveznek, és minden településen található legalább egy étterem. Megkezdődött a helyi adottságok céltudatos hasznosítása. Ez a hasznosítás a Szigetköz ökológiai állapotának javítását és védelmét teszi szükségessé, és a vízhozam-pótlás igénye egyre sürgetőbbé válik. A terület lakói szeretnék, ha a Szigetköz olyan lenne, mint évtizedekkel ezelőtt – épp ez az, ami a Szigetköz számára a helyi identitást jelenti. Másrészt interjúalanyainak felismerték a régió egyéb adottságait is. Mindegyikük tisztában van azzal, hogy a Szigetköz milyen kiváló földrajzi elhelyezkedésű, és milyen komoly fejlődési lehetőségeket rejt magában.

A polgármesterek számos gyengeséget, hiányosságot említettek – attól függően, hogy az adott település milyen specifikus problémákkal küzd. Általános probléma az alsóbbrendű utak rossz minősége, az átmenő forgalom károsító hatásai, valamint a vízkezeléssel kapcsolatos megoldatlan kérdések. Ugyancsak hátrány az együttműködés hiánya és a régióban uralkodó szervezetlenség szintje – az ilyen jellegű kezdeményezések kudarcot vallottak, mivel senki sem gondolkodik regionális szinten, hanem csak a helyi problémákkal foglalkozik. Ez a magyar közigazgatási és regionális fejlesztési rendszer hagyományos szemléletéből adódik. Ez a szemlélet két szinten alapul: megye és település szinten. Ezeken felül vannak – központilag kijelölt vagy önszerveződésű – mikro-régiók. A Szigetköz akár független mikro-régió is lehetne – területénél és lakosságánál fogva. Felépítését és a fejlesztésre, javításra irányuló elképzeléseit tekintve a „Szigetközi Fejlesztési Tanács” szervezet lehetne a letéteményese és irányítója ennek a fenntartható fejlődést sürgető üzenetnek, melynek célkitűzése az egészséges és fenntartható fejlesztési politika elősegítése. A helyi résztvevők szerint az egyedi megközelítés támogatása hatékonyabb módja a területen belüli jelenlegi problémás helyzetek megoldásának, mint a nem túl távoli múltban, amikor kizárólag az önkormányzat harcolt a fejlődés érdekében.

5.2.3. Összefoglalás

Amit a helyi érintettek alapján véve el szeretnének érni az "csak" a jól ismert európai elvnek, a **szubszidiaritás** elvének megvalósítása és aktív alkalmazása. Az elmúlt 15 évben úgy érezték, hogy nem voltak a tárgyalások részesei, és nem vettek részt a lehetséges műszaki megoldások kidolgozásában. Ez a tény ezeknek az érintetteknek az elszeparálódásához vezetett. Az elmúlt néhány évben helyi kezdeményezések és projektek indultak, amelyek számos értékes vizsgálat, tanulmány és akár megvalósítható műszaki megoldás létrehozásához vezettek. Létrehozták és megalakították a Szigetközi Fejlesztési Tanácsot azzal a céllal, hogy valamennyi helyi érintettet hivatalos irányító testületként képviselje.

Az EU-tagság több lehetőséget biztosít a régió számára. A helyiek abban reménykednek, hogy a folyamatban lévő decentralizáció oda vezet, hogy a centralizált budapesti döntéshozást a helyi szintű döntéshozás váltja fel. Sajnos a víz-megosztásra és –használatra vonatkozó szlovák-magyar megállapodás hiánya, valamint a kiépített infrastruktúra fenntartása még mindig veszélyezteti a Szigetköz jövőjét. Az Európai Unió, Magyarország és Szlovákia számos módon gyakorol hatást a Szigetközre – reményt és anyagi támogatást nyújt, de ugyanakkor hozzájárul a hátrányos állapot

konzerválásához és a negatív folyamatokhoz is. A helyiek és a döntéshozók már több mint 15 éve szenvednek ettől a bizonytalanságtól – miközben a Szigetköz Európa egyik ékköve lehetne.

Az EU és mindkét érintett ország szakértőinek támogatásával, több mint 3 évvel ezelőtt megvalósított vizsgálat végső konklúziója az volt, hogy a helyi érintettek szeretnének részt venni a jövőbeni vizsgálatokban már az előkészítés fázisától kezdve. Mind a szubszidiaritás elve, mint a Víz Keretirányelv erősen támogatja ezt a fajta együttműködést.

6. A környezeti célkitűzések ismertetése

A folyóhelyreállítás során a környezeti célok felvázolása hosszútávra tekintve az emberi beavatkozás előtt vagy további beavatkozás nélkül ökoszisztéma természetes működésének vizsgálatán alapul („Leitbild concept”, Kern 1992). A modern társadalmak jelenlegi szociális, gazdasági és kulturális szükségletei általában nem teszik lehetővé a természethez való teljes mértékű visszatérést. Ráadásul az irreverzibilis változások – például fajok kihalása vagy a finom üledékek lerakódása a talajerózió miatt és végül, de nem utolsósorban - az éghajlatváltozás nagyban előrejelezhetetlen hatása - szükségszerűen rajta hagyják nyomukat a jelenlegi ökoszisztémán, amelyeket tudomásul kell venni.

A környezeti célkitűzések nem a történelmi táj helyreállítására törekednek, és a fő törekvéseknek sem kiválasztott fajok támogatására kell összpontosítaniuk. A környezeti célok megfogalmazása inkább a természetes folyami ökoszisztémát kormányzó hidrodinamikai és morfológiai folyamatokra koncentrál, illetve azoknak az élőhelyekre és biodiverzításra gyakorolt hatásaira.

Ez a megközelítés úgy kísérli meg az ökológiai integritás helyreállítását, hogy lehetővé teszi a fenntartható emberi használatot. Megfelel a VKI definícióinak, amelynek környezeti célkitűzései főleg meghatározott biológiai minőségi paramétereken és a vegyi anyagok meghatározott határértékein alapulnak, de a járulékos vizsgálathoz hidromorfológiai elemeket használ. Az „erősen módosított víztestek” esetében ezek a környezeti célkitűzések bizonyos mértékig alacsonyabbak, tekintettel a meghatározott víz,- és földhasználatokra.

6.1. Hidrológiai és hidro-morfológiai dinamika

A 17. táblázatban megadott célkitűzések azokat a minőségi és mennyiségi kritériumokat mutatják be, amelyek a meglévő korrekciós intézkedések teljesítményének értékeléséhez, valamint bármilyen rehabilitációs javaslatához szükségesek. A vízmegosztás tekintetében a környezeti célkitűzések a bőszi erőmű energiatermelésével egyenrangúnak tekintendők. Ezért a kritériumok nem határoznak meg konkrét küszöbértéket a vízhozamra

vonatkozólag, hanem azokra a folyamatokra fókuszálnak, amelyek, az egyes műszaki megoldásoktól függő különböző vízhozamok mellett beindulhatnak.

A 17. táblázatban feltüntetett környezeti célkitűzések teljes mértékben kielégítik a VKI V. mellékletében, az 1.2.1 táblázatban meghatározott hidromorfológiai minőségi elemekre vonatkozó követelményeket.

17. táblázat A Duna szigetközi szakaszának hidrodinamikai és morfodinamikai rendjére vonatkozó környezeti célkitűzések és kritériumok

Paraméter	Célkitűzések (minőségi és mennyiségi)	Kényszerítő tényezők
A vízjárás szezonális dinamikája	A vízjárás szezonális változásainak a vízgyűjtőterület természetes vízvezetését kell tükrözniük. A Duna főágába beeresztett vízmennyiségeknek közvetlenül kapcsolódnia kell a Dévénynél mért vízhozamokhoz. A kulcsfontosságú morfológiai folyamatok beindításához megfelelő vízhozamot kell biztosítani a folyórendszerben (lásd "Vízjárás").	I. A vízerőmű termelése: a Duna vízhozamát meg kell osztani a bösi erőművel (az Ítélet 146. paragrafus).
Az áramlások és vízszintek változásai megfelelő állapot esetén	Az év folyamán a vízszint-ingadozások mértékének hozzávetőleg 2 m körülnek kell lennie, nem számítva a szélsőséges árvizeket és aszályokat. Dunacsúntól lefelé a Duna főágában a dinamikus megmaradt vízhozam átlagos áramlási szintjének legalább a duzzasztás előtti állapotra jellemző szinten kell lennie.	I. Vízenergia-termelés (mint fent) II. Árvízvédelem (a gátak vagy megemelt mederszintek emelhetik az árvizek szintjét). III. A mederszint emelése esetén a meder feltöltésére alkalmas anyag rendelkezésre állása.
Vízjárás	a) Fontos, hogy a folyórendszer ki legyen téve az árvízjárás teljes hatásának, hogy beinduljanak a kulcsfontosságú morfodinamikai folyamatok. b) Csak egy visszaáramló ágak nélküli, szabadon áramló folyamrendszer segítheti elő a leírt ökológiai folyamatokat.	I. Vízi energiatermelés (mint fent)
Mederhordalék mozgása	A vízjárásnak olyannak kell lennie, hogy lehetővé tegye a hatékony mederhordalék mozgást, nevezetesen a part menti laterális erózió, valamint a hordalékpád, vagy hozzáadott hordalék kaocsánfelszabaduló homok és kavicsmozgást.	I. Vízenergia-termelés (mint fent) II. A megfelelő mennyiségű és minőségű mederhordalék-anyag hosszú távú rendelkezésre állása.

Paraméter	Célkitűzések (minőségi és mennyiségi)	Kényszerítő tényezők
		III. A folyómeder stabilitása: a transzportfolyamatok nem okozhatnak medermélyülést
Medrefejlődés	Fontos, hogy a laterális erózió, a hordalékmozgás- és lerakódás újraformálhassa a medreket az újonnan létrejövő vízfolyások hosszú távú kialakulásáig.	I. A megfelelő mennyiségű és minőségű mederhordalék-anyag hosszú távú rendelkezésre állása II. A folyómeder stabilitása: a transzportfolyamatok nem okozhatnak meder-kimélyülést
Laterális, vertikális és longitudinális folytonosság	A beavatkozás előtti Duna kölcsönös lehetőségeket biztosított a víz és a bióta kicserélődéséhez. A vízszintektől függően a vízi állatvilág akadálytalanul megközelíthesse a különböző fejlődési szinteken lévő ágakat. A folyásiránnyal ellentétes és annak megfelelő irányú vándorlást a duzzasztások elkerülésével kell biztosítani.	I. A műszaki nehézségek korlátozhatják egyes fajok szabad vándorlását, még akkor is, ha a megfelelő eszközök rendelkezésre állnak.
Felszín alatti vízjárás	A rendszernek biztosítania kell a természetes mennyiségű és minőségű felszín alatti vízviszapótlást. A főágban nem lehet olyan iszapréteg, amely megakadályozza a folyó vizének az akviferbe történő beszivárgását vagy a felszín alatti víznek a főágba történő beszivárgását az árvizek levonuló stádiumában. A felszín alatti vizek ingadozásainak, tartományának és szintjének meg kell egyeznie a természetes állapotra jellemzővel, hogy biztosítsa a fedőréteg megfelelő nedvesítését és megőrizze vizes élőhelyi jelleget.	I. Vízenergia-termelés (mint fent) II. Árvízvédelem (a gátak vagy megemelt mederszintek emelhetik az árvizek szintjét). III. A a mederszint emelése esetén a meder feltöltésére alkalmas anyag rendelkezésre állása.

6.1.1. A vízjárás szezonális dinamikája

A Duna természetes vízjárás-mintázata az év folyamán az alpesi vízjárást tükrözi, magas vízhozamokkal a vegetációs időszakban a hóolvadásnak köszönhetően (1. ábra). Mint az az 1. ábra vízhozam-görbéjén látható, az árvízi vízjárások ráakódnak erre a szabályos vízjárás-mintázatra, és az év bármely szakában előfordulhatnak. A felszíni és felszín alatti vízszinteknek ehhez a jellegzetes vízjárás-mintához kapcsolódó változása lényeges tényező a szárazföldi vizes élőhelyek szempontjából. A biodiverzitás egyik alapvető elemét alkotják a különböző szubsztrátokon alapuló, eltérő nedvességtartalmú és elárasztottságú, mozaikszerűen elhelyezkedő élőhelyek olyan fajoknak adva otthont, amelyek alkalmazkodtak ezekhez a specifikus környezeti feltételekhez.

A természetes vízjárás biztosítását korlátozó egyetlen tényező a folyam vizének elterelése a bősi erőműhöz. Az Átmeneti Vízgazdálkodási Rendszer jelenlegi szabályai már biztosítanak reziduális hozamot, a dévényi vízállás mérő alapján felvett vízszint görbére alapozva, ily módon biztosítva a dinamikus vízjárást a Dunán. Ugyanakkor az árhullámok elégtelenek, mint azt az alábbiakban tárgyalni fogjuk. Az alapvető ökológiai működések fenntartásához szükséges vízhozam aránya egyéb feltételektől – például az ingadozások mértékétől - is függ, és a különböző műszaki megoldások esetén is változhat.

6.1.2. Az áramlások és a vízszintek változása megfelelő állapot esetén

A vízhozamok megosztása egy dinamikus rendszerrel nem támogatja az ökológiai működéseket, míg a kapcsolódó, változó vízszintek el nem érik a természetes dinamikus környezetre jellemző, megfelelő emelkedést. Ezért kiemelten fontos olyan műszaki megoldásokat találni, amelyek a vízszint emelésével kompenzálják az elvett vízmennyiséget, szabad áramlást, és a természeteshez közeli tartományú és helyzetű vízszint-ingadozásokat biztosítva.

A fő kényszerítő tényező ismét az energiatermelési célú vízkinyerés. Ráadásul árvízvédelmi okokból az extrém áradások szintje nem emelkedhet a jelenlegi fölé. Kiegészítő árvízvédelmi intézkedések szükségesek, mivel a jelenlegi rendszer nem teszi lehetővé a tervezett elárasztás biztonságos levezetését. További korlátozó tényezők lehetnek: egyes megoldásoknál a folyómeder szintjének emeléséhez szükséges megfelelő, nagy mennyiségű anyag rendelkezésre állása, illetve a beruházás pénzügyi korlátai.

6.1.3. Vízjárás

a) A folyami ökoszisztémák ökológiáját a változó környezeti feltételek jellemzik a felszíni és felszín alatti vizek szintjének szezonális változásai miatt, valamint a különböző nagyságú áradások okozta rendszertelen, de gyakori behatások. Az élőhelyek

változatossága nagyban függ a megfelelő szintű áradásoktól, amelyek megújítják az egymást követő stádiumokat, új vízfolyásokat indítanak be vagy a mellékágak fejlődéséhez vezetnek. Az ökológiai működéshez alapvetően fontos az egész áradási rendszer visszaállítása, amely biztosítja az kormányzó morfordinamikusan folyamatokat.

b) A szabadon áramló folyam a dinamikus rendszer előfeltétele.

Itt a korlátozó tényező ismét a bősi energiatermelés, főként amiatt, hogy a turbinák kapacitása közel az átlagos éves áradási hozamnak felel meg. Az üzemvícsatorna befolyásnál létrejövő visszaáramlás a rendszer szerves részét képezi.

6.1.4. A mederhordalék mozgása

A morfordinamikai folyamatok alapja a folyamnak az a képessége, hogy dinamikus egyensúlyban szállítson homokot és kavicsot. A Szigetköz/Csallóköz árterét alkotó alluviális hordalékkúp több ezer éves fejlődésen ment át, míg kialakult egy hosszú távú egyensúly az érkező mederhordalék, a helyi finom homok, a lerakódás, a morzsolódás és a hordalékmozgás között az alvízi szakaszon. Az évi mindössze néhány centiméteres medermélyülés könnyen betudható az emberi beavatkozásnak, ha azt a geológiai időskálára extrapoláljuk.

A mederhordalék mozgásának nyilvánvaló korlátja a dunacsúni tározó alatt rendelkezésre álló homok- és kavicsmennyiség. Bár a laterális erózió által képződött és a kavicspadokban rendelkezésre álló hordalékok tekintélyes raktárat jelent, a felvízi szakaszokról származó mederhordalék utánpótlás hiányzik, melyet feltehetően meg lehetne oldani megfelelő hordalék-gazdálkodási módszerekkel.

6.1.5. Mederfejlődés

Egy dinamikus rendszert változó körülmények jellemeznek. Új ágak keletkezése, a kanyarulatoknak a laterális erózió miatt bekövetkező mozgása, iszaposodás azokban az elhagyott ágakban, amelyekben csak az áradások idején van lassú áramlás – mindezek a folyamatok alapvető részei egy síkvidéki élő folyami ökoszisztémának. Új meder kialakulása vagy a hordalékok egyszerű mozgása ritkán figyelhető meg. Azokat az élő folyami ökoszisztémákat, amelyekben még mindig zajlanak ezek a folyamatok, a víztestek és a szárazföldi élőhelyek közötti szabálytalan csupasz homok- és kavicspadok jelenléte jelzi. A bióta szempontjából az átmeneti zóna vagy ökoton jelenti az ökoszisztéma legtermékenyebb területét.

6.1.6. Laterális, vertikális és longitudinális folyamatosság

A fent ismertetett célkitűzések túlnyomó része támogatja a laterális és vertikális folytonosságot. A hosszanti folyamatosság biztosítása a VKI által előírt törvényes

kötelezettség. Ez magában foglalja a vándorlási útvonalak létesítését a dunacsúni duzzasztógátnál.

6.1.7. Felszín alatti vízjárás

A mind minőségi, mind mennyiségi szempontból nagy potenciállal rendelkező felszín alatti vízkészlet fenntartása mindkét szomszédos állam számára elsődleges fontosságú. A felszín alatti vízszintek természetes ingadozása biztosította a folyam vízének az akviferbe történő könnyű bejutását. Az üledék lerakódás megelőzését a természetes rendszerben az biztosította, hogy a felszín alatti víz beszivárgott a főmederbe és az aktív mellékágakba az áradások levonulási szakaszában. A fenntartható megoldásnak magában kell foglalnia a felszín alatti vizek visszapótlásának hasonló öfenntartó folyamatát. A felszín alatti vízminőség romlásának a lehetőségét is el kell kerülni még akkor is, ha pillanatnyilag nem láthatók a romlás jelei.

A különböző talaj- és szubsztrátmintázattal kombinált morfordinamikai folyamatok, áradások és felszín alatti vízszintingadozások meghatározzák a dunai vizes élőhelyek biodiverzitását a maga biogeográfiai összefüggésében. Ebből a szempontból rendkívül fontos tényező a felszín alatti vízszintek emelkedése és süllyedése a megfelelő stádiumokban a fedőréteg regionális eloszlásához viszonyítva. A műszaki megoldások értékelése során kvantitatív módon kell figyelembe venni a felszín alatti víz dinamikus rendszerét.

A potenciális felszín alatti vízkészletet 1,1 millió m³/nap szinten kell tartani. A jövőbeni parti szűrősű kutak létesítése érdekében nem engedhetők meg lényeges változások a part menti zónák rendelkezésre állása tekintetében, illetve a folyómeder anyagának minőségében (amely befolyásolja a parti szűrősű víz minőségét), így el kell kerülni a jelentős mértékű üledék lerakódást (iszaposodást) a főmederben.

6.2. Tájszerkezet

A Szigetköz ártere természetes állapotában a növények sokféleségével és a vizek általi szabdaltságával olyan jellegű táj, amely kiemelkedő jelentőségű a magyar természetvédelem szempontjából. A folyószabályozások által átalakított, egykor kiterjedt dunai ártereknek csupán a töredéke volt megmenthető. A még mindig a régi ártér képét mutató táj már csak mozaikszerű formában található meg a Szigetközben. Ez az egyetlen olyan hely Magyarországon, ahol egy fonatos folyószakasz alakult ki a holocén képződményekkel borított hordalékkúpon.

A folyószabályozás miatt az ártér eredeti élőhely-összetétele jelentős mértékben megváltozott, és az élőhelyi ciklus-váltás korlátozottá vált. A táj megváltozásában mutatkozó trendek a vízi élőhelyek általános eltűnése irányába mutatnak különösen a

dinamikus fiatalodást stimuláló zónák vonatkozásában. Az ártér szárazföldi jellegűvé válása erősen felgyorsult.

A helyreállító intézkedések általános környezeti célkitűzése ezért a vízi és átmeneti zónák és időszakos ciklusuk javítása kell, hogy legyen a “Leitbild” megvalósítása irányába (lásd fent).

18. táblázat Jellegzetes tájelemek és a helyreállítás környezeti célkitűzései a térbeli kiterjedés, az élőhelyek összekötöttsége és a minőség várt változása tekintetében. Feltüntetjük a lényeges paramétereket a viszonyításhoz és a helyreállítási forgatókönyvek értékeléséhez.

Táj-elem	Fizikai és ökológiai sajátosságok az élőhely minőségéhez	
Vízi élőhelyek	Helyreállítási célkitűzések	Viszonyítás (benchmarking)
- eupotamon	Az állandó áramlású, a természeteshez közeli áramlás-dinamikájú ágak hosszú távú fenntartása és támogatása, a part menti zónák és az ökotonok megnövekedett kiterjedése, kicserélődési folyamatok az a felszín alatti víztérrel, A – fito- és zooplankton bőségét meghatározó - biológiai folyamatok és a biodiverzitás kiemelt jelentőségű, nélkülözhetetlen élőhely a reofil fajok számára	Az eupotamon zónák térbeli kiterjedése, a part menti zónák nagysága és szerkezete, a vízszint-ingadozások amplitúdója és időbeli mintázata
- parapotamon	Az áramló főágakkal állandó összeköttetésben lévő mellékágak hosszú távú fenntartása és támogatás, jobb összeköttetés a folyammal, jobb ökoton-struktúra (mint fent), kicserélődési folyamatok a felszín alatti víztérrel, Az eupotamon élővilág számára kulcsfontosságú az áradások során menedék, áttelelő-, ivó- és táplálkozóhelyet biztosít	A parapotamon zónák térbeli kiterjedése, az eupotamonnal való összeköttetés időbeli kiterjedése, a part menti zónák kiterjedése és szerkezete, a vízszint-ingadozások amplitúdója és időbeli mintázata
- plesiopotamon	Az áramló ágakkal időszakos összeköttetésben lévő, állandó vagy időszakos állóvizek hosszú távú fenntartása és táplálása, intenzívebb hidromezomorf folyamatok az árterekbe jutó nagyobb vízáramlás révén, kulcsfontosságú élőhely a limnofil fajok számára, makrofita-túlsúly	A plesiopotamon zónák térbeli kiterjedése, az eupotamonnal való összeköttetés időbeli kiterjedése, a part menti zónák kiterjedése és szerkezete, a vízszint-ingadozások amplitúdója és időbeli mintázata, az ilyen élőhely hosszú távú fenntarthatóságára vonatkozó prognózis

Táj-elem	Fizikai és ökológiai sajátosságok az élőhely minőségéhez	
- paleopotamon	A teljes mértékben leválasztott, állandó állóvizek hosszútávú fenntartása és táplálása, intenzívebb hidromeorf folyamatok az árterekbe jutó nagyobb vízáramlás révén, nélkülözhetetlen élőhely néhány limnofil faj számára, intenzív makrofita-növekedés	A parapotamon víztestek térbeli kiterjedése, az ilyen élőhely-típus hosszútávú fenntarthatóságára vonatkozó prognózis
Szárazföldi élőhelyek	Helyreállítási célkitűzések	Viszonyítás (benchmarking)
- alacsonyan fekvő ártér	A rendszeres áradások megnövekedett térbeli kiterjedése, a talajt az árvizek és a talajvíz nedvesíti, a jellegzetes élőlények jobb növekedési feltételei a nagyobb árhullámoknak és felszín alatti vízszint-ingadozásoknak köszönhetően	Az áradás tér- és időbeli kiterjedése, A rendszeres elárasztás időtartama évente 1-2 hónap vagy annál több
- magasan fekvő ártér	A rendszertelen elárasztások megnövekedett térbeli kiterjedése a nagyobb vízhozam és a nagyobb amplitúdójú vízszint-ingadozások miatt, a talajt rendszerint a felszín alatti víz nedvesíti, a jellegzetes élőlények jobb növekedési feltételei a nagyobb árhullámoknak és felszín alatti vízszint-ingadozásoknak köszönhetően	Az áradás tér- és időbeli kiterjedése, A rendszertelen elárasztások átlagos időtartama kevesebb, mint 1 hónap

6.2.1. Vízi élőhelyek

A folyami ökoszisztéma vízi élőhelyeit számos hidraulikai és morfológiai változó határozza meg. Morfológiai értelemben két különböző „élőhely-szektor” jellemzi a szigetközi alluviális folyami ökoszisztémát: 1) a fonatos szektor (a hordalékkúp gerince mentén), 2) kanyargó (meanderező) szakasz (a hordalékkúp szélein). A fonatos szakasz túlnyomórészt instabil, ami nem teszi lehetővé az ökológiai szulcesszió teljes kifejlődését. Alapvető élőhely-típusai az eupotamon, parapotamon és plesiopotamon a hordalékkúp gerince mentén. A megújulási folyamat előfeltétele az élőhely-elemek, azok dinamikája és a szulcessziós stádiumok fenntartásának.

A meanderező szektorban a csatornák folyásirányban vándorolnak, és a kanyargó hurkok leválasztódhatnak. Az elhagyott holtágak (izolálódott kanyarhurok) fokozatosan

elveszítik kapcsolatukat a folyammal, és néhány száz év alatt feltöltődnek. A kanyargó folyószakasz viszonylagos stabilitása lehetővé teszi az ökológiai szukcesszió teljes kifejlődését. Az ide tartozó alapvető élőhely-típusok az eupotamon, parapotamon, plesiopotamon és paleopotamon.

A különböző típusú vízi élőhelyek élővilágának legjellegzetesebb elemei (lásd a 1.2.2 fejezetet) a következők:

- *Az eupotamon típusú élőhelyek*
Indikátor halfajok: *Acipenser ruthenus*, *Barbus barbus*, *Zingel zingel*, *Z. streber*.
- *A parapotamon típusú élőhelyek*
A halfauna jellegzetes elemei: *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Leuciscus idus*, *Cyprinus carpio*, *Rutilus rutilus*.
- *A plesiopotamon típusú élőhelyek*
A flóra jellegzetes képviselői: *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton lucens*, *P. pectinatus*, *P. perfoliatus*, *Ranunculus circinatus*. A halfauna jellegzetes képviselői: *Esox lucius*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Rhodeus sericeus*, *Tinca tinca*. A halfauna esetenként csak egy vagy két fajtól áll.
- *A paleopotamon típusú élőhelyek*
Néhány limnofil faj számára (például *Umbra krameri*) nélkülözhetetlen élőhely. A növényvilág jellegzetes képviselői: *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata*, *Utricularia vulgaris*. A halfauna jellegzetes képviselői: *Carassius carassius*, *Tinca tinca*, *Misgurnus fossilis*. Indikátor halfaj: *Umbra krameri*.

6.2.2. Átmeneti zóna

Az egész folyami hidroszisztémában alapvető kölcsönhatás áll fenn a szárazföld és a víz határterületen. Ezek az átmeneti zónák és a vízszint-ingadozásokat követő dinamikus változásaik az árterek fő ökológiai értékeit képviselik, és jelentősek a funkcionális folyamatok – produkció, lebomlás, táplálék-tárolás és körforgás – szempontjából. Ugyancsak lényegesek a felszín alatti vízzel való kicserélődési folyamatok tekintetében, és fontos élőhelyek a jellegzetes ártéri élőlények számára.

A Duna szigetközi szakaszának ökológiai integritása a folyam és az ártér közötti összeköttetés erősségétől függ. A folyam és az ártér laterális irányú kapcsolódása, valamint az árhullámok mintázata kulcselem számos rendszertani csoport diverzitásának a fenntartásához a folyóártéri rendszerben. Növényfajok és társulások sorozata alkalmazkodott a szezonális elöntéshez, valamint tápanyag- és fényforrás áll rendelkezésre a vízi-szárazföldi átmeneti zóna (ATTZ) mentén. Az áradás korai stádiumaiban az elsődleges produkció kirobbanása teremti meg a nélkülözhetetlen feltételeket a halak és más állatfajok szaporodásához és táplálkozásához, amelyek a folyamból az ártérre vándorolnak az emelkedő vízzel. Az elöntés lehetővé teszi a vízi

állatfajok számára, hogy hozzáférjenek az allochton táplálék-forrásokhoz. Az áradás során az ATTZ parti része bölcsőt biztosít a halak számára és kedvező élőhelyet teremt a vízi gerinctelenek és felnőtt halak részére is. Az ár levonulása idején a táplálékok felhalmozódása megnövekedett fitoplankton-képződéshez vezethet, a halak a főág felé vándorolnak, vagy mélyebb állandó ártéri víztestek irányába. A száraz évszakban a szárazföldi füvek és bozótok újra nőnek, a szárazföldi állatfajok újra benépesítik az ártéri területeket és elpusztul a megmaradt vízi vegetáció.

6.2.3. Szárazföldi élőhelyek

A gyakran elöntött szárazföldi ártereken a vegetáció az allochton szukcesszió állomásait reprezentálja. A kavicspadok és az ágak partvonalala mentén normálisan alacsony füzes bozót alakul ki, a talajminőségtől függő fajösszetétellel. A kavicspadokon bíborfűz-bozót (*Rumici crispi-Salicetum purpureae*) nő. A homokos szakaszokon mandulalevelű füzek (*Polygono hydropiperi-Salicetum triandrae*) tenyésznek.

Az alacsony fekvésű ártér gyakran ki van téve áradásoknak, ami évente átlagosan 1-2 hónapig vagy még hosszabb ideig tartó elöntéssel jár. Vegetációját a fűz- és nyárfaerdők jellemzik. A kisebb áradások által elöntött élőhelyeket általában fehérfűz ártéri erdők (*Leucojo aestivi-Salicetum albae*) népesítik be. Ahol a talaj homokos-kavicsos aljzatrétegen alakult ki, fekete nyárfaerdők (*Carduo crispi-Populetum nigrae*) fejlődnek ki. Az alacsony fekvésű árterek magasabb területein, amelyek csak rövidebb időszakokra kerülnek víz alá, fehér nyárfaerdők (*Senecioni sarracenic-Populetum albae*) nőnek. A zárt vízelvezetésű, jó vízellátású területeken fűz- és égerfaerdők (*Calamagrostio-Salicetum cinereae*, *Carici elongatae-Alnetum*) találhatóak.

A magasan fekvő ártér kevésbé van kitéve az áradásoknak, és az éves elöntés időtartama kevesebb, mint egy hónap. Vegetációját különböző keményfa-társulások jellemzik: égerligetek (*Paridi quadrifoliae-Alnetum*), tölgy-köris-szilfa-ligetek (*Pimpinello majoris-Ulmetum*), gyertyán-tölgyerdők (*Majanthemo-Carpinetum*), zárt és nyitott száraz tölgyerdők (*Piptathero virescentis-Quercetum roboris*, *Peucedano alsatico-Quercetum roboris*), stb.

Az ártéren megtalálhatók a láp- és tőzegrét-társulások is, például meszes talajú láprét (*Succiso-Molinietum hungaricae*) hegyi tőzegrét (*Carici flavae-Eriophoretum*). Az első a vízzel telített talajt kedveli.

6.3. Bióta és biodiverzitás

Az ártereken zajló morfodinamikai folyamatok az élőhely-elemek jellegzetes összetételét és összekapcsolódását eredményezik, ez az, amelytől az ökológiai folyamatok és a élővilág diverzitásának jellemzői függenek. A folyami ártér ökológiájára vonatkozó

jelenlegi tudásunkat és a jogi kereteket (különösen a VKI) figyelembe véve a jó ökológiai státuszt vagy potenciált kell megcélozni, tekintettel a víztestek trofikus állapotaira, a funkcionális limnológiai folyamatokra és a karakterisztikus élőlényekre. Specifikus minőségi elemeket sorol fel és határoz meg az FFH és más direktívák. A VKI kifejezetten javasolja a fitoplankton, vízi és szemi-akvatikus makrofiták, makrobentosz és halak, mint szignifikáns csoportok figyelembe vételét az ökológiai minőség értékelésére és viszonyításra. A környezeti célkitűzések az élőhelyek kiterjedésének és a jellemző ártéri társulások minőségének szignifikáns javítását irányozzák elő, különös tekintettel azokra, amelyek komolyan veszélyeztetettek a gátépítésekett és szabályozásokat követő tájértrendeződés trendjei miatt. A veszélyeztetett élőlény fontos indikátor mind a megőrzési állapot mind a viszonyítás (benchmarking) szempontjából az élőhelyi elemek minőségére és kiterjedésére vonatkozóan.

19. táblázat Különböző tájlemek jelentős természetmegőrzési és bio-indikációs értéket képviselő jellegzetes élővilága

	Élőhely minősége és indikátor-értéke	
	Helyreállítási célkitűzések	Viszonyítás (benchmarking)
Vízi élőhelyek		
- eupotamon	A természeteshez közeli áramlási dinamika, a parti zónák és ökotonok megnövekedett kiterjedése a reofil fajok számára kiemelkedő fontosságú nélkülözhetetlen élőhelyek miatt	fitoplankton fejlődés a part menti zónákban, jellegzetes reofil makrobentosz fajok, halbölcső minősége reofil halaknak, költő területek madaraknak a kavics padokon
- parapotamon	A folyammal való jobb összeköttetés; nélkülözhetetlen az eupotamon élőlényei számára, mint menedékhely az áradások idején, áttelelő hely, ivó- és táplálkozóhely; az ilyen típusú vízi élőhelyek megnövekedett kiterjedése; jobb ökoton szerkezet kiemelkedő fontossága miatt, mivel nélkülözhetetlen élőhely a reofil fajok számára	összekötöttség - reofil halak, jellegzetes makrobentosz társulások
- plesiopotamon	Állandó és időszakos állóvizek hosszú távú fenntartása és táplálása	Jellegzetes makrofita, makrozoobentosz és halközösségek
- paleopotamon	hosszú távú fenntartása és táplálása ezeknek az izolált víztesteknek, amelyek az intenzív makrofita	Jellegzetes makrofita, makrozoobentosz és halközösségek

Élőhely minősége és indikátor-értéke		
	Helyreállítási célkitűzések	Viszonyítás (benchmarking)
	növekedéssel, nagy biodiverzitással jellemzett aktív árterek geomorfodinamikai fejlődésének egyik stádiuma. Nélkülözhetetlen élőhely néhány limnofil faj számára	
Átmeneti zóna		
	A vízi-szárazföldi átmeneti zóna az árterek igen jellegzetes élőhelyi eleme, nagymértékben veszélyeztetett flórával, jellegzetesen szárazföldi faunával (Carabidae, Arachnida, Orthoptera) és jelentős halbölcsővel	Jellegzetes társulások jelenléte élőhelyi minőségi kritériumként
Szárazföldi élőhelyek		
- alacsony fekvésű ártér	Jobb növekedési feltételek a jellegzetes élőlények számára a nagyobb árhullámok és nagyobb felszín alatti vízszint-ingadozások miatt	A puhafa-erdők autochton növekedése
- magas fekvésű ártér	Jobb növekedési feltételek a jellegzetes élőlények számára a nagyobb árhullámok és nagyobb felszín alatti vízszint-ingadozások miatt	Növekedési feltételek az ártéri erdők, vegetációs minták, madárközösségek számára

A szigetközi táj természetes flórája és faunája, valamint a rá jellemző biológiai sokféleség természetvédelmi szempontból jelentős értéket képvisel. Biogeográfiai szempontból a Szigetköz a dévényi kapu alatti régió (*Arrabonicum*) flóra- és faunajáráshoz tartozik az alföldi flóraidéken belül (*Eupannonicum*), valamint a magyar flóra körzet belül (*Pannonicum*) és az alföldi fauna körzeten belül (*Pannonicum*).

A szigetközi régióban 65 védett növényfaj előfordulását regisztrálták. Ezek közül kettőt (*Pulsatilla pratensis* ssp. *nigricans*, *Myricaria germanica*) több mint 50 évvel ezelőtt észleltek. Négy faj szigorúan védett. A védett növényfajok legnagyobb része (60 faj) szárazföldi.

A Szigetköz állatfajainak csaknem 99%-a gerinctelen, de elsősorban a gerincesek minősülnek értékesnek természetvédelmi szempontból (halak, kételtűek, hullók, madarak, emlősök). 76 halfaj előfordulását figyelték meg a Duna szigetközi szakaszán;

ezek közül kettő (*Huso huso*, *Acipenser stellatus*) kihalt a régióban, másik 18 faj pedig védett a magyar törvények szerint. 11 kétéltű és 5 hüllőfaj ugyancsak védett. A régióban mintegy 200-220 madárfajt és 40 emlősfajt regisztráltak, melyek túlnyomó része védett.

7. A rehabilitációs intézkedések általános áttekintése

A Duna Szigetközi részén a folyó és az árterület élőhelyeinek rehabilitációját szolgáló különböző műszaki intézkedések értékelés érdekében szükséges, hogy a változatok fő paramétereit hasonló módon írjuk le. Az alábbi ismertetés felépítés a 6. fejezetben felvázolt kritériumra épül.

7.1. A műszaki intézkedések rövid áttekintése

Az értékelendő változatokat nem azonos mértékben tanulmányozták. Azonban már a kezdeti fázisban is szükséges az intézkedések áttekintése és a fő paraméterek számszerűsítése. Olyan változatok, amelyek csak homályos elképzelések formájában léteznek nem vonhatóak be az értékelésbe.

Az alábbi műszaki megoldások egyike sem határoz meg egy adott vízjárást. A folyami ökoszisztéma létfontosságú funkcióinak helyreállításához azonban, elegendő árhullám és a vízszint rendszeres ingadozása szükséges. Éppen ezért a megfelelő vízjárással társuló műszaki intézkedések optimális megoldásának feltárásához további vizsgálatokra lesz szükség.

Fontos megjegyezni, hogy a talajvíz rendszer esetében az összehasonlítás alapja főként a jelenlegi állapot, mivel az eredeti helyzethez viszonyított eltérés minden változat esetében sokkal nagyobb volt, mint a közöttük lévő eltérések. A duzzasztás előtti körülményekhez képest a legalapvetőbb változás az, hogy a felszín alatti víztározó feltöltésének fő forrásaként szolgáló Duna szerepét átvette a Dunacsúni tározó és az ártéri és mentett oldali mesterséges vízpótló rendszer (lásd 1.1.2 és 4.1.3 fejezet). A talajvíz áramlási rendszerével kapcsolatos általános vizsgálatok alapján (lásd 1.1.2 és 4.1.3 fejezet) ez a helyzet úgy tűnik minden változat esetében állandó marad. Mivel az egyes változatok nem tartalmaznak konkrét információkat a talajvízre gyakorolt hatás tekintetében, részletesebb elemzésre van szükség.

Az elmúlt években számos műszaki intézkedés-változatot dolgoztak ki, amelyek 3 fő csoportba oszthatóak a jellemző beavatkozás alapján.

I. csoport: A vízjárás módosítása¹⁰

Ebben a csoportban csak egyetlen megoldás található, az **1. sz. változat**, amely értelmében a meglévő folyómederben nem történnek műszaki beavatkozások, hanem pusztán a vízjárást módosítja, azaz meghatározza a szükséges vízhozamokat a fő folyómederben és a magyar és a szlovák árterületeken lévő oldalágakban.

II. csoport: A fő folyómeder módosítása

E két változat esetén a jellemző műszaki beavatkozás a fő folyómeder módosítása. Mindkét esetben a folyómeder megemelése szükséges, de

a **II-1.** változat¹¹ (**2. sz. változat**) a folyómeder szűkítését, míg

a **II-2.** változat¹² (**3. sz. változat**) a folyómeder szélesítését

javasolja.

III. csoport: A vízszintek módosítása duzzasztással

Ebben a csoportban a közös jellemző a gátak építése a fő folyómederben. A különbségek (i) az alkalmazott gátak számában és ennek következtében a felvíz és az alvíz szintek eséseiben, valamint (ii) az oldalágak tervezett üzemeltetésében vannak.

A **III-1. alváltozatok** azok a megoldásokat tartalmazzák, ahol a gátak úgy épülnének, hogy az oldalágak ("mind") az ágak megkülönböztetése nélkül csatlakoznának a fő folyómederhez.

III-1.1. Ez az *alváltozat*¹³ (**4. sz. változat**) négy újonnan építendő gát elhelyezését és a Dunakilitinél lévő gát módosítását javasolja);

III-1.2 Ezek az *alváltozatok*¹⁴ 7-8 újonnan építendő gát elhelyezését és az oldalágaknak a folyó egyik vagy mindkét oldalához való csatlakoztatását javasolják;

III-1.2.A (5. sz. változat): az oldalágak csatlakoztatása a magyar és a szlovák oldalon is (8 újonnan építendő + egy módosított gát Dunakilitinél);

III-1.2.AB (6. sz. változat): csak a magyar oldalágak csatlakoztatása (8 újonnan építendő + egy módosított gát Dunakilitinél);

¹⁰ Javaslat a „Report by the Working Group of Monitoring and Water Management Experts for the Gabčíkovo System of Locks on Temporary Water Management Regime, Bratislava, 1 December 1993.” alapján, 2008. szeptember 20, összeállította: Hajóssy Adrienn

¹¹ WWF, 1997, forrásadatok: ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI, 1999

¹² Molnár P., 2004; VITUKI, 2005

¹³ Leírás és forrásadatok: ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)

¹⁴ Ugyanott

III-1.3. alváltozat¹⁵ (7. sz. változat) sűrűn alkalmazott duzzasztás, ahol kezdetben csak három gátat építenének, majd megvizsgálva a kialakuló új vízjárást és vízszinteket, kiválasztanák a további gátak helyét;

A **III-2. alváltozatok** két hasonló megoldást tartalmaznak, egy magyar és egy szlovák alváltozatot. Mindkét esetben a fő oldalág egy új kanyargó folyómederként szolgál majd, az eredeti folyómeder szerepe pedig az árhullámok és szállítja és a jeg levezetésére korlátozódik.

III-2.1. alváltozat¹⁶ (8. sz. változat): A magyar verzióban egy új kanyargó oldalágat alakítanak ki;

III-2.2. alváltozat¹⁷ (9. sz. változat): A szlovák verzióban az új kanyargó oldalág fokozatosan alakul ki az áradások során.

Az 20. táblázat a különböző változatokban szereplő beavatkozások típusait összegzi.

20. táblázat A rehabilitációs változatokban szereplő fő műszaki megoldások

A beavatkozás típusa	A csoportok és változatok azonosítása								
	I. csoport	II. csoport		III. csoport					
		II-1	II-2	III-1				III-2	
				III-1.1	III-1.2.A	III-1.2.B	III-1.3	III-2.1	III-2.2
	Változatok								
	1. sz.	2. sz.	3. sz.	4. sz.	5. sz.	6. sz.	7. sz.	8. sz.	9. sz.
Nincsenek műszaki intézkedések									
A folyómeder megemlése									
A folyómeder beszűkítése									
A folyómeder kiszélesítése									
Szórványosan alkalmazott									

¹⁵ Az INTERREG III projekt 'Laying the joint foundations of the rehabilitation of the Szigetköz-Zitny Ostrov side-arm system of the Danube inundation area, 2007' keretében kidolgozott ún. „SzITE javaslat”.

¹⁶ Az ún. Rácz-féle javaslat, melyet elsőként az ÖKOPLAN publikált- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)

¹⁷ Az ún. Lisický-féle javaslat, első megjelenés: Lisický M. J. And Mucha I., Ed. (2003)

A beavatkozás típusa	A csoportok és változatok azonosítása								
	I. csoport	II. csoport		III. csoport					
		II-1	II-2	III-1				III-2	
				III-1.1	III-1.2.A	III-1.2.B	III-1.3	III-2.1	III-2.2
duzzasztások									
Sűrűn duzzasztások									
Összakötött oldalágak mindkét oldalon									
Összakötött oldalágak csak a magyar oldalon									
Hajózsilip									
Átformált, kanyargó oldalág									
Fokozatosan kialakuló oldalág									

Az ebben a fejezetben felvázolt változatok nem feltétlenül a legjobb megoldások. További vizsgálatokkal kell részletesebben feltárni ezek környezetre gyakorolt hatását, annak érdekében, hogy adott körülmények között számszerűsíteni lehessen a hatásokat és optimalizálható legyenek a vizes élőhelyrendszer javulását eredményező rehabilitációs intézkedések.

7.1.1. I. csoport: A vízjárás módosítása, 1. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

- *A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)*

Ez a változat feltehetőleg nem igényel semmilyen műszaki beavatkozást a Szigetközben.

- *A vízhozam rendszer leírása (működés)*

Az oldalágak vízigényét az extrafiltráció, a vízszint és a szükséges áramlási sebesség határozza meg. A minimális téli igény a becslések szerint mintegy 20 m³/s, míg a nyári igény 90 m³/s. Az oldalágak átmosásához mintegy 200-250 m³/s vízhozam feltétlenül szükséges. A vízhozamnál az említett 20-30 cm/s áramlási sebességek átlagnak tekintendők. A vízhozamoknak vissza kell állítani az alapvető ökológiai funkciókat és a folyamatokat a hidraulikai modellezés eredményei alapján kell meghatározni.

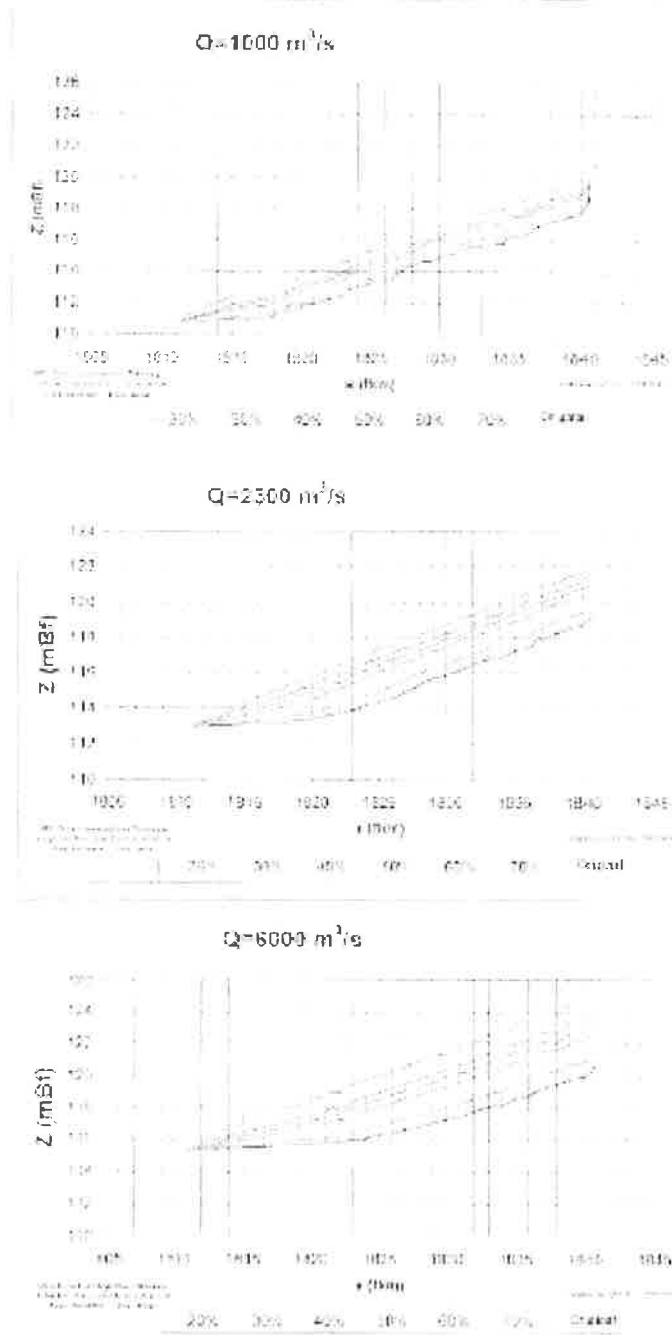
Az áramlási dinamikák vizsgálata

- *Vízszintingadozások*

Három vízhozamot kell feltárni a további vizsgálatokban: 1000, középvíz és 6000 m³/s. A 1000 m³/s vízhozam jelenti az évente több alkalommal előforduló gyakori, de nem hosszú életű áradást. A 6000 m³/s jelenti az átlagos éves árvizet.

A felszíni víz profil a 32. ábraán látható.

Surface profile in case of different flow (flow alternatives)



Északi felvétel

32. ábra Felszíni víz profil különböző vízmegosztásnál az 1. sz. változat esetén [ÖKOPLAN-Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

- *Áramlási rendszer*

A javasolt vízhozamok az alábbiak:

- Minimális vízhozam a fő folyómederben: 400 m³/s.
- Átlagos vízhozam a fő folyómederben: 800 m³/s.
- Évente 1-3 alkalommal több, mint 3500 m³/s áradás a fő folyómederben (a hidrológiailag lehetséges mértékig).
- 30 - 140 m³/s az oldalágakba a szlovák oldalon.
- 30 - 70 m³/s az oldalágakba a magyar oldalon.

A fent megadott vízhozamok a jövőben további értékelést tárgyát foigják képezni.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*
További vizsgálatok szükségesek.
- *Laterális erózió és depozíció*
Lásd fent.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*

A hosszanti migráció a fő csatornában nem akadályozott. Az oldalirányú összeköttetés részletes feltárást igényel.

- *Az oldalágak összekötöttsége*

Évente 1-3 alkalommal több, mint 3500 m³/s vízhozam a fő folyómederben felhasználható 200-250 m³/s vízhozam generálásához az oldalágakban. Egy átmeneti időszakra a teljes vízhozam 40%-át biztosítani kell a fő folyómederben, így garantálható az évente legalább 2 hétig tartó ártéri elöntés kedvező hidrológiai feltételek mellett. A megfelelő időben megfelelő monitorozás szükséges az áramlási rendszer hatásának értékelésére.

Talajvíz rendszer

- *A talajvízforrások mennyisége és minősége*
A jelenlegi helyzethez képest nem várható jelentős változás. A kissé magasabb átlagos vízszint a Dunában mérsékelten csökkenti a Duna talajvíz elszívó hatását és növeli az áramlást a mélyebb oldalágakban (változatlan mesterséges vízpótlás esetén).

A magasabb Duna vízszint miatt a potenciális parti szűrős kutak kapacitása is növekedni fog, de nem jelentős mértékben.

- *Talajvíz ingadozások, a vegetáció vízellátása*
A Duna átlagos vízszintje, amely a $800 \text{ m}^3/\text{s}$ átlagos vízhozamhoz tartozik magasabb mint a jelenlegi szint (becsült növekedés: 50-70 cm) de még mindig messze van az eredeti átlagos állapottól. Az enyhén emelkedett Duna vízszint miatt a talajvíz a Duna közelében lévő keskeny zónában ugyancsak megemelkedik, de ez a hatás lényegében nem javítja a vegetáció kapilláris vízellátásának jelenlegi helyzetét. A ritka és mérsékelt áradások nem okoznak jelentős talajvíz ingadozást.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
Ez a változat feltehetőleg nem igényel semmilyen műszaki beavatkozást a Szigetközben, így nincsen építkezés által érintett terület.
- *Az érintett védett területek vizsgálata*
Lásd fent.
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
Az új vízmegosztáshoz nyilvánvalóan szükséges a szlovák féllel való egyezség.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*
A javaslat megvalósítása nem igényel műszaki beavatkozást. A javaslat éves költsége levezethető az elektromos energiatermelés csökkenéséből fakadó deficitből (körülbelül $0,5 \times 10^6$ MWh), amely a fő folyómederbe érkező nagyobb mennyiségű víz következménye. Ez az állítás általánosságban igaz minden változatra, ha figyelembe vesszük a jelenlegi vízmegosztás módosítását.

7.1.2. II. csoport A fő folyómeder módosítása

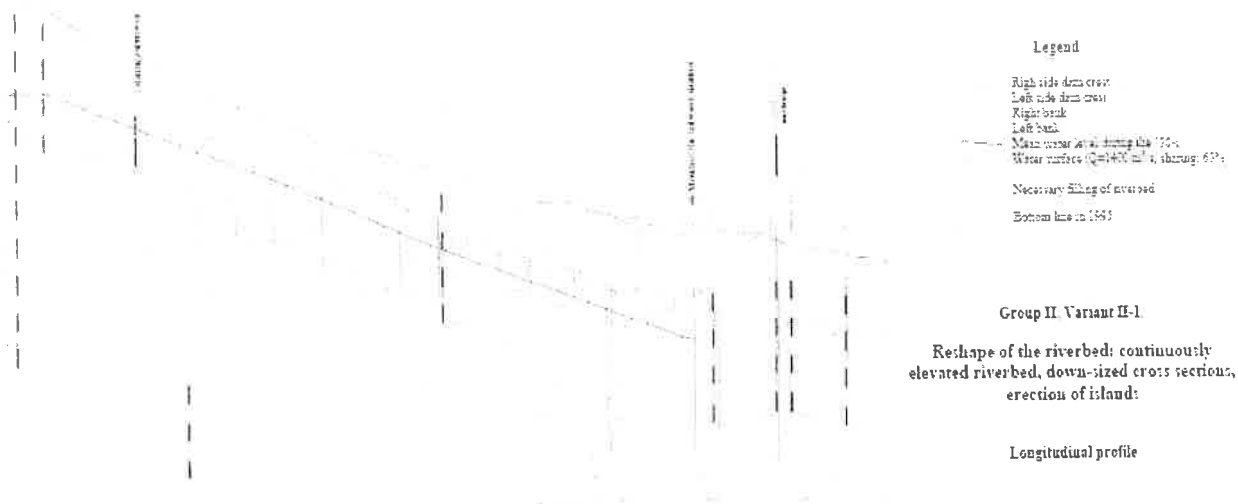
7.1.2.1. A folyómeder megemelése és a keresztmetszet szűkítése, 2. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

- *A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)*
Az 1950-es éveknek megfelelő vízszint visszaállításához ez a változat a folyómeder feltöltéssel történő megemelésével éri el. A csökkent vízhozam miatti vízszint esés

kompenzálása érdekében kisebb keresztmetszeteket alakítanak ki. Ez a folyómeder beszűkítését és/vagy új, mesterséges szigetek létrehozását jelenti.

Ennek a javaslatnak a kidolgozói nem vizsgálták a folyómeder stabilitását; csak azt említették, hogy az új folyómeder fedőrétegét "a közelből származó helyileg jellemző méretű kavicsból" kell kialakítani¹⁸. További vizsgálatok szükségesek annak feltárására, hogy milyen intézkedések szükségesek a folyómeder stabilizálásához anélkül, hogy a létfontosságú eróziós és lerakódási folyamatokat korlátoznák. Az átalakított folyómeder újrafeltöltését és vízszintjét a 33. ábra és a 34. ábra mutatja be.



33. ábra A 2. sz. változat hosszirányú profilja [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

¹⁸ WWF (1994) A new solution for the Danube. WWF Statement on the EC Mission Reports of the "Working Group of Monitoring and Management Experts" on the Overall Situation of the Gabčíkovo Hydrodam Project.

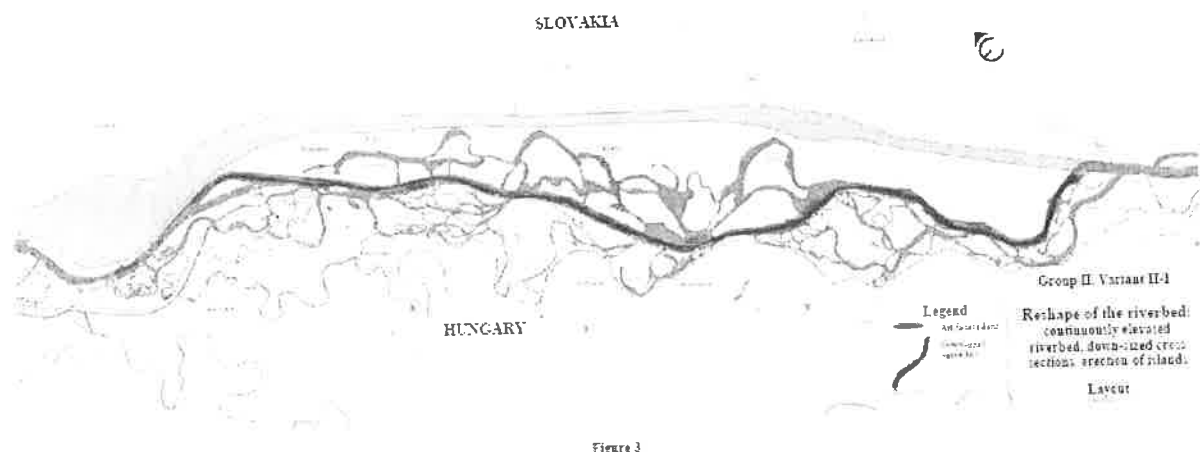


Figure 3

34. ábra A 2. sz. változat vázlata [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

A tényleges keresztmetszet legmélyebb szintje feletti feltöltés átlagos magassága 3,8 méter. A szükséges töltőanyag (homokos kavics) becsült minimális mennyisége 11 millió köbméter.

A tervezett munkálatok a folyásirány szerint letről felfelé haladnának. A feltételezés szerint ez az átalakítás biztosíthatja a kívánt vízszinteket a vízhozam 50-60%-os megosztásával Dunacsúnnál. Kisebb vízhozam esetén a fő folyómederben a szűkítés mértékének jelentősebbnek kell lennie.

- *A vízhozam rendszer leírása (működés)*
Ennél a változatnál azt feltételezik, hogy a vízhozamok 65-75%-a, de minimum 600 m³/s és maximum 1500 m³/s kerül vízhozamra a fő folyómederbe.

Az áramlási dinamikák vizsgálata

- *Vízszíntingadozások*
A 33. ábra a meglévő és az új folyómederben kialakuló vízszinteket mutatja be 65%-os vízmegosztás esetén (1400 m³/s). A vízszint dinamikák meghatározására további vizsgálatok szükségesek.
- *Áramlási rendszer*
Mint fent.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*

További vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy meghatározhassuk a mederszint bevágódása elleni megfelelő intézkedéseket a morfodinamikai folyamatok gátlása nélkül.

- *Laterális erózió és depozíció*
Lásd fent.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*
Duzzasztás nélkül a folyamatos folyómeder nem gátolja a hosszanti migrációt.
- *Az oldalágak összekötöttsége*
Az emelkedett vízszintek miatt (33. ábra) az oldalágak gyakori összeköttetése biztosított és a migráció feltételei visszaállíthatóak.

Talajvíz rendszer

- *A talajvízforrások mennyisége és minősége*
A vízjárás nagymértékben függ a Duna átlagos vízszintjétől, így a tárgyalásokon elérhető vízjárástól. [A talajvíz becslését a változatban megadott vízhozammal kell összefüggésbe hozni, függetlenül megvalósításának valószínűségétől] Minél magasabb a Duna vízszintje, annál kevesebb vizet kell mesterségesen pótolni (a védett oldalon lévő talajvízszint stabilizálására), illetve a beszűrődő víznek annál nagyobb része látja el az oldalcsatornákat.

1400 m³/s átlagos vízhozammal számolva (ez az átlagos áramlás 65%-a) a Duna vízszintje megközelítené az eredeti állapotot.

800 m³/s átlagos vízhozammal számolva (mint az 1. változatnál) a Duna vízszintje 2,0-2,5 méterrel magasabb lesz a jelenleginél, de 1,5-2,5 méterrel alacsonyabb, mint az eredeti közepes vízszint. Ennek eredményeként nagyobb lesz a beáramlás a mélyebb oldalcsatornákba. A magasabb Duna vízszint miatt a potenciális parti szűrősű kutak kapacitása nagyobb lesz a jelenleginél, de kisebb az eredeti állapotnál.

- *Talajvíz ingadozások, a vegetáció vizellátása*
A vegetáció eredeti kapilláris vizellátása legalább 65%-os átlagos vízmegosztással lenne biztosítható, azaz 1400 m³/s esetén, ez azonban még további vizsgálatokat igényel.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
Még nem született döntés arról, hogy a homokos kavicsot és követ honnan fogják kitermelni, ahol potenciális természetkárosodás jelentkezhet. Így még a szállítási

útvonalak sem ismertek. A nagy mennyiségű kitermelendő, szállítandó és beépítendő anyag miatt azonban jelentős környezetrombolással számolhatunk.

- *Az érintett védett területek vizsgálata*
Lásd fent.
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
Az árlevonolás további is vizsgálatot igényel.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*
A költségek felmérése további vizsgálatot igényel. Az anyagok lelőhelyének ismerete nélkül nem végezhetőek komoly költségbecslések.

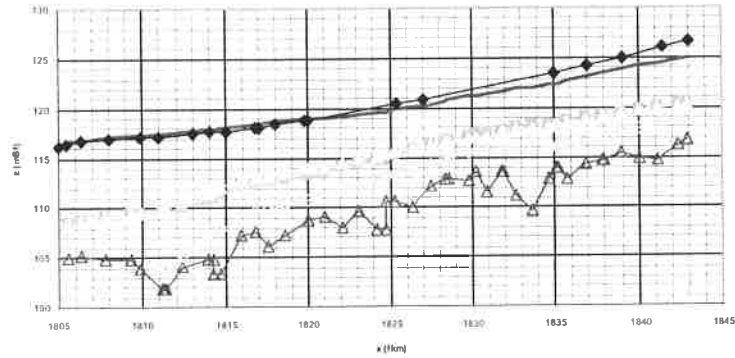
7.1.2.2. A folyómeder megemlése és a keresztmetszet kiszélesítése, 3. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

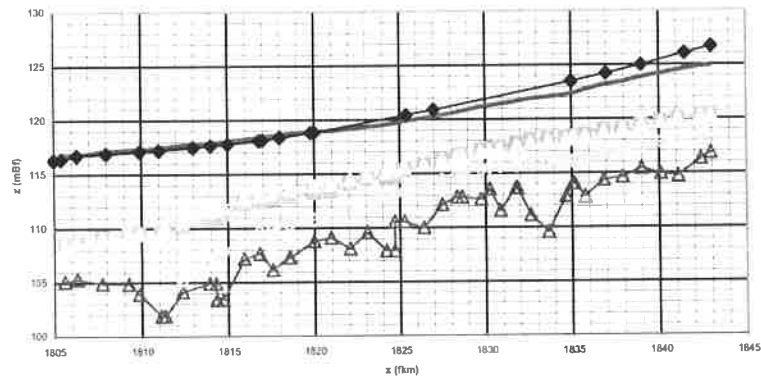
- *A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)*
A megoldás lényege a kisvízi folyómeder megemlése az 50-100 méter széles folyóparti folyosó anyagának felhasználásával. Így egy kiszélesített nagyvízi medret alakítanak ki. Az átlagos töltési magasság 2 méter körül van. Az új folyómedret hidraulikusan értékelték különböző szélesítési módokat feltételezve (1:20, 1:40 és 1:60 szögben lejtő folyómeder esetén).
- *A vízhozam rendszer leírása (működés)*
Hét vízhozamot értékelték: 500 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 4000 – 6000 m³/s.

A felszíni víz hosszanti profilját a meglévő folyómederben 900 m³/s vízhozamnál összehasonlították a megemelt folyómeder profiljával 450 m³/s vízhozam esetén. A 35. ábra azt mutatja, hogy a folyómeder feltöltése 450 m³/s-nál ugyanolyan vízszintet eredményez, mint 900 m³/s-nál, és a 6000 m³/s vízhozam a megemelt folyómederben egyik rézsűszög esetén sem emelkedik 10000 m³/s fölé az eredeti folyómederben. A számok arra is rámutatnak, hogy az árlevezetés áramlási kapacitása 4000 m³/s-mal csökken.

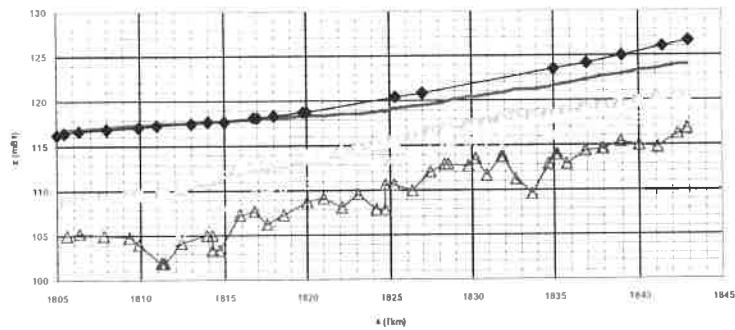
A Duna fő ága (50% vízhozam 1:20)



A Duna fő ága (50% vízhozam 1:40)



A Duna fő ága 50% vízhozam 1:60



5000/10000 m³/s
 Eredeti lefűrés
 Fejlesztett
 MVSz
 450 m³/s (új meder)
 900 m³/s (rég)

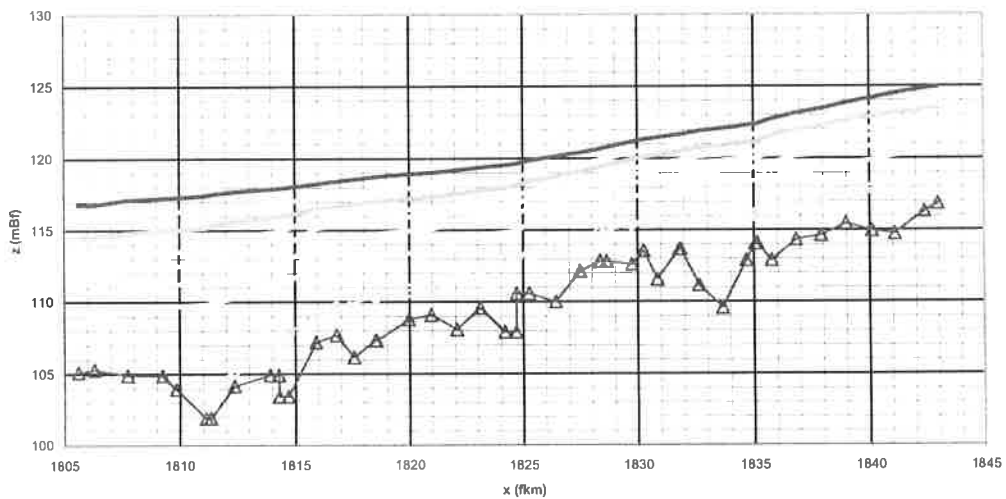
35. ábra A fő folyómeder 50%-os vízhozam és 1:20, 1:40, illetve 1:60 rézsű mellett a 3.sz. változatban. A H_{max} 10000 m³/s vízhozamot jelent az eredeti folyómederben. [VITUKI (2005)]

Az áramlási dinamikák vizsgálata

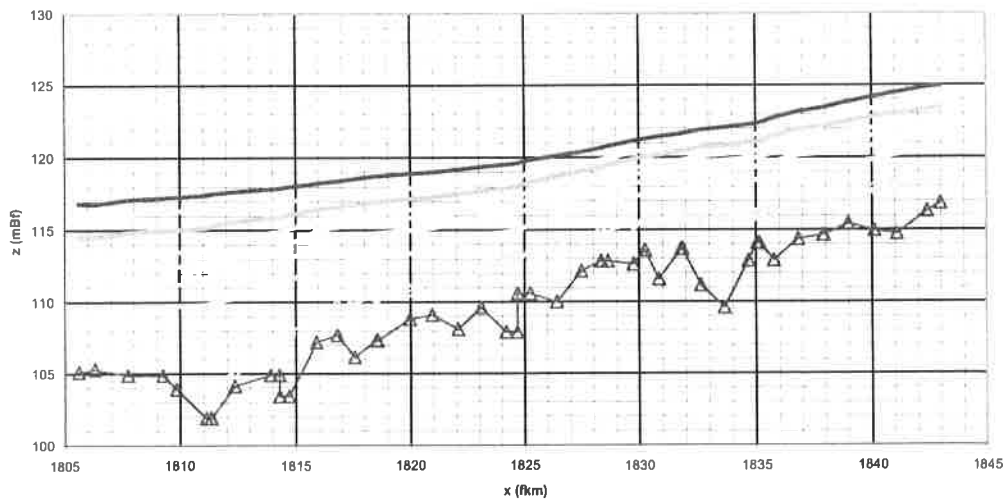
- *Vízszintingadozások*

Az 36. ábra a vízszinteket mutatja be különböző vízhozamok és meredekségek mellett. A 37. ábra azt mutatja be, hogy a különböző meredekségek nem befolyásolják jelentősen a 6000 m³/s vízszintet és 10000 m³/s vízhozamhoz tartozó vízszint alatt maradnak. A különböző vízjárások lefutásának feltárására további tanulmányokat kell végezni.

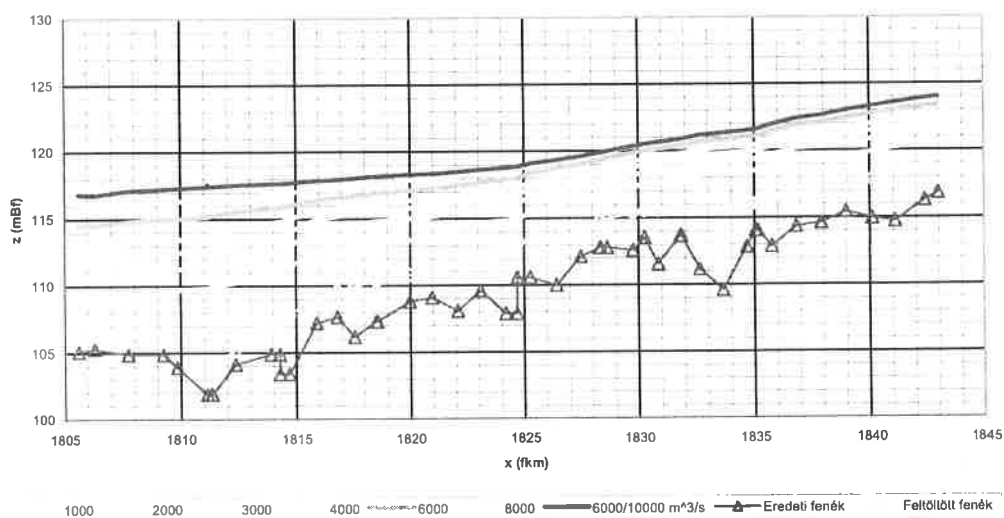
A Duna fő ága (50% vízhozam 1:20)



A Duna fő ága (50% vízhozam 1:40)

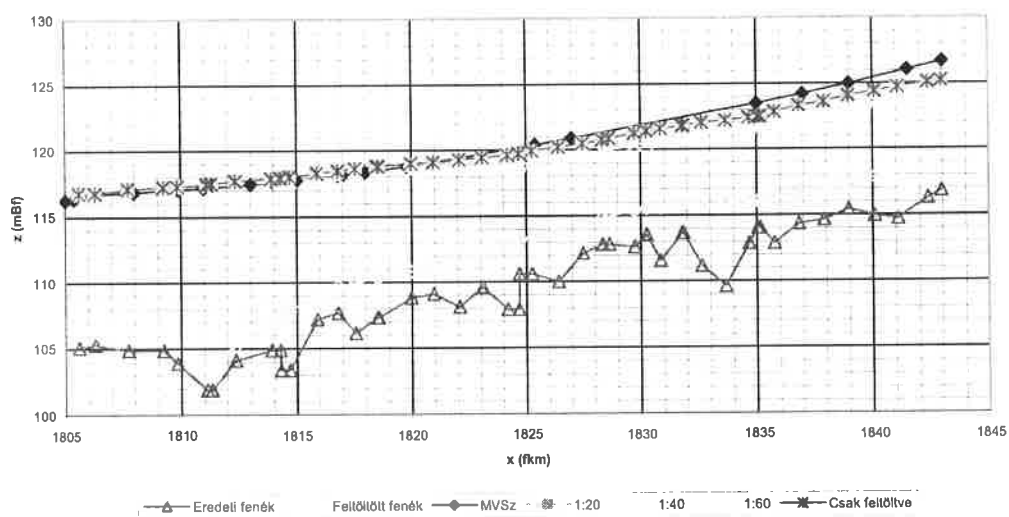


A Duna fő ága (50% vízhozam 1:60)



36. ábra A fő folyómeder 50%-os vízhozam és 1:20, 1:40, illetve 1:60 rézsű mellett a 3.sz. változatban. A vízszint profilok láthatóak különböző vízhozamok esetén. [VITUKI (2005)]

A Duna fő ága (50% vízhozam 6000/10000 m³/s)



37. ábra A 6,000 m³/s vízszint profiljai a megemelt folyómederben különböző meredekségek esetén a 10000 m³/s-mal összehasonlítva az eredeti folyómederben a 3. sz. változat esetén [VITUKI (2005)]

- *Áramlási rendszer*

A változat teljesítményének vizsgálatához fell kell állítani egy vízjárási rendszert.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*
Ezt a kérdést még nem értékelték. Modellezés szükséges.
- *Laterális erózió és depozíció*
Lásd fent.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*
Nincs migrációs gát hosszanti irányban.
- *Az oldalágak összekötöttsége*
Az oldalirányú összeköttetés további vizsgálatokat igényel.

Talajvíz rendszer

A talajvízrendszer felmérése további vizsgálatokat igényel.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
Az érintett összterület a becslések szerint 3,5-6,5 km², amelyben nem szerepelnek a szállítási útvonalak. A part menti homok- és kavicsforrások alkalmasságát még nem elemezték.
- *Az érintett védett területek vizsgálata*
A folyómeder 400-450 méterrel történő kiszélesítése tönkretenné a folyómeder mentén és annak közelében lévő legértékesebb erdőket. Az érintett és védendő élőhely területe mintegy 2,2 km².
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
A megoldás ütközik a környezet- és természetvédelmi jogszabályokkal. Intenzív ellenállás várható a civil szervezetek részéről is.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*
Nem történtek számítások.

A feltöltésre kerülő anyag mennyisége 10 millió m³. Emellett a mintegy 2.7 millió m³ talaj elhelyezése miatt a végleges költség nem becsülhető meg pontosan.

7.1.3. III. csoport A vízszintek módosítása duzzasztással

7.1.3.1. Négy további gát építése, 4. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

- A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)

Négy új gát felépítésére kerül sor, és szükségessé válik a Dunakilitinél meglévő gát magasságának emelése. A gátak alvizi részénél a folyómedret meg kell erősíteni a helyi érdesség kockázata miatt. A műszaki paramétereket és a helyszíneket a következő táblázat és ábrák foglalják össze és mutatják be: 21. táblázat, 38. ábra, 39. ábra, 40. ábra, 41. ábra, 42. ábra, 43. ábra.

21. táblázat A gátak magassága és a vízszintek a négy újonnan épülő gát esetén

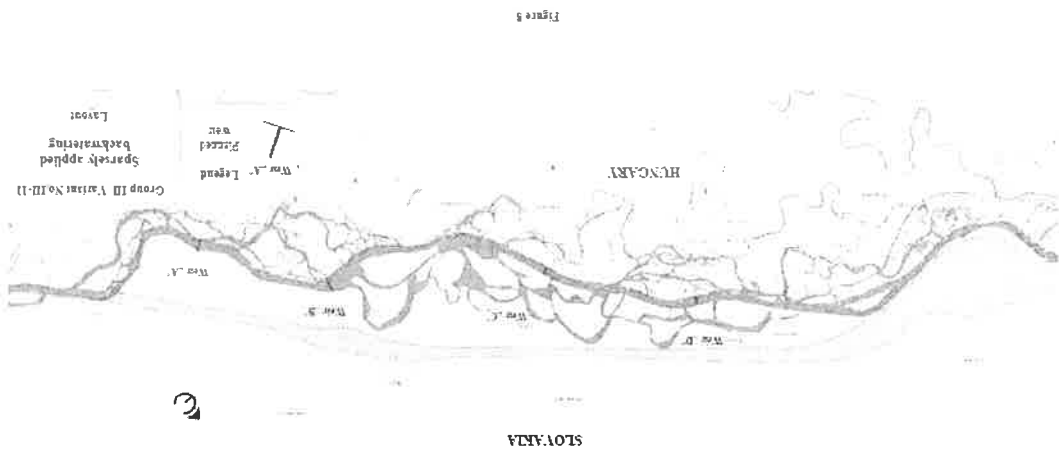
Vízfelszín alatti gátak száma	Gát építési magassága, (m)	A felvíz és az alvíz szintje közötti különbség, (m) (közepes vízszintek esetén)	A felvíz szintje és az 1950-es közepes vízszint közötti különbség, (m)		
			Átlag szakaszonként	Min./Max, szakaszonként	Súlyozott átlag a teljes szakaszon
A	6	4,0			-0,80
B	9	2,2	-0,16	0,80/-1,25	
C	7,5	2,5	-0,40	0,9/-2,2	
D	6,5	1,8	-0,66	0,15/-2,2	
			-1,85	0,5/-3,2	
a Dunakilitinél meglévő gát	5,1/6,5	X			

- A vízhozam rendszer leírása (működés)
Nincs részletesen értékelve. Az oldalágak vízellátása duzzasztással biztosított. A hidraulikai teljesítmény további vizsgálatot igényel.

39. ábra A 4. sz. változat hosszanti profija [ÖKOPLAN-Dunadrop - Eurosense - TÉRTERV - VITUKI (1999)]



38. ábra A 4. sz. változat vízalata [ÖKOPLAN-Dunadrop - Eurosense - TÉRTERV - VITUKI (1999)]



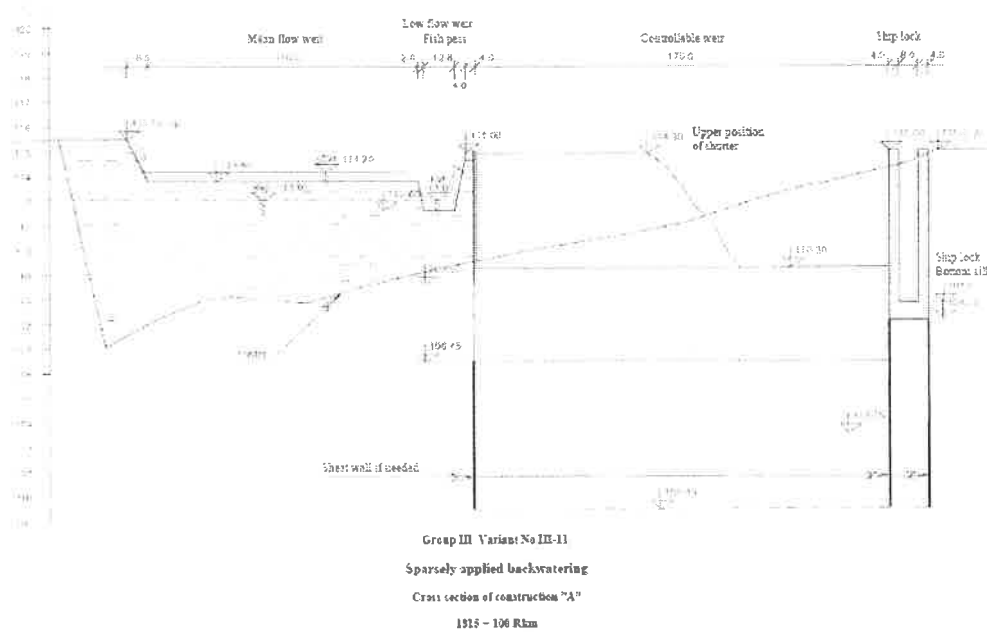


Figure 10

40. ábra A 4. sz. változat keresztmetszete 1815 + 100 fkm-nél [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

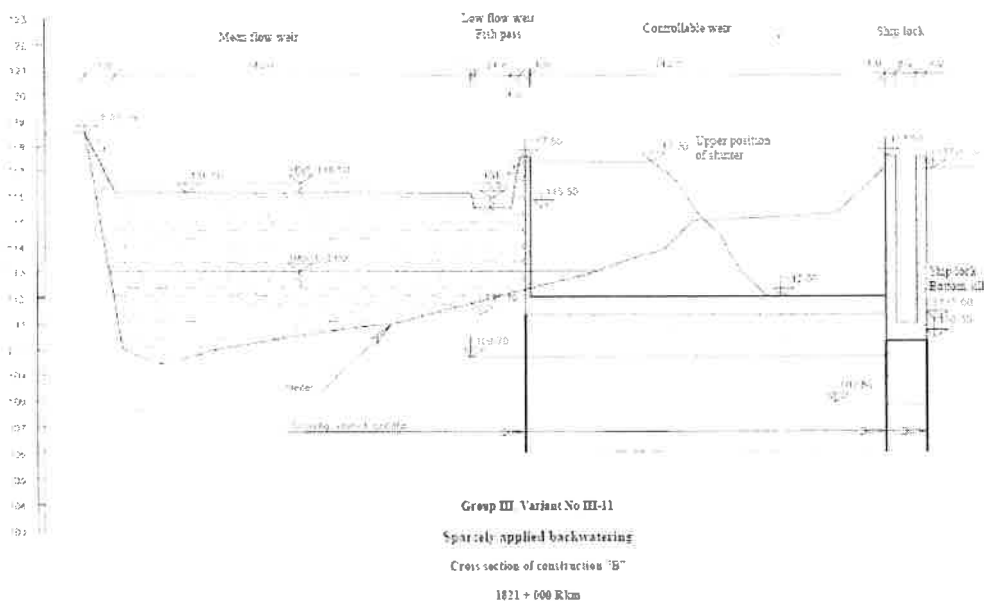


Figure 11

41. ábra A 4. sz. változat keresztmetszete 1821 + 100 fkm-nél [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

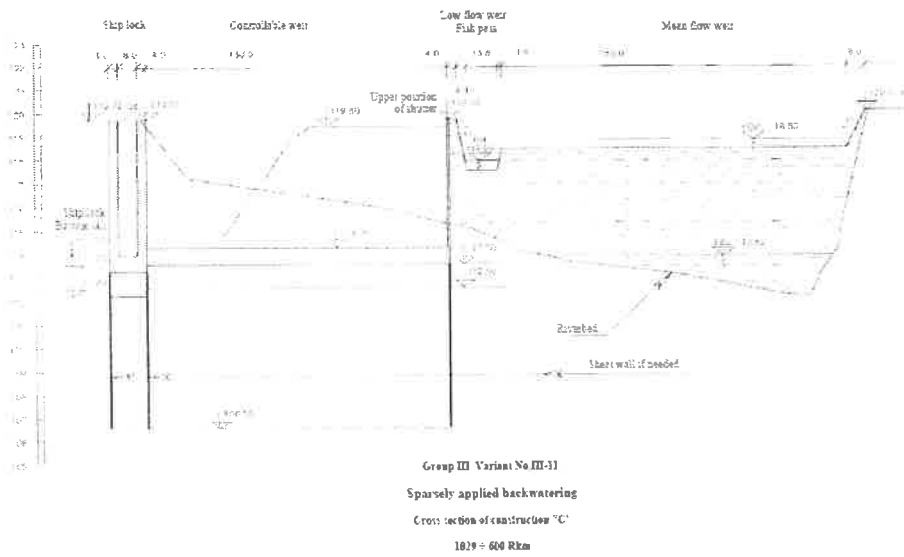


Figure 12.

42. ábra A 4. sz. változat keresztmetszete 1829 +600 fkm-nél [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

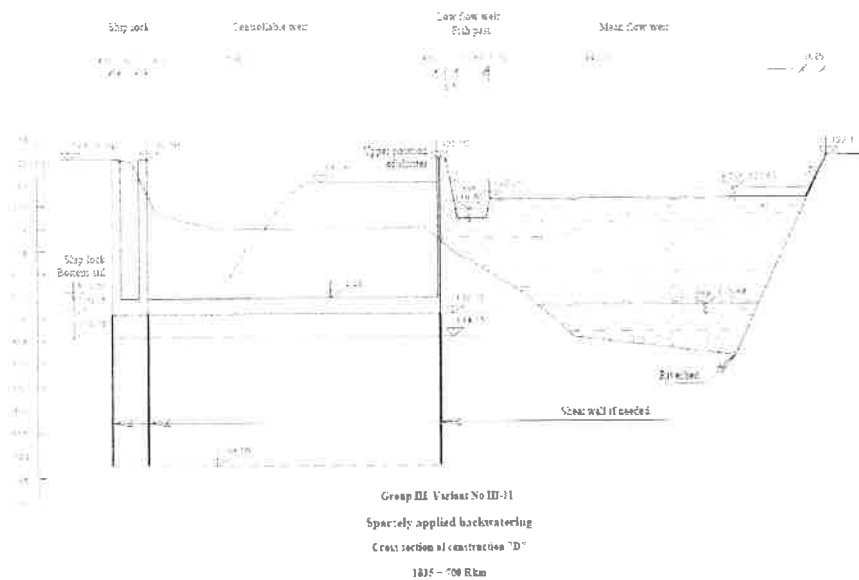


Figure 13.

43. ábra A 4. sz. változat keresztmetszete 1835 +700 fkm-nél [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

Az áramlási dinamikák vizsgálata

- *Vízszintingadozások*
További vizsgálatok szükségesek.
- *Áramlási rendszer*
A jellemző visszaáramlási vízszintek a 39. ábraán láthatók. További vizsgálatok szükségesek.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*
A bevágódás veszélye előfordulhat a gátak alvizi részein. Ripp-rapp mederstabilizálás. További vizsgálatok szükségesek.
- *Laterális erózió és depozíció*
Mint fent.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*
A hosszanti migráció fizikailag korlátozott a felvív és az alvív szintek közötti jelentős különbség miatt. Emellett a duzzasztott részekenél lévő hosszú stagnáló víztömeg is megzavarhatja a halak migrációját a folyóvizekben. A jelentős duzzasztás miatt bizonyos oldalágakat le kell választani a fő folyóról. Ez elzárja a migrációt.
- *Az oldalágak összekötöttsége*
Bizonyos kivételektől eltekintve a gátak felvív részeire eső oldalágak ellátása biztosított. További vizsgálatok szükségesek.

Talajvíz rendszer

- *A talajvízforrások mennyisége és minősége*
A jelenlegi helyzethez viszonyítva a Duna duzzasztása csökkenteni fogja a Dunába érkező talajvízáramlást, ezért csökkenhet a mesterséges vízpótlás az eredeti állapothoz közeli talajvízszint megőrzéséhez a védett oldalon. A potenciális parti szűrési kutak kapacitása növekedni fog, de nagyobb valószínűséggel fordulnak elő a reduktív víz miatti minőségi problémák a fő folyómederben várható ülepedés (eliszaposodás) miatt. További vizsgálat szükséges.
- *Talajvíz ingadozások, a vegetáció vízellátása*
A talajvízszintre gyakorolt hatás értékelésekor figyelembe kell venni minden duzzasztott terület közepének megfelelő feltételezett vízfelszint. E megközelítés alapján a Duna „átlagos” vízszintje átlagban 2 méterrel magasabb lesz a jelenleginél, de még így is több mint 2 méterrel alacsonyabb az eredetinel. (A különbségek

változnak a Duna mentén, a gátak elhelyezkedésének megfelelően.) A kialakuló talajvízszint növekedés kisebb lesz és még mindig nem elegendő ahhoz, hogy a vegetáció vízellátása jelentősen javuljon.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
Ezt a paramétert nem dolgozták ki.
- *Az érintett védett területek vizsgálata*
Lásd fent.
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
Szlovákia hozzájárulása szükséges.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*
A reális költség felméréshez további adatok szükségesek.

7.1.3.2. További 8 gát építése és az oldalágak csatlakoztatása a főmeder mindkét oldalán, 5. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

- *A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)*
Ebben a változatban 8 új gát megépítésére kerül sor, és szükségesség válik a Dunakilitinél meglévő gát kismértékű megemelése.

A nagyszámú duzzasztás lehetővé teszi a fő folyómeder és majdnem az összes oldalág közötti összeköttetését. Az oldalágak összekötik a duzzasztások felvizi és alvizi szakaszait. A megfelelő áramlási sebesség biztosításához bizonyos oldalágakat le kell zárni és más ágakhoz csatlakoztatni, az oldalágak bizonyos szakaszait pedig át kell alakítani.

A gátak helyét, a levágott szakaszokat és az új csatornákat a 44. ábra mutatja be. A felvizi szintek a 45. ábraán láthatóak, míg a duzzasztók felépítését a 46. ábra mutatja be. A legfontosabb paramétereket a 22. táblázatban soroltuk fel.

22. táblázat A gátak magassága és a vízszintek a 8 újonnan épülő gát esetén

Felszín alatti gátak száma	Gát építési magassága, (m) (min/max)	A felvív és az alvív szintje közötti különbség, (m) (200 m ³ /s, 20%-os megosztás)	A felvív szintje és az 1950-es közepes vízszint közötti különbség, (m) (200 m ³ /s, 20%-os megosztás)		Súlyozott átlag a teljes szakaszon
			Átlag szakaszonként	Min./Max, szakaszonként	
1	4,6/6,5	X			-0,50
2	5,8/7,8	1,4	-0,63	0,15/-1,4	
3	6,0/7,8	1,9	-0,75	0,2/-1,7	
4	6,7/8,2	1,3	-0,40	0,2/-1,0	
5	5,1/6,5	1,2	-0,45	0,2/-1,1	
6	5,3/6,7	1,3	-0,45	0,2/-1,1	
7	5,0/6,5	1,1	-0,35	0,2/-0,9	
8	5,7/7,2	1,0	-0,25	0,25/-0,7	
9	0,8/2,7*	3,0	-0,8	0,2/-1,8	

*csak a Dunakilitinél meglévő gát szintje feletti plusz emelés

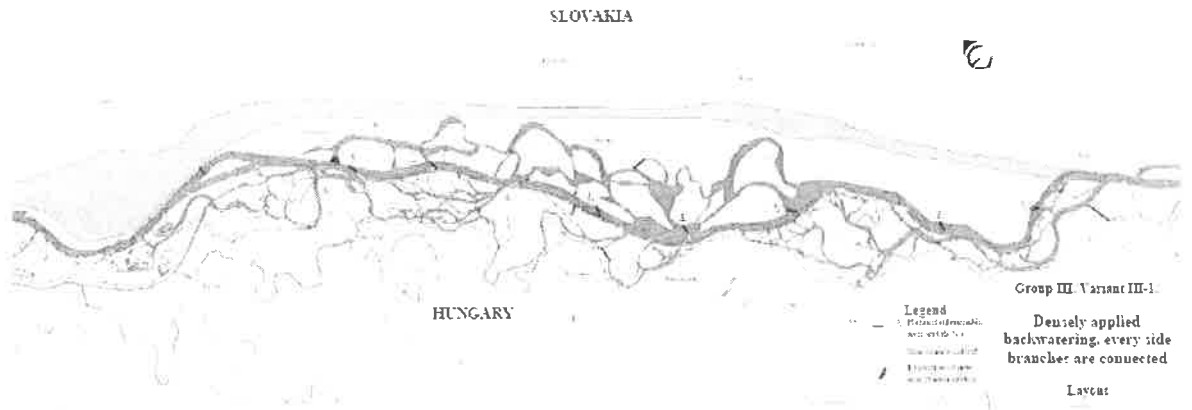
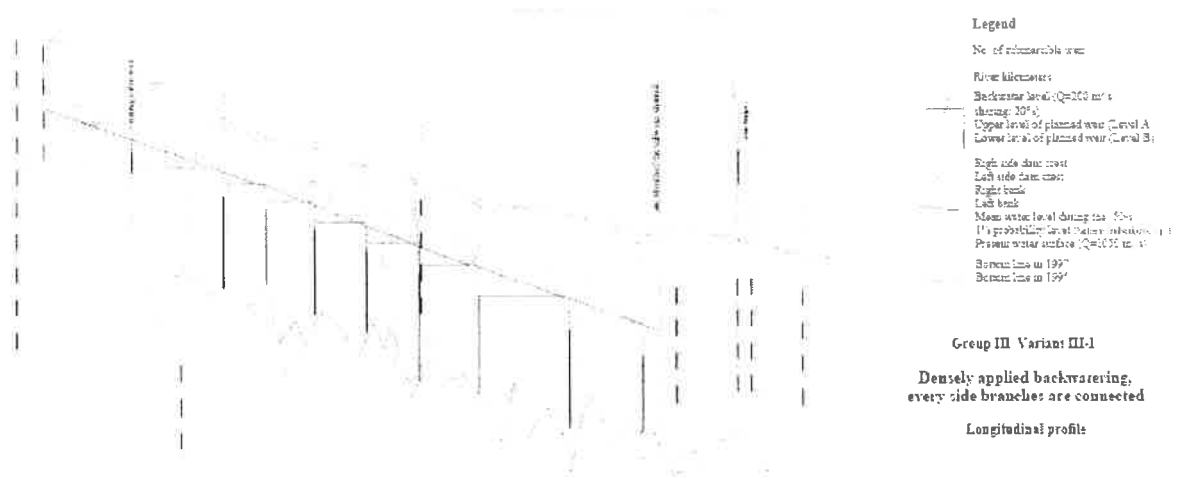
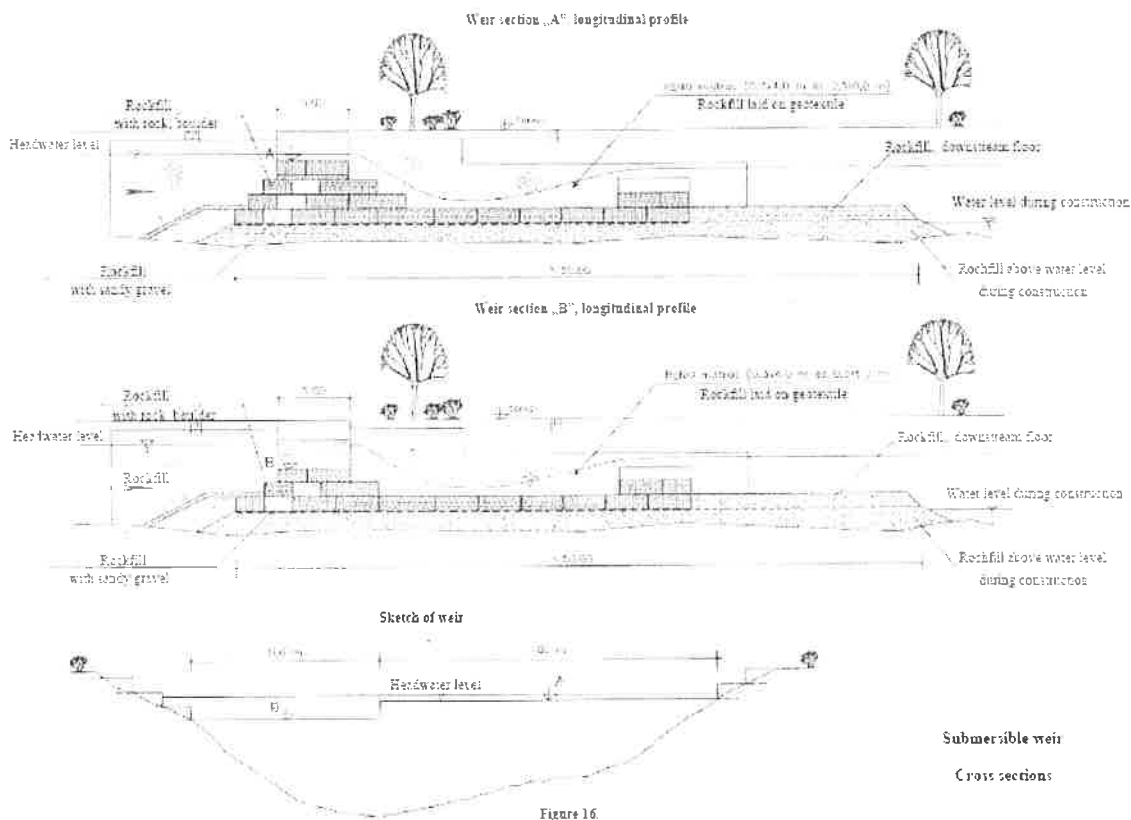


Figure 14.

44. ábra A 5. sz. változat vázlata [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]



45. ábra A 5. sz. változat hosszanti profilja [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]



46. ábra A 5. sz. változat keresztmetszete [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

- *A vízhozam rendszer leírása (működés)*
A vízhozam rendszer előzetes felvázolás az alábbi áramlásokat eredményezte. Annak érdekében, hogy az oldalágakban megfelelő vízszint alakuljon ki a magyar és a szlovák oldalon is $90 \text{ m}^3/\text{s}$, illetve mindkét oldalon alkalmankénti $200 \text{ m}^3/\text{s}$ átmosás szükséges. Ez az árvizi feltétel a fő folyómederben $800 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozam esetén teljesül. Következésképp az összes árvizi vízhozam $1200 \text{ m}^3/\text{s}$. Ez a vízhozamnak hasonló vízszinteket kell produkáljon, mint, amelyek az 1950-es években $4000 - 5000 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozam mellett léteztek.

A középvizet $400 \text{ m}^3/\text{s}$ értéken kell tartani, amelyhez mindösszesen $580 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozam szükséges. $400 \text{ m}^3/\text{s}$ alatti vízhozam esetén algásodás alakulhat ki. Folyamatos ellenőrzésre lenne szükség, valamint a meder $800 - 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozammal történő átmosására.

A téli időszakra a mellékág rendszerben $20 \text{ m}^3/\text{s}$, a főágban $20-40 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozam szükséges. A vízhozam lefutását meg kell vizsgálni.

A rendszer hidrodinamikai és morfordinamikai teljesítményének további vizsgálatához hidraulikai modellezésre van szükség.

Az áramlási dinamikák vizsgálata

- *Vízszintingadozások*
További vizsgálatok szükségesek.
- *Áramlási rendszer*
Mint fent.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*
Mint fent.
- *Laterális erózió és depozíció*
Mint fent.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*
A hosszanti migrációt a főmederben a duzzasztás és a felvizi állóvizek akadályozzák. Az oldalágak azonban akadály nélküli utat biztosítanak, így a migráció biztosított.
- *Az oldalágak összekötöttsége*
A sűrűn épített gátak miatt a hosszanti vízszint profil megközelíti az 1950-es évek közepes vízszintjét.

Talajvíz rendszer

- *A talajvízforrások mennyisége és minősége*
A Duna sűrű duzzasztása jelentősen csökkenteni fogja a Dunához érkező talajvíz áramlását. A mesterséges pótlás leállhat, vagy jelentősen csökkenhet. De az eredeti áramlási irány (a Dunából a felszín alatti víztér felé) még így sem állítható vissza. A Dunakiliti gáttól felfelé a nagyobb mértékű duzzasztási szint növelni fogja a víztározóból beérkező oldalirányú áramlást a Szigetközbe (a Rajka és Dunakiliti közötti Duna szakasz alatt). A parti szűrősű kutak kapacitása majdnem ugyanolyan, mint az eredeti állapotban, de minőségi problémák léphetnek fel a fő folyómederben várható ülepedés (eliszaposodás) miatt. További vizsgálat szükséges.
- *Talajvíz ingadozások, a vegetáció vízellátása*

A talajvízszint közelíteni fogja az eredeti szintet. Bizonyos területeken biztosított lesz vegetáció vízellátása (további vizsgálat szükséges), de az ingadozás még mindig nagyon korlátozott.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
Az érintett területek nagysága nem ismert. Ez jelentősen függ az építkezés szervezésétől, a szállítási útvonalakkal kapcsolatos jövőbeni döntéstől stb.
- *Az érintett védett területek vizsgálata*
Lásd fent.
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
Az építkezés és annak a vízjárásra gyakorolt hatása miatt Szlovákia beleegyezése szükséges.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*
A költségbecslést később kell elvégezni igazolt adatok alapján.

7.1.3.3. További 8 gát építése és az oldalágak csatlakoztatása kizárólag a magyar ártéren, 5. sz. változat

A fő folyómederben elvégzendő műszaki beavatkozások és azok paraméterei megegyeznek az 5. sz. változatnál ismertettekkel.

7.1.3.4. Három gát megépítése kiindulásként; a további gátépítési helyek kiválasztása a teljesítményt alapján, 7. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

- *A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)*
Fizikai modellezés alapján a javaslat szerint az első lépésben mindössze három gátat építenek meg. A módosult vízjárás és vízszint körülmények értékelésével határozzák meg, hogy a további gátak hol épüljenek fel.

Az építkezés helyszínei: 1814,9 folyó km, 1826,2 folyó km és 1834,2 folyó km. Az építkezések szabályozható árvízlevezető zsilipet, valmanint kis hajók számára hajózsilipet fognak magukba foglalni.

A fő folyómeder lecsökkent szállítási kapacitásának ellensúlyozására azt tervezik, hogy a fő folyómederből eltávolítják a vegetációt. További intézkedések: (i) kotrás 1821 folyó km-nél a fő folyómederben, (ii) az áramlást csökkentő struktúrák és partok eltávolítása a Szigetköz felső részén, (iii) az alsó folyásánál gátak építése a mellékág-rendszerben, (iv) több oldalág rehabilitációja (eltömődés, új meder, kotrás, új összeköttetések kiépítése).

- *A vízhozam rendszer leírása (működés)*
Nem tárgyalták részleteiben.

Az áramlási dinamikák vizsgálata

- *Vízszintingadozások*
További vizsgálatok szükségesek.
- *Áramlási rendszer*
Lásd fent.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*
További vizsgálatok szükségesek.
- *Laterális erózió és depozíció*
További vizsgálatok szükségesek.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*
A megoldás szerint olyan migrációs akadályok keletkeznek, amelyeket részben ellensúlyoznak a hallépcsők. A bagaméri melléklágnál egy hallépcsőként szolgáló gát épül. Az oldalsó összeköttetés felméréséhez további vizsgálatok szükségesek.
- *Az oldalágak összekötöttsége*
További vizsgálatok szükségesek.

Talajvíz rendszer

Az első lépésben a jellemzők hasonlóak a 4. sz. változatnál leírtakhoz. A további gátak esetében a helyzet az 5. sz. változatnál leírtaknak megfelelőek.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
A nyárfaerdő és a természetes faállomány, a víztestek, gátak és töltések stb. összterületét és százalékos arányát nem vették figyelembe.
- *Az érintett védett területek vizsgálata*
Lásd fent.
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
Ezt nem vizsgálták.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*
Nem végeztek költség felmérést.

7.1.3.5. További 7 gát építése újonnan kialakított kanyargó oldalággal, 8. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

- *A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)*
Ez a megoldás nagyon hasonló az 5. és 6. sz. változathoz. Hét új gát megépítésére kerül sor, valamint szükséges a Dunakilitinél lévő gát magasítása is. Az eddig ismertetett többi megoldással ellentétben az oldalágakat az ártér mindkét oldalán úgy választják meg, hogy főágként egy új kanyargós folyómeder alakuljon ki. (47. ábra). Az új Duna folyómeder állandó vízszint eséssel csatlakozik a Dunakiliti feletti belépés és az üzemvízcsatorna befolyása alatti szájadék közötti vízintkülönbség miatt. Itt a Duna régi medrének szerepe az ár.-és jégvezetésre korlátozódik.

A gátak és a kanyargó ág helye a 47. ábraán látható. A 48. ábra a vízszintek alakulását mutatja be. A gátépítés megegyezik a 46. ábraán bemutatottal.

23. táblázat A gátak magassága és a vízszintek a 7 újonnan épülő gát, valamint az új főágként szolgáló átalakított, kanyargó oldalág esetén

Felszín alatti gátak száma	Gát építési magassága, (m) (min/max)	A felvív és az alvív szintje közötti különbség, (m)	A felvív szintje és a közepes vízszint közötti különbség, (m)	A felvív szintje és a közepes vízszint közötti különbség, (m)
----------------------------	--------------------------------------	---	---	---

		400 m ³ /s	1050 m ³ /s	400 m ³ /s			1050 m ³ /s		
				Átlag szakaszonként	Min./Max. szakaszonként	Súlyozott átlag a teljes szakaszon	Átlag szakaszonként	Min./Max. szakaszonként	Súlyozott átlag a teljes szakaszon
1	7,0/8,3	1,9	1,0						
2	5,4/6,7	2,0	1,5	-1,75	-2,7/-0,8	-1,4	0,63	1,4/0,15	-0,57
3	3,4/4,7	2,9	1,8	-1,55	-2,4/-0,7		0,65	-1,5/0,2	
4	3,5/4,8	1,6	1,6	-1,0	-1,5/-0,5		-0,6	-1,5/0,3	
5	3,9/5,2	0,9	1,0	-1,1	-1,5/-0,7		0,20	-0,6/0,2	
6	4,9/6,2	1,4	1,4	-1,45	-2,3/-0,6		0,50	-1,4/0,4	
7	5,6/6,7	0,9	0,9	-1,25	-1,6/-0,9		0,35	-0,7/0,0	
8	0,5/1,8*	2,5	2,5	-1,6	-2,5/-0,7		-0,7	-1,6/0,2	

*csak a Dunakilitinél meglévő gát szintje feletti plusz magasság

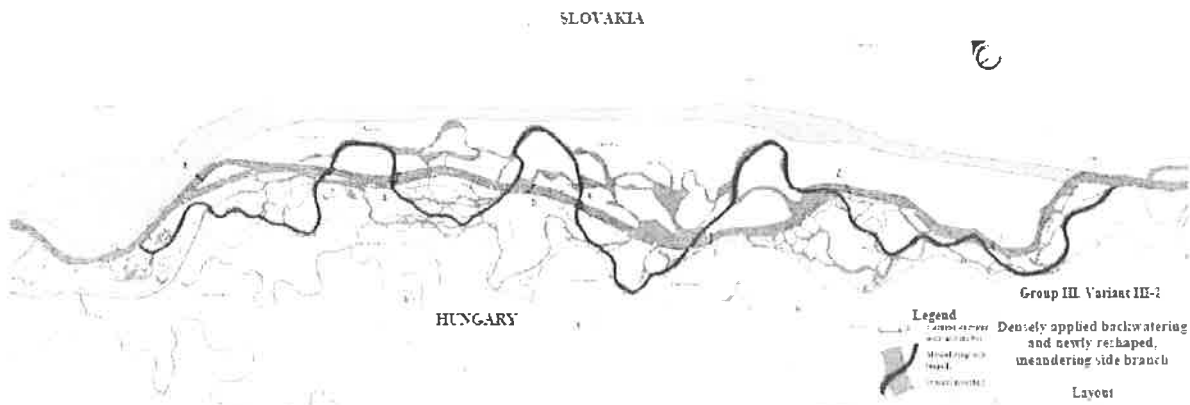


Figure 17.

47. ábra A 8. sz. változat vázlata [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

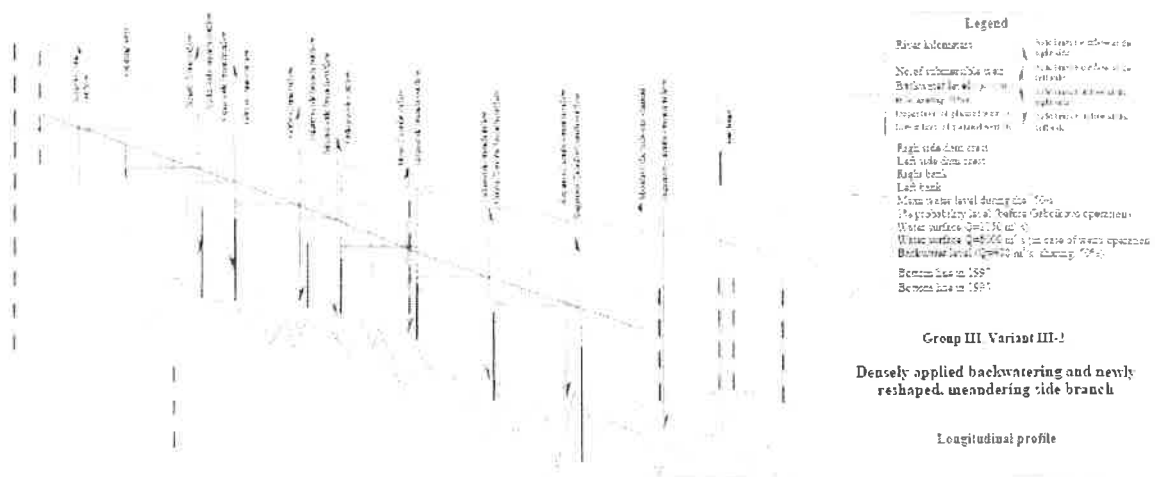


Figure 38

48. ábra A 8. sz. változat hosszanti profilja [ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999)]

- *A vízhozam rendszer leírása (működés)*
 Hidraulikus modellezés szükséges annak az optimális vízhozam rendszernek a meghatározásához, amely biztosítja a létfontosságú ökológiai funkciók fenntartásához szükséges folyamatokat. A becslések szerint mintegy 100-300 m³/s szükséges az új fő folyómederben, amely kotrással és/vagy a keresztmetszet növelésével valósítható meg.

Az áramlási dinamikák vizsgálata

- *Vízszintingadozások*
 A vízszint ingadozásainak tartománya és gyakorisága a főmederben és az oldalágakban, valamint a közepes vízszint helyzete a duzzasztás előtti állapotokhoz képest alapos elemzést igényel.
- *Áramlási rendszer*
 Az áramlási sebességeket tovább kell vizsgálni.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*
 Vizsgálni kell.
- *Laterális erózió és depozíció*
 Mint fent.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*
Mivel a megoldás a magyar és a szlovák árteret is érinti, hasonlít a Szigetköz és a Csallóköz ökoszisztémája között korábbi összeköttetéshez. A megoldás nem tartalmaz semmilyen migrációs gátat.
- *Az oldalágak összekötöttsége*
A gátak nagy száma miatt a hosszanti vízszint profil megközelíti az 1950-es évek állapotát.

Talajvíz rendszer

A talajvíz szempontjából ez a változat hasonló az 5. sz. változathoz.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
Az érintett területek nagysága nem ismert. Ennek mértéke jelentősen függ az építkezés szervezésétől, a szállítási útvonalakkal kapcsolatos jövőbeni döntéstől stb.
- *Az érintett védett területek vizsgálata*
Lásd fent.
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
Jogi és egyéb megszorítások pl. a felhasználandó anyag hozzáférhetősége, a földtulajdoni viszonyai, különböző érdekeltségek; Szlovákiával való megegyezés szükséges.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*

A költségbecslést később kell elvégezni igazolt adatok alapján.

7.1.3.6. Hét gát építése, az új kanyargó oldalágat az áradások folyamatosan alakítják ki, 9. sz. változat

Általános műszaki felépítés és a működés

- *A műszaki intézkedési terv összefoglalása mennyiségi alapon (építés)*

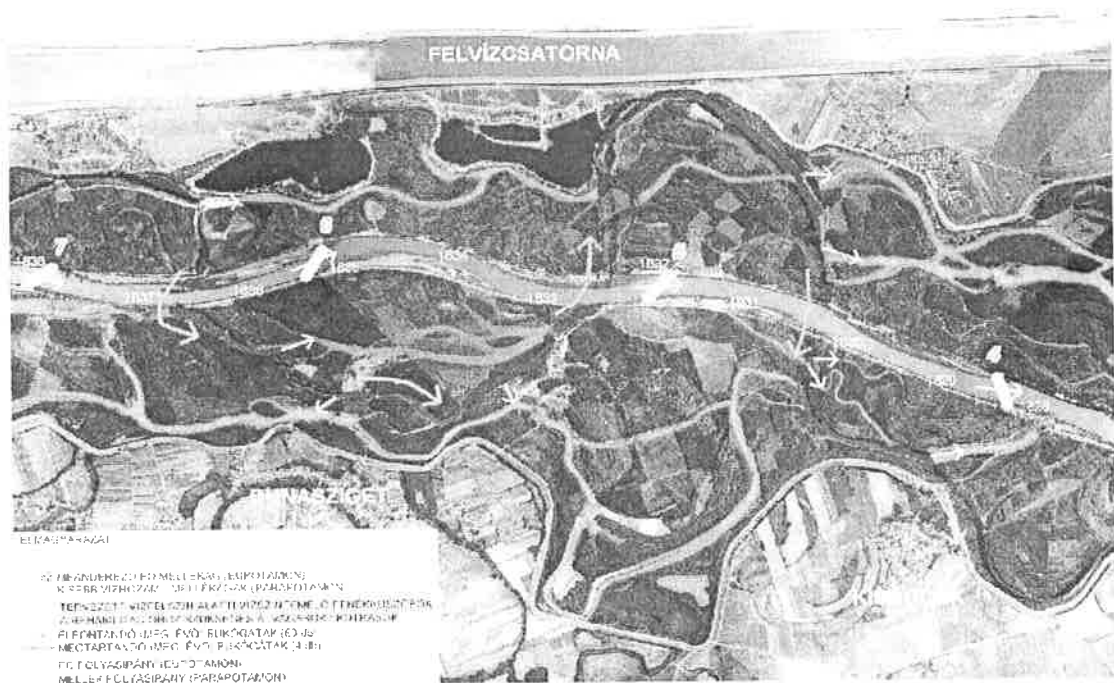
Ez a szlovák rehabilitációs intézkedés jelentősen hasonló a 8. sz. változathoz. Kiindulópontja e terület ökológiai rehabilitációjának szükségessége.

A legjelentősebb különbségek (i) nincs előre meghatározott és kialakított kanyargó oldalág, ehelyett a javaslat szerint ez folyamatosan alakul ki. Meghatározatlan hosszúságú idő alatt a fő folyómedren és az oldalágakon végighaladó áradások fogják kialakítani az új kanyargós oldalága(ka)t, és (ii) a gátak átmeneti építmények.

Az átmeneti gátak a keresztmetszeteknél kerülnek kialakításra (4-10 helyen), ahol az új eopotamal keresztezi a fő folyómedret (49. ábra). A gátak felépítésének részleteivel kapcsolatosan nem állnak rendelkezésre információk.



49. ábra Szlovák javaslat (Lisicky és Mucha, 2003) az új eopotamal (kanyargó fő oldalág) kialakítására



50. ábra Kanyargó fő oldalág 1828 – 1838 fkm között (a kék nyilak mutatják az áramlás irányát a csatornában) Forrás: INTERREG IIIA / HUSKUA/05/02/94. (2007)

- *A vízhozam rendszer leírása (működés)*
 A javaslat szerint a fő folyómederben átlagos vízhozamként $400 \text{ m}^3/\text{s}$ szükséges. További vizsgálatok szükségesek.

Az áramlási dinamikák vizsgálata

- *Vízszíntingadozások*
 További vizsgálatok szükségesek.
- *Áramlási rendszer*
 Lásd fent.

Morfodinamika

- *Üledékszállítás és meder stabilitás*
 Mint fent.
- *Laterális erózió és depozíció*
 Lásd fent.

Összeköttetés

- *A migráció hosszanti és oldalirányú csatlakozásának leírása*
A megoldás nem tartalmaz semmilyen migrációs akadályt. A vízjárással összefüggő oldalsó összeköttetés is adott az oldalágakkapcsolatának köszönhetően.
- *Az oldalágak összekötöttsége*
Az összeköttetés az 50. ábraán látható.

Talajvíz rendszer

Mint a 8. sz. változat esetében.

Az építkezés hatása, megszorítások

- *Építkezési területek vizsgálata*
Nem tárgyalták.
- *Az érintett védett területek vizsgálata*
Lásd fent.
- *A megvalósításra vonatkozó megkötések és megszorítások*
Lásd fent.

Költség felmérés

- *Az intézkedések költségeinek felmérése*
Költség felmérés nem áll rendelkezésre.

8. További vizsgálatok

Az előző fejezetben 9 változat szerepelt a Duna szigetközi árterületével kapcsolatos megvalósíthatósági tanulmányban értékelendő rehabilitációs intézkedésként. E változatok némelyikét hidraulikus modellezéssel bizonyos mértékig megvizsgálták, a többi változatot azonban egyáltalán nem. Egyik változatot sem tárták fel azonban olyan mértékben, hogy a 6. fejezetben ismertetett kritériumoknak és paramétereknek megfelelő értékelés elvégezhető legyen.

8.1. A vizsgálatok áttekintése

A végleges értékeléshez szükséges vizsgálatoknak az alábbi témákat kell felölelniük:

- A **változatok** részletesebb leírása és/vagy **további kidolgozása** (a vízjárási elemzése, műszaki leírások, felülnézeti, keresztmetszeti képek, működés)
- **Hidraulikus modellezés** az áramlások teljes skálájára a kisvízi körülményektől az áradási árvízi levezetésre (domináns vízszint és vízszintingadozások, az uralkodó áramlási sebességek eloszlása, a mellékágak vímegosztása különböző állapotokban, az ártér elöntése, a tetőző árhullámok levonulása)
- Hidraulikus modellezés a **morfodinamikus folyamatok** azonosítására (térbeli nyíróerő elemzés az iszaposodó területek azonosítására, laterális erózió és lerakódás, bevágódásra érzékeny szakaszok, aktív kavicszátony képződés)
- **Mederanyag szállítás modellezése** a kiválasztott szakaszokon (főmeder, esetlegesen a főbb oldalágak) a bevágódás és a felhalmozódás hosszú távú kialakulásának vizsgálatára
- A **talajvíz reakciójának** vizsgálata a változatok alkalmazása esetén (szintek a fedőréteghez viszonyítva, dinamika, pótlás, vízforrás, vízminőség)
- **Tájelemek** azonosítása és felmérése pl. víztest típusok, kavicszátonyok, természetes parthosszak, puhafa erdők, keményfa erdők, rétek
- **Az ökológiai helyzet felmérés (Víz Keretirányelv)** pl. halfauna, fenéklakó gerinctelenek, makrofiták, fitoplanktonok és kémiai állapot (A meglévő adatok és vizsgálatok áttekintése, szükség esetén további mintavételezés, prognózis az egyes változatok esetén)
- Az egyes változatok **költség-haszon elemzése**, beleértve az internális és externális költségeket.
- Az egyes változatok értékelése a vízi és szárazföldi élőhelyek és ökotonok rehabilitációja, talajvízvédelem, a VKI célkitűzéseknek való megfelelés, árlevonulás, különböző érdekek és jogi korlátok, gazdasági vonatkozások tekintetében (az előzetes vizsgálatban megállapított referencia feltételek és kritériumok alapján)
- A meglévő **monitorozási** eredmények és jövőre vonatkozó ajánlások áttekintése (a paraméterek monitorozása a 6. fejezetben foglalt célkitűzések és kritériumok szerint, a VKI paraméterek monitorozása)

8.2. A változatok kidolgozása

A változatok leírásának és a kiegészítő adatok előkészítésének megfelelőnek kell lenni a hidraulikai modellek elkészítéséhez és a további értékeléshez a 8.3 fejezet szerint.

8.2.1. I. csoport: A vízjárás módosítása

A meglévő vízjárást az 1995-ös Egyezmény írta elő. Mivel a vízjárás a vizes területek jövőbeni növelése szempontjából az egyik kulcsfontosságú paraméter, fontos, hogy a II.

és III. csoportba tartozó műszaki változatok esetében különböző vízjárásokat megvizsgáljunk.

Az 1. változaton túl egy meghatározott vízjárást kell kialakítani a 2-9. változatok esetében is. Az 1.1.1 fejezetben ismertetett referencia feltételek használhatóak útmutatóként. Minden változat esetén szükség lehet egy speciális vízjárásra, a referencia bióta feltételek támogatására. Egy bizonyos vízhozam eloszlás meghatározása az évszakos változásokkal a modell szimulációk eredménye lesz és nem fordítva, előre rögzített értékek alkalmazása. A jellemző vízjárási rendszernek a következőket kell tartalmaznia

- Kisvizes állapot, jellemző időtartammal és szezonális előfordulással,
- Jellemző, vagy domináns víz szezonális változással (a természetes közepes vízhozamnak megfelelően), valamint
- különböző gyakoriságú és nagyságrendű áradások áramlások beleértve a mértékadó áradásokat.

A vízjárás szabályozása a dévényi mércénél mért természetes vízhozamhoz kell igazodjon.

8.2.2. II. csoport: A fő folyómeder módosítása

A 2. és 3. sz. változatok szerint a főmeder alapos átalakítása történne meg a meder kb. 2 méterrel történő megemelésével. Míg a 2. sz. változat a meder szűkítését javasolja, a 3. sz. változat a meder nagymértékű és különböző szögű szélesítését tartalmazza. A két változat nemcsak az eredeti vízszintek és vízszintingadozások visszaállítását célozza, hanem arra is törekszik, hogy a folyó maga alakítsa ki saját medrét morfodinamikai folyamatokkal. Ezért a folyómeder stabilitását alaposan fel kell tární, és a vizsgálatnak ki kell térnie azokra a különböző intézkedésekre, amelyekkel hosszú távon egyensúlyban lehet tartani a mederszinteket pl. gázló szakaszok stabilizálása, szemcseméret növelése a felső rétegben (a meder páncélozása nélkül), mesterséges mederhordalék feltöltés.

Mindkét változat esetében részletes terveket kell készíteni:

- A reprezentatív mederszakaszok felülnézeteiről és néhány keresztmetszetről
- A meder anyagával kapcsolatos információkról (jellemző szemcseméret)
- Vegetációt nem tartalmazó meder szakaszok, rétek, cserjések, ártéri erdők eloszlása felülnézeti és keresztmetszeti képeken (hidraulikai feltételezésekhez)
- Részletes információk az új mederemeléssel összefüggő oldalági csatlakozásokról
- A műszaki követelmények következetes ismertetése pl. a vegetáció eltávolítása a Duna mederben, ártéri erdő eltávolítása
- A részletesebb költségkalkuláció az aktuális árakkal

8.2.3. III-1. csoport: Gátak építése a fő folyómederben (sorozatos duzzasztás)

A 4-7. sz. változatok szerint 4-8 gát épülne a főmederben annak érdekében, hogy a vízszint emelkedjék. Egyes esetekben az 1843 folyó km-nél lévő gát magasságának emelésére is sor kerül. Egyes változatokban a mellékág rendszert és a medrek átalakítását összehangolnák, egyes csatlakozásokat elzárnának, másokat megnyitnának. Ahhoz, hogy realisabb képet kapjunk a projekt tervekről részletesebb terveket kell kidolgozni:

- A mellékág rendszerben tervezett beavatkozások felülnézeti képe és azokkal kapcsolatos részletes információk
- Reprezentatív keresztmetszeti kép a fő mellékágokról mederátalakítások esetén
- Részletes információk az mellékági csatlakozásokkal kapcsolatosan
- A műszaki követelmények következetes ismertetése pl. a vegetáció eltávolítása a Duna mederben, hajószilipek kialakítása
- A részletesebb költségkalkuláció a jelenlegi árakkal

8.2.4. III-2. csoport: Kanyargó csatorna kialakítása az ártéren a fő folyómederben épített gátakkal.

A 8. és 9. számú változatok szerint egy új medret építenének, vagy alakítanának ki az ártéren, amely többször metszi a korábbi folyómedret. Ezeknek a változatoknak az elgondolása az, hogy újra kialakítsák a korábban szabályozatlan főmeder ökológiai szerepét az ártérben kialakítandó új mederben. Míg a 8. változat a Duna mindkét oldalán részlegesen átalakított ágak alkalmazásával egy adott meder konkrét lefutását meghatározza, a 9. sz. változat szerint az új medret az áramló víz maga alakítaná ki. Az új folyómeder morfordinamikai változásai mindkét koncepció alapvető elemét képezik, ami azt jelenti, hogy az új meder vízhozam kapacitása során idővel növekedhet.

A fő különbség az 5. sz. változat, valamint a 8. vagy 9. sz. változat között a vízfolyás folyamatosságában van, ahol duzzasztott szakaszok nincsenek.

További vizsgálatok szükségesek, amelyek a lehetséges mederalakulás felmérésére helyezik a hangsúlyt:

- Kiindulási meder geometria, keresztmetszeti és hosszanti profilok szükségesek mindkét változat esetében
- A meder anyagából reprezentatív mintákat kell biztosítani minden érintett ágból, elemezni kell a szemcseméret eloszlást
- Szükséges a műszaki követelmények következetes ismertetése pl. a vegetáció eltávolítása a Duna mederben, meder áthidalók kialakítása, ártéri erdő eltávolítása
- Annak a maximális vízhozam-tartománynak a feltárása, amely bevezethető az új ártéri mederbe
- A részletesebb költségkalkuláció a jelenlegi árakkal

8.3. Hidraulikus modellezés

8.3.1. Felszíni vizek

A vízfolyás szimulációja a vízszint egy- és kétdimenziós modellezésével, áramlási sebességekkel és nyíróerővel az ökológiai funkció becslésének, valamint a műszaki problémák tisztázásának legfontosabb eszköze. A projekt terület bizonyos részeit nemrégiben matematikai modellekkel írták le, amelyek a további vizsgálatokban használhatóak.

- A hidraulikai modellezési adatbázis feltárása (digitalizált topográfiai információk, meder geometria, adatok a kalibráláshoz, mederanyag)
- Ha lehetséges: a felszíni vízfolyás kétdimenziós modellezése a teljes projekt területen a dunacsúni gát és Sap között az árvédelmi töltéseken belül (kalibrálás az adott helyzethez)
- Az 1. változat modellezése (módosított vízhozam rezsím)
- A műszaki módosítások meghatározása a modellekben a 2-9. számú változatokhoz
- Egy adott vízfolyás rezsím meghatározása minden változatnál (lásd 8.2.1. fejezet)
- Eredmények: Vízszintek, áramlási sebességek és nyíróerők különféle vízfolyási körülmények között a főmederben és az ágrendszerben, az ártér mindkét oldalán
- Olyan szakaszok meghatározása, amelyek hajlamosak a bevágódásra és felhalmozódásra (a helyi szemcseméret és a nyíróerő összevetése)
- A felszíni vízszintek interpretációja kis-, uralkodó, és árvízi vízhozamok esetén, a referencia állapotokkal összevetve
- A vízszintingadozások magyarázata a referencia állapotokkal összehasonlítva
- A laterális erózió, a helyi felhalmozódás, kavicsátony-kialakulás és az iszaposodási folyamatok morfodinamikai értelmezése
- A hosszanti és oldalsó összeköttetés becslése a vízi élőlények vonatkozásában, a kialakuló vízszint és a kapcsolódó vízfolyás rezsím alapján
- Árvízvédelem: az árvíz levonulás kommentálása a létező árszintekkel összehasonlítva
- Optimalizálás: A változatok fejlesztése a megadott célkitűzések elérése érdekében

8.3.2. Hordalékszállítás

A felső szakaszcól eredő görgetett hordalék hiány bevágódást eredményezhet, ahogy az Szap alatt elő is fordult. Az 1., 2. és 3. változatok esetén ennek különösen nagy a kockázata, mivel semmilyen építményt nincs tervezve a Dunakilitinél meglévő gát alá. A meder szintek hosszú távú alakulását megfelelő meder anyagszállítás modellezési technikákkal vizsgálni kell.

- A felszíni víz modellezéséből származó nyíróerő eredmények alapján döntést kell hozni arról, hogy a szimulációba mely szakaszok és változatok kerülnek

- Szükség esetén el kell végezni a meder anyagából vett minták helyszíni vizsgálatát
- Elő kell készíteni minden egyes változat esetén a jellemző vízhozam idősorozatokat (a felszíni víz modellezéssel ellentétben, a szimulációhoz szükséges a teljes vízhozam adatállomány 0,5-2,0 órás intervallumokkal)
- A modell kalibrálása az 1992-től kezdődően rendelkezésre álló területi adatokkal (hosszanti profilok és keresztmetszetek változásai, jellemző szemcseméreték)
- A hordaléktranszportnak megfelelő vízhozamok vizsgálata minden változat esetén a fő mederben (eredmény: a bevágódásból és felhalmozódásból származó hosszanti profil hosszú távú alakulása)
- Stabilizáló intézkedések beiktatása a modellbe és a szimuláció megismétlése az optimalizálás érdekében

8.3.3. A talajvíz-válasz

A talajvízre gyakorolt hatás négy kategóriába sorolható:

- (1) a talajvízszint megváltozása (szintemelkedés a dunacsúni tározó közelében, csökkenés a Duna medre mentén)
- (2) a talajvízszint ingadozási tartományának csökkenése
- (3) a talajvíz pótlás zavara pl. természetes be- és kiszűrődési rendszer zavara, eltömődés (clogging) kockázata, csökkent mennyiségű utánpótlás
- (4) a talajvíz minőségnek romlása

- A projekt terület meglévő talajvíz modelljeinek áttekintése és adaptálása
- A megfelelő változat kiválasztása a modellezéshez (a hasonló változatok csoportosíthatóak)
- A talajvíz-válasz szimulációja a kiválasztott változatokra
- Az eredmények értelmezése, figyelembe véve a talajvízszint dinamikát, utánpótlást és a vízminőséget
- Javaslatok a talajvíz alakulásának javítására

8.4. A tájelemek elemzése

A jelentős funkcionális értékkel bíró speciális vizes élőhelyek előfordulásának becslése a felszíni kiterjedés, hossz vagy minőség szempontjából a projekt terület ökológiai minőségének kulcsfontosságú paramétere. A tájelemek első felmérését az 1.2.2. fejezetben mutattuk be. Fontos azonban, hogy a tájelemek eloszlását részletesebben, az egész projekt területre vonatkozóan elemezzük (GIS alapon), a referencia állapotok, valamint a vizsgálandó változatok figyelembe vételével.

- Vízi élőhely típusok elemzése a referencia állapotokhoz viszonyítva különböző időszakok térképei alapján Hohensinner és mások (2005) szerint
- Vízi élőhely típusok elemzése minden egyes változat esetén a kétdimenziós felszíni víz modell eredmények szerinti folyamatábrák alapján

- Egyéb élőhely típusok elemzése pl. kavicsátonyok, természetes partvonalak hosszúsága, litorális élőhelyek, ökotonok, puhafa erdők, keményfa erdők, rétek, a referencia állapotok és az egyes változat tekintetében

8.5. Az ökológiai helyzet felmérése (VKI)

A Víz Keretirányelv szerinti jelentési kötelezettség teljesítése során el kellett végezni az ökológiai helyzet felmérését bizonyos mutatók csoportjainak monitorozása alapján. Fontos, hogy beépüljenek ezek az eredményeket a becslésbe és a módszer felhasználásra kerüljön a változók összehasonlításakor.

- A meglévő jelentések eredményeinek áttekintése; szükség esetén vizsgálatok végzése további helyszíni mintavételezéssel
- Az egyes változatok esetében az ökológiai helyzet prognosztizálása a biológiai minőségi elemek felméréssel (VKI)
- A módszer alkalmazásának megvitatása nagy folyók árterületei esetén

8.6. Költség-haszon elemzés

Azokat a változatokat, amelyek környezeti szempontból megfelelőnek és műszakilag kivitelezhetőnek bizonyulnak, ökonómiai vizsgálat alá kell vetni, beleértve valamennyi belső és külső költséget és hasznot, nem strukturális intézkedéseket, valamint környezeti és erőforrás kiadást.

- Alaposan átgondolt módszertanra van szükség, amely figyelembe vesz minden költség és társadalmi hasznot
- A költség-haszon elemzést a különböző változatokból kapott megfelelő kiindulási adatokkal kell elvégezni
- Az elemzés eredményei a változatok értékelésénél kerülnek felhasználásra

8.7. A változatok értékelése

Az egyes változatok teljesítményét a 6. fejezetben meghatározott környezeti és vízgazdálkodási célkitűzések alapján kell értékelni. Kidolgozható egy hierarchikus értékelési séma, amely lehetővé teszi a változatok elfogulatlan rangsorolását. A VKI filozófiájának megfelelően az ökológiai célkitűzések és kritériumok nagyobb prioritást élveznek, mint a gazdasági és különböző érdekcsoportok érdekei. Az alábbi felsorolás az értékelésben érintendő fontos területeket tartalmazza.

- A vízi és szárazföldi élőhelyek rövid és hosszú távon fenntartható rehabilitációja az élőhely fizikai feltételeinek hidrodinamikai és morfológiai folyamataira koncentráló felmérése alapján; az érintett terület magában foglalhatja az árvízvédelmi gátakon túli védett oldalt is.
- A talajvíz áramlás alakulása és a talajvíz minőség és vízutánpótlás várható változásai

- A meder stabilitás hosszú távú alakulása (hosszanti bevágódás és felhalmozódás)
- Árvízvédelmi vonatkozások: egyik változat sem fogja tudni megoldani a projekt terület árvízbiztonsági hiányosságait. Ezért az árvíz levonulást a jelenlegi árvízbiztonsági helyzet alapján kell értékelni.
- A jogilag védett területekre gyakorolt hatás pl. FFH területek, ivóvíz tartalékok, természetvédelmi területek és egyéb
- Az erdészetre és mezőgazdaságra gyakorolt hatás
- Rekreációval és halászattal kapcsolatos szempontok, egyéb érdekcsoportok érdekei
- Gazdasági szempontok; azaz költség-haszon elemzés, befektetési és fenntartási költségek, a bősi energiatermelés kérdései

8.8. A monitorozás eredményeinek áttekintése és ajánlások

A Duna 1992 októberben történt elterelése után mindkét ország átfogó monitorozási programot indított el az érintett bősi területen kialakuló környezeti hatások dokumentálására. Az elmúlt 15 évben a nagy folyók ökológiájával kapcsolatos kutatás nagyon sokat segített abban, hogy jobban megértsük az ökológiai folyamatokat és az alapvető összefüggéseket az élőhely fizikai adottságai és az élőlények között. Másrésről a VKI által biztosított jogszabályi keret sokat jelent a biológiai felmérési módszerek fejlődésében, és létrehozott a mutatók bizonyos csoportjain alapuló ökológiai állapot besorolást. Ezen előrelépések miatt szükség lehet a projekt területen zajló monitorozási programok áttekintésére és felülvizsgálatára. A jövő rehabilitációs intézkedéseinek hatékonyságát a tudományos közösség, valamint a hatósági szervek által elfogadott paraméterek és mutatók alapján kell felmérni.

- A 8.7 fejezetben tárgyalt témák és paraméterek vonatkozásában a két ország által kiadott monitorozási eredmények áttekintése.
- Javaslatok a jövőben monitorozandó területek és módszerek tekintetében

8.9. Záró megjegyzések

A projekt terület fenntartható fejlődéséhez a felszíni – és talajvízáramlások, valamint azok kölcsönhatásának szimulálására kidolgozott kifinomult modelleket alkalmazó alapvető vizsgálatokra van szükség. Az optimális eredmények érdekében mind a szlovák, mind pedig a magyar tudományos forrásokat fel kell használni, mivel ezeken a területeken mindkét ország intézményei jelentős tapasztalattal rendelkeznek. A projekt fejlesztésének sikere a teljes adatállomány hozzáférhetőségén múlik. A vízmegosztással kapcsolatos bármilyen megállapodáshoz és a kidolgozott változatok többségéhez mindkét ország és valamennyi érintett intézmény együttműködése szükséges.

9. Irodalom

- Ahnelt, H.; P. Bănărescu; R. Spolwind; Á. Harka; H. Waidbacher (1998): Occurrence and distribution of three gobiid species (Pisces, Gobiidae) in the middle and upper Danube region – examples of different dispersal patterns? *Biologia, Bratislava*, 53/5: 665-678.
- Amoros, C., A. L. Roux, J. L. Reygrobellet, J. P. Bravard, G. Pautou (1987): A method for applied ecological studies of fluvial hydrosystems. *Regulated Rivers*, 1:17-36.
- Bayley, P.B. (1995): Understanding large river-floodplain ecosystems. *BioScience*, 3: 153-158.
- Budapesti Műszaki és Gazdasági Egyetem (2005): Árvízlevezető-képesség vizsgálata a Duna régi medrének szlovák-magyar szakaszán (PHARE projekt kutatási jelentés)
- Cowx, J., R. L. Welcomme (1998): Rehabilitation of rivers for fish. FAO, Fishing News Books. 260 pp.
- Csoma, J. (1968): A felső-dunai mellékágrendszerek mederváltozása. *Földr. Ért.* 17: 309-324.
- Deak, J.; Deseo, E.; Bohlke, J. K.; Revesz, K. (1996): Isotope hydrology studies in the Szigetköz Region, Northwest Hungary. *Isot. Water Resour. Manage., Proc. Symp., Meeting Date 1995, Volume 1*, 419-432. International Atomic Energy Agency: Vienna, Austria.
- Deák, J.; László, F. és Liebe, P. (2002): A felszín alatti vizek utánpótlódásának, áramlási viszonyainak, szintjének és minőségének változása. In: MTA Szigetközi Munkacsoport: A szigetközi környezeti monitoring eredményei. Az előadások összefoglalói. Nyugat – magyarországi Egyetem. 4-9.
- Delft Hydraulics, Harris F.R., VITUKI Rt. (1994): Duna környezeti és hajózási projekt. Megvalósíthatósági tanulmány (Danube environmental and navigation project. Feasibility study), Rajka - Budapest. Final report. Manuscript.
- ÉDUKÖVIZIG (2000): Szigetközi hullámtéri vízpótló rendszer ideiglenes üzemelési utasításának megalapozó tanulmánya.
- ÉDUKÖVIZIG (2005): A Duna közös szakaszának nagyvízi levezetőképesség vizsgálata.
- ÉDUKÖVIZIG (2007): Árvízvédelmi elemzés a Csallóköz-Szigetköz területén In: INTERREG IIIA projekt

EC, Czechoslovakia-Hungary (1992): Report of the Working Group of Independent Experts on Variant C of the Gabčíkovo-Nagymaros Project, Budapest, 23 November 1992, p 31

European Communities (2003): Analysis of pressures and impacts, Guidance Document No.3., Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive

Erdélyi, M. (1994): The hydrogeology of the Hungarian upper Danube section (before and after damming the river). Hungarian Natural History Museum, Budapest.

Göcsei I. (1979): A Szigetköz természetföldrajza. Földrajzi Tanulmányok 16, Akadémiai Kiadó, Budapest. 120 pp.

Guti, G. 1993: Fisheries ecology of the Danube in the Szigetköz floodplain. *Opuscula Zoologica*, Budapest 26: 67-75.

Guti, G. (1998): Changes in juvenile fish assemblages in two backwaters of the Szigetköz floodplain after river diversion by the Gabčíkovo Dam. *Italian Journal of Zoology* 65, Suppl.: 337-339.

Guti, G. (2008): Past and present status of sturgeon in Hungary and problems involving their conservation. *Fundam. Appl. Limnol./Arch. Hydrobiol., Suppl.* 162., Large Rivers Vol. 18. No.1-2: 61-79.

Junk, W. J., P. B. Bayley, R. E. Sparks (1989): The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 106:110-127.

Hahn, I. (2003): Botanika – A biológiai sokféleséget meghatározó vízigény teresztris élőhelyeken. p. 377-382. In: Berczik Á. & Gutí G. (szerk.) A Szigetköz ökológiai vízigényének meghatározása, különös tekintettel a szlovák-magyar tárgyalások folytatására. – Kutatási jelentés MEH VI/L-686/2002.

Hajóssy, A. (2008): Proposal based on the Report by the Working Group of Monitoring and Water Management Experts for the Gabčíkovo System of Locks on Temporary Water Management Regime, Bratislava, 1 December 1993. September 20, 2008, Compiled by Adrienne Hajóssy

Hajóssy A. - Liebe P, és Szalai J. (2008, In prep): Study on subsurface water recharges.

Hensel, K. & Holčík, J. (1997): Past and current status of sturgeon in the upper and middle Danube River. – *Env. Biol. Fish.* 48:185-200.

Herman, O. (1887): A magyar halászat könyve I-II. (Book of the Hungarian Fishery). – A K. M. Természettud. Társulat, Budapest. 860 pp.

Hock, B. – Somlyódi L. (1990): Freshwater resources and water quality. p. 67-90. In: D. Hinrichsen, Gy. Enyedi (eds.) State of the Hungarian environment. Hungarian Academy of Sciences, Ministry of Environment and Water Management, Hungarian Central Statistical Office, Budapest.

Hohensinner, S., M. Jungwirth, S. Muhar, H. Habersack 2005: Historical analyses: a foundation for developing and evaluating river-type specific restoration programs. *Int. J. River Basin Management* Vol. 3, 2: 87-96.

Holčík, J. (1990): Effects of hydraulic engineering on habitat and fish community in river anabranches of the middle Danube. p. 14-24. In: W.L.T. Van Densen, B. Stenmetz, H.R. Hughes (eds.) Management of freshwater fisheries. Proceedings of the EIFAC, Wageningen.

ICPDR (20 November 2006) Management problems of sediment quality and quantity in the Danube River Basin, prepared by Hungary, Romania, Austria and the ICPDR Secretariat, IC/WD/266, Draft 4.2. p.27.

INTERREG IIIA / HUSKUA/05/02/94. (2007): Laying the joint foundations of the rehabilitation of the Szigetköz-Zitny Ostrov side-arm system of the Danube inundation area, 2007. A Project within the framework of the Hungary-Slovakia-Ukraine Neighbourhood Program. www.szigetkozosen.hu

Jungwirth, M. (1998): River continuum and fish migration – going beyond the longitudinal river corridor in understanding ecological integrity. p. 19-32. In: M. Jungwirth, S. Schmutz & S. Weiss (eds.) Fish Migrations and Fish Bypasses. Fishing News Books. Blackwell Science, Inc. Oxford, UK.

Jones, F.R.H. (1968): Fish migration. Edward Arnold Publishers Ltd., London. 325 pp.

Károli, J. (1877): A Duna halóriásai. (Giant fish in the Danube). – *Természetrizai Füzetek*. 1: 12-16, 77-81.

Károlyi Z. (1962): A Kisalföld vizeinek földrajza. *Földrajzi Közlemények*, 10:157-174.

Károlyi Z. (1973): A Duna-völgy vizeinek szabályozása. p. 151-279. In: Ihrig D. (ed.) *A magyar vízszabályozás története*. OVH, Budapest.

Kern, K (1992) Restoration of Lowland Rivers – the German Experience. p 279-297. In Carling, P. & G.E. Petts (Eds) *Lowland Floodplain Rivers – Geomorphological Perspectives*. Wiley & Sons, Chichester.

Kern, K. (1994) *Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung*. (Fundamentals of River Restoration). Springer Publ., Heidelberg, 256 p. (In German).

Khin, A. (1957): A magyar vizák története (History of great sturgeon in Hungary). – Mezőgazdasági Múzeum Füzetei 2: 1-24.

Kriesch, J. (1876): Hasznos és kártékony állatainkról, Vol. 2: 1-149. Halak. (Beneficial and damaging animals: Fishes) – Szent-István Társulat, Budapest

Láng I, Banczerowski J., Berczik Á. (szerk.) (1993): Szigetköz. Környezettudományi kutatások, környezeti állapot, ökológiai követelmények. MTA, Budapest. 145 pp.

Lehner, B., P. Döll, J. Alcamo, T Henrichs., F. Kaspar (2006): Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: A continental integrated analysis. *Climatic Change* 75: 273-299.

Limp, T. (2007): A Szigetköz elmúlt 15 év ökológiai változásai és annak hatása az erdőgazdálkodásra. Kézirat 11 pp.

Lisický M. J. And Mucha I., Ed. (2003): Optimalizácia vodného režimu ramennej sústavy v úseku Dunaja Dobrohošť – Sap z hľadiska prírodného prostredia, Prírodovedecká fakulta UK v Bratislave, Bratislava, September 2003, pp. 205. (Optimization of the Water Regime in the Danube River Branch System in the Stretch Dobrohošť - Sap from the Viewpoint of Natural Environment.) Plenipotentiary of the Slovak Republic for Construction and Operation of Gabčíkovo-Nagymaros Hydropower Scheme. Bratislava, September 2003'. *In Slovak with English Summary*.

MKK (2003): A Szigetközi Nemzeti Park terve. Kézirat 114 pp.

Molnár, P. (2004): Proposal for the remediation of the Szigetköz Danube section. June 7, 2004. Manuscript, pp. 10.

Moyle, P. B. (1991): Ballast water introductions. *Fisheries*, 16/1: 4-6.

Pécsi, M. 1959: A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalakítása. (Evolution and geomorphology of the Danube-valley in Hungary). Akadémiai Kiadó, Budapest.

ÖKOPLAN- Dunadrop - Eurosense – TÉRTERV - VITUKI (1999): Danube Impact Assessments: Results of the evaluations of the water sharing and water utilisation variants based on a joint analysis of ecological and technical aspects. Danube Commissioner's Office. December 1998- January, 1999. In Hungarian.

Petrasovits, I. 1988. Az agrohidrológia legfontosabb kérdései. (*The most important questions of agrohydrology*.) Akadémiai Kiadó. Budapest.

Petts, G.E., H. Möller & A.L. Roux (Eds.) (1989) Historical Change of Large Alluvial Rivers: Western Europe. John Wiley & Sons, 355 p.

Plenipotentiary of the Slovak Republic for the Construction and Operation of the Gabčíkovo-Nagymaros Hydropower Scheme (2003): Optimalization of the Water Regime in the Danube River Branch System in the Stretch Dobrohošť - Sap from the Viewpoint of Natural Environment. Bratislava, September 2003. *In Slovak with an English Summary*

Rákóczi, L. (1993): A Felső-Duna víz- és hordalékjárása. p. 35-51. In: Láng I., Banczerowski J., Berczik Á. (eds.) Szigetköz – Környezettudományi kutatások, környezeti állapot, ökológiai követelmények. MTA, Budapest.

Rákóczi, L., Sass, J. (1996): A Felső-Duna és a szigetközi mellékágak mederalakulása a Dunacsúnyi Duzzasztómű üzembehelyezése után (Morphological changes in the course of the Upper Danube and the Szigetköz branches after the commissioning of the Čunovo Weir). *Vízügyi Közlemények*, LXXVII. 1. füzet,

Rákóczi L., Sass J. 2005: Morfológiai változások, üledékviszonyok, hordalékjárás. p. 7-10. In: A szigetközi környezeti monitoring eredményei. Konferencia előadások összefoglalói, MTA Szigetközi Munkacsoportja, Budapest.

Republic of Hungary (2005): Report according to Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy on analysis of the characteristics of the Hungarian part of the Danube River Basin District, and review of the environmental impact of human activities and economic analysis of water uses. Reporting deadline: 22 March 2005

Resh, V.H. et al. 1988: The role of disturbance in stream ecology. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 433-455.

Roux, A.L. et al. 1982: Cartographie polythematique applique a la gestion, cologique des eaux. - CNRS, Paris, 1-113.

Scharek, P.,- Zsámbok, I. (1996): A talajvíz áramlási változásának értékelése a dunakiliti fenékküszöb üzembe helyezése után. In: Magyar Állami Földtani Intézet 1996 évi jelentése

Schiemer, F., H. Keckeis, W. Reckendorfer, G. Winkler (2001): The inshore retention concept and its significance for large rivers. *Large Rivers* 12/2-4, Arch. Hydrobiol. Suppl. 135/2-4: 509-516.

Schiemer, F., T. Spindler (1989): Endangered fish species of the Danube river in Austria. – *Regulated Rivers: Research & Management*, 4: 397-407.

Schiemer, F. & Waidbacher, H. (1992): Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. p. 363-382. In: Boon, P. J., Calow, P. & Petts, G. E. (eds.): *River conservation and management*. John Wiley & Sons Ltd.

“Scoping Report” of a planned Hungarian-Slovak joint Strategic Environmental Assessment concerning programmes of measures of the River Basin Management Plan on the Danube sections affected by the Judgement of the International Court of Justice in the Case of the Gabčíkovo - Nagymaros Project, Hungarian proposal., The Hungarian Section of the Hungarian-Slovak Joint Working Group for the Preparation of the Strategic Environmental Assessment., 5 February 2008

Simonffy, Z. (1998): A szigetközi távlati felszín alatti vízkészlet védelme. Összefoglaló jelentés. VITUKI jelentés, 1996

Sokolov, L.I. & Vasil'ev, V.P (1989): *Acipenser ruthenus* Lovetsky, 1928. p. 227-262. In: Holčík, J. (ed.): The Freshwater Fishes of Europe, Vol. 1/II: 227-262. – AULA-Verlag, Wiesbaden.

Stanford, J.A., J.V. Ward 1993: An ecosystem perspective of alluvial rivers: connectivity and the hyporheic corridor. J. N. Am. Benthol. Soc. 121: 48-60.

Stute, M.; Deak, J.; Revesz, K.; Bohlke, J.K.; Deseo, E.; Weppernig, R.; Schlosser, P. (1997) : Tritium ³He dating of river infiltration: An example from the Danube in the Szigetkoz Area, Hungary. Ground Water 35 (5): 905-911 1997

Thorp, J.H., Thoms, M.C., Delong, M.D. (2006): The riverine ecosystem synthesis: Biocomplexity in river networks across space and time. River Res. Appl. 22: 123-147.

Topolská, J.- Klucovská, J. (1995): River Morphology. Gabčíkovo-Environmental Impact Review, Bratislava.

Töry (1952): A Duna szabályozása. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Várday N. (1987): A kisalföldi Duna-szakasz hidrológiai és vízkémiai viszonyai. p. 7-41. In: Dvihally Zs. (ed.) A kisalföldi Duna-szakasz ökológiája. VEAB.

Vitousek, P.M., C.M. D'Antonio, L.L. Loope, M. Rejmánek, R. Westbrooks (1997a): Introduced species: a significant component of human-caused global change. New Zealand Journal of Ecology 21:1-16.

Vitousek, P.M., J.D. Aber, R.W. Howarth, G.E. Likens, P.A. Matson, D.W. Schindler, W.H. Schlesinger, D.G. Tilman (1997b): Human alterations of the nitrogen cycle have greatly increased the transfer of nitrogen through rivers to estuaries. Ecological Application, 7(3): 737-750.

VITUKI (2005): Solution alternatives for the Szigetköz: Analysis of the 'bed-lifting' variant. September 2005

VITUKI Consult (2003): Updating regional developmental concepts of the Szigetkoz and Mosoni-Danube region. Final Report. June 2003.

Ward, J. V. (1989): The four-dimensional nature of lotic ecosystems. *N. Am. Benthol. Soc.*, 81: 2-8.

Ward, J. V., J.A. Stanford (1989): Riverine ecosystems: The influence of man on catchment dynamics and fish ecology. p. 56-64. In. D. P. Dodge (ed.) *Proceedings of the International Large River Symposium*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106.

Water Framework Directive (2000): Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy.

WWF (1994) A new solution for the Danube. WWF Statement on the EC Mission Reports of the "Working Group of Monitoring and Management Experts" on the Overall Situation of the Gabčíkovo Hydrodam Project.

WWF (1997): How to Save the Danube Floodplains. The Impact of the Gabčíkovo Hydro Dam System Over Five Years. WWF Statement. Green Danube Programme.