

**VÁLTOZÁSOK A SZIGETKÖZBEN  
A DUNA ELTERELÉSE ÓTA**



**BUDAPEST, 1998 NOVEMBER**

**VÁLTOZÁSOK A SZIGETKÖZBEN  
A DUNA ELTERELÉSE ÓTA**

**Összefoglalás  
az MTA Szigetközi Munkacsoportja koordinációjával  
végzett kutató-értékelő tevékenység alapján**

**Munkaközi anyag**

**Összeállította: Hajósy Adrienne**

**A Munkacsoport kutatásait  
a Környezetvédelmi Minisztérium támogatásával végzi**

## TARTALOM

<b>Bevezetés</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>A bósi vízlépcső ökológiai-környezeti hatásairól</b> . . . . .	<b>2</b>
<b>Célállapot, ökológiai követelmények</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>A Magyar Tudományos Akadémia Szigetközi Munkacsoportja közreműködésével és szerkesztésében készült fontosabb tanulmányok összefoglalása 1992 - 1997</b> . . . . .	<b>7</b>
<b>A Szigetköz természetföldrajzának rövid összefoglalása</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>Környezeti változások a Szigetközben 1992 - 1997</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>Nem élő környezet</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>Geomorfológia</b> . . . . .	<b>15</b>
<b>Mederfelmérések és mederanyagvizsgálatok</b> . . . . .	<b>21</b>
<b>Vízszint- és vízhozamváltozások</b> . . . . .	<b>24</b>
<b>A talajvíz utánpótlódásának vizsgálata</b> . . . . .	<b>28</b>
<b>Élő környezet</b> . . . . .	<b>31</b>
<b>A vizek élővilága</b> . . . . .	<b>33</b>
<b>Wetland</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>Erdők</b> . . . . .	<b>35</b>
<b>Összegzés</b> . . . . .	<b>36</b>

## BEVEZETÉS

A Dunát hat éve, 1992. október 25-én terelték el a 'C' variáns építői csak csehszlovák területre, a magyar határtól 1 kilométerre létesített dunacsúnyi gáttal. Azóta, mintegy 40 kilométer hosszúságban, a Dunába csak nagyon kevés vizet engednek: a teljes hozam 10-20 százalékát.

Már a bős-nagymarosi vízlépcsőrendszer tervezésének és építésének időszakában számos szaktudományos fórum foglalkozott a bősi erőmű várható súlyos környezeti következményeivel. Az 1990-es évek előtt azonban szisztematikus kutatások nem folytak, mert a környezeti szempontok nem játszottak jelentőségüknek megfelelő súlyú szerepet. 1985-ben készített ugyan környezeti hatástanulmány címmel egy összeállítást az erőműrendszert tervező vállalat (VIZITERV, 1985). Azonban az alapvető vizsgálatok hiánya és a tanulmány készítőinek egyoldalú elkötelezettsége miatt hiányzik belőle az ökológiai szemlélet, az egyes részek kidolgozottságának mélysége, minősége igen eltérő. A vízminőség és az ivóvízellátás kérdéseinek például a 111 oldalas munka mindössze egyetlen bekezdést fordít, amelyben megállapítja, hogy e témakörökben számottevő probléma nem merülhet fel.

Az MTA Szigetközi Munkacsoportja 1991-től koordinálja a Szigetköz megismerése érdekében végzett kutató- és monitoringtevékenységet. A csoport társelnökei Láng István és Berczik Árpád akadémikusok. A munkában tudományos intézetek, egyetemek és a szigetközi területi szervek kutatócsoportjai, munkatársai vesznek részt. A Munkacsoport képviselői az elmúlt évek során számos alkalommal tevékenykedtek a bős-nagymarosi kérdéskörrel kapcsolatos különféle szakmai bizottságokban, így például az EK részvételével 1992-94-ben működött ún. három oldalú szakmai bizottságban, illetve a hágai per előkészítésében. A hágai per szóbeli szakaszában Vida Gábor akadémikus volt a hivatalosan delegált magyar szakértő, aki korábban a három oldalú bizottságok magyar szekciójának is vezetője volt.

A munkacsoport tevékenységének kezdetén a meglévő, meglehetősen hiányos ismeretanyag birtokában fogalmazta meg, a bősi erőmű működtetésének ökológiai kockázatait, valamint a Szigetköz természeti értékeinek védelmét biztosító célállapotot és ökológiai követelménye összefoglalását. A bekövetkezett környezeti változások összefoglalása előtt idézzük a főbb, 1991-ben és 1992-ben megfogalmazott megállapításokat.

\*\*\*\*\*

## **A BŐSI VÍZLÉPCSŐ ÖKOLÓGIAI-KÖRNYEZETI HATÁSAI RÓL \***

A vízlépcső működtetésének következtében várható ökológiai kockázatok áttekintéséhez figyelembe veendő alapelvek:

1. A legutolsó jégkorszak után alakult ki a Duna és a környező vízrendszerek jelenlegi dinamikus egyensúlya. Az elmúlt 10 ezer évben ezt lényegében nem háborgatták. A terv szerint a Dunát felemelik, arrébb viszik, és szigetelt csatornába teszik. Nincs alap annak feltételezésére, hogy ez nem jelent potenciálisan káros következményeket.
2. A Duna rendkívül bonyolult, a hatásmechanizmusok láncolatával jellemezhető, folyamatosan változó (vízhozam, áramlási sebesség, szennyezettség stb.) ökoszisztéma, ezért egyetlen paramétert sem szabad sem kizárólagosnak, sem állandónak tekinteni.
3. Az ökológiai-környezeti hatások és következmények prognosztizálásakor gyakran jutunk el olyan összefüggésig, amelyen túl az ismeretek hiánya miatt további egzakt következtetéseket levonni már nem lehet.
4. Az ökológiai hatások felmérésénél nagyobb hangsúlyt kell adni az időtényezőnek, amely a folyamatok egymásra épülését és egymásutánját megszabja, ezért rövid időléptékű modellek a valóságtól eltérő következtetésekre vezethetnek.

A bősi vízlépcső működtetésének környezeti és ökológiai következményeit elsősorban a hidrológiai, hidraulikai változások és a víz szennyezettsége fogja előidézni. Ezek kölcsönhatása szuperponálódó és egymást erősítő: sőt, új kölcsönhatások előidézője lehet.

A) A duzzasztás következményeként a tározókban a víz sebessége csökken, pangó területek alakulnak ki, erőteljes üledékfelhalmozódás indul meg, a talajvízszint emelkedik.

### **Várható kockázatok:**

1. A fenékiüledékben már a felszínen is fokozatosan dominálóvá válnak az anaerob folyamatok, ennek eredményeként súlyosan káros anaerob, erjedéses

---

\* az ökológiai kockázatok összefoglalása az 1991. április 22-i magyar-szlovák kormányközi tárgyalásra, a Magyar Tudományos Akadémia állásfoglalásával és véleményével alapján

bomlás, rothadás léphet fel, a szerves és szervetlen ipari szennyezőanyagok beépülhetnek biológiai anyagcseretermékekbe.

2. A fenéküledék felszínén kialakuló biológiai szűrőréteg súlyosan károsodik, így az ülepedés közvetetten szennyezi a parti szűrésű víztermelő telepek vizét is.
  3. Az ülepedés fokozódása miatt megnövekvő fényáteresztőképesség és tartózkodási idő, valamint a tározótérbe jutó víz bőséges N és P tartalma miatt jelentősen fokozódik a szervesanyagtermelés. A Duna-víz jelenlegi trofitás fokát is figyelembe véve, duzzasztás esetén a megtorpanó víztestben káros mértékű algaprodukciónak alakul ki a fő tenyészidőszakban.
  4. A duzzasztott területeken és a kapcsolódó térségben a talaj levegőtlené válik, uralkodóvá válnak benne az anaerob folyamatok, nő a belvízveszély, a rossz természetes drénviszonyokkal rendelkező területeken (elsősorban a Duna balpartján, a Vág torkolattól keletre) másodlagos szikesedés is bekövetkezhet.
  5. A szigetközi és csallóközi sajátos hidrológiai helyzet (állandó dunai táplálás, helyenként 350 méteres vastagságot is meghaladó kiváló vízvezetőképességű kavicsos vízáradék) miatt a talajvízbe jutó káros anyagok idővel (néhány évtized alatt) a teljes felszín alatti vízkincset elszennyezi. A felhalmozódott iszap tervezett időnkénti kotrásai nemcsak a felszíni víz minőségére lesznek káros hatással, a szűrőréteg teljes elbontásával lehetővé válik szerves mikroszennyezők és mikróbák talajvízbe jutása is.
- B) Az Öreg-Duna elhagyott medrében és a kapcsolódó területen a vízpótlás és az árterek nedvessége csökken, a talajvíz-elszívás következtében a talajvízszint is csökken.**

**Várható kockázatok:**

1. Az elhagyott mederben posványos vizek alakulnak ki, elburjánzik a fás vegetáció.
2. Meggyorsul a növényi maradványok ásványosodása, csökken a talajok szervesanyag-tartalma, fokozódik a talajszerkezet leromlása és a tápanyagok kilúgzódásának veszélye.
3. Ahol a talajvízszint jelenleg a finom fedőrétegben áll, de a vízlépcső hatására a kavics fekébe süllyed, megszűnik a gyökérszóna kapilláris vízellátása, ezért a természetben növényeknél jelentős mértékben csökken a termés, ill. elsősorban a termésbiztonság, növekszik a terület aszályérzékenysége, megváltozik az ártéri erdők kedvező vízellátása.

4. A talajvízszint-süllyedés ellensúlyozására tervezett vízpótló rendszer a tápláló nyers víz minőségétől és a kolmatálódott hullámtéri ágrendszer állapotától függően a teljes tárolt vízkészlet elszennyvezését és mennyiségi károsodását okozza.

**C) A hidrodinamikai viszonyok megváltozása és az általa is indukált biogeokémiai folyamatok eltolódásai, továbbá a vízminőség romlása az életközösségek elszegényedéséhez és leromlásához vezet.**

**Várható kockázatok:**

1. A jelenleg még összefüggő ártéri életközösségek foltokká izolálódnak: csökken a növényi életközösségek szervesanyag-termelése, az oxigénben gazdag vízhez szokott ligeti ökoszisztémák súlyosan degradálódnak.
2. Az életközösségek összetétele eltolódik, mintázataik rövid idő alatt átrendeződnek, a folyamat során a sokféleség (a fajszám és a fajok genetikai változatossága) csökken, azaz jelentős degradáció következik be.
3. A gyors változások a génvariánsok sokaságát (valószínűleg millióit) fogja végérvényesen eltüntetni a térségből. Ez veszélyezteti a megmaradt életközösségek tagjainak további alkalmazkodóképességét, melyre a megváltozott környezetben szükségük lenne.
4. A tervezett vízviisszapótlási rendszer növeli a növény- és állatpopulációk zavarását. Ez az életterük minőségi romlásán át csökkenti a reprodukciójukat.
5. A természetestől eltérő viszonyok következtében a parti sávokban lerakott halikrák, az ott tartózkodó halivadékok nem viselik el az áramlásingadozást és a feliszapolódást. Ezért a halállomány mennyisége csökken, összetétele pedig jelentősen megváltozik.

**D) Földtani szempontból a területre vonatkozó ismeretek hiánya jelenti a legnagyobb kockázatot, hiszen számos előkészítő és tervezési feladat (pl. környezeti hatás-vizsgálat, műszaki tervezés) csak ennek birtokában juthat megalapozott eredményekhez.**

1. Nem készült a bósi vizlépcső hatásterületének egészét értékelő földtani és geofizikai dokumentáció, az ehhez szükséges kutatások jelentős része is hiányzik. További problémát jelent, hogy mindezekig nem történt meg a magyar és csehszlovák oldalon végzett kutatások eredményeinek összesítése.

2. Külön problémakört alkotnak a bőszi vízlépcső szeizmológiai kérdései. A Közös Egyezményes Tervben rögzített szeizmicitás értékek nem fogadhatóak el: a szükséges vizsgálatok hiánya miatt a szeizmicitás kérdésében megalapozott válasz nem is adható.

\*\*\*\*\*

## **CÉLÁLLAPOT, ÖKOLÓGIAI KÖVETELMÉNYEK \*\***

A különböző tudományterületek vizsgálódásai meglehetősen egybehangzóan támasztják alá azt a megállapítást, hogy a bős-nagymarosi vízlépcsőrendszer létesítésével járó beavatkozások előtti állapot hosszabb távon is kielégítően biztosította a természeti értékek védelmének és a gazdálkodás különböző ágazatainak társadalmi érdekeit. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy "minden rendben volt", hiszen bizonyos kérdések — mint például a Duna szabályozása az árvízvédelem és a hajózás érdekében, vagy a területfejlesztés bizonyos kérdései — még továbbfejlesztésre vártak. Ebből kiindulva — kizárólag az érintett tudományterületek megállapításaira alapozva — célállapot és az ezt szolgáló ökológiai követelményt az alábbiak szerint fogalmazhatjuk meg:

### **CÉLÁLLAPOT**

Olyan vízgazdálkodás kialakítása, amely lehetővé teszi, hogy a Szigetköz megismert értékei a Duna elterelése előtti időszakra jellemző összhangban fenntarthatók, hasznosíthatók és fejleszthetők legyenek.

### **A CÉLÁLLAPOTOT SZOLGÁLÓ ÖKOLÓGIAI KÖVETELMÉNY**

A Duna számára az elterelés előtti, vagy attól csak jelentéktelen mértékben eltérő vízjárás (vízhozam, áramlási sebesség, vízszintingadozás) biztosítása, egyúttal a mellékágrendszerek és a Duna kapcsolatainak korrigálása oly módon, hogy funkcionális egységük helyreálljon, és a talajvízháztartás a korábbi legalábbis megközelítővé váljon.

---

\*\* Magyar Tudományos Akadémia Szigetközi Munkacsoport: Szigetköz -környezettudományi kutatások, környezeti állapot, ökológiai követelmények (Budapest, 1993, 145 oldal)



A célállapot és az ökológiai követelmény fenti meghatározása ellen felhozható az az ismert észrevétel, hogy a Szigetköz korábbi, most célállapotként meghatározott viszonyai már sok tekintetben mesterségesek voltak. Válaszként hangsúlyozható, hogy a megelőző folyamszabályozási beavatkozások az árvízi biztonság növelésével a gazdálkodás, valamint a személy- és vagyonbiztonság érdekeit szolgálták anélkül, hogy a felszíni és felszín alatti vízkészletek hidrológiáját gyökeresen megváltoztatták volna. Bizonyos vízterületek — különösen a mentett oldalon — megszűntek ugyan, a közel természetes területek is összezsugorodtak a mezőgazdaság és az erdőültetvények terjedésével, de az alapvető hidrológiai állapot fennmaradása következtében a felszín alatti vizek viszonyai nem változtak a gazdálkodás rovására, a táj sokfelé megőrizhette arculatát és a természeti értékek oltalma is biztosítható volt. Nem vonható kétségbe az, hogy helyes volt a Szigetköz megfelelő területeit mezőgazdasági tájjá, az állattenyésztés, erdőgazdálkodás, bizonyos kapcsolódó ipari tevékenységek színterévé tenni, a területfejlesztés átgondolt lépéseit végrehajtani és — alapvetően — az árvizek pusztításaitól a térséget megvédeni. Ezek a tájképi, természeti értékekkel, ökológiai alapkövetelményekkel — ha bizonyos részterületeken nem is hiányosságok, vagy hibák nélkül — de összehangolhatók voltak.

A célállapot és az ökológiai követelmény fenti meghatározását illetően tudomásul kell venni, hogy a fejlett környezetvédelemmel rendelkező országokban egyre erőteljesebben felértékelődik a természet- és tájvédelem, mint aktuális és hosszútávú társadalmi érdek, prioritást kapva különböző fejlesztési elképzelések döntéselőkészítő folyamatában. Megjegyezzük, hogy a mai napig is hiányzik a bős-nagymarosi vízlépcsőrendszerre, illetve bármely — önállóan is működtethető — részlétesítményére vonatkozó költség/haszon számítás, mind magyar-szlovák, mind csak a magyar szempontból kidolgozva. Ennek hiányában nem lehetséges a gazdaságossági szempontokra is kiterjedő, korrekt értékelés az új szempontokat hozó környezetvédelmi problémák ismeretében sem. Fentiekből következik, hogy tudományos, szakmai szempontból a fenti célállapot és ökológiai követelménye akkor vizsgálható felül, ha a társadalom számára hosszútávú értékteremtés új lehetőségét kell mérlegelni.

\*\*\*\*\*

Áttekintve az annak idején részletes kutatások és terepi ismeretek gyűjtése előtt kockázatként megfogalmazott várható káros környezeti változásokat, megállapítható, hogy sajnálatos módon a prognózis jónak bizonyult, a jelzett folyamatok

a Duna elterelése után megkezdődtek, néhány év elteltével pedig már a szignifikanciaszintet meghaladó kvantitatív eredményeket is lehetett rögzíteni. Hasonló okból ajánlható a megfogalmazott célállapot és ökológiai követelménye irányába teendő lépések megfontolása.

**A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
SZIGETKÖZI MUNKACSOPORTJA  
KÖZREMŰKÖDÉSÉVEL ÉS SZERKESZTÉSÉBEN KÉSZÜLT  
FONTOSABB TANULMÁNYOK ÖSSZEFOGLALÁSA  
1992 - 1997**

Az első két év terepi munkái, összefoglaló értékelései alapján lehetőség nyílt a Duna elterelése előtti állapot rögzítésére. Az 1991-1993. években készült tanulmányok és szintézisek szolgáltak alapul a

Magyar Tudományos Akadémia Szigetközi Munkacsoport: *Szigetköz - környezettudományi kutatások, környezeti állapot, ökológiai követelmények* (Budapest, 1993, 145 oldal)

című könyv kiadásához. Az ismeretes problémák ellenére (finanszírozási nehézségek, szűkös szakembergárda, bizonyos szakterületeken nagyon rövid kutatási időszak és adathiányok), a könyv valamennyi releváns tudományterület eredményei összefoglalásának tekinthető. A könyv kiegészítéseként a Munkacsoport publikálta a kérdéskör annotált bibliográfiáját (angol nyelven is).

Az EK szakértőinek közreműködésével folytatott magyar-szlovák szakértői tárgyalásokon három összefoglaló kötet készült (az 1993. évi már a hágai eljárás keretében):

Commission of the European Communities, Czech and Slovak Federative Republic, Republic of Hungary, Working Group of Independent Experts on Variant C of the Gabčíkovo-Nagymaros Project: *Working Group Report*, Budapest, November 23, 1992, p. 65;

Commission of the European Communities, Republic of Hungary, Slovak Republic, Working Group of Monitoring and Water Management Experts for the Gabčíkovo System of Locks: *Assessment of Impacts of Gabčíkovo Project and Recommendations for Strengthening of Monitoring System, Data Report*,  
Budapest, November 2, 1993, p. 71;

Commission of the European Communities, Republic of Hungary, Slovak Republic, Working Group of Monitoring and Water Management Experts for the Gabčíkovo System of Locks: *Report on Temporary Water Management Regime*,  
Bratislava, December 1, 1993, p. 71.

A három oldalú szakmai bizottságok anyagai alapján tett ajánlásokat az EU Bizottsága a kormányoknak a Duna vízének ideiglenes megosztására (1993-ban és 1994-ben), melyeket a magyar kormány elfogadott, a szlovák kormány azonban nem. A három oldalú szakértői tárgyalásokon a monitoring-rendszerek fejlesztésére elfogadott javaslatok alapján működik — 1995 nyarától — az ideiglenes vízpótlás közös monitoringja.

A hágai peres eljárásban a bíróság elé terjesztett dokumentumok természet-tudományos részeinek alapjául az

Expert Group of the Hungarian Academy of Science: *Environmental Risks and Impact Associated with the Gabčíkovo-Nagymaros Project*  
(Budapest, April, 1994, p.191)

című könyv szolgált. A Munkacsoport szakértői részesei voltak a hágai eljárás írásbeli szakaszának.

A monitoring eredményeinek összefoglalását angol nyelven, könyv formátumban 1997-ben adta ki a Munkacsoport:

Expert Group of the Hungarian Academy of Science: *Studies on the Environmental State of the Szigetköz after the Diversion of the Danube*  
Budapest, 1997, p. 131

Az 1991 óta folyó kutató-értékelő tevékenység eredményeit szakterületenkénti csoportosításban mutatjuk be. Az összefoglaló a Munkacsoport jelentésein alapul, (jegyzékét a melléklet tartalmazza). A jelentések és az összefoglaló is támasz-

kodik a területi szervek (Vízügyi Igazgatóság, Környezetvédelmi Felügyelőség, Nemzeti Park Igazgatóság) hozzáférhető adataira.

## A SZIGETKÖZ TERMÉSZETFÖLDRAJZÁNAK RÖVID ÖSSZEFOGLALÁSA

A Szigetköz a Duna negyedidőszaki hordalékkúpja által létrehozott síkságon helyezkedik el. A Duna főága (Öreg-Duna) és a Mosoni-Duna határolja, így lényegében egy 52 km hosszú és átlagosan 7-8 km széles sziget. Területe 375 km<sup>2</sup>.

Felszíne ÉNY felől DK felé enyhén lejtő tökéletes síkság, néhány méteres kiemelkedésekkel. Legmagasabb pontja 127 mBf, legmélyebb pontja 110 mBf. A hordalékkúp felszíne az Öreg-Duna mentén — a hordalék holocén korú lerakódása következtében — magasabb mint a Mosoni-Duna környezetében. Az igen csekély szintkülönbséget mutató felszín alacsony és magas ártérre osztható. Az alacsony ártér magassága a Duna középvízszintje felett 1-2 méter, a magas ártéré 4-6 m. Az alacsony árteret túlnyomórészt erdő, rét, legelő borítja, a magas ártéren főként szántófield található.

**Éghajlat** Az éghajlati viszonyokat elsősorban az Atlanti óceán felől a Dévényi kapun át északnyugatról érkező paradús légtömegek határozzák meg. Hatásuk az éghajlatot kiegyenlítetté teszik. A levegő relatív páratartalma magas, átlagosan 75 %. A felhős napok aránya 60 % körül mozog. A napsütéses órák száma ennek ellenére magas, 1900-2000 óra évenként. A csapadék mennyiségének hetvenéves átlaga 649 mm, magasabb az országos átlagnál. Az utóbbi 40 évben az évi csapadék maximuma 800 mm, minimuma 350 mm volt. Egy évben általában 85-90 napon esik 1 mm-t meghaladó csapadék.

A hőmérséklet évi átlaga 10°C. A téli időszak átlaga 3,9°C, a nyári időszaké 19,3°C. A legmelegebbet (38,5°C) és a leghidegebbet (-28,5°C) egyaránt Mosonmagyaróváron mérték.

**Vízrajz** A Szigetköz a dévényi sziklapad alatti Duna hordalékkúpján alakult ki. Az ősi Duna sok ezer éven át szinte az egész hordalékkúp területét behálózta kisebb-nagyobb mellékágaival. A főmeder nyomvonala minden egyes áradás után megváltozott. A Duna végül Pozsonytól lefelé három ágra szakadt: Kis-Duna, Öreg-Duna, Mosoni-Duna. Az Öreg-Duna szigetközi szakasza 56 km, a Mosoni-Dunáé 120 km. A folyók mai arculatukat a múlt század végi szabályozás következtében nyerték el, amikor kialakították a helyhez kötött főmedret és a hullámtéri mellékágrendszereket.

Elterelése előtt a Duna (Öreg-Duna) középvízszintjének szintkülönbsége a Szigetköz mentén 15 méter volt, ez kilométerenként 20-40 cm esést jelentett. A Duna vízjárását döntően az Alpok éghajlati viszonyai alakítják. Télutón vagy kora tavasszal tartós hideg időjárás után a nyugati áramlású gyors felmelegedés jeges árhullámot okozhat. A másik, árhullámokat hozó időszak május végétől július végéig terjed. Ebben az időszakban szinte minden évben megjelenik a zöldár. Ez a nyáreleji, illetve nyári árhullám bőséges csapadék és a hóolvadás együttes hatására alakul ki. Az alacsony vízállásos időszak októbertől februárig terjed. Árvíz azonban bármelyik időszakban előfordulhat. Az árvíz megváltoztatja az esésviszonyokat, az 1965. évi árvíz során például a jobb parti hullámtéren 47-50 cm/km nagyságú esésértékeket állapítottak meg. A Felső-Dunán egy jelentős árvíz rendkívüli módon megváltoztatta a mederviszonyokat. Az árvíz által lerakott hordalék kezdetben rendkívül laza, ezért a közép- és kisvizek igen hatékonyan és önállóan képesek helyreállítani az árvíz által megzavart levonulási viszonyokat.

A Duna elterelése után a helyzet alapvetően megváltozott, mert a dunacsúnyi zsilipen a teljes hozamnak csak 10-20 százalékát engedti a szlovák fél a mederbe. Például a korábbi időszakok nagy árvizeitől a Szigetközben nem kell tartani.

A Duna-vízjárása szeszélyes. A táblázat az elmúlt néhány év pozsonyi vízhozamainak éves minimumainak, maximumainak és átlagainak változékonyságát mutatja (az 1998-as átlag október 25-ig terjed):

<b>Év</b>	<b>minimum m<sup>3</sup>/s</b>	<b>átlag m<sup>3</sup>/s</b>	<b>maximum m<sup>3</sup>/s</b>
<b>1987</b>	<b>971</b>	<b>2536</b>	<b>5654</b>
<b>1988</b>	<b>987</b>	<b>2371</b>	<b>6864</b>
<b>1989</b>	<b>879</b>	<b>1986</b>	<b>3528</b>
<b>1990</b>	<b>943</b>	<b>1715</b>	<b>5296</b>
<b>1991</b>	<b>769</b>	<b>1782</b>	<b>9289</b>
<b>1992</b>	<b>826</b>	<b>1935</b>	<b>5790</b>
<b>1993</b>	<b>980</b>	<b>1956</b>	<b>5450</b>
<b>1994</b>	<b>795</b>	<b>1854</b>	<b>5830</b>
<b>1995</b>	<b>928</b>	<b>2261</b>	<b>5640</b>
<b>1996</b>	<b>851</b>	<b>2018</b>	<b>6170</b>
<b>1997</b>	<b>920</b>	<b>2028</b>	<b>7230</b>
<b>1998*</b>	<b>868</b>	<b>1747</b>	<b>4160</b>

A dunacsúnyi szelvényben elterelt Dunának csak töredéke kerül a folyóba az 1853-1811 fkm szakaszon. A táblázat a pozsonyi és a rajkai hozamok éves átlagát mutatja (az 1998-as átlag október 25-ig tartó adatsorra vonatkozik):

<b>Év</b>	<b>pozsonyi átlag m<sup>3</sup>/s</b>	<b>rajkai átlag m<sup>3</sup>/s</b>
<b>1993</b>	<b>1956</b>	<b>352</b>
<b>1994</b>	<b>1854</b>	<b>215</b>
<b>1995</b>	<b>2261</b>	<b>287</b>
<b>1996</b>	<b>2018</b>	<b>396</b>
<b>1997</b>	<b>2028</b>	<b>429</b>
<b>1998*</b>	<b>1747</b>	<b>412</b>

A Mosoni-Duna a rajkai zsilipen keresztül kapja a vizet. Három mellékfolyója közül a Lajta Mosonmagyaróvárnál, a Rába és a Rábca Győrnél ömlik a folyóba.

A Szigetközt a Duna árvízi töltése két részre, ún. hullámtérre és ún. mentett oldalra osztja. A mentett oldalon 157 km összhosszúságban belvízi csatornák hálózák be a területet, ezek nagy részét 1886-1900 között létesítették. Nyomvonaluk nagyrészt követi a régi medreket. A belvízcsatornák időszakos vízfolyások, az év jelentős részében medrük száraz.

A hullámtéren öt jelentős ágrendszer helyezkedik el. Helyük a Duna folyamkilométerei szerint rögzítve:

Doborgazszigeti ágrendszer	1848,0	-	1837,2	fkm
Cikolaszigeti ágrendszer	1837,2	-	1832,4	fkm
Bodaki ágrendszer	1832,4	-	1827,7	fkm
Ásványi ágrendszer	1823,9	-	1816,0	fkm
Bagoméri ágrendszer	1816,0	-	1809,8	fkm

A mellékágak középvízi medre csaknem azonos területet foglal el a Duna középvízi medrével. Az ágak hossza többszöröse az ágrendszerhez tartozó Duna-szakasznak. A cikolaszigeti mellékágrendszerben a legsűrűbb a mellékágak hálózata, itt a főmeder minden kilométerére átlagosan 5 km ághossz esik. A bagoméri ágrendszerhez tartozik a legkevesebb ág, itt a főmeder minden kilométerére 2,2 km ághossz esik. A mellékágak kiágazását párhuzamművek zárják le, amíg a főmederben a vízállás a párhuzamművek koronaszintjét nem éri el, az ágakat csak a műveken átszivárgó víz táplálja. A párhuzamműveket nem egységes szintre építették ki, az egyes mellékágak a főmeder különböző vízállásainál kapcsolódnak be a vízszállításba.

**A Duna szabályozása** A Duna és a mellékágak szabályozása a múlt század harmincas éveiben kezdődött. Kezdetben főként egymástól független szakaszokon hajózási célú beavatkozásokat hajtottak végre.

A múlt század nyolcvanas éveiben kezdték meg a Felső-Duna átfogó szabályozása első lépéseként a középvízi szabályozást. Az 1886-1896. évek között végrehajtott szabályozási munkálatokkal a Dunát az 1880-1790 fkm-ek közötti szakaszon kétoldali kő vezető művek (párhuzamművek) közé szorították. Új, állandó medret alakítottak ki, melyet enyhe kanyarulatokban és hosszú, egyenes szakaszokban vezettek.

A nagyvízi szabályozás az árvízvédelmi töltések kiépítéséből állt, mindkét parton eléggé szeszélyes vonalvezetéssel 1900-1904 között. 1907-ben megépült Rajkánál az ún. rajkai (csúnyi) zsilip, amely végérvényesen kizárta a Mosoni-Dunából a dunai árhullámokat.

Az 1899-ben kezdett kisvízi szabályozás - megszakításokkal ugyan - 1940-ig tartott. A kisvízszabályozással együtt végrehajtották a mindkét oldali mellékágak részleges elzárását is. A munkák célja a középvízi szabályozás hatására kialakult meder elfajulásának megakadályozása volt. Ugyanezen célból a középvízi művek magasztását és mederkotrásokat is végeztek. Ezek a munkák eredményesek voltak ugyan a hajóút megjavítása szempontjából, de a Felső-Duna legégetőbb kérdését, a mederemelkedés geológiai folyamatát nem tudták megállítani.

Az 1950-es években a Duna Rajka-Gönyü közti szakaszán a szabályozási, fenntartási munkák csökkenése, illetve hiánya miatt a művek jelentős része tönkrement, hatékonyságuk számottevően csökkent. A Magyar-Csehszlovák Közös Műszaki Bizottság tevékenysége keretében az 1963-1975. évek között jelentős mértékű szabályozási munkák folytak: összesen 580 ezer m<sup>3</sup> követ építettek be, és 6,0 millió m<sup>3</sup> kavicsot kotortak ki. A munkák célja kedvező hordalékvonulás és hidraulikailag kedvező mederszelvény kialakítása volt, a Duna Bizottság ajánlásában szereplő 25 dm mély és 120 m széles hajóút kialakításának figyelembevételével. A cél érdekében egységes partvonal kialakítását, a mellékág-rendszerek rendezését és a középvízi meder szűkítését valósították meg a nagyarányú kőbeépítési és kotrási tevékenységgel.

A Dunában az elterelést megelőző 20 évben végzett szabályozás eredményét a Rajka-Gönyü szakaszon átlagosan 3 cm/év medermélyüléssel lehet jellemezni. A Pozsony alatti nagy tömegű kavicskotrás miatt a medermélyülés magyar területen Rajka környékén jóval nagyobb mérvű volt, mint a Dunaremete alatti szakaszon. Kotrás nélkül, a természetes tendencia Rajka és Szap között 1,5 cm/év mederemelkedés, Szap és Gönyü között 8 cm/év mederemelkedés lett volna.

A Duna elterelése előtt közvetlenül a főmederben főként a hordaléklerakódás meggátlását szolgáló kotrásokat végezték, a mellékágakban pedig a bős-nagymarosi vízlépcsőrendszer terveiben előirányzott zárásokat valósították meg.

A térség vízrajzi viszonyairól készült utolsó átfogó értékelés az 1969. évben megjelent Duna Atlaszban található.



**A Duna elterelése** A folyó elterelése és a különféle kárenyhítő beavatkozások nagy mértékben átrajzolták a Szigetköz térképét, a változás napjainkban is tart. Mellékágak kiszáradtak, új csatornákat létesítettek, mind a hullámtérben, mind a mentett oldalon, tíznél is több új hidat telepítettek a hullámtéri ágakra. A hullámtérben az erdőket fokozott ütemben vágják. A terepi változások nyomkövetése a készült nagy számú légifelvétel alapján lehetséges, mielőbb szükség lenne azonban a földrajzi változásokat dokumentáló térképsorozatra.

A térség megváltozott vízrajzi viszonyairól az új ismereteket a Munkacsoport tevékenysége keretében készült dokumentációk rögzítik.

## **KÖRNYEZETI VÁLTOZÁSOK A SZIGETKÖZBEN** *1992 - 1997*

A Duna elterelése után mind az élettelen, mind az élő környezetben alapvető változások kezdődtek. A természeti folyamatok változási sebessége az 1993-1995 időszakban igen nagy mérvű volt, 1996-tól kezdődően bizonyos stabilizáció figyelhető meg, meglepetésszerűen új jelenségek és változások nem észlelhetők. A mesterséges beavatkozások is főként erre az időszakra tehetőek (1995 júniusában készült el a dinakiliti fenékküszöb), amelyek következményei időnként megnehezítették a természetes tendenciák felismerését.

### **NEM ÉLŐ KÖRNYEZET**

A hidrológiai, hidrogeológiai, medermorfológiai változásokra fokozottan áll, hogy a nagy átalakulás 1993-1995 között végbement. Az azóta tartó időszak megfigyelései alapján már bizonyos elemzésekre, a ható okok feltárására is lehetőség volt. A következő alfejezetek szakterületenkénti bontásban mutatnak be néhány, a térség életében alapvetően új jelenséget.

## Geomorfológia

A szigetközi Duna-szakasz elterelés előtti arculatának kialakulása döntően három folyamat eredménye:

- a Kisalföld területének több millió éve tartó és jelenleg is folyó süllyedése,
- a Kis-Kárpátok vonalát elhagyó Duna hatalmas legyezőszerű hordalék-kúpjának épülése,
- a több évszázada megkezdődött, majd 1886-tól kiteljesedett ármentesítő és folyószabályozási munkálatok.

### *A Kisalföld területének süllyedése*

A süllyedés mértékét jól jellemzi, hogy az Északi-Bakonyban és a Gerecsében felszínen lévő felső-triász korú mészkövek és dolomitok a medence legmélyebbre süllyedt részén, Győrzámoly térségében 8500 m mélyen található. A süllyedés területileg differenciáltan, csupán néhány száz négyzetkilométer kiterjedésű tömbökben-üstökben történik, így a medencealjzatban hátságok és árkok különülnek el. A süllyedés különösen az utolsó 12 millió évben vált intenzívvé, sebessége helyenként elérte a 0,5 mm/év értéket.

A maihoz hasonló jellegű Duna kétmillió éve jelent meg a Kisalföld középső részén. A dunai durva kavicsösszlet maximális vastagsága a Szigetköz területén meghaladja a 700 métert. A folyóhordalék vastagsága a medencealjzat mélységével függ össze, ez valószínűsíti, hogy a több millió éve megkezdődött süllyedési folyamat lényegében változatlanul folytatódik. Különösen figyelemreméltó az utolsó tízezer év - a holocén - üledékének nagy vastagsága, amely a Mosonmagyaróvár-Abda vonaltól ÉK-re lévő terület jelenleg is tartó gyors süllyedésével magyarázható.

A Kisalföld süllyedése az ember által nem befolyásolható természetes folyamat. Aktuálgeológiai jelentősége még nyilvánvalóbbá válik, ha figyelembe vesszük, hogy Vénektől K-re a terület abszolút értelemben is emelkedik, (Ásványrárónál még 700 m mélyen eltemetve található pannon képződményeket Gönyүнél a Duna már a felszínen erodálja). A Duna kizárólag azáltal tudta az elmúlt kétmillió évben Kelet felé tartó folyását megőrizni, hogy a süllyedő Kisalföldet feltöltötte, az emelkedőben lévő visegrádi sziklaküszöböt pedig hordalékával folyamatosan koptatta, mélyítette.

### *A Duna kisalföldi hordalékkúpjának kialakulása*

Ha egy süllyedő területre a vízfolyások nem szállítanak a feltöltéshez elegendő hordalékot, ott viszonylag gyorsan mocsár vagy tó alakul ki (így alakult a Balaton vagy a Fertő-tó). Ezekben az ún. kompenzálatlan süllyedékekben agyagos és iszapos mocsári-tavi üledékek rakódnak le. A Szigetköz területén az utóbbi kétmillió évben azonban mindig a folyóvízi kavicsos feltöltődés dominált. A feltöltött területen nincsenek nagy kiterjedésű agyagos vízzáró rétegek.

A süllyedő Kisalföldre lépő Duna esése, hordalékszállító képessége erősen lecsökken, a magával hozott törmelék nagy részét lerakja. A folyó medre a folytonos törmelékfelhalmozás miatt állandóan emelkedik, környezeténél magasabbra kerül. Egy-egy nagyméretű árvíz alkalmával a Duna — medrét hirtelen megváltoztatva — az alacsonyabb térszín felé keresett lefolyást, a feltöltést arrafelé folytatva. Így alakult ki Pozsony alatt a Duna nagyméretű, legyezőszerűen szétterülő hordalékkúpja. Az utóbbi idők nagymértékű meder-változásai a történelmi idők térképein is nyomon követhetők.

A Szigetköz Duna elterelése előtti vízrajzi képén figyelemreméltó a Duna és a Mosoni-Duna jellege közti különbség. Míg a szabályozás előtti Duna erősen zátonyosodó, több ágra szakadozó, ún. fonatos medrű volt, addig a Mosoni-Duna élesen kanyarogva, meanderezve szeli át a hordalékkúpot. A folyószakaszok jellegét az adott szakasz hordalékháztartása határozza meg. Elzátonyosodó, fonatos mederszakaszok ott alakulnak ki, ahol a leülepedő görgetett hordalék jelentősen több, mint az onnan elszállított. Ezzel szemben a saját hordalékában kanyargó, meanderező vízfolyások hordalékegyenlege közel nulla. Ez azonban nem zárja ki a meanderező szakaszon belüli jelentős hordalékáthalmozódást, ami a kanyarulatok szüntelen vándorlását eredményezi.

A kisalföldi hordalékkúp kialakításában elsődleges szerepe a legnagyobb vízszállítású medernek volt, a fonatos főmeder végezte a süllyedő terület feltöltését. A hordalékkúp palástján vándorló, kisebb vízhozamú, meanderező folyóágak a főmeder által lerakott hordalék egyenletes szétterítését végzik. Ennek a törvényszerűségnek megfelelően a Duna ma magasabban folyik, mint a Mosoni-Duna és a Rábca. A törmelékkúp lábánál a Hanság és a Gutai-mocsár nem a süllyedés centrumai, hanem csupán kompenzálatlan süllyedékterületek. Így a Szigetköz területén a talajvizet a függőmedrű Duna táplálta a meder hordalékán keresztül (a folyó eltereléséig), a talajvíz jelentős eséssel áramlott Dél felé, a Rábca irányába.

### ***A folyamszabályozás következményei a hordalékkúp alakulására***

A múlt század 80-as éveiben kezdődő mederrendezés eredményeképpen az ún. középvízi Duna-meder 300-380 m szélességű, párhuzamművek közé szorított csatornává vált. A főmederben javultak a hajózási és lefolyási viszonyok, de egyensúlyi állapot nem következett be: a középvízi meder túlzott szélessége miatt a folyó a felülről érkező hordalékot továbbszállítani nem tudta. Folytatódott a meder feltöltődése, a zátonyképződés és a zátonyvándorlás.

A jelen század elején kezdtek hozzá a kisvízszabályozáshoz. Sarkantyúkat, mellékág-elzárásokat építettek, nagymértékű gázlókotrásokat kezdtek, a mederemelkedés folyamatát azonban ez sem tudta megállítani. A további folyószabályozás során a hangsúlyt a nagyvízi meder rendezésére, a mellékág-rendszerek hordalékcsapdáinak kialakítására, a középvízi művek magasítására, újabb sarkantyúk építésére és az intenzív gázlókotrásra helyezték.

Aktuálgeológiai szempontból tekintve a főmeder múlt század végi 'helyhez kötése', irányváltóztatásainak megakadályozása felborította a Kisalföldön az elmúlt kétmillió év során fennálló egyensúlyi helyzetet. A folyószabályozási munkálatok óta ugrásszerűen megnőtt a feltöltődéssel kompenzálatlan süllyedésterület nagysága. Az árvizek szétterülésének meggátlása, a lerakódások kisebb térre koncentrációja miatt a Rajka-Szap közötti folyószakasz túl magasra töltődött fel, elfajulttá vált.

### ***A Duna elterelésének aktuálgeológiai következményei***

A Duna elterelése után Rajka és Dunaremete térségében a főmeder vízszintje helyenként 3-4 m-rel süllyedt a korábbi középvizek szintje alá, és megszűnt a vízjárás korábbi napi dinamizmusa is. Az 1992 novemberi árvíz alkalmával a dunacsúnyi árapasztó alatti ártérről mintegy 3 millió m<sup>3</sup> kavics mosódott ki és rakódott le hatalmas zátonyok formájában a főmeder felső 10 km-es szakaszán. A főmeder középső szakaszán nagyméretű zátonyok kerültek szárazra, melyeken jól fejlett bokorfüzesek és nyárasok sarjadtak. A korábbi tiszta kavicsfelszíneket a növényzet között mindenütt iszapos fedőréteg takarja. A jól átvilágított, stabil mederfenéken megtelepedő alga-fonalak miatt a főmederben is megkezdődött a kolmatáció. Különösen megváltozott a helyzet a főmeder alsó részén, az alvízcsatorna visszatorkollása fölötti 5-7 km-es szakaszon, ahol intenzív feliszapolódási jelenségek mutatkoznak. Felső és középső szakaszán a főmeder elveszítette korábbi talajvíztápláló szerepét, talajvíz-megcsapolóvá vált.

A mellékágak a Duna elterelése után 1993 nyaráig jórészt kiszáradtak. Az ágrendszerek középső szakaszának medreit is benőtte a növényzet, és csak a zárások alatti kimosódási üstökben maradt mélyebb víz. 1993 tavaszán a hullámtéri vízpótló rendszer kialakítása érdekében a mellékágakat belépcsőző zárások jó részét visszabontották, az ágrendszerek alsó, nyitott végét pedig elzárták a főmedertől. Ezáltal egy több, mint 36 km hosszú, a főmedertől elkülönített vízrendszer jött létre.

A vízpótlás során az 1993-94-ben az ágrendszerekbe vezetett viszonylag csekély, állandó vízhozam nem okozott jelentősebb változást a növényzettel részben benőtt, kötött medrű mellékágak morfológiájában. Az új átvágások, kotrások térségében új kimosódások, hordalék-lerakódások képződtek, élő mederszakaszok alakultak ki. A bősi erőmű alvízcsatornájának visszaduzzasztó hatása a mellékágakban is érvényesül: különösen az alsó ágrendszerekben alakultak ki pangó vízterek, amelyekben a kavicsos mederanyagot 1-2 m vastag iszapréteg borítja.

Feliszapolódás ott következik be, ahol az áramló víz sebessége 0,15 m/s alá csökken. Megelőzéséhez el kellene érni, hogy a meder közepén az áramlás sebessége legalább 0,3-0,5 m/s legyen és ne alakuljanak ki nagyméretű, pangó vizű mederrészek. A vízzel borított, konszolidálatlan iszaplerakódásokat egy-egy árhullám is képes elszállítani, de a szárazra került, növényzettel már megkötött áradmányos takaró megbontására az áradás nem képes — azt mesterségesen kell eltávolítani.

Kolmatitos üledékekkel ott töltődik föl a meder, ahol a hirtelen, lökésszerű árhullámok miatt a mederbe sok görgetett hordalék jut, majd a mederben megrekedő, fokozatosan elpárolgó és elszivárgó vízből a homokos-kavicsos üledékek szemcséi közé agyagos kőzetliszt rakódik, amely teljesen eltömi a pórusokat. A szigetközi Duna-szakaszra jellemző durvakavicsos mederüledékek esetében már 2-3 százaléknyi kőzetliszt-agyag elegendő a pórusok eltöméséhez; az üledék szivárgási tényezője az ötvened részére csökken.

A kolmatitok gyakorlatilag vízzáró képződmények. A kolmatitok - finomanyag-tartalmuknak köszönhetően - kapilláris víz tárolására is képesek, ezért szárazra kerülésük után hamar megtelepszik rajtuk a növényzet. Tartós kiszáradás esetén pedig agyagos cementjük miatt szinte beton keménységűvé válnak, s a következő áradás már képtelen a kolmatitokat megbontani. A kolmatitok képződése igen felgyorsítja a mellékágak feltöltődését. Ha kiegyenlítetté tesszük az árhullámok levonulását, végig biztosítjuk a folyamatos, lassú apadás lehetőségét.

A mederben már lerakódott kolmatitos üledékek kizárólag kotrással bonthatók meg.

A meder környezetének kolmatációja bármely rögzített medrű, a talajvizet tartósan tápláló vízfolyás esetében bekövetkezik. A meder környezetében a pórások finom-anyaggal történő eltömődése miatt néhány hónap alatt kialakuló kolmatálódott zóna megakadályozza a talajvíz utánpótlódását. A folyamat következtében a talajvíz szintje fölött húzódó, függő medrű vízfolyás alakul ki. A meder körüli kolmatáció kotrással sem szüntethető meg.

A hullámtéri mellékágakon keresztül 1995-től megvalósított vízpótlás — a mellékágak medrének kedvezőtlen beszivárgási viszonyai és a főmeder erős talajvízleszívó hatása következtében — sem mennyiségileg, sem minőségileg nem képes helyettesíteni a főmeder korábbi talajvíztápláló szerepét.

A főmeder fenékküszöb fölötti szakaszát (1843-1851 fkm) korábban nagyméretű kopár kavicszátonyok jellemezték. Csupán a zátonyok pereménél, ahol bővizű források fakadtak, telepedett meg dús lágyszárú növényzet. A fenékküszöb üzembe helyezése nyomán a vízszint 2,5-4,5 m-t emelkedett, a zátonyok víz alá kerültek. A mederszakasz továbbra is alapvetően megcsapolja a talajvizet, és csak a jobb part mentén, közvetlenül a fenékküszöb fölött, mintegy 300-500 m hosszan észlelhető elszivárgás. A mérések szerint itt a beszivárgási viszonyok folyamatosan romlanak.

Közvetlenül a fenékküszöb alatt (1841-1943 fkm) hosszanti kavicszátonyok képződtek a mederben, kissé lejjebb pedig - a kiliti duzzasztómű alvívcsatornájának visszaduzzasztó hatása miatt - a partok mellett iszaplerakódás kezdődött. Ez a mederszakasz korábban is megcsapolta a talajvizet - most a fakadások még intenzívebbé váltak.

A főmeder középső szakaszának (1825-1841 fkm) nagyméretű szegélyzátonyait dús növényzet borítja, közöttük a kavicsra vékony finomhomokos-kőzetlisztes takaró rakódott. A meder állandóan megcsapoló jellegű; a visszaszivárgó erősen anaerob vizekből vasas-mangános bevonat csapódik ki a meder kavicsaira.

A bősi erőmű alvívcsatornája által visszaduzzasztott szakasz felső része (1820-1825 fkm) ugyancsak tartósan megcsapoló jellegű. A partszeleken itt észlelhető a legnagyobb mértékű föliszapolódás. Az egykor tiszta kavicsos mederfelületekre az elmúlt évek során 5-15 cm vastag, kellemetlen szagú, rothadó szerves anyagban dús iszap rakódott.

A főmedernek közvetlenül az alvízcsatorna torkolata alatti szakaszát (1809-1811 fkm) igen élénk mederátalakulás jellemzi, a jobb part számos helyen gyors ütemben erodálódik. Lejjebb viszont, Medve és - különösen - Nagybajcs térségében a mederszéleken mindenütt friss kavicsos lerakódások figyelhetők meg.

A hullámtéri vízpótló rendszer mederállapota igen változatos. Ritkák az élő, vándorló kavicszátonyokkal borított mederszakaszok - ilyenek főként Dunakiliti és Dunasziget térségében fordulnak elő. Lejjebb már a pangó vizek, föliszapolódott bögék dominálnak. Dunakilititől Ásványráróig a hullámtéri medrek végig állandóan táplálják a talajvizet, ezért a medrek erős kolmatálódása tapasztalható. A korábban kiváló vízvezető-képességű üledékekből 1994-re szinte mindenütt rossz vízáteresztő képességű üledékek alakultak ki, amelyek hátrányosan befolyásolják a beszivárgó vizek mennyiségét és minőségét.

A fenékküszöbös vízpótlás hatására a korábbiakhoz képest lényegesen megnőtt a vízhozam, 1,0-1,5 m-es vízszintemelkedés következett be. Újabb ágak kerültek víz alá: ezek egy részében élő medrek alakultak ki, más részük azonban pangó vizű, zsák jellegű. Többnyire élénkebb lett a vízáramlás, de nem volt képes megbontani a kolmatálódott mederfelületet. A partok mentén végig lágyszárú növényzettel dúsan benőtt részek kerültek víz alá. A növényzet között lelassult vízből helyenként 15-20 cm vastag, magas szervesanyag-tartalmú iszap rakódott le. A hullámtéri vízpótlás tartósan magas nyári vízszintjeinek talán legfontosabb következménye a partok meglepően nagy mértékű föliszapolódása.

A megnövelt vízhozamhoz átalakított műtárgyak alatt intenzív kimosódások és partfalelmosódások, új hordaléklerakódások képződtek. Különösen jelentős mederváltozások alakultak ki a hullámtéri vízrendszert alulról lezáró bukók alatt.

A hullámtéri mellékágaknak a bősi alvízcsatorna által visszaduzzasztott szakaszba eső részén (Ásványi- és Bagoméri-Duna) igen nagy mértékű a föliszapolódás. Például az Ásványi-Dunában 1992-95-ben (3 év alatt) mintegy 40-50 cm vastagságú, rothadó szapropeles iszap lerakódását figyelhettük meg a part mentén. Ezen a részen a mellékágak többnyire megcsapolják a talajvizet. A mederbe visszaszivárgó, erősen reduktív vizekből a fakadási helyeknél intenzív vaskiválás tapasztalható.

## **Mederfelmérések és mederanyagvizsgálatok**

A Duna 1992 októberi dunacsúnyi elzárása és a vízhozam döntő részének elterelése minden eddigi folyószabályozási beavatkozásnál nagyobb mértékben alakította át a Nagybajcs-Rajka szakasz medrét. 1992 óta folyik a mederváltozások rendszeres felmérése a mederanyag szemszerkezet változásával kölcsönhatásban. A mérések évi rendszerességgel kiterjednek a főmedernek az elterelés hatásaival érintett szakaszára 100 méteres szelvénytávolsággal, valamint (az anyagi lehetőségek függvényében) néhány mellékág időnkénti vizsgálatára is sor került. A topográfiai felmérést térképsorozat rögzíti. A változásokat áttekinthetően szemlélteti a szelvények közti medersávok *MVSZ'90 - 2 m* kisvízszint alatti éves medertérfogatváltozása.

A folyók mederanyagának vizsgálata szemösszetétel szempontjából szorosan kapcsolódik a meder rendszeres felméréséhez. Ahogy az egymást követő felmérések eredményeinek összehasonlítása tájékoztatást ad a meder kimélyüléséről, illetve feltöltődéséről, a mederanyag szemösszetételének megváltozása (finomodása, illetve durvulása) megbízható és mással nem pótolható képet ad a mederben lejátszódó hordalékmozgási folyamatokról.

### ***A Duna-meder domborzatának változásai***

Az értékelésbe bevont első mérésorozat 1992 őszén, közvetlenül a Duna elterelése előtt készült. Ez szolgál alapállapotként az elterelés következményeinek vizsgálatára. Az 1992-96. évi mérésorozatok alapján megállapítható, hogy a legmarkánsabb változások az 1826-1800 folyamkilométerek között, a szapi alvívcsatorna hatásterületén mutatkoznak. Az alvívcsatorna torkolata fölött szedimentáció, alatta az erózió tekintélyes mértéket mutat.

Az 1992-höz bizonyított változási ábrák, illetve a fajlagos mederváltozások összevetéséből megállapítható, hogy a megváltozott viszonyokhoz a meder még nem volt képes igazodni, a szakasz túlnyomó részén további átrendeződések várhatók.

Az 1996-1997. évi mérési eredmények alapján megállapítható, hogy a Dunakiliti-Rajka mederszakasz tekintélyes feliszapolódást mutat, alig 15-20 százaléka esik a  $\pm 25$  centiméteres változású és egyensúlyban lévőnek tekintett tartományba. Különösen nagy mértékű az 1850-1848 fkm szakasz töltődése. A szapi alvívcsatorna hatásterületén az 1992-95 évben megállapított tendenciák



megváltozni látszanak, bár az eddigi mérések alapján még nem tehető megállapítás arról, hogy ezek a jelenségek hosszabb távon is fennmaradnak. A közvetlenül az alvízcsatorna betorkollása feletti szakaszon enyhe erózió következett be, fajlagos értéke a mérési pontosságot alig meghaladó 6 cm.

### *A Felső-Duna mederanyag szemszerkezetének változása*

Az összehangolt mederváltozás - szemösszetétel változás elemzése különösen fontos a Felső-Duna Rajka-Gönyü közötti szakaszán, amelynek víz- és hordalékjárása a Duna elterelése és a bősi vízlépcső üzembehelyezése miatt természetellenessé vált.

A VO szelvényenként 5-7 függélyben vett mederanyag minták szemösszetételi elemzése szerint Rajka-Ásványráró között nagyjából egymást kiegyenlítő mélyülések és töltődések álltak elő a főmederben az 1992-1994 időszakban. Az év túlnyomó részében itt levezetett ún. "fenntartó" vízhozam hordalékmozgató ereje nem elegendő a kavicsanyagú meder páncélozódott részeinek megbontására. Az évente néhány alkalommal előálló árhullámok főmederbe bocsátott része átmenetileg görgetett hordalékmozgást hoz létre, azonban ez inkább csak apró kavics és durva homok szemcsefrakciók néhány száz méteres távon történő áthelyezéséből áll. Ezt a periodikusan ismétlődő kimosódást és lerakódást számos VO szelvényben lehet észlelni és mederanyag szemösszetétele is arra mutat, hogy itt a mozdulatlan durva kavics meder felszínén annál jóval finomabb anyag mozog. A hordalékszállítás sávszerűen történik, hol a bal-, hol a jobbpart közelében.

Az Ásványráró és Szap közötti visszaduzzasztott szakaszon 1994-ig kimutatott nagyarányú iszaplerakódás egy része kimosódott, feltehetően az 1995-ben megosztva levezetett árhullámok hatására. Van azonban olyan folyószakasz is, elsősorban az 1813-1811 fkm között, ahol tovább folytatódott a lerakódás. A finom homok és iszap lerakódása 5-10 cm/s körüli áramlási sebességek tartós fennállására utal a mintavételi függélyben, illetve az általa kijelölt medersávban. Ott pedig, ahol a vízsebesség csaknem megszűnt, stagnálóvá vált, a 0,06 mm alatt ún. "wash load" frakciók kiülepedése is jelentős mértékű.

Az üzemvízcsatorna torkolata alatti mederszakasz szemösszetételének alakulása különösen érdekes azért, mert itt a Duna elterelése óta gyorsütemű mederátalakulások és elfajulások játszódnak le. A torkolat alatt alig 1 km-re levő 113.VO szelvény minden mintájában viszonylag könnyen mozgatható, apró kavics és

durva homokban bővelkedő mederanyagot találunk. A legdurvább a szemcseösszetétel a két part közelében, valamint a szelvény balfelén. Ezen a környéken a vízmozgás iránya és sebessége, a meder szélessége mentén számottevően megváltozott az elterelés előtti helyzethez képest.

A nagybajcsi gázlós szakaszon lévő 104.VO szelvény (1801,368 fkm) alakulása lerakódást mutat a szelvény bal felén és jelentős kimosódást a jobb felén. A mederanyag szemeloszlási görbéinek alakja mérsékelt, illetve erőteljes erózióra utal. Az ez alatti szelvényekben kimutatható a kimosódott anyag újbóli lerakódása. Sajnálatosan a gázlók újraképződnek.

Az 1995. évi vizsgálati eredmények szerint a Rajka-Gönyü közötti Duna-szakasz mederviszonyai még nem tekinthetők megállapodottnak.

#### ***Az 1995 utáni mintavételek eredményeiből levont főbb megállapítások***

A dunakiliti fenékküszöb fölötti szakasról a közvetlenül a határnál lévő 161.VO szelvényben vett minta tanúsága szerint a balpart közelében páncélozódott a durva kavicsmeder. A szelvény középső három függélyében görgetett hordalékmozgásra utal a szemeloszlási görbék alakja, míg a jobbpart közelében vett minta határozott lerakódást mutat a fél milliméter alatti homokfrakcióból. A 159.VO szelvényben már 1995-ben (a fenékküszöb üzembehelyezése előtt) is volt mintavétel. Az összehasonlításból megállapítható, hogy az átlagos szemátmérő lényegesen megnövekedett: 11,6 mm-ről 20,8 mm-re. A mederanyag durvulását az okozza, hogy a meder közepén páncélozódott a meder, és csak a balpart mellett mutat mozgó jelleget. A fenékküszöb feletti szakaszon a 154 és 152 VO szelvényekben vett minták a feltöltődés oldalirányú kiterjedését és finomodását mutatják. Az 1995-ben még túlnyomóan durva kavics medret 1996 nyarára már csaknem teljes szélességükben egyre inkább iszap fedte be.

A fenékküszöb üzembehelyezésének hatásai a főmeder hordalékjására változására az alábbiakban foglalható össze:

- a fenékküszöb előterében olyan lassú áramlási tér állt elő, amely lehetővé tette a finom homok és iszap lerakódását;
- egész duzzasztási hossza mentén fokozta a lerakódást a parti sávban, különösen a növényzettel részben már benőtt területeken, valamint a kisebb-nagyobb öblösödésekben;

- lelassította a dunacsúnyi duzzasztómű felől szakaszosan érkező finom kavics és durva homok mozgását, ami görgetett hordalékként haladt eddig az eredeti páncélozódott durva kavics meder felett gyakorlatilag a főmeder teljes hosszában a Szap feletti visszaduzzasztás határáig.

Az alvízcsatorna szapi torkolatához közeledve a főmederben a lerakódás fokozódása állapítható meg. A 121.VO szelvényben csak egyetlen függélyben találtak kavicsanyagot, de annak is finomodott a szemösszetétele 1995 óta. Lejjebb (de még Szap felett) szokatlan jelenség, kimosódás a jellemző, ám hol a bal-, hol a jobb szelvényfélben, hol pedig középen. A jelenség oka a vízhozam növekedése mellett feltehetően az 1996-ban megváltozott bősi üzemmód az oka. A turbinák hirtelen nyitása és zárása megváltoztatta a szapi torkolat felett korábban fellépő — folyamatos lerakódást okozó — hidraulikai viszonyokat. A napi rendszerességgel ismétlődő leszívások kimozdították az ezen a szakaszon korábban lerakódott igen finomszemű anyag egy részét.

## VÍZSZINT- ÉS VÍZHOZAMVÁLTOZÁSOK

A Szigetköz területén a Dunán és az ágakban nagy számú mérőponttal rendelkező vízszintészlelő hálózatok működnek, az utóbbi években az állomások száma folyamatosan nő, a műszerezettség területén is jelentős előrelépés történt. A nyilvános, ún. törzsállomások adatai az utóbbi hónapokban már az Interneten is elérhetők, csakúgy, mint a szlovákiai hálózat adatai. A tekintélyes mennyiségű adathalmaz ellenére a környezeti folyamatok értékelése még további adatokhoz való hozzájutást szükségeltetne, különösen a hullámtéri ágak vízszintjének adatairól rendelkezésre álló szórványos ismeretek kiegészítése lenne fontos.

A talajvízszint észlelését több intézmény végzi (ÉDUKÖF, ÉDUVIZIG, MÁFI), a kilencvenes években minden kutat felszereltek regisztráló berendezéssel. A mérőpontok térbeli elhelyezkedése azonban egy korábbi koncepciót tükröz, a jelenlegi hidrológiai és hidrogeológiai helyzet pontosabb feltárásához újabb kutak telepítése lenne kívánatos.

## *A Duna*

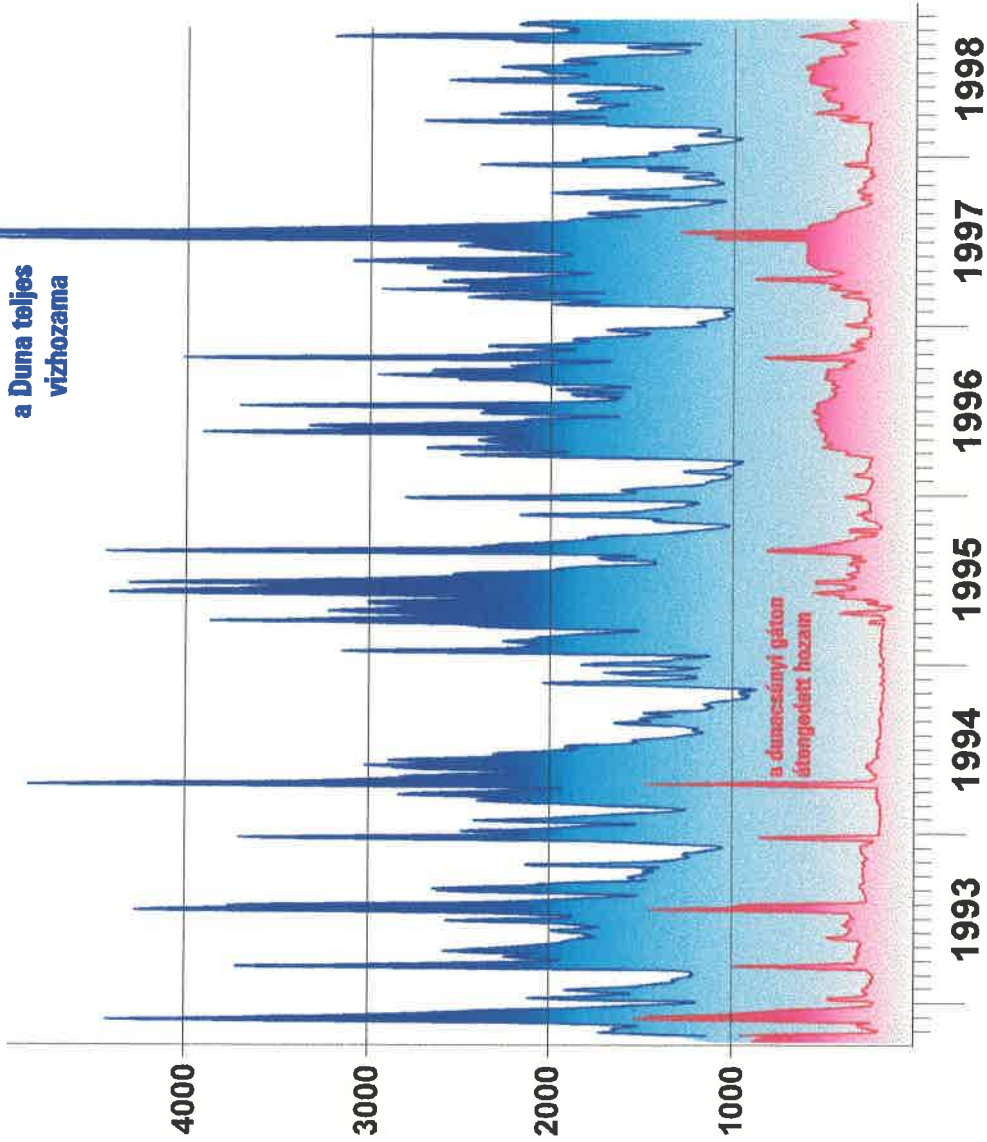
Az elterelés óta tartó időszakra a vízhozamok alakulását az ábra mutatja. A pozsonyi(dévényi) mérce a folyam teljes vízhozamát, a rajkai mérce a dunacsúnyi gáton a közös mederszakaszba engedett vízhozamot méri. Az 1992 októbere óta eltelt időszakban a teljes vízhozam átlaga  $1995 \text{ m}^3/\text{s}$ , a rajkai mércéhez tartozó hozam átlaga  $355 \text{ m}^3/\text{s}$ , a teljes hozam 16,9 százaléka. A bósi üzemvízcsatornába az 1992 októbere óta eltelt hat évben mintegy 300 milliárd  $\text{m}^3$  vizet tereltek, melynek fele a magyar állam tulajdona.

### *A szigetközi talajvíz változásának értékelése ökológiai szempontból*

A Duna elterelése következtében a Dunacsúny-Szap szakaszon (42 km hosszúságban) a vízhozam 10-20 százalékkára, a folyam szintje 3-4 métert süllyedt. Emiatt a folyamszakasz melletti néhány kilométeres sávban a talajvíz szivárgásának iránya megváltozott, a talajvíz szintje csökkent. A talajvízszint csökkenése a gyökérzóna nedvesítettségét nagyon kedvezőtlenül befolyásolta. A szivárgási irány változása a természetes mederszűrési folyamat megszűnését okozta, ami a szigetközi-csallóközi vízkészlet megmaradását veszélyezteti.

### *A Duna és a talajvízszint összefüggése*

A Duna elterelése előtti időkből a folyam és a szigetközi talajvíz szoros kapcsolatát szemléletesen tükrözi a vízszintek kapcsolata. A laza homokos-kavicsos összletben gyorsan terjed a dunai vízszint-ingadozás okozta nyomásváltozás: a dunai vízszint és a talajvízszint időszora szoros korrelációt mutat. Emiatt egyszerű függvény-kapcsolat állapítható meg a két mennyiség között. A szoros kapcsolat miatt a medermélyülés okozta hosszú idejű változások is tükröződnek a talajvíz változásában.



Az ábra görbéi a Duna vízhozamának heti átlagait mutatják  $\text{m}^3/\text{sec}$  egységben. A felső görbe a dévényi (Szlovákia), az alsó a rajkai (Magyarország) vízmérce alapján készült.

A szlovák fél Dunacsúnynál a teljes vízmennyiségnek csak töredékét engedi a folyóba. 1992. október 26. - 1998. október 25. között a vízhozamok átlaga a dévényi mércén 1995, a rajkai mércén 355. Az elmúlt hat évben a szlovák fél a teljes vízmennyiségnek csak 18 %-át engedte a közös mederbe, 82 %-át (300 milliárd köbmétert) a bőszi erőműre terelte.

a bőszi gátra terelt vízhozam

a Duna-mederbe engedett hozam

## a Duna vízhozama

**Az összefüggés matematikai leírása** Valamely rögzített földrajzi helyen mért dunai vízszint és egy kút vízszintje között a  $t$  időpillanatban a függvénykapcsolat:

$$h(t) = a * H(t-t_0) + b,$$

ahol

$H$ :	dunai vízszint,
$h$ :	vízszint a kútban,
$a, b$ :	a kútra jellemző állandók,
$t_0$ :	a kút időkéscése.

Az  $a, t_0$  paraméterek a kút földrajzi helyétől függő, fizikai jelentéssel rendelkező állandók. Az  $a$  a vízszintingadozás csillapodásának mértéke, ami a Dunától távolodva csökken. A  $t_0$  a talajvízváltozás időkéscése a kútban, ez a Dunától távolodva nő. Az összefüggéscből számolt  $h$  érték a továbbiakban - a szokások szerint - 'modell értéként' szerepel.

A Duna áradó, apadó és stagnáló állapotához nyilvánvalóan más és más hidrosztatikus nyomásterjedés tartozik. Ennek megfelelően három  $a, t_0$  paraméterrendszer használatával kellene a dunai vízszint - talajvízszint összefüggést leírni. Numerikusan lényegesen egyszerűbb azonban a különböző hidrológiai állapotok matematikai 'egységesítése': a felszíni vízállás idősor simított függvényének használata.

### ***A talajvíz változása a Duna elterelése után, az elterelés előtti és utáni talajvízszint összehasonlítása***

A Duna elterelése után a vízhozam csökkenése következtében a folyó közepes szintje 3-4 méterrel csökkent a Dunacsúny-Szap szakaszon. Emiatt a talajvízszint is szignifikánsan csökkent. Az elterelés előtt a Duna a talajvíz állandó táplálója volt, az elterelés után pedig állandó megcsapolóvá vált. Megszűnt a talajvízszint dunai vízjáráshoz igazodó szezonális ingadozása. A Duna elterelésével és a dunacsúnyi tározótó feltöltésével bonyolult hidrológiai helyzet keletkezett. A dunakiliti fenékküszöb 1995 májusi üzembehelyezésével a hidrológiai viszonyok tovább bonyolódtak.

Az elterelés előtti és utáni állapotok összehasonlítása nem egyszerű feladat, a folyam változékony vízjárása miatt. Ugyanakkor a Duna elterelésével okozott károk számokkal történő szemléltetéséhez mégis a talajvízszint csökkenése tűnik a legegyszerűbbnek, két okból is. Egyrészt a talajvízszint csökkenése közvetlen károkat okozott az élővilágban, mert lényegesen csökkent a gyökérzóna nedvesítettsége, főleg az ökológiailag különlegesen értékes, ártéri területeken.

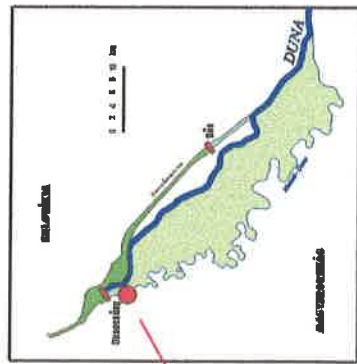
Másrészt a talajvízszint egyszerűen mérhető mutató, különösen a különféle florisztikai és faunisztikai mérési módszerekkel összehasonlítva. Az ökológiai károk számbavételénél azonban fontos szempont, hogy az élővilág káraiért nemcsak a talajvízszint csökkenése, hanem a rendszeres ártéri elöntések hiánya is felelős.

Kiválasztott időtartamokhoz tartozó talajvízszintek statisztikai jellemzőinek összehasonlítása a kár mértékének megállapítása szempontjából megkérdőjelezhető. Ökológiai szempontból ugyanis a természetes állapot a 'jó', ám az egyes azonos naptári időszakok vízjárása jelentősen eltérő lehet. Ezért, ha például két különböző év azonos időszakának átlagait összehasonlítjuk, a különbség értékelése valószínűleg még hidrológiai szempontból is felvet problémákat, ökológiai szempontból azonban bizonyosan értelmezhetetlen.

A talajvízszint csökkenésének mértékét az ismertett modell segítségével lehet ökológiai szempontból is kielégítően meghatározni. A dunacsúnyi duzzasztás fölötti, még szabadon folyó szakaszon lévő mérce alapján ugyanis kiszámítható a modell-függvényből a 'természetes állapot' napjainkban is. A modellfüggvény csekély hibájától eltekintve meghatározható az a talajvízszint, ami akkor lenne, ha a Dunát nem terelték volna el a medréből. A modell és a mért érték összehasonlítása így éppen a természetes állapotban bekövetkezett romlást mutatja.

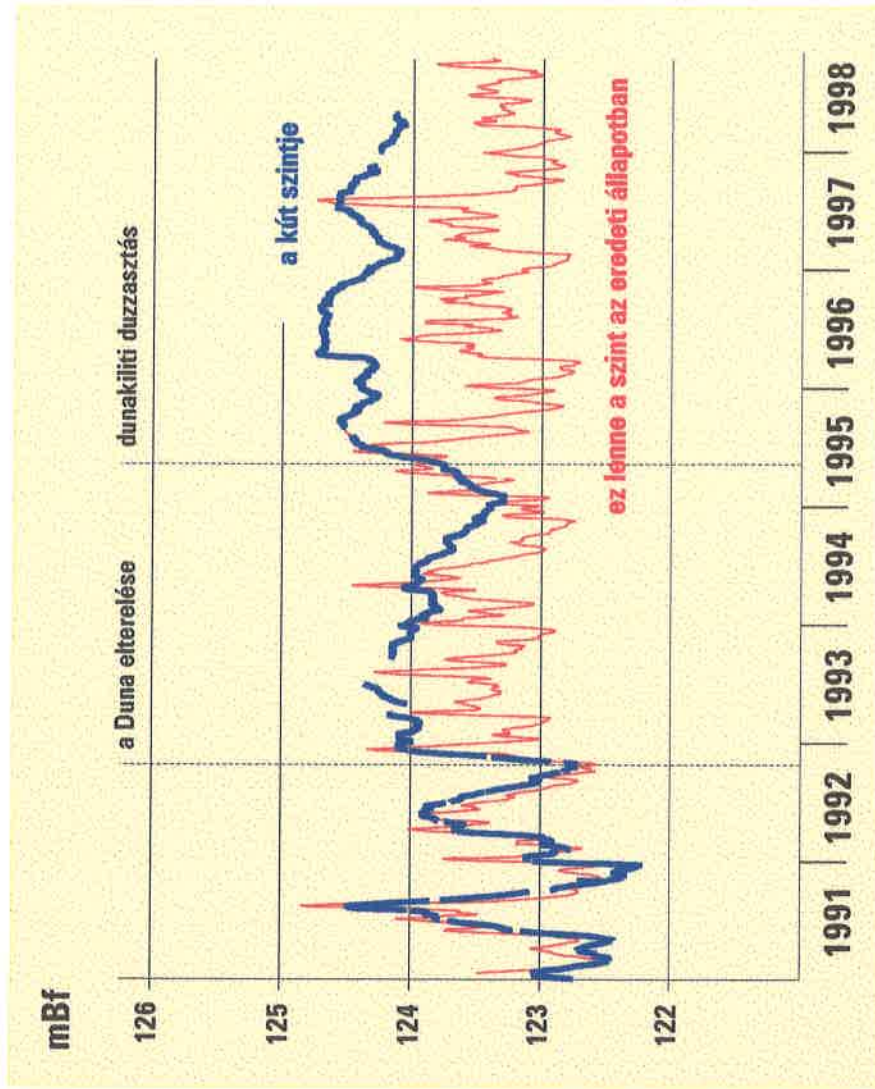
A Duna elterelése óta eltelt hat évben mind a magyar, mind a szlovák hullám-térben különféle vízpótlások folynak. A Dunával párhuzamos, jórészt mesterségesen kotort ún. főágba különböző módszerekkel vizet tereltek. A vízpótlás egyik kritikus kérdése a talajvízszintre gyakorolt hatás. A modellel történő összehasonlítás alapján erről is tehető értékelő megállapítás.

A következő oldalak ábrái három kiválasztott kút földrajzi helyét, a talajvízszint mért idősorát, valamint a modellgörbét mutatja. A korábban egységes talajvízszintben a Duna elterelése jelentősen változásokat okozott. A közvetlenül a duzzasztás mellett nőtt a talajvízszint (Rajka9366), azonban ezt a kis területet leszámítva, a Szigetköz egészen lényegesen csökkent. A dunakiliti fenékküszöb 1995 májusi üzembehelyezése után a duzzasztott szakasz mellett nőtt a talajvízszint, ezt mutatja a Rajka térségben lévő, dunaparti kút idősora (Rajka50). A Középső-Szigetközben lévő kút (Lipót9440) szintje azonban a fenékküszöbös vízpótlás hatására sem változott érdemben.



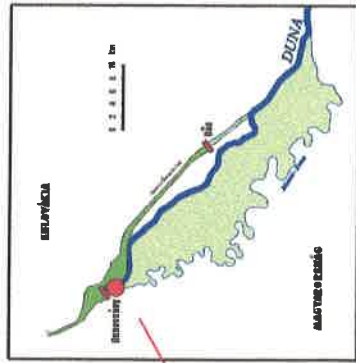
9366

Raj9366 kút



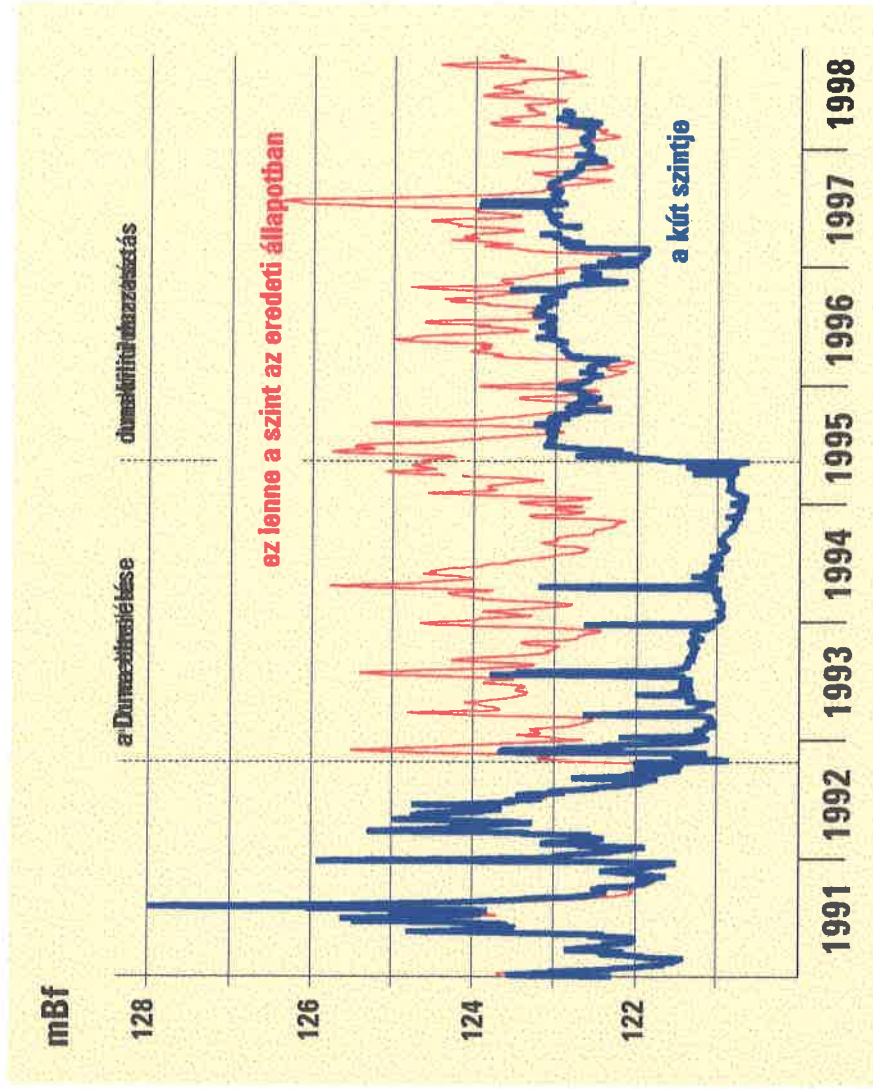
A kút közel van a dunacsúnyi tározóhoz, szintje a duzzasztások hatására emelkedett



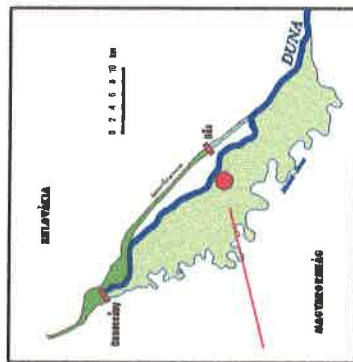


**Raj50**

**Raj50 kút**

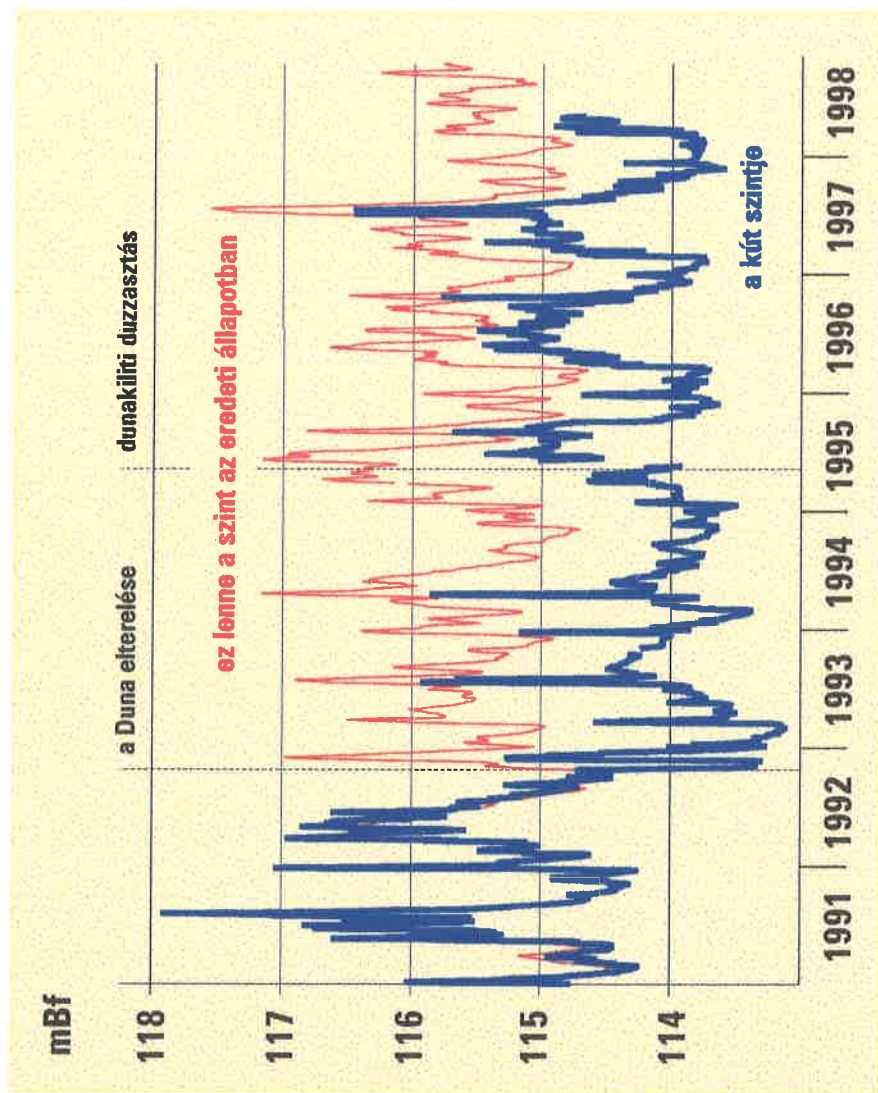


A kút a Duna partján van, közel a dunacsúnyi tározóhoz, szintje lényegében a Duna szintjét mutatja; a Duna elterelése óta a kútban a vízszint magasabb, mint a Duna szintje, ezen a dunakiliti duzzasztás sem változtatott



9440

Lip9440 kút



A kút a szigetközi hullámter jellemző vízszintjét mutatja,  
 a szint a Duna elterelésének hatására  
 1 - 1,5 méterrel csökkent

A jelenségek térbeli eloszlását a következő két oldal ábrája szemlélteti. A térképek mintegy két hetes intervallum átlagos talajvízomborzatát mutatják. A két intervallum kiválasztásának szempontja az volt, hogy a két szélsőséget mutassa be. A kútgörbék is tükrözik, hogy a választott 1993-as időszakban minimális szinten volt a talajvíz, míg az 1995-ös időszakot a Duna elterelése óta előálló maximum jellemzi (az 1997-es nyári nagyobb árvíz idejének talajvízadatait még nem dokumentálták teljes körűen). Az két időszak összehasonlíthatósága érdekében olyan közel azonos, közepes dunai vízhozammal jellemezhető időintervallumokat választottunk, amikor az eltereléssel érintett szakasz vízjárása is közel azonos volt.

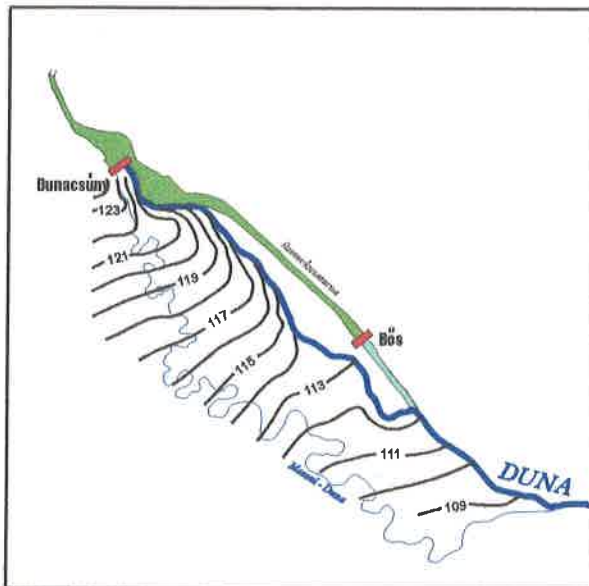
Az mért és számított adatsorokból számolt térképpárok izovonalai szemléletesen tükrözik az alapvető változást. A partmenti néhány kilométeres sávban a Dunából történő kiszivárgás lenne a természetes állapot, ám a folyam elterelése óta a talajvíz táplálja a Dunát. Ezen a kedvezőtlen jelenségen a vízpótlás sem változtatott, a szivárgási irány 'visszafordulása' a fenékküszöb üzembehelyezése után sem következett be.

A Dunával párhuzamos 2-3 km-es sávban - és különösen az ártéren - mindkét időszakban szignifikánsan alacsonyabb volt a talajvízszint, mint a Duna elterelése nélkül lett volna. A fenékküszöbös vízpótlás időszakában az elmaradás általában fél méterrel kevesebb, azonban a gyökérzónában az élővilág számára fontos nedvesítettségi viszonyokat ez nem változtatta meg érdemben.

A modell alapján lehetőség van arra, hogy különféle dunai vízhozamok esetén vizsgáljuk a szivárgási irány változását. A következő oldal ábrái dokumentálják, hogy körülbelül 1000 m<sup>3</sup>/s dunai hozamnál van az 'inflexiós pont', (az izovonalakra merőleges nyíl mutatja a gradiens irányát), ekkora vízhozam esetén sem kiszivárgás, sem a Dunába történő visszaszivárgás nem észlelhető. Az 1500 m<sup>3</sup>/s hozamhoz számolt modell már a Duna jelentős, talajvizet tápláló hatását mutatja.

### **A talajvíz utánpótlódásának vizsgálata**

A bósi vízlépcső üzembehelyezése előtt a talajvizek legfőbb táplálója az év legnagyobb részében a magasabb vízszintű Duna volt. A folyam elterelése és a fenékküszöb megépítése után a talajvizek lehetséges táplálói:

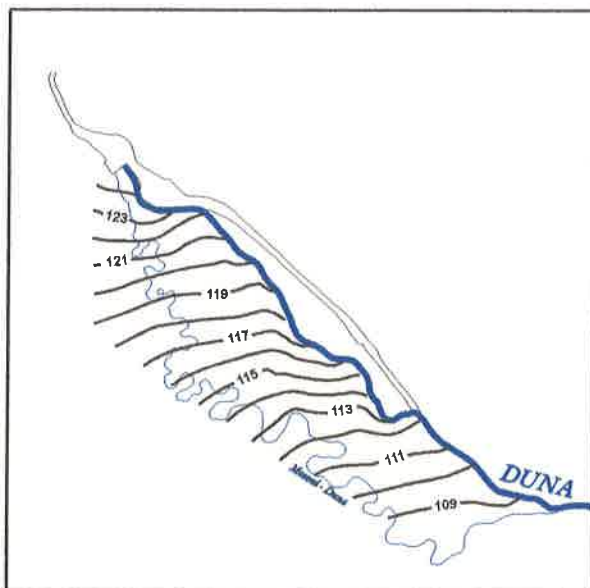


## Átlagos talajvízdomborzat térkép

az 1993. május 1. - 1993. május 19.  
időszakban

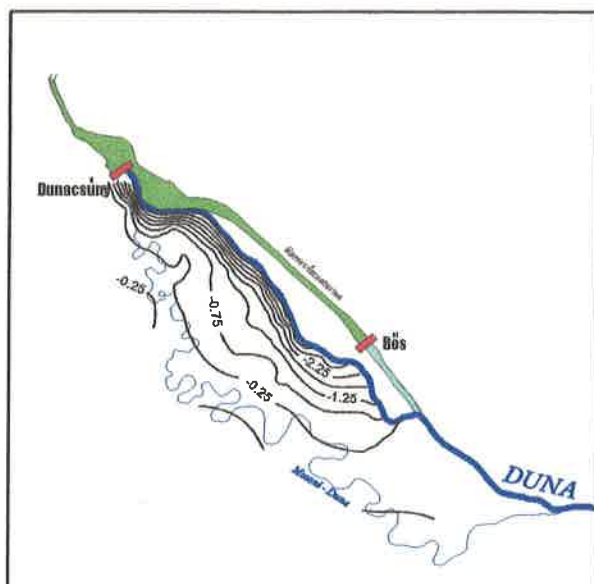
a Duna átlagos vízhozama

2002 m<sup>3</sup>/s Pozsonyban  
302 m<sup>3</sup>/s Dunaremeténél



## Modell

így alakult volna az átlagos  
talajvízdomborzat 1993. május 1. -  
1993. május 19. között, ha a Dunát  
nem terelték volna el az üzemvíz-  
csatornába

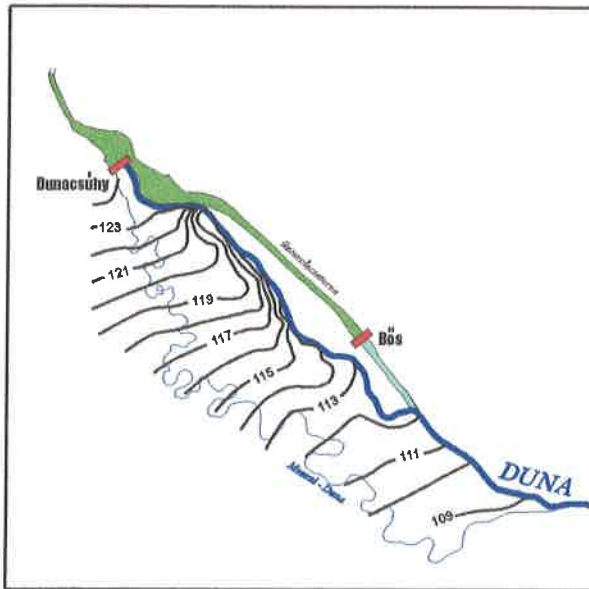


## Átlagos talajvízszint-süllyedés

1993. május 1. - 1993. május 19.  
között

az izovonalak méter dimenziójúak

a Duna mellett a csökkenés több  
mint 3 méter

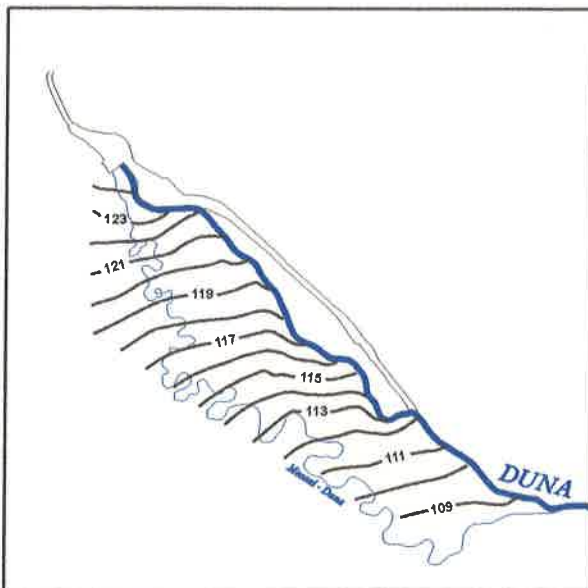


### Átlagos talajvízdomborzat térkép

az 1995. július 19. - 1995. augusztus 4.  
időszakban

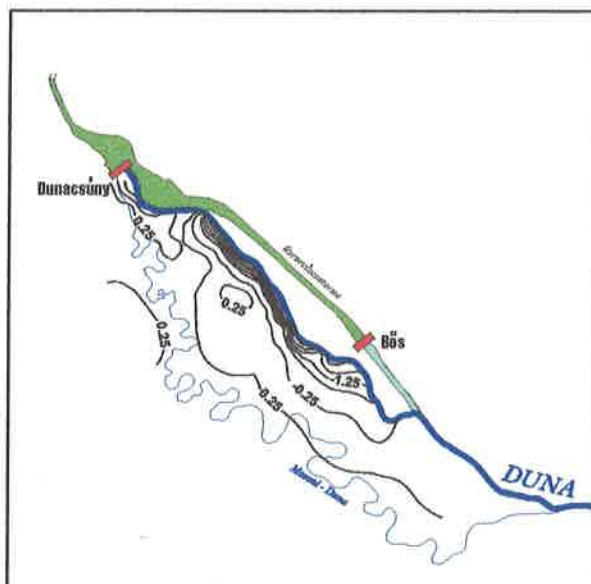
a Duna átlagos vízhozama

1938 m<sup>3</sup>/s Pozsonyban  
312 m<sup>3</sup>/s Dunaremeténél



### Modell

így alakult volna az átlagos  
talajvízdomborzat 1995. július 19. -  
1995. augusztus 4. között, ha a Dunát  
nem terelték volna el az üzemvíz-  
csatornába

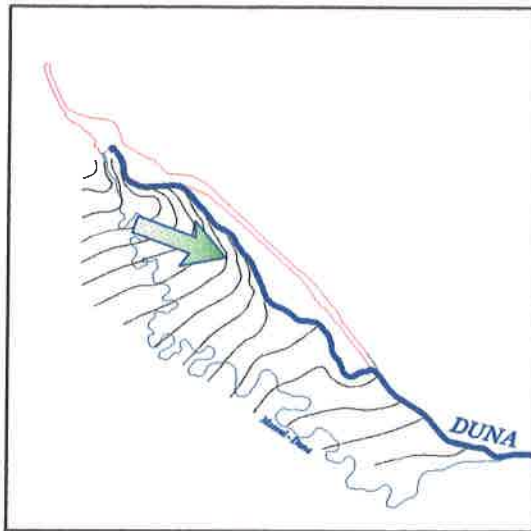


### Átlagos talajvízszint-süllyedés

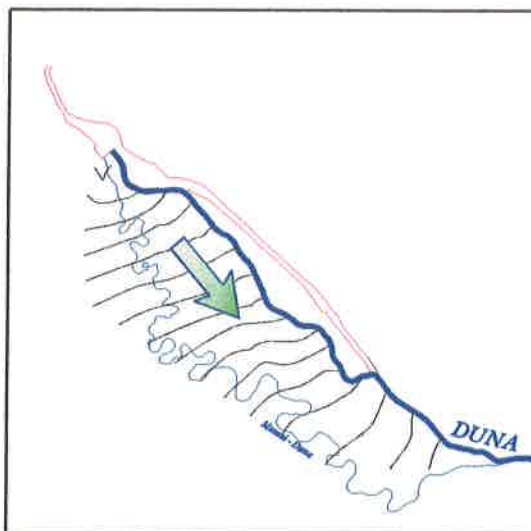
1995. július 19. - 1995. augusztus 4.  
között a fenékküszöbös vízpótlás  
időszakában

az izovonalak 'méter' dimenziójúak

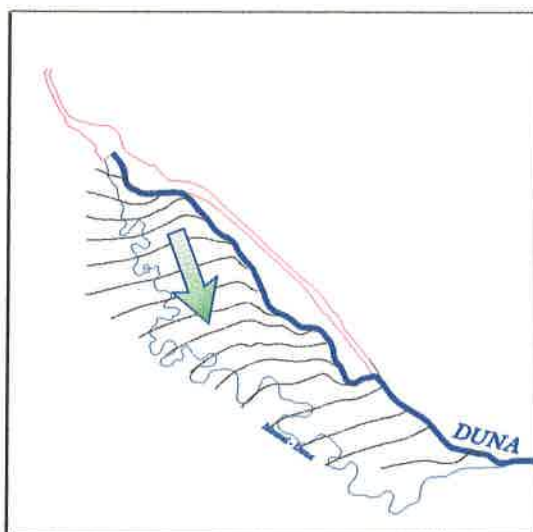
a mentett oldalon a csökkenés mértéke  
kisebb mint 1993 májusában, a hullám-  
tíren azonban változatlanul 2-3 méter



**400 m<sup>3</sup>/sec dunai vízhozam esetén a folyám megcsapolja a talajvizet**



**1000 m<sup>3</sup>/sec vízhozam mellett a talajvíz szivárgásának iránya közel párhuzamos a Dunával**



**1500 m<sup>3</sup>/sec vízhozam esetén a Duna táplálja a talajvizet**

**a Duna vízhozama és a talajvíz szivárgásának iránya (modellszámítás)**

- a dunacsúnyi és somorjai tározótó,
- a felvívcsatorna,
- a szivárgó csatorna (a mosoni vízkivétel alatti rövid szakasztól eltekintve),
- a Mosoni-Duna Feketeerdő feletti szakasza,
- a hullámtéri ágak ásványrárói ágrendszer feletti szakasza,
- a mentett oldali vízpótló ágak,
- az egykori dunai főmeder Dunakiliti feletti 0,5-1,0 km-es szakasza.

Ugyanakkor a főmeder Dunakiliti-Ásványráró közötti szakasza a talajvizek megcsapolójává vált (kivéve az évi néhány napos magasabb vízű időszakokat).

A főmeder Szap és Ásványráró között - az alvívcsatornán levezetett nagyobb vízhozam visszaduzzasztó hatása miatt - időben és térben változó talajvizet tápláló szakasszal rendelkezik. Ennek mértéke, helyzete a főmederben és az alvívcsatornán levezetett vízhozamok aktuális értékétől függ. Mejegyzendő, hogy nemcsak a tápláló mederszakasz hossza, hanem vízzel borított keresztmetszete is erősen változik. Az alvívcsatorna vízhozam ingadoztatása által okozott 0,5-1 méteres vízszintváltozás nemcsak a szedimentációt változtatta meg ezen a szakaszon, hanem a mederfelület rendszeres szárazzá majd ismét vízzel borítottá változtatásával a szűrőréteg tartós kialakulását is megnehezíti.

Általánosságban elmondható, hogy amíg az elterelés előtti időszakban a felszín alatti vizek táplálását legnagyobbbrészt a főmeder biztosította, most az elterelés és a fenékküszöb miatt a beszivárgási viszonyok rendkívül bonyolulttá, térben, időben, mederállapotban, felszíni vízviszonyokban a korábitól jelentős mértékben eltérővé váltak. A helyzet részletes vizsgálata - különösen, ha még a különböző zsilipekkel történő manipulációkat is figyelembe vesszük - hatalmas tömegű új kút, szonda és egyéb megfigyelőhely rendszeres (és a különböző vízhozam-vízszint változási eseményekhez kapcsolódó nem rendszeres) észlelés elvégzését tenné szükségessé.

A rendelkezésre álló anyagi, időbeli és munkaerőbeli lehetőségek a part menti szondázásokat tették lehetővé. A folyóvíz-talajvíz-mélységi víz áramlási rendszerben a közvetlen, part menti szondázás a folyamat első fontos lépcsőjére, a mederfenéken történő átszivárgás következményeire világít rá. Ennek a folyamatnak a jellege és a változások intenzitása nagy mértékben megszabja a víz minőségének későbbi alakulását

A mérések alapján a következő összefoglaló megállapítások tehetők.

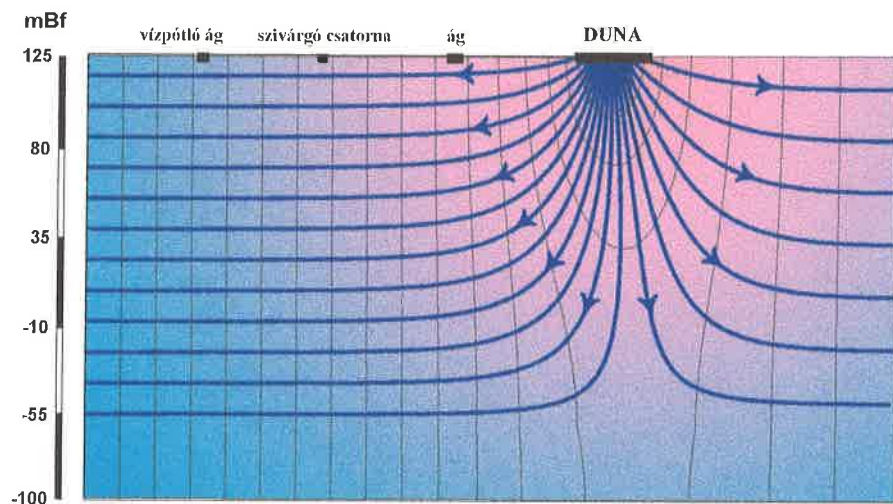
- A megcsapolóvá vált főmeder mentén vett vízminták alapján az itteni vizek nem jelzik a vízpótló rendszer beszivárgó vizeivel való genetikai azonosságot. Nem igazolható az, hogy a főmeder mellett fakadó vizek a vízpótló rendszerből származnak.
- A jelenlegi utánpótlódást biztosító mederszakaszok mellől vett talajvizek (szonda vizek) jelentősen eltérnek az elterelés előtti utánpótlást jelentő környezet talajvizeitől.
- Az eltérés okaira, mértékére a vizek redox (illetve oxigénháztartási) viszonyai adnak felvilágosítást.

A talajvízszint alakulásában az utánpótlási viszonyok mellett döntő a megcsapolási helyek vízszintjeinek szabályozó szerepe is. A korábban egyszerű kép - vagyis hogy a fő megcsapoló az állandó vízszintű Mosoni-Duna alsóbb szakasza és a Hanság vidéke volt - az elterelés és a fenékküszöb építése után bonyolulttá vált. Az új megcsapolási helyek most a főmeder alvízi szakaszai, a szivárgó csatorna, valamint a vízpótló rendszerek egyes - szintén alvízi helyzetű - részei.

Ebben az időben és térben rendkívül változékonnyá vált rendszerben csak a nagy részletességű, tranziens háromdimenziós áramlási- és transzport-modellektől várhatjuk a folyamatok megfelelő leírását. E modellek kialakítása, adatokkal történő feltöltése és ellenőrzése rendkívül idő- és számításgényes feladat. A legfontosabb "trial and error" feladatrészek gyors áttekintését kétdimenziós permanens áramlási és transzport modellezés eredménye mutatja (a FLOTRANS szoftver felhasználásával). Olyan vertikális szelvényekben alkalmazható, melyeknél feltételezhető, hogy nyomvonaluk a felszín alatti vízáramlás irányát követi.

Az eredményeket az ábrán látható hidrogeológiai szelvény példáján ismertetjük. A 4400 méter hosszúságú szelvény a somorjai tározórész középvonalaiban kezdődik, harántolja a főmedret az 1845 fkm környékén, a vízpótló főágat Helenánál, a szivárgó csatornát, a Zátonyi Dunát, majd Dunakiliti térségében fejeződik be. A modellezés eredményeként kapott potenciálértékeket a szelvénybe eső észlelőkutak és szondák adatai, valamint a terepi megfigyelések, vízszint-mérések segítségével ellenőriztük.

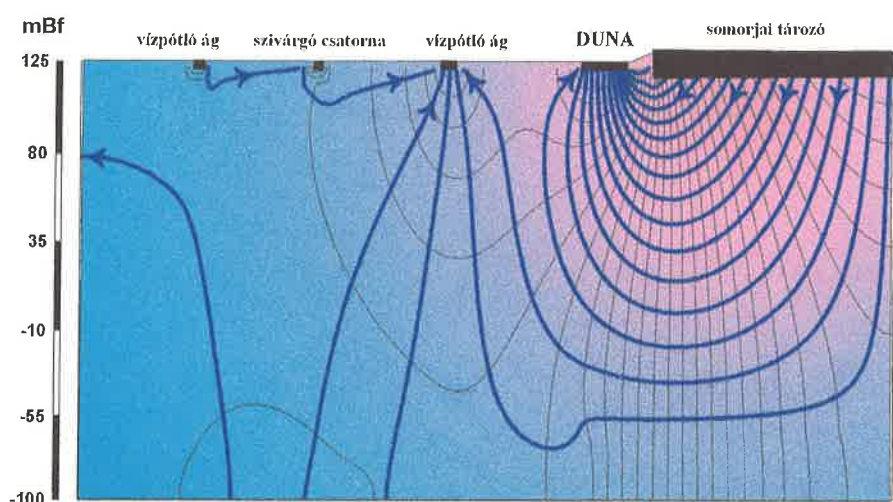




**eltérés előtti állapot**

a talajvíz utánpótlását a Dunából történő intenzív kiszivárgás biztosítja

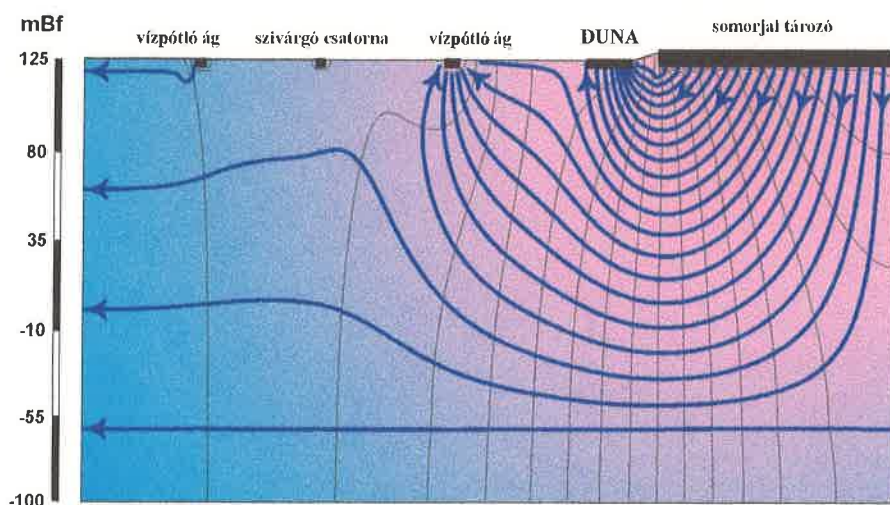
a vékony vonal a potenciál-felületeket, a vastag vonal a szivárgás irányát mutatja



**a Duna elterelése után**

a Duna megcsapolóvá vált

a tározóból származó víz táplálja a vízpótló ágot is



**a fenékküszöb építése után**

a Duna megcsapoló hatása csökkent, a Szigetköz belsejébe irányuló szivárgás intenzívebbé vált

**Hidrogeológiai szelvény  
a Dunára merőleges irányban Dunakilitinél (1845 fkm)**

Az áramvonalak alakulásából jól látszik, hogy a somorjai tározórészből kiszivárgó víz egy része közvetlenül a főmederbe szivárog (úgy a balparton és a jobbparton, mint a meder közepén). A tározóból származó víz többi része a Helena ágat táplálja, illetve a mélyben továbbszivárog a Mosoni-Duna - Hanság irányába. A tározóból származó vízhez képest mennyiségileg elenyésző utánpótlást biztosít a két vízpótló ág. Az utánpótlást biztosító mederüledék finomszemcsés és szerves anyagokban dúsabb, mint az eredeti Duna-meder beszivárogtató felülete. Az új utánpótlási felületekről induló vízminőség-változások modellezése alapján megállapítható, hogy négy év alatt a jelzőanyag tíz százaléknyi mennyisége már 2,5 kilométer távolságban is megjelenik, vagyis a szlovák oldalról kiinduló vízminőségi hatások már jelentős mértékben átjuthattak Magyarországra.

## **ÉLŐ KÖRNYEZET**

A Szigetköz (a Csallóközzel együtt) ma a Felső-Duna-völgy egyetlen nagy kiterjedésű folyómenti ártéri területe, kiemelkedő jelentőségű nedves élőhely ("wetland"), a természeteshez közelálló élővilággal. A természeti adottságok, az élőhelyek sokfélesége gazdag növény- és állatvilágnak ad otthont. Ez a nagy biodiverzitás egyaránt vonatkozik a térség növény- és állattársulásainak változatosságára, a társulások nagy faj-egyed diverzitására és a különleges fajkompozíciókra is.

A Duna elterelésével a térségben - az Öreg-Duna mindkét oldalán - az élővilág létét biztosító kulcsfontosságú környezeti feltételek hihetetlen gyorsasággal és drasztikusan megváltoztak. Ezek közül a változások közül a leglényegesebbek: az Öreg-Dunában a vízhozam csökkenése, a Felső- és a Középső-Szigetközben nagy területen talajvízszint csökkenés, az Öreg-Duna és a mellékágrendszerek közötti kapcsolat megszűnése, a rendszeres árvizek elmaradása, a mellékágrendszerek hidrológiai változásai.

A változások törvényszerűen az élővilág megváltozásához vezetnek. Döntő többségük hosszú időtartamú, tehát a biomonitorozás eredményei is csak hosszabb időszak elteltével általánosíthatók. Ennek nem mond ellent, hogy

bizonyos monitorozott referencia-szervezetek egy-egy tényezőre nézve szűk tűréshatáruk következtében gyorsan reagálnak (például: vízszintcsökkenés — planktonrákok). Mint minden változás esetén - itt azonban különösen élesen - felmerül a reverzibilitás-irreverzibilitás kérdése.

A Duna elterelése előtti állapothoz viszonyítva a biomonitorozás eddigi eredményei a mintavételi helyektől, a monitorozott élőlényektől (fajok, populációk, társulások), az alkalmazott módszerektől, a kapott jelzésektől függően a biotikus változások kezdeti fázisaira utalnak. A szigetközi biomonitorozás feladata a Duna egyoldalú szlovák elterelése hatásának nyomon követése a térség élővilágára (természeti értékeire). A biomonitorozás a Szigetközben a következő részterületből áll:

1. Erdészeti megfigyelések
2. Kriptogám növények monitorozása
3. Hidrobiológiai kutatások
4. A dunai halfauna monitorozása
5. Botanikai monitorozás
6. A gyomvegetáció tanulmányozása
7. Zoológiai monitorozás

A biomonitoring 1997-ig tartó adatairól és a különféle értékelő megállapításokról 1997-ben két összefoglaló is készült: az MTA Szigetközi Munkacsoportja, valamint az MTA Limnológiai Kutatóintézete koordinációjával. Újabb részletes, értékelő összefoglaló készítése csak az 1998. évi megfigyelési adatok feldolgozása után tűnik célszerűnek. A jelen összefoglalás és értékelés a korábbiak alapján azokat az elemeket rögzíti, amelyek az 1998. év (még feldolgozatlan) megfigyelései alapján lehetséges.

A biológiai monitoring során kapott adatsorok elemzését, értékelését nagymértékben nehezíti - olykor szinte lehetetlenné teszi, hogy a teljes vizsgálati periódus során a műszaki beavatkozások gyorsan, és a kutatók számára kiszámíthatatlanul történtek és történnek. Bizonyos, az elterelést követően szárazra került területek olykor víz alá kerülnek, míg mások kiszáradnak, a gyorsan folyó ágak vize lelassul, álló vízzé válik, ugyanakkor más ágakban jelentősen felgyorsul a vízsebesség. 1995 nyarán pl. az elterelést követően botanikai szukcessziós vizsgálatokra kijelölt dunaremetei morotva teljesen víz alá került s azóta is állandó víz borítja. A „Lábánszáradt” elterelés előtti álló vize helyén ma gyorsan folyó vizet találunk, de hosszan lehetne még sorolni a példákat.

Sokszor a biológusok a valódi változások regisztrálása helyett nem tehetnek mást,

mint monitorozzák a vízügyi beavatkozásokat. (Az 1998. évben is sor került ökológiai mintafák kivágására, illetve florisztikai mintaterület megsemmisítésére.)

### *A vizek élővilága*

A Duna elterelését megelőzően a Szigetközre a vízterek nagymértékű változatosága volt jellemző (egyres mellékágak közvetlen összeköttetésben álltak a Dunával, másokat rendszeresen elöntött a víz, ezek a részeken oligotrófikus vagy gyakran hipertrófikus mellékágot találtunk; ismét más részeket csak ritkábban vagy soha nem öntött el a folyam vize, így akár teljesen izolált tavacskák, morotvák jöhettek létre.

Ennek megfelelően az élővilág sokszínű, gazdag volt.

A Duna egyoldalú elterelése után ez a sokféleség megszűnt. Minden mérhető paraméter az uniformizálódásra, az eredeti élővilág megváltozására, leggyakrabban elszegényesedésére utal. Jellemző a mennyiségi növekedés, ami minőségi romlással jár együtt.

A planktonikus eutrofizációval ugyanúgy találkozhatunk mint a bentonikussal, amely már a feltöltődési, öregedési folyamatok előretörésére hívja fel a figyelmet.

A vízben élő növények mennyisége az ágakban megnőtt, sok helyen megsokszorozódott. A hinarasodás kifejezett, 1993-94-hez képest ugyan valamelyest visszaszorult, de a hullámtérre mindig a lecsökkent fajszám és a nagy hínártömeg jellemző. A stabilizálódott, mesterségesen fenntartott vízszint, a teljes hínárborítottág öregedési folyamatot jelent, amely gyorsuló feltöltődéshez vezet. A zooplankton (Crustacea fauna) ill. a litorális mezo és makrofauna vizsgálatok eredményei is ezt támasztják alá.

A Duna elterelését, s különösen a vízpótlás megkezdését követően ezek a vízterek fokozatosan elvesztették egyéni arculatukat, a fitoplankton mind gyakrabban megegyezett, hasonlított a Duna fitoplanktonjára. Ezt a korábbi fajgazdag, a különböző vízterekben egymástól gyakran eltérő fitoplankton egy sok tekintetben jellegtelen folyóvízi fitoplankton váltotta föl. A mellékágak mindegyikében jelentősen átstrukturálódott és fajszegényé vált a fitoplankton. A fajszám csökkenése a Dunával régebben közvetlen-közvetett összeköttetésben álló mellékágakban a leginkább kifejezett.

A vízkémiai mérések eredményei szerint a Szigetközre leginkább a főágra jellemző értékek mérhetőek, a vízpótlás természetesen némileg módosítja az értékeket.

A vízpótló rendszerből érkező víz minősége tovább gerjesztheti a lejjebb lévő folyószakaszok eutrofizálódását. A folyamatos vízpótlásnak a fajszám csökkenésén és a fitoplankton uniformizálódásán túlmenően a politrofikus, hipertrófikus állapot kialakulása is kísér.

A vízpótlórendszerből elszigetelt vizekben a halállomány degradálódik. Ugyanakkor a vízbetáplálás helyenként lehetővé teszi a halak bejutását a hullámtérbe. A tendenciákból arra lehet következtetni, hogy a Szigetköz a jelenlegi viszonyok között teljesen elvesztette a dunai halutánpótlásban betöltött szerepét, hiszen saját állománya reprodukciójára sem képes.

### *Wetland*

A Szigetköz viszonylag kis területének, kb. 375 km<sup>2</sup> edényes flórája rendkívül gazdag, társulásai nagyon sokfélék. Jellemző a flóra-faj sokféleség, a termőhelyek (biotópok) és a társulások nagyfokú diverzitása. Nagy biodiverzitása, változatos habitatdiverzitása miatt e nedves élőhely (wetland) megőrzése elsőrendű feladat.

A vízellátottság változásai jól nyomonkövethetőek a növényeken (ökoanatómiai indikáció), vagyis szöveti szinten nagyon gyors az indikáció. A vizsgálatokhoz a vízitök (*Nuphar lutea*) leveleit választották. A forma terrestris levelek struktúrája leegyszerűsödött, ami vízzel újbóli elárasztás után (1995 nyarat követően) a visszastrukturálódás jeleit mutatta.

A vízparton élő mohafajok száma megnőtt (a szárazságtűrő fajok betelepülésével), ritka, hegyvidéki fajok tűntek el az ágrendszerekből; a vízi-vízparti mohavegetációban a kolonista mohafajok aránya megnőtt, az évelőké lecsökkent.

A nádas monitorozása során megállapítható, hogy jellemző a kiszáradó nádasok erős degradációja, amit a nagyfokú gyomosodás jelez.

A Nagy-Duna menti biotópok szárazodási folyamatának üteme kissé lelassulni látszik, feltehetően elsősorban a kedvező időjárási viszonyoknak köszönhetően. A degradációt indikáló gyomosodás, a nem őshonos fajok terjedése és az

tágtűrűsű generalista (ökológiai szempontból opportunus növények) fajok elszaporodása az eredeti ártéri elemek rovására azonban tovább folytatódik.

A Szigetközben a jelenlegi 1010 növényfajból 84 törvényesen védett, amelyek reliktumok, bennszülöttek vagy az eredeti flóra tudományos szempontból figyelemreméltó képviselője. A magasabbrendű flóra a terület nagyságához képest rendkívül gazdag. A területen 60 növénytársulás, ebből 50 védett, 4 reliktum és 38 a természetes, 3 a zavarástűrő.

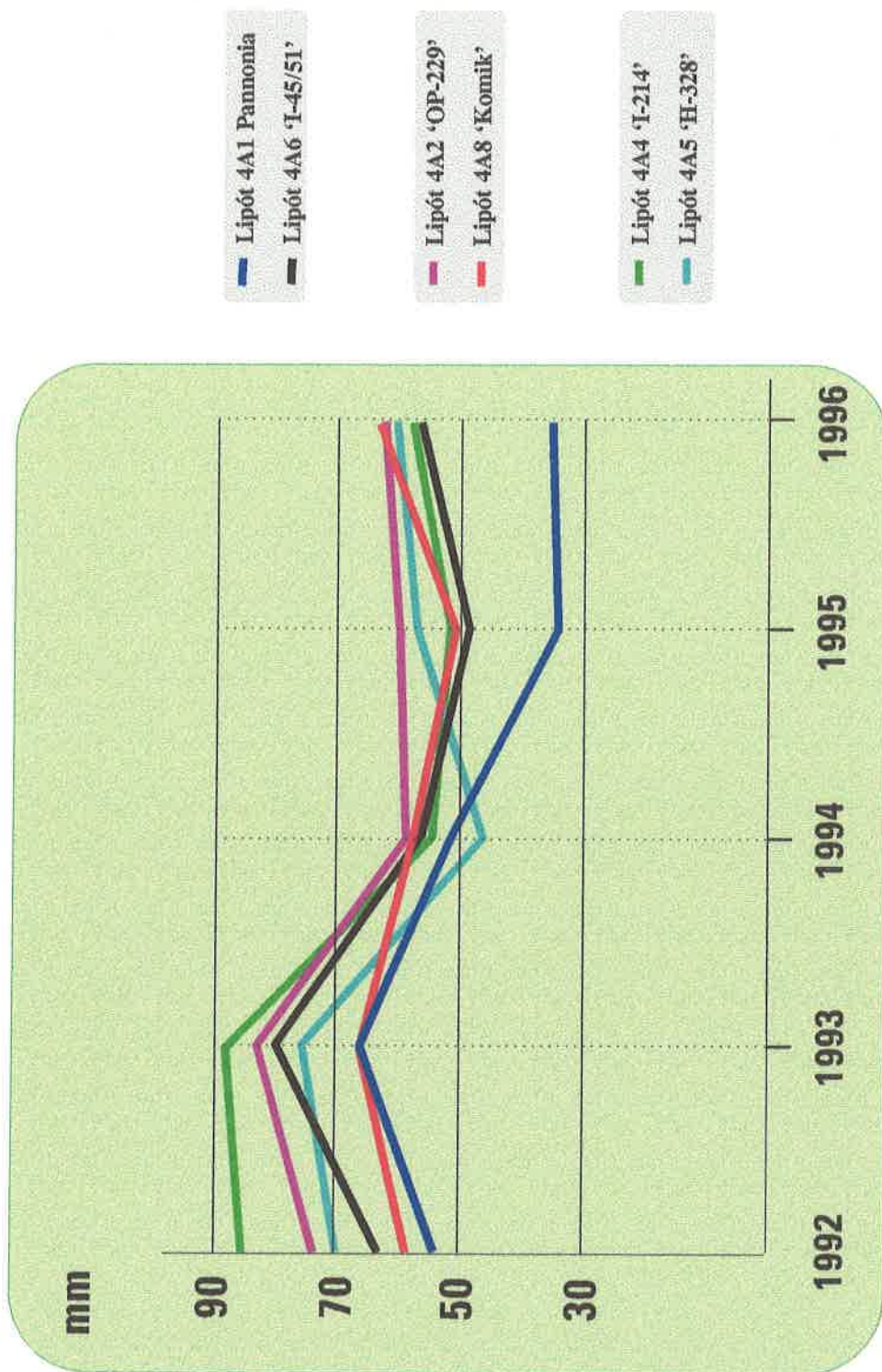
A Duna fő víztömegének 1992 októberi üzemvízcsatornába terelése következtében az Öreg Duna medrében az addig tartósan vízzel borított részek "száraz-földdé" váltak. Az 1994-től folyó vizsgálatok megállapították, hogy kialakult a növényzet övezetessége. Határozott fajszámcsökkenés figyelhető meg mind térben mind időben. A kevesebb faj nagyobb borítással van jelen.

### ***Erdők***

Általánosságban elmondható, hogy az erdők leromlási tendenciája az elterelés óta határozott és folyamatos. Az utóbbi évek bőséges csapadékellátása a folyamatot megállítani nem, legfeljebb csak lassítani tudja.

Az állapotváltozás számos mutató alapján követhető nyomon:

- A fák asszimiláló levélfelületének alakulása továbbra is azt jelzi, hogy az ártéri füzesek a több légköri csapadék és a Duna nagyobb vízhozama ellenére is vízellátási passzivumban maradtak, bár vízellátottságuk némileg javult. Az eredeti Nagy-Duna parti füzesek pusztulása a Dunaremete-i mintaterületen már jelentős mértékű.
- A fák koronái fokozatosan kiritkulnak (ágak, vékony gallyak, hajtások pusztulása, a lombzat fokozatosan kigyérül), a csúcsi rész elhal (csúcsszáradás). Ez a jelenség megfigyelhető csaknem minden állományban. A vízhiányos területen a folyamat különösen kifejezett. A Szigetköz felső ill. középső szakaszán egyre több a teljesen elpusztult, elszáradt fa.
- Fattyúhajtások jelennek meg (ez egyértelműen a vízellátottsági zavarokra enged következtetni)



A fák éves összes kerületnövekedése a lipóti mintaterület különféle fajain

- A xylofág rovarok elszaporodnak (Egyes mintavételi helyeken a fák gyökfője hernyórágás miatt fűrészárúnak sem dolgozható fel például Dunakiliti térségében).

- A károsodás a természetes vagy a természeteshez közel álló erdőkben súlyosabb mint a mesterséges telepítésű kulturállományokban. Például a feketeerdői fokozottan védett természetvédelmi területen, a Szigetköz egyetlen gyertyános-tölgyes állományában a sarjeredetű fák egészségi állapota romlik, a csúcszáradás és a koronák részleges elhalása fokozatos tendenciát mutat. Az állomány általános egészségi állapota kimondottan rossz. A fák pusztulása miatt a gyertyános-tölgyes jelleg fokozatosan eltűnik.

- A Nagy-Duna 100-300 méteres ún. parti sávjában a legkifejezettebb a kár: a tővön száradás 1993-94-ben megdőbentően tömeges volt, később ugyan némileg mérséklődött. A gutaütéses koronaelhalások, nyárközepi részleges lombvesztés miatti biológiai ritmus-zavarok, a száradékkitermeléssel keletkező léceken beáradó száraz nyári levegő szikkasztó hatása és az árvizek elmaradása változatlanuk sújtja az állományt.

## ÖSSZEGZÉS

Aki nem ismerte az egykori Szigetközt, vagy manapság is csak ritkán látogatja, a látható képen nem érzékelheti a változásokat, még kevésbé a - biomonitorozás mozaikjaiból összerakható, a változásokat meghatározó - hátteret.

A biomonitorozás eddigi eredményeiből teljesen egyértelműen kirajzolódik maga a változás ténye. Ez önmagában még szinte semmit nem jelent, hiszen bármelyik biológiai entitásra létezik a normális állapotváltozások sorozata (normális szukcesszió).

A szigetközi változások azonban változást itt ki kell egészítenünk néhány jelzővel:

- a Szigetközben tapasztalt változások egyértelműen a degradáció, a leromlás irányába induló, abnormális szukcessziós folyamatokat jelentenek
- a megindult változások relatíve gyorsak. Sajnos az elterelés előtti állapotokról közel sincs elegendő információnk (átfogó és részletes



biomonitorozás nem történt). Azt azonban megkockáztatjuk, hogy ha pl a 60-as évektől számítva a sokak szerint már akkor sem "jól működő" Szigetközben a leromlási folyamatok sebessége a jelenleg ismerteket megközelítette volna, ma a térségre nem ismernénk rá.

- a Duna elterelésének hatására megkezdődött degradatív folyamatoknak több iránya lehet, ezek ma még teljesen kiszámíthatatlanok.
- a biomonitorozás eredményeiből egyetlen olyan adat, eredmény sem olvasható ki, mely a fentieknek ellentmondana. Csak "természeti érték csökkentő" folyamatok indultak be, az ellenkezőjére nincs példa.

Nem tagadható, hogy már korábban (például a 70-es évek második felétől) bekövetkeztek a térségben a természeti értékek fennmaradását hátrányosan befolyásoló változások (a felső-dunai vízlépcsők, folyószabályozás). Két dolog azonban nem téveszthető szem elől a Duna elterelése óta bekövetkezett változások vonatkozásában:

- 1) A Szigetköz már említett korábbi működési zavarai nem indukáltak olyan gyors degradációs folyamatokat, melyeknek ma részesei vagyunk.
- 2) Hamis az a szlovák érvelés, hogy a tervezett, majd megvalósított vízlépcső(rendszer) egyúttal a természeti értékek megőrzését is szolgálja. Nincs példa rá, hogy Európában hasonló szituációban a természeti érték megőrzését és fenntartását hasonló működési elveken épült vízlépcsővel sikeresen megoldották volna.

Nyilvánvaló, hogy pótlólagos beruházásokkal (pl. vízpótlás) kárenyhítés, egyes leromlási folyamatok lassítása elérhető. Azonban hosszú távon az élővilág átalakulása, a strukturális és funkcionális kapcsolatok gyökeres megváltozása bizonyosan bekövetkezik. Egy egészen más, természeti értékeinek nagy részét elvesztett Szigetköz létrejötte nem védhető ki.