Háttéranyag az országos VGT 7. fejezetéhez

7-12 háttéranyag

Esettanulmányok az intézkedési programok tervezésére, figyelembe véve a környezeti célkitűzéseket és a költség-hatékonyság szempontjait

Vállalkozási szerződés a Víz Keretirányelv végrehajtásának elősegítésére II. fázis. Zárójelentés

13, 14, 15, 16.2. feladat

22/8. Melléklet

A Sajó hazai szakasza

Háttéranyag az országos VGT 7. fejezetéhez

7-12 háttéranyag

Esettanulmányok az intézkedési programok tervezésére, figyelembe véve a környezeti célkitűzéseket és a költség-hatékonyság szempontjait

Vállalkozási szerződés a Víz Keretirányelv végrehajtásának elősegítésére II. fázis. Zárójelentés

13, 14, 15, 16.2. feladat

22/8. Melléklet

A Sajó hazai szakasza

Készítette:

Dr Fleit Ernő (BME)
Pőcze Katalin (BME)

Tartalomjegyzék

Összefoglalás 1

1. A Sajó folyó állapotát befolyásoló környezeti tényezők rövid bemutatása..... 4

1.1. Hidrológiai, hidromorfológiai jellemzők és üledéktranszport folyamatok 4
1.2. Szennyezőforrások, terhelések és időbeli változásaik 5

2. A Sajó hidrobiológiai és ökológiai állapotának értékelése 7

2.1. A hagyományos vízkémiai komponenscsoportok változásai..... 7
2.2. Az eutrofizációs állapot változása és a fitoplankton állomány..... 9
2.3. A Sajó halfaunája és változásai 11
2.4. Makroszkópos vízi gerinctelen fauna..... 12

3. A nehézfémek változásai és szerepük a Sajó ökológiai állapotváltozásában13

3.1. A Sajó vízfázisának nehézfém szennyezettsége és annak változásai..... 14
3.2. A Sajó üledékfázisának nehézfém szennyezettsége és annak változásai..... 19

4. Következtetések és a szükséges intézkedések 24

Összefoglalás

A VKI előírásai alapján a környezeti célkitűzéseket egyetlen víztest állapota alapján is meg lehet határozni. Az esettanulmányban tárgyalt mintaterületet a BME (2006) 3. előrehaladási jelentése szerint teljes egészében az erősen módosított víztestként határozhatjuk meg, mely esetben a jó ökológiai potenciál elérése a meghatározott cél. Az elemzés során gyakorlati szempontból a víztest szemléletet transzponáltuk az adott vízfolyás (Sajó), a vízgyűjtőjére és annak kisebb regionális egységeire. A tanulmányban bemutatjuk a mintavízgyűjtő kockázatos és nem kockázatos víztesteit, és javaslatot teszünk a célkitűzések megvalósítása utáni állapot eléréséhez szükséges intézkedések körére, a munka jellegéből adódóan koncentrálva a VKI X. Mellékletében szereplő mikroszennyező anyagokra.

A rendelkezésre álló adatbázisok és projekt beszámolók értékelése kapcsán általános tapasztalat volt, hogy a felhasznált adatsorok alapján jelenleg elvégezhető állapotbecslés és állapotértékelés komoly bizonytalanságokkal terhelt, melynek statisztikai mértékét pontosan még csak becsülni sem lehetett. Más, ugyanezen a vízgyűjtőn folyt projektek eredményei is arra mutatnak, hogy az eseti (*survey* típusú) felmérések az adott víztest ökológiai állapotát csak nagy hibával képesek becsülni, ezért az adathiány pótlására a jövőben további rendszeres mérések (felügyeleti monitoring rendszer működtetése) szükségesek. Ezek a vizsgálatok a fontosabb mintaterületeken (legalább a felügyeleti monitoring pontokon) feltétlenül nemzetközileg elfogadott módszerrel kell hogy megtörténjenek.

Jelen tanulmányban a teszt vízgyűjtő víztesteinek értékelésekor a 2005. évi Nemzeti Jelentésben kockázatosnak minősített víztestekre fektetünk hangsúlyt a jó állapot/potenciál elérhetősége szempontjából és értékeljük a Sajó vízgyűjtőjén belül a VKI szerint megkülönböztetett két víztest (HU6_RW_AAB659_0069-0125_S, 6 típus: durva mederanyagú dombvidéki közepes folyó és HU6_RW_AAB659_0000-0069_S, 13 típus: durva mederanyagú síkvidéki közepes folyók) vízkémiai, és ezen keresztül, ökológiai illetőleg hidrobiológiai állapotát, illetőleg összegzést készítünk annak időbeli és térbeli változásairól, különös tekintettel a folyó vizében, üledékében és élőlényeiben megjelenő mikroszennyező anyagokra (prioritás szennyezőkre). Az értékelés során arra törekedtünk, hogy a bemutatott vízminőségi trendek és ökológiai komponenscsoportok alapján a Víz Keretirányelvben leírtakkal összhangban képet formálhassunk a folyó ökológiai állapotáról, illetve a vízminőség területén szükséges vízgazdálkodási/vízminőségvédelmi intézkedések köréről. Ennek megfelelően az értékelés hangsúlyosan kitér az egyes tematikus fejezetekben a történeti adatokra és azok összehasonlítására a jelenlegi állapottal.

Az értékelés során a Sajón elvégzett vizsgálatok lehetőség szerinti teljes bemutatására törekedtünk, azzal, hogy összegeztük a hozzáférhető információk alapján adódó főbb következtetéseket és a hosszabb távú ökológiai hatások értékelését, illetve azok megvitatását.

A feldolgozott információk döntő hányada az országos vízminőségi törzshálózati pontokon rendszeresen mért eredményeken (*surveillance* típusú, azaz felügyeleti monitoring eredmények), illetve a Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont (VITUKI Kht.) és más projektek (ECOSURV) eredményein alapulnak, amelyeket a

Sajó folyó kutatásának hazai és nemzetközi projektjeiben értek el (*survey* típusú, azaz eseti, feltáró jellegű, állapotfelvételt célzó monitoring eredmények).

A több évtizedre visszatekintő eredmények alapján megállapítható, hogy a Sajó vízminősége folyamatos javulást mutatott és jelenleg is javul. Ezt igazolják a vízkémiai és üledékkémiai változásokra adott ökológiai jelzések is az elmúlt évtizedben. A javulás üteme azonban nem egyenletes, és nem minden komponenscsoport esetében mutat töretlen tendenciát. A Sajó hazai és európai viszonylatban is kis vízhozamú folyó, melynek vízgyűjtőjén több jelentős kommunális, ipari és mezőgazdasági kibocsátás található, melyek tekintélyes hányadára nincs közvetlen befolyásolási lehetőségünk (határokon túli szennyező források).

A hazai ipari kibocsátási pontokat illetően megállapíthatjuk, hogy az elmúlt másfél évtized eseményei döntően két forgatókönyv alapján történtek, azaz vagy tönkrement és megszűnt az illető üzem, vagy pedig talpon maradt, de ezzel egyidejűleg jelentős környezetvédelmi (vízvédelmi) beruházásokat hajtott végre. Mindkét folyamatra találhatunk példákat a vízgyűjtőn, ám mindkettő eredő eredménye azonos volt: az ipari kibocsátások drasztikusan csökkentek a Sajó teljes (hazai és szlovákiai) hossz-szelvénye mentén. Előbbi forgatókönyv szociális, míg utóbbi financiális következményeinek részletes elemzését nem tekintettük feladatunknak, de megjegyezzük, hogy mindkettő jelentős terheket jelentett a régióban.

A kommunális szennyeződések a múltban is és jelenleg is folyamatosan terhelik a Sajót. Jellegzetes tendencia, hogy a megvalósult kommunális szennyvíztisztító telepek beruházásaival megoldódni látszanak a folyó oxigénháztartásában korábban fennállt krónikus problémák, azonban a mikrobiológiai (higiénés) paraméterek és a növényi tápanyag terhelés vonatkozásában a javulás üteme változatlanul lassú. Megjegyezzük, hogy ez a megfigyelés általában is igaz a legtöbb hasonló mérettartományba tartozó magyar folyóra. Bármely további vízminőség javító intézkedés ebben a tekintetben csak jelentős költséggel lesz megvalósítható a jövőben (harmadlagos tisztítási fokozat kiépítése a már meglévő kommunális szennyvíztisztító telepeken).

A biológiai állapotjellemzők (fito-, zooplankton, makroszkópos gerinctelenek, halfauna) tekintetében két alapvető tendenciáról számolunk be. Az egyik időbeli, a másik térbeli (hossz-szelvény menti) folyamat. Az elmúlt évtizedben folyt hidrobiológiai célvizsgálatok és rendszeres észlelések alapján egyértelműen megállapítható, hogy a Sajó ökológiai állapota jelentős mértékben javult. Ezt meggyőzően támasztják alá a közölt eredmények, melyeket a szervetlen mikroszennyező anyagokban (toxikus nehézfémek esetében) tapasztalt változások is igazolnak. A határozottan észlelhető időbeli javulás mellett azonban meg kell említenünk azt a hossz-szelvény menti (térbeli) trendet, amely azt mutatja, hogy a Sajót érő sorozatos terhelések a torkolati szakasz felé haladva összegződnek, és összességükben ökológiailag előnytelen hatásokat indukálnak (pl. fokozódó eutrofizáció az alvízi szakaszok irányában).

A Sajó, mint hazánk egyik legiparosodottabb régiójában elhelyezkedő vízfolyás az ökológiai kockázat szempontjából kitett, exponált folyó. Ökológiai értéke, a nagyobb vízgyűjtő egységben potenciálisan betöltött refúgium (menedék) szerepe, sajátos vízrajza, szabályozatlan karaktere és a vízvédelmi beruházások után biztatóan

megindult biológiai újranépesedése (spontán ökológiai rehabilitáció) egyaránt indokolják fokozott védelmét és környezetvédelmének magas prioritását.

A Sajó kiválasztását az a tény is indokolja, hogy a VKI célkitűzéseihez kapcsolódóan ezen a folyón már jelenleg is nyomon követhetőek azok a változások, amelyek az adott vízfolyás „jó állapotának" elérése felé mutatnak.

A prioritás szennyezőanyag terhelésekre és a vizekben kialakuló környezeti koncentrációkra rendkívül nehéz előrejelzéseket adni, mivel a vízfázisban kialakuló koncentráció és ebből a biológiai hozzáférhető koncentráció módszertana még kialakulatlan hazánkban. A hazai adatbázisokban található adatok az összehasonlítása az EQS értékekkel (*environmental quality standards*) azonban azt mutatta, hogy a Sajó vízfázisában az éves átlagos koncentrációk nagyságrenddel vagy nagyságrendekkel alatta maradnak a Bizottság által javasolt értékeknek (a króm és az ólom esetében nincs ilyen EQS értékekre vonatkozó ajánlás), illetve általában azt láthatjuk, hogy az ökotoxikológiában elfogadott hatást még nem okozó koncentráció (PNEC) tartományban mozognak. Mindez arra utal, hogy a Sajó esetében krónikus káros hatásokra a nehézfémek tekintetében nem kell számítani, illetve ezek környezeti kockázata az alacsony tartományban mozog.

Mindezzel összefüggésben kijelenthető, hogy minden olyan (természetes) víztestet, amely nem éri el a jó állapotot „kockázatosnak" tekintünk. Amennyiben a minősítés alapján előre jelezhető, hogy a víztest nem éri el a jó állapotot, akkor meg kellett vizsgálnunk, hogy ezt mi okozza: hidromorfológiai, vagy szennyezőanyag terhelés. A vizsgálat tárgyául választott mintaterületet a BME (2006) jelentése az erősen módosított víztestek csoportjába sorolta, melyek esetében a potenciáljuk alapján történik a kockázatosság értékelése. Ha e víztestek ökológiai potenciálja alatta marad a jónak, akkor azok kockázatosak. Az összehasonlítási alap a mesterséges, vagy az erősen módosított víztesthez legjobban hasonlító természetes típus, mely esetében ökológiai engedmény csak az erősen módosított állapot hidromorfológiai okára (erősen módosított víztestek), illetve a vízhasználat céljára (mesterséges víztestek) tehető.

Az időközben megjelent jogharmonizációs hazai jogszabályok (40/2006. (X.6.) KvVM rendelet) környezetminőségi határértékei alapján azonban egyértelműen megállapíthatjuk, hogy a mintaterületen mért éves átlagos koncentráció értékek a toxikus nehézfémek (Hg és Cd) tekintetében nagyságrenddel, esetenként nagyságrendekkel alatta maradnak a rendeletben megadott környezetminőségi határértékeknek. Ez arra utal, hogy a mintaterület kockázatos mivoltát elsősorban nem a prioritás szennyezőanyagok jelenléte, illetve környezeti koncentráció jelentik napjainkban és a jövőben. Éppen ezért további megelőző és vízminőséget javító intézkedésekre jelenleg és a jövőben nem lesz szükség, azonban a felügyeleti monitoring rendszer fenntartása és egyes pontokon történő erősítése szakmailag mindenképpen indokolt.

Budapest, 2007. június

Dr. Fleit Ernő
Egyetemi docens

1. A Sajó folyó állapotát befolyásoló környezeti tényezők rövid bemutatása

1.1. Hidrológiai, hidromorfológiai jellemzők és üledéktranszport folyamatok

A hazai tipológiai besorolás alapján a Sajó vízgyűjtőn 2 víztestet különböztetünk meg:

6. típus: Durva mederanyagú dombvidéki közepes vízfolyások
13 típus: Durva mederanyagú síkvidéki közepes vízfolyások

HU_RW_AAB659_0000-0069_S	Sajó	13	Természetes
HU_RW_AAB659_0069-0125_S	Sajó	6	Természetes

A folyó ökológiai és hidrobiológiai állapotának leírását a folyó vízrajzának, lefolyási jellemzőinek, illetve mindezek hosszabb távon fenntartható mennyiségét és minőségét alapvetően befolyásoló tényezők bemutatásával kezdjük. Utalunk itt a különböző esésviszonyokkal jellemezhető folyókban leírt és definiált különböző habitat típusok előfordulására (pl. erős áramlású, durva kavicsos, görgetett medrű folyószakaszok vagy a homokos, finomszemcséjű, lassú áramlású alvízi szakaszok eltérő biogeográfiai jellege, ahogyan azt majd a halfaunisztikai eredményeket és a makroszkópos gerinctelen faunát bemutató fejezetben tárgyaljuk).

A Tisza hazai szakaszán a jobboldali mellékvíz folyásai közül a Sajó a legnagyobb és legfontosabb mellékvíz. A „legfontosabb” jelzőt nemcsak hidraulikai értelemben, hanem demográfiai, ipari és biogeográfiai értelemben is értelmezhetjük.

A Sajó teljes vízgyűjtő területének mintegy 1/3-a esik hazánk területére, míg a nagyobb hányad felvízi szomszédunk, Szlovákia területén helyezkedik el. Ebből adódóan nem véletlen, hogy az elmúlt évtizedekben a határokon túli szennyezőanyag szállítás (*transboundary pollution transport*) folyamatok szempontjából a Sajót a „tipikusan és krónikusan rossz állapotban lévő folyó” szerepében a különböző hazai és nemzetközi projectek gyakran használták célterületként. (pl. WHO/UNDP/OVH – VITUKI 1974, CH2M Hill, 1994).

A vízi ökoszisztémákra ható hidrológiai tényezők közül az egyik legfontosabb tényező, hogy a folyó vízhozama rendkívül széles határok között változik, azaz a Sajó nagy, gyakori és gyors vízszint és vízhozam ingadozásokkal jellemezhető, szeszélyes folyó az egyes szelvényekre vonatkozó statisztikai adatok primer vizsgálata alapján. (Jól mutatja ezt az 1992-96 periódusra vonatkozó minimális vízhozam érték 2,57 m^3/sec, maximális vízhozam érték 247 m^3/sec, a számított éves átlag 25,2 m^3/sec, ennek szórása 29,02 m^3/sec, és a 90%-os valószínűséghez tartozó 47,3 m^3/sec értékek egymáshoz viszonyítása).

A Sajó Magyarországon középszakasz jelleggel kanyarog, esése a Hernád torkolatig viszonylag nagy, 0,50-0,70 m/km, majd ez az érték ettől a ponttól a befogadó Tiszáig folyamatosan csökken. Az áramló víz sebességviszonyai szélsőségesen változnak - főleg a kisvízi időszakban - ahol az áramlási sebességek a fenékeséstől függően a 0,05-0,7 m/sec szélsőséges határok között fluktuálnak. A folyó hidrológiai jellemzői természetesen nemcsak a folyók hordalékszállítását, és ezen keresztül például a

finom frakciójú lebegőanyaghoz kötött szervetlen mikroszennyező anyagok szállítást határozzák meg, hanem döntő befolyással bírnak a folyó különböző életközösségeinek (fito és zooplankton, perifiton, makrozoobenton, halfauna, stb.) térbeli elterjedésére és szaporodás dinamikájának alakulására is.

A Sajó folyóvölgye könnyen erodálható anyagokból áll. Ennek és a már említett nagy esésnek köszönhetően a folyó nagytömegű lebegőanyagot szállít, különösen az áradások alkalmával. A számítások szerint (pl. VITUKI, 1994) a Sajón az átlagos lebegőanyag tartalom megközelíti a 300 g/m^3 értéket, amely áradásokkor akár a néhány ezer g/m^3 tartományba is felszökhet. Mindez arra utal, hogy az éves szállított lebegőanyag árama eléri az 1,5x 10^9 kg/év nagyságrendet, azaz a Sajó hozzávetőlegesen néhányszor tízmillió tonna üledéket szállít évente. Ennek a ténynek a jelentőségét nem lehet túlhangsúlyozni akkor, amikor arra gondolunk, hogy ennek a hatalmas mennyiségű lebegőanyagnak jó része a Tisza betározott részére (Kisköre feletti folyószakasz) kerülve ott kiülepedik, és ott belső terhelést képvisel, akár a növényi tápanyagok, akár a szervetlen mikroszennyezők tekintetében.

A folyó „villámszerű” hidrológiai jellege és a gyakori és gyors lefutású árhullámok a szállított nagymennyiségű lebegőanyaggal párosulva vetik fel a Sajó medrében és árterein lerakódó üledék mennyiségi becslésének módszertanilag igen nehezen kezelhető kérdését, majd ehhez közvetlenül kapcsolódva ezek ökológiai hatásait. Megjegyezzük, hogy a Sajón az árhullámok rendkívül gyorsan emelkednek, különösen a felső (de még hazai) szakaszokon. Az 50-100 cm-es napi vízszintemelkedés nem ritka, és a vízszint süllyedés értékeiben is számolhatunk a napi 50-60 cm/nap értékekkel. Az ártereken történő tényleges kiülepedés nagyságát számos olyan tényező befolyásolja, amelyeket vagy igen nehéz megmérni, vagy – különösen a nagy vízhozamok esetében – a mért adatok pontatlansága miatt a becslések bizonytalansága is számottevően megnő.

1.2. Szennyezőforrások, terhelések és időbeli változásaik

A Sajó hazai vízgyűjtőjén ipari, kommunális és mezőgazdasági szennyező forrásokkal egyaránt számolhatunk. A Sajó völgy hazánk egyik legiparosodottabb régiója, ahova a folyó már szennyezetten érkezik Szlovákiából (a folyó vízgyűjtőjének mindössze 1/3-a található Magyarországon). A jelentősebb hazai ipari tevékenységek közül megemlítjük a lignit bányászatot, a fémkohászatot (Ózd, Diósgyőr), a gépipart (Diósgyőr, Miskolc és Borsodnádasd), a vegyipart (BorsodChem Rt. Kazincbarcikán és ÉVM Sajóbábonyban), az élelmiszeripart (Szerencs, miskolci húsipari vállalatok, bőcsi sörgyár). A kommunális kibocsátások főként a területen működő 30 kisebb-nagyobb szennyvíztisztító telephez kapcsolhatóak. Jellemző, hogy önmagában a miskolci városi szennyvíztelep felelős a Sajót (közvetlenül vagy indirekt módon) érő kommunális terhelések közel 70%-áért, míg a többi 29 telep adja a fennmaradó 30 %-ot (Bácskai, 2006).

A térség ipari kibocsátói közül fontos megemlítenünk az Észak-Magyarországi Vegyiműveket, illetve az ebből a vállalatból az 1991-es felszámolást követően megalakult utódszervezeteket. Az innen bebocsátott szennyezőanyagok jellemzően magas szervesanyag tartalmúak, továbbá jelentős N terhelést is képviselnek.

A térség további jelentős vegyipari üzeme a BorsodChem Rt. mely szennyvizeit a hetvenes években épült szennyvíztisztító telepén kezeli, illetve pihentető/kiegyenlítő tavak közbeiktatásával bocsátja a tisztított szennyvizeit a Sajóba. Az Rt. szennyvíztisztító telepének rekonstrukciója és átfogó, az EU követelményeket is kielégítő vízminőségi paramétereket biztosító beruházása 2001 nyarán került üzembe helyezésre. A vállalaton belüli erősen szennyező technológiák (pl. műtrágyagyártás) megszűnésével és az említett vízvédelmi beruházásokkal a BorsodChem Rt. elérte, hogy jelenlegi terhelései a korábbi évtizedek értékeihez képest nagyságrendekkel csökkentek.

A Miskolc vonzáskörzetében lévő kisebb-nagyobb acél- és fémipari művek az elmúlt évtizedben többszörös tulajdonosváltáson, felszámolási eljárásokon, gyártmányszerkezet átalakításon, jelentős termelési kapacitás csökkenésen mentek át. Ezek közül némelyik (pl. DAM Diósgyőr) rendelkezik saját szennyvíztisztító teleppel, vagy szennyvíz előkezelő egységgel (legtöbbször olajfogóval, revétlenítővel, stb.).

A térség pontszerű kommunális és ipari szennyező forrásai mellett meg kell említeni az ún. nem-pontszerű szennyező forrásokat is, amelyeket zömmel a mezőgazdasági tevékenységekhez köthetünk (nem megfelelő szervestrágya tárolás, állattartó telepek elszivárgásai, műtrágyatárolás, stb.). Jellemző hatásuk a nitrogén és foszforformák beszivárgása, bemosódása a talajba és a felszínalatti vizekbe. Ebbe a kategóriába lehet sorolni a lakossági szennyvíztározókat is, amelyek a felmérések szerint egyes térségekben veszélyeztetik a felszínalatti vízkészleteket. A mezőgazdaság problémakörébe tartoznak a termésátlagok javításához használt peszticidek is, melyek számos fajtája szerepel a VKI prioritásszennyezőinek listáján (pl. simazin), hiszen szintén jelentős veszélyt jelenthetnek a felszíni és felszínalatti vizek állapotára.

A (többek között) 2004. évi KÖFE adatok alapján készült tanulmány (Bácskai, 2006) szintén a fentiekben vázolt képet támasztja alá, azaz a terhelések főként a feldolgozóiparból illetve a villamosenergia, gáz-, gőz-, vízellátás iparágából származnak, a nagymértékű kommunális szennyvízterhelés mellett. Az említett tanulmány külön kezeli a mezőgazdasági kibocsátásból származó terheléseket, a peszticidek témakörére fókuszálva (a KSH 2001. évi adatai alapján). A mintaterületen ezen anyagok közül a rézszulfát (171 tonna), az atrazin (74 tonna) illetve a réz-oxiklorid (72 tonna) került legnagyobb mennyiségben felhasználásra.

Itt kell megjegyezni azonban, hogy a felhasználás statisztikai adataiból kiindulva rendkívül nehéz, ha ugyan nem lehetetlen akár csak nagyságrendileg közelítő becslést adni a felszíni és felszínalatti vizekbe kerülő prioritás szennyezőanyag terhelésekre és a vizekben kialakuló környezeti koncentrációkra, mivel a fogyasztás → tárolás → tényleges felhasználás → környezeti sors (lebomlás, párolgás, adszorbció, abszorpció) → transzportfolyamatok → vízben kialakuló koncentráció → biológiai hozzáférhető koncentráció és expozíciós időtartam gondolati sémában valójában minden lépést az időbeli változatosság de főleg térbeli heterogenitás jellemzi. Amennyiben ez így van, akkor a legkézenfekvőbb megoldás lehet a „vízben kialakuló koncentráció és ebből a biológiai hozzáférhető koncentráció” mérése, illetve előrejelzése, illetve ezen koncentrációértékeknek az összehasonlítása az EQS értékekkel (*environmental quality standards*). Az így adódó összehasonlítás, illetve az ezzel párhuzamosan folytatott ökológiai állapotértékelés (azaz a kialakult

környezetminőségre adott ökológiai válaszok értékelése – a VKI-val harmonizáló biológiai vízminősítési módszertan alapján) adhat közelítő választ arra az egyszerű kérdésre, hogy a folyóban mérhető szerves, vagy szervetlen mikroszennyező anyagok koncentráció értékei kockázatot jelentenek-e a célkitűzések teljesítésében?

2. A Sajó hidrobiológiai és ökológiai állapotának értékelése

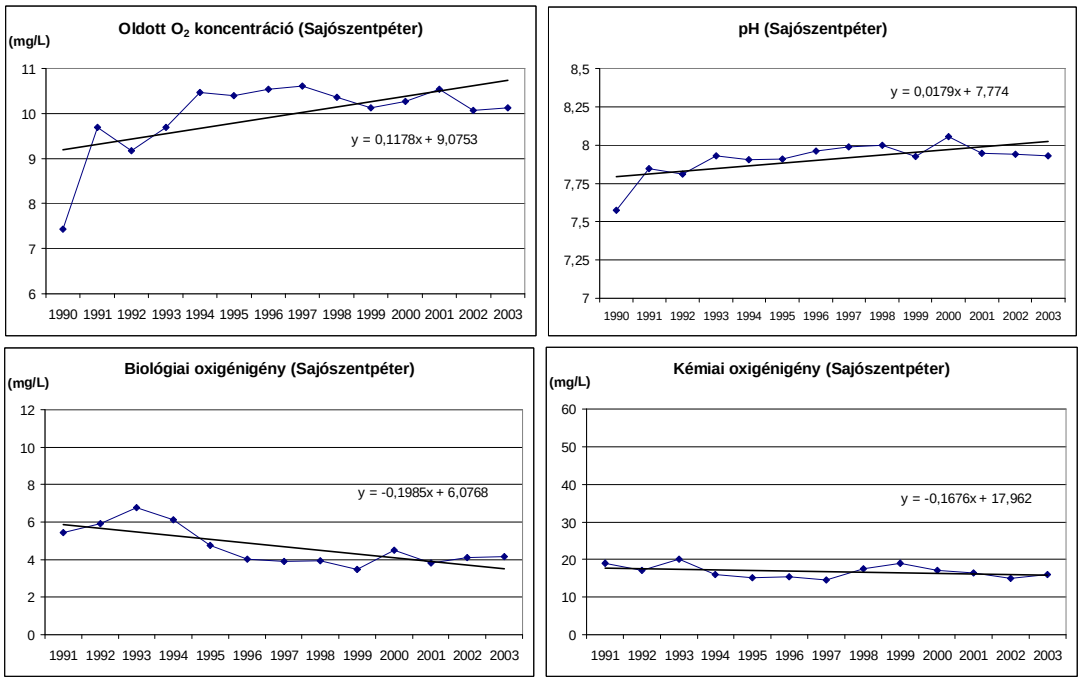
2.1. A hagyományos vízkémiai komponenscsoportok változásai

A felszíni vizek vízminőségi monitoringja a hagyományos vízszennyező anyagokat illetően hazánkban a hatvanas években kezdődött el. A rendszer fejlődésének köszönhetően a Sajó vízgyűjtőn 11 vízminőségi (országos törzshálózati) mérőpont található, melyből hat a Sajón, kettő a Hangony patakon, egy-egy a Bodván és a Hernádon, illetve a Szinva patakon található.

Ahogyan azt az 1.2. fejezetben (szennyezőforrások leírása) is említettük, a mérési eredmények alapján egyértelműen bizonyítható, hogy az elmúlt egy-másfél évtizedben a vízminőség csaknem valamennyi paramétercsoportja javulást mutatott.

Itt hangsúlyozzuk, hogy a fejezetben zömmel a vízben oldott, vagy a vízfázisban mérhető komponensek változásait elemezzük, és nem az üledékben mérhető krónikus, lassabban változó folyamatokat és trendeket. A nehézfémekről szóló fejezetben azonban a vízfázison túlmenően valamennyi mért környezeti fázisra adunk értékelést.

Elöljáróban megemlítjük, hogy az itt közölt és értékelt eredmények a Sajó középszakaszán elhelyezkedő sajószentpéteri szelvényre vonatkoznak (76,50 fkm) és a trendszámítások eredményei lineáris megközelítésen alapulnak. Ennek a szelvénynek a kiválasztását indokolta földrajzi helyzete és a fölötte elhelyezkedő nagyobb ipari és kommunális szennyezőforrások léte (Ózd, Kazincbarcika, BorsodChem), továbbá az, hogy a Miskolc alatti szakaszon a nagyváros (a Sajó kommunális terheléseinek túlnyomó hányada) és a közeli torkolat hatása (lelassuló vízsebesség) már jellegzetesen torzítja a Sajó középszakaszára jellemző értékeket.



1. ábra **Hagyományos vízkémiai paraméterek változása (oldott oxigén koncentráció, pH, BOI, KOI) a Sajó sajószentpéteri szelvényében 1990-2003-ig (éves átlagértékek)**

A már többször is hangsúlyozott lassú, de állandó vízminőség javulás az oldott oxigén koncentráció és az oxigéntelítettség százalékos értékeiben tükröződő évtizedes trendben is megjelenik, illetve megmutatkozik az éves növekményekben. Ha ezeket az oxigénadatokat összevetjük a szerves szennyezettség indikátoraival (KOI formák és BOI) úgy a következő kép tárul elénk. A vizsgált évtizedben a leglátványosabb javulást a BOI érték mutatja az összes paraméter közül, az évesen átlagosan 5%-os csökkenésével. Ez hozzávetőlegesen azt jelenti, hogy a BOI_5 átlagkoncentrációja az elmúlt évtizedben felére csökkent. A dikromátos oxigénfogyasztás (KOI_{Cr}) szintén csökkenést mutatott a vizsgált időperiódusban, bár a BOI_5 értékeinél lényegesen kisebb mértékben. Összefoglalva tehát az oxigénháztartási paraméterekben megmutatkozó tendenciákat azt tapasztalhatjuk, hogy a szennyvíztisztítási technológiák és a csatornázás terjedése miatt a folyóban a biológiailag könnyen bontható szervesanyagok koncentrációja monoton módon csökken. A biológiailag nem degradálódó/degradálható szervesanyag aránya ugyanakkor növekszik, a KOI és BOI értékek eltérő csökkenési rátái miatt. A pH értéke a vizsgált időszakban szintén növekvő tendenciát mutat. Mindezeknek a tényezőknek az ismerete azért elválaszthatatlan a mikroszennyező anyagok trendjeinek értékelésétől, mert ezek erősen befolyásolják azok környezeti viselkedését, azaz biológiai hozzáférhetőségét, és ezen keresztül a folyóban kialakuló ökológiai állapotot (pl. a nehézfém csapadékok olhatóságát, adszorbcióját a lebegőanyag részecskék nagy fajlagos felszínén, stb.).

A szerves és szervetlen mikroszennyezőkre számolt trendek értékelésénél fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a látszólagosan igen meredek csökkenést indikáló éves trendek nemcsak a tényleges, természetes tendenciákat tükrözik, hanem azt is, hogy a korai kilencvenes évekből esetenként adathiánnyal kell szembe néznünk, s így a számított eredmény esetenként hamis képet festhet. A makrofolyamatokat tekintve azonban megállapíthatjuk, hogy lényegében nincs olyan mért fémkomponens, amely

növekedést mutatott volna a vizsgált időszakban. Ez egyáltalán nem meglepő, ha a térség nehéziparát ért recessziós sokkra gondolunk, illetve arra, hogy a talpon maradt, jelenleg is termelő nagyüzemek jelentős vízvédelmi beruházásokat valósítottak meg az elmúlt évtizedben, illetve jelentősen szennyező technológiákat hagytak fel. Ez a kijelentés a hazai és a szlovákiai szennyezőforrásokra egyaránt igaz.

2.2. Az eutrofizációs állapot változása és a fitoplankton állomány

A növényi tápanyagok közül a Sajón elhelyezkedő országos törzshálózati mintavételi pontokon a nitrogén és foszforformákat, illetve a klorofill-a koncentrációt mérik, általában heti rendszerességgel. Az elmúlt évized vizsgálati eredményeit a következő megállapításokban összegezhetjük:

- A tápanyagháztartás jellemzői közül a víz nitrit-N tartalma és a foszforformák mennyisége határozta meg a vízminőségének osztályba sorolását (III. osztály). Sajószentpéternél megfigyelhető a víz ammónium tartalmának enyhe emelkedése, amely azonban nem okoz osztályváltozást.
- A Sajó hossz-szelvénye mentén a miskolci szennyvizek bevezetése alatti szakaszon az ortofoszfát-P mennyiségének növekedése miatt az osztályba sorolás értéke egy osztállyal kedvezőtlenebbé válik (IV. osztály).
- A Miskolc alatti folyószakaszon a mért klorofill-a értékek alapján jelentős nagyságú biológiai produkció volt regisztrálható a teljes vizsgált időszak folyamán (1991-2003).
- A belépő határszelvényben (Sajópüspöki) általában oligo-mezotrofikus (**3.** Felföldy féle trofitási fok) állapotú víz a torkolati szelvényben (Kesznyéten) az eutrofikus (**6.**) fokozatba esik vissza az éves átlagos klorofill-a koncentráció értékek alapján, melyet a vegetációs időszakban további eutrofizációs hullámok is súlyosbítanak. A jelenség oka kettős: a magas klorofill-a értékek okai egyfelől a hazai szennyvízbevezetések növényi tápanyag terhelésének hatásai, másfelől pedig az 1.1. fejezetben már említett hidrológiai (áramlási, mederesési) tényezők is. Az alsó szakaszon a lelassuló vízáram következtében meginduló lebegőanyag kiülepedés kedvezően befolyásolja az algák szaporodása tekintetében a fényviszonyokat, melyet tovább erősít az enyhe felmelegedéssel párosuló bőséges tápanyag kínálat. Így a hidrológiai és szennyező hatások együttesen okozzák a torkolati szelvény közelében mérhető rendszeres alga tömegprodukciókat.
- Megjegyezzük továbbá, hogy a Sajó vize a folyó felső és alsó szakaszán is mikrobiológiai szempontból a szennyezett kategóriának felelt meg (IV. osztály), míg az alsó szakaszon, Sajószentpéter és Kesznyéten között igen szennyezettnek volt minősíthető (V. osztály).

Az 1994-es és 1998-as VITUKI célvizsgálatok során a folyó fitoplankton közösségének vizsgálata további fontos megállapításokkal egészíti ki a fentiekben vázolt általános képet:

- A folyó hossz-szelvénye mentén a fitoplankton biomasszája csaknem exponenciális növekedést mutatott. (Az 1994-es vizsgálatok a nyári, míg az 1998-as vizsgálatok a kora tavaszi időszakban zajlottak.) A Sajópüspökiben mért alga biomassza érték Kesznyéten közelében durván 30-szorosára növekedett.

- A növekvő biomassza értékek mentén az azt alkotó algaspektrum (fajösszetétel) jellegzetes változásokat mutat dacára annak, hogy 1994-ben valamennyi mintavételi ponton a domináns fajok a *Centrales* rendbe tartozó kovamoszatok képviselői közül kerületek ki (*Cyclotella* és *Stephanosdiscus spp.*).
- A fitoplankton taxonok száma a Sajópetri szelvényig növekedést mutatott (itt érte el maximum értékét), majd ennek alvízi szakaszán a taxonszám jelentősen csökkent (de a biomassza érték, ahogyan leírtuk, erősen növekedni kezd). A Shannon féle diverzitás index alkalmazásával jellemezhető állomány összetétel alapján ugyanez a jelenség volt megfigyelhető: Sajópetrinél jelentkező maximum érték, majd innen a gyors csökkenést mutató fajdiverzitás, a szegényedés a fajszámban.
- Az 1998-as VITUKI fitoplanktonra is irányuló célvizsgálatai során megállapítást nyert, hogy a Kazincbarcika alatti és feletti szakaszon, (továbbá Sajószentpéternél is) a fitoplankton állománysűrűsége alapján a víz az 5. (mezo-eutrofikus) fokozatnak felelt meg, összhangban a sokéves tendenciákkal. Az alvízi szakaszok felé haladva a trofitási fokozatokban az első romlást Szirmabesenyőnél tapasztalták (6. eutrofikus fokozat). Ez a fokozat volt kimérhető a miskolci szelvényben is és a torkolat feletti folyószakaszon egyaránt, hozzátéve azt, hogy a kategória határokon belül ugyan, de folytonos emelkedés volt megfigyelhető az össz-algaszámban. A kora tavaszi vizsgálati periódusban a *Centrales* rendbe tartozó kovamoszatok tavaszi inváziója kezdődött meg, különösen a Sajó alsó szakaszán.

A 2005. évi ECOSURV felmérés országos szinten mérte fel a fitoplankton állomány állapotát, azonban a Sajó hossz-szelvénye mentén nem történt vizsgálat. Az eutrofizációt nagymértékben befolyásoló nitrogén-formák (ammónium, nitrit, nitrát) és oldott P koncentrációinak mérése azonban a fentiekben vázolt történelmi trendeket igazolták.

A BME 2006-os tanulmányában közölt bevonatalgák alapján történő indexálás eredménye (DIL értékek) szerint a Sajó vízgyűjtőjén mindkét víztest „jó” besorolást kapott.

A mintaterület kiváló és jó állapotú víztesteinek minősítése a bevonatalgák alapján:

AAB659_0069-0125_S	SAJ_036 + SAJ_037 + SAJ_038	Sajó	6	Jó
AAB659_0000-0069_S	SAJ_080 + SAJ_081	Sajó	13	Jó

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy részben a szennyező hatásoknak (ipari és kommunális szennyvíz bevezetések), részben pedig a hidrológiai körülményeknek köszönhetően a Sajó fitoplanktonjának biomasszája a hossz-szelvény mentén monoton, folytonos és jellegzetes növekedést mutat, amely a fajszám szegényedésével, a diverzitási értékek csökkenésével párosul.

2.3. A Sajó halfaunája és változásai

A Sajó ichtiofaunájáról az első természettudományosan hiteles feljegyzést Herman Ottó „A magyar halászat könyve" c. 1887-ben kiadott munkájában találhatjuk, ahol a Sajóból (Miskolc és környékéről) 22 halfaj előfordulását írta le. A 22 leírt halfaj között többek között a sebes pisztráng előfordulását is megemlíti, azzal a megjegyzéssel, hogy ez a halfaj nem tipikus képviselője a Sajó alsóbb szinttájainak. Érdekessége a múltszázadbeli Herman leírásnak, hogy már ebben is említ környezetvédelmi aggodalmakat:

„Ez a fölséges víz, Miskolczon át haladva, a város szennyétől peczeszerűvé válik; de a városi malmok kallóiban akad Petényi-márna és kövi csík".

A halfaunisztikai adatok értékelésekor és bemutatásakor figyelembe kell venni, hogy a Sajó, magyarországi vízgyűjtője zömmel kis tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő dombvidék, ahonnan a tipikusan „hegyi" szakaszokra jellemző vizes élőhelyek csaknem teljesen hiányoznak. Ökológiai értelemben tehát a vízrendszeren nem találunk pisztráng-, pér- és paduczónákat, noha a mellékvízfolyásokban, a kisebb-nagyobb vízhozamú hegyi és dombvidéki patakokban előfordulnak, ha csak szórványosan is, az ezekre a szinttájakra jellemző halfajok (pl. fejes domolykó, sebes pisztráng, stb.). Figyelemre méltó ebben a tekintetben az, hogy a hegyvidéki patakokban hazánkban viszonylag gyakori fürge csele (*Phoxinus phoxinus*) az Északi Középhegység kisvízfolyásaiban csak szórványosan fordul elő és feltételezhetően visszaszorulóban van. A vízgyűjtő nagyobb vízfolyásai, így a tanulmányban részletesen vizsgált Sajó folyó is, hazai szakaszán teljes egészében a márna szinttájba tartozik.

A Sajó nyolcvanas években kimutatott degradáltságát (Harka, 1992) az érzékenyebb halak (pl. *Zingel spp.* – azaz bucó fajok) hiánya is jelzi, de ezt a halállomány (biomassza, produktivitás) általános csökkenése is alátámasztotta. A folyó haltermelése természetes, vagy ahhoz közeli körülmények között megközelíthetné a Rába hasonló szakaszainak hozamát, de a nyolcvanas években ennek csupán töredéke volt. Jellemző volt azonban az, hogy a Sajóban leírt, összesen 27 fajból 14, azaz hozzávetőlegesen a fajok 50%-a csak a Hernád torkolat alatti szakaszon fordult elő, azaz a felső Sajó szakasz (amely lényegesen hosszabb) mentén a fajok száma relatíve alacsonynak bizonyult.

A VITUKI 1994-es vizsgálatsorozatának eredményeként 11 halfaj előfordulását regisztrálták 5 mintavételi ponton a Sajó hazai szakaszán. A felső Sajó szakaszon 1994-ben kimutatott fajok (*Perca fluviatilis*, *Leuciscus cephalus* és *Vimba vimba*) jelenléte, különösen a sajópüspöki és dubicsányi folyószakaszon folyamatos vízminőség javulásra utalhat. Itt kell megemlíteni azt is, hogy a dubicsányi és más felső szakaszokon a kagylók kopoltyújában gyakorta lehetett kimutatni a szivárványos ökle (*Rhodeus sp.*) lárváit, amelyek jelenléte megerősíti, hogy a folyó vízminősége a kedvező irányban változott a Sajó felsőbb szakaszán is. Mivel a szivárványos öklék jelenléte, illetve szaporodása a területen élő festőkagylók számától is függ (mivel az ívás során ezek kopoltyúíveibe helyezik el ikráikat) így az ivadékok jelenléte közvetve arra is utal, hogy a folyó üledékének minősége is javulást mutatott. Az 1994-ben vizsgált mintavételi területek kagylók általi megtörtént újranépesülése (különösen Sajópüspöki és Dubicsány térségében) jelzi, hogy a szaporodásukban a kagylók jelenlétéhez kötött ökle újra megtalálja szaporodása feltételeit ezen a korábban szennyezett folyószakaszon is.

A Sajó torkolati része a „regeneráló és menedékhely” szerepet a 2000. évi tiszai nagy halpusztulás (cianidos szennyezés) alkalmával is képes volt betölteni, szó szerint idézve a VITUKI 2001. évi összefoglalóját (Fleit, 2001) a katasztrófát követő hidrobiológiai felmérés eredményeiről: "Feltűnő volt a Tisza szegényes sügér állománya a mintázott mellékágakhoz (Bodrog, Sajó) és holtágakhoz viszonyítva (Nagy-Morotva, Körtvélyesi-Holt-Tisza)”.

A 2005. évi ECOSURV felmérés a fajdiverzitás további növekedését mutatja, a legkevesebb (14) faj a kesznyéteni mintavételi ponton, míg a legtöbb faj (20) Sajókazánál illetve Miskolcnál volt mérhető. Figyelemreméltó továbbá a védett és ritka halfajok megjelenése több mintavételi ponton is.

A mintaterület víztesteinek minősítése a halfauna alapján

AAB659_0069-0125_S	SAJ_036 + SAJ_037 + SAJ_038	Sajó	6	Jó
AAB659_0000-0069_S	SAJ_080 + SAJ_081	Sajó	13	Közepes

A halfaunisztikai eredményeket értékelve összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy az elmúlt másfél évtizedben előnyös változásokat regisztráltak és a halfajok előfordulási adatai alapján a folyó biológiai vízminősége egyértelműen javuló tendenciát mutatott. Azonban a legújabb VKI alapú felmérés eredményeinek értékelése ugyanakkor azt is megmutatta, hogy a Sajó síkvidéki szakaszán a közepes állapot kockázatot jelez. Ez azonban nehezen hozható ok-okozati összefüggésbe a prioritás szennyezők terheléseivel, hiszen ahogyan azt látni fogjuk ebben a tekintetben a Sajón elkülönített mindkét víztest esetén a hazai és nemzetközi EQS értékeket meg nem haladó éves átlagos koncentrációk regisztrálhatók. A halállományra inkább a hidromorfológiai tényezők hatását értékelhetjük negatívan, illetve a szabályozott mederszakaszok élőhely szegénységét és homogenitását.

2.4. Makroszkópos vízi gerinctelen fauna

A makrozoobenton együttesre (vízi makroszkópos gerinctelen állatok) irányuló vizsgálatok először a 70-es évek legvégén zajlottak, amelyek alapvető célja a folyót érő nehézfém-szennyezés, elsősorban a kadmium és a higany üledékhez kötött transzport-folyamatainak a leírása, nyomon követése volt (VITUKI 1974, 1976). A kutatás során megállapították, hogy a folyó üledékében kevéssertéjű gyűrűsférgeken (*Oligochaeta*) és árvaszúnyog-lárvákon (*Chironomidae*) kívül más gerinctelen víziállat nem található, illetve az üledék és a szilárd alzat felszínén jelentéktelen egyedszámban a *Physa acuta* és a *Lymnaea peregra var. ovata* vízicsigák egyedei fordultak elő.

Ezt követően a további hidrobiológiai vizsgálatok 1992-ben kezdődtek el, amikor a KTM megbízásából a Tisza és vízrendszerének, köztük a Sajónak a hidrobiológiai állapotfelmérésére került sor. A 80-as évek elején regisztrált biológiai állapothoz viszonyítva jelentős változásokat, nagymértékű javulást lehetett regisztrálni. Számos, korábban ki nem mutatható élőlénycsoport képviselői is megjelentek a folyó egyes szelvényeiben. A korábbi évtizedek súlyos szennyezettségi állapotával együtt járó faj- és állomány-szegénység után 1992-ben összesen már 23 taxont lehetett detektálni, valamint a sajópüspöki szelvényben már ekkor az álkérész taxonok is

megjelentek (*Nemouridae* sp.), melyek a szennyezésekre igen érzékenyen reagáló fajok. Ugyanakkor feltűnően kevés állatot sikerült kimutatni a Miskolc alatti felsőzsolcai szelvényben (összesen 6 taxont).

A további hidrobiológiai vizsgálatokat 1994 során folytatta a VITUKI holland megbízás alapján (VITUKI, 1994) amely a mikroszennyezők, ezen belül is elsősorban a nehézfémek ökológiai hatásait célozta feltárni. Figyelemre méltó javulást jelzett, hogy a két évvel korábbi állapothoz viszonyítva ekkor már 30 féle taxon jelenléte volt regisztrálható, és a mintavételi szelvényenként feljegyzett taxonszám maximuma a határszelvényben jelentkezett (Sajópüspöki: 21). Miskolc alatt a Sajópetri szelvény viszonylagos taxon-szegénysége azonban ekkor is kimutatható volt (9 féle állatcsoport).

Az elkövetkező időből adatokat a KöM által elindított biomonitoring továbbfejlesztési program keretében folytatott részletes felmérések szolgáltatták (2001). A vizsgálatok eredményei alapján a Sajó hossz-szelvénye mentén további vízminőség javulást lehetett megfigyelni, a 41 kimutatott taxon egyértelműen a fauna gazdagodását jelzi.

A 2005. évi ECOSURV felmérés a Sajó mentén az országos vízmintavételi pontokon végzett felmérést a makroszkópos vízi gerinctelen faunát illetően, amely szintén a fajok gazdagságát tükrözte a Sajó felső szakaszán - Sajópüspökinél 28, Sajókazánál 34, Sajószentpéternél 33 illetve Miskolcnál 34 fajt számoltak le, míg Kesznyétennél ez az érték 18-ra csökkent.

A BME 2006-os (3. részjelentésének eredményei) alapján megállapítható, hogy dacára a regisztrált kedvező változásoknak a makroszkópos gerinctelen fauna mindkét, a mintaterületen elkülönített víztest esetén kockázatot jelez.

Kockázatos víztestek a makrogerinctelen mutatók alapján (az ökológiai állapotminősítés során használt Q_{BAP} értékeinek megfelelően)

AAB659_0069-0125_S	SAJ_036 + SAJ_037 + SAJ_038	Sajó	6	Közepes
AAB659_0000-0069_S	SAJ_080 + SAJ_081	Sajó	13	Közepes

Megjegyezzük azonban, hogy a folyók elemzési módszerének (Q_{bap}-index) fontos elemének tekintett faji összetétel, illetve egyedsűrűség adatok egy sűrűségfüggő M faktorba ágyazottan szerepelnek. A Q_{bap}-index alkalmazása elegendően robosztus paraméter a makroszkópos gerinctelen fauna jellemzéséhez, de ugyanakkor térbeli „felbontóképessége” ennél fogva korlátozott, és ez is tükröződhet a két érintett víztest egységesen kockázatos osztályba sorolásában.

3. A nehézfémek változásai és szerepük a Sajó ökológiai állapotváltozásában

A hetvenes évek végén nyolcvanas évek közepén a Sajó völgy hazai és szlovákiai vízgyűjtőjének területhasználati módja, a nehézvegyipar, kohászat, bányászat jelenléte, a térségben lévő nagyobb ipari agglomerációk kibocsátásai következtében a Vízügyi Közlemény Sajó szennyezettségét tárgyaló cikksorozata (Somlyódy *et al.*, 1985) ezzel a mondattal kezdődött:

„Hazánk egyik legszennyezettebb felszíni vízfolyása a Sajó folyó. Mind külföldön, mind hazai területen a pontszerű forrásokból nagy szennyezőanyag-terhelések érik a folyót".

A hetvenes évek végén folytatott víz- és üledékkémiai vizsgálatok eredményein alapuló összefoglaló következtetés borúlátó, de realisztikus leírást adott az akkori helyzetről. A cikk megjelenése óta eltelt két évtizedben bekövetkezett, összegségükben előnyös változások alapján az idézett megállapítást napjainkban át kell értékelnünk, illetve pontosítanunk szükséges. A vízminőség, és ezzel összefüggésben a folyómeder és árterek üledékének változásai, a lassú javulás az 1.2. fejezetrészben már említett gazdasági hatásoknak (recesszió és termékszerkezet váltás), illetve az elmúlt két évtizedben folyt környezetvédelmi, és ezen belül is vízvédelmi beruházásoknak köszönhetők. Ezeket a beruházásokat részben a régió kommunális szektorában (városi szennyvíztisztító telepek építése és rekonstrukciója), részben pedig a nagy ipari létesítményekben hajtották végre (ipari szenny- és használtvizek előkezelése, nagyobb eltávolítási hatásfokú szennyvíztisztítási technológiák bevezetése, áttérés az ún. „tisztább termelő technológiákra").

Történetileg a humánegészségügyi és a krónikus ökotoxikológiai hatásokat, a lebomlási és beépülési mutatókat, továbbá a vizsgált elemek bioakkumulációs hajlamát figyelembe véve a legnagyobb gondot az ólom, a higany és a kadmium jelenléte okozta a korábban kedvezőtlen vízminőségi hatásoknak kitett Sajó folyó üledékében, illetve a vízfázisban.

3.1. A Sajó vízfázisának nehézfém szennyezettsége és annak változásai

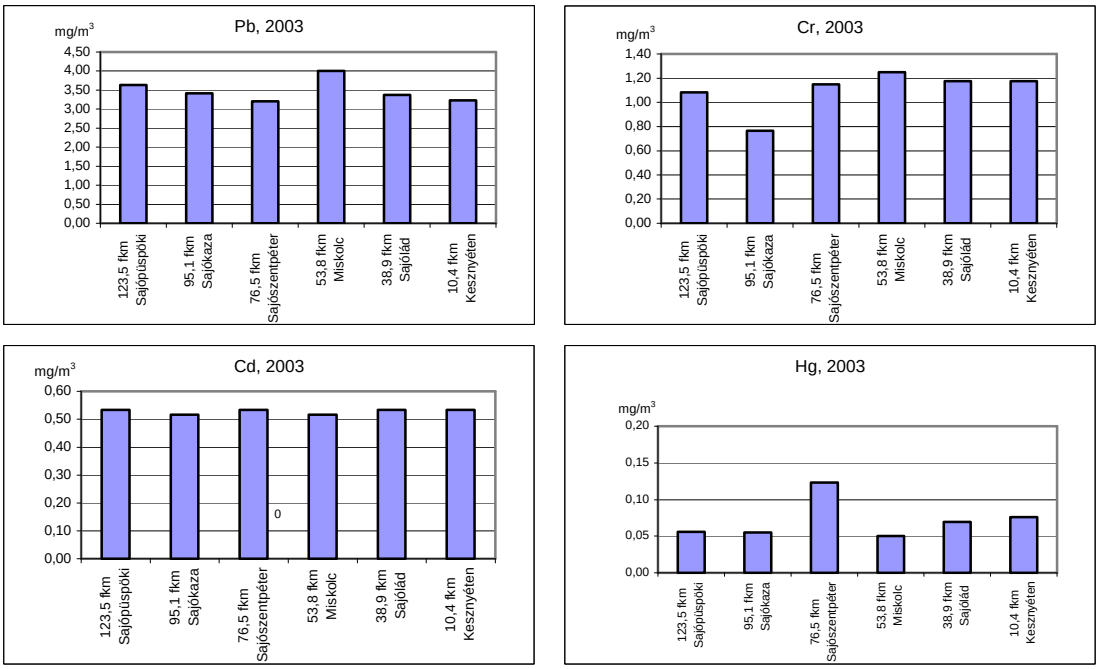
A következő értékelést és a számításokat az országos törzshálózati monitoring rendszer adatai alapján végeztük el a vízfázisra vonatkozóan (1994-2003). A törzshálózati pontok 6 mintavételi helyen találhatóak a Sajón (**3.1.1. táblázat**), és a vízminőségi adatbázis hét szervetlen mikroszennyező anyagra vonatkozóan (cink, higany, kadmium, króm, nikkel, ólom, réz) tartalmaz koncentráció adatokat.

1. táblázat **Az országos vízminőségi hálózat Sajón található törzshálózati pontjai**

Törzshálózati mintavételi pontok	fkm	ECOSURV felmérés kódja	VKI besorolás kódja
Sajópüspöki	123,5	SAJ_036	AAB659_0069-0125_S
Sajókaza	95,1	SAJ_037	
Sajószentpéter	76,5	SAJ_038	
Miskolc	53,8	SAJ_080	AAB659_0000-0069_S
Sajólád	38,9	-	
Kesznyéten	10,4	SAJ_081	

Az értékelés során a Sajón az elmúlt 10 évre (1994-2003) vonatkozóan tekintettük át a mérési adatokat. Ebben az időszakban a mérések többnyire kéthetes gyakorisággal történtek. Az adatok birtokában lehetséges, hogy a folyó teljes magyarországi hosszában végigkövethessük a szervetlen mikroszennyezők jellemző

koncentrációinak változását. A **2. ábra sorozaton** a 2003. évi adatok feldolgozása szerepel.



2. ábrák **A vízfázisban lévő ólom, króm, kadmium és higany éves átlagos koncentráció értékek változása hossz-szelvény mentén a Sajó vízfolyásban (2003)**

A koncentrációk alapján megfigyelhető, hogy a szakaszokra osztott folyó mintavételezése során a vízminták minden esetben csak a víztest pillanatnyi állapotát jellemzik, így tehát nem lehet kiszűrni a véletlenszerűen jelentkező, pillanatnyi szennyeződésekből eredő hatásokat. A vízmintavétel helyének nem megfelelő megválasztása szintén komoly hatással lehet az adatsorokra, hiszen az egyes keresztszelvényekben megfigyelhető áramlási viszonyok miatt a part mentén, illetve a sodorvonalban eltérőek lehetnek a szennyezőanyag koncentrációk. Ehhez hasonló eltéréseket eredményezhet az apadáskor-áradáskor vett vízmintákban mutatkozó eltérő nehézfém koncentráció.

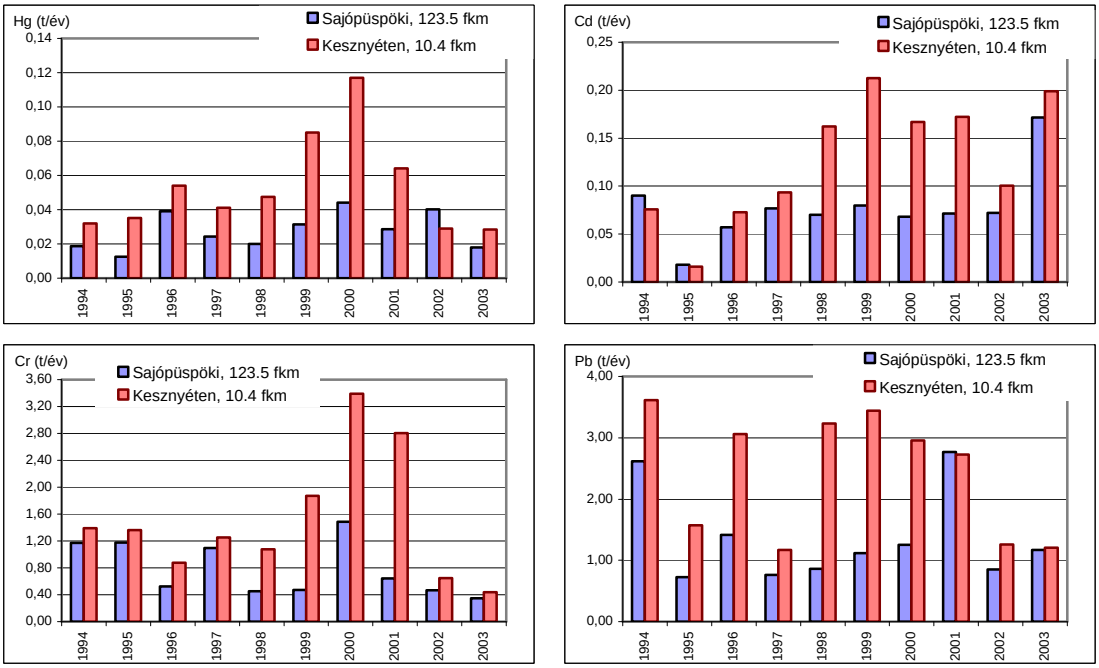
A 2. ábra adataiból világosan látható, hogy a vízgyűjtőn elkülönített két víztest lényegében nem különül el egymástól a nehézfém koncentráció értékek alapján, de egyetlen olyan mintavételi pont sem említhető, ahol a koncentráció értékek a javasolt, illetve a 40/2006. (X.26.) KvVM rendeletben megszabott környezetminőségi határértéket meghaladta (vagy közelítette) volna.

Fontos mindenesetre észrevenni, hogy a különböző szakaszokon vett króm és ólom koncentrációk átlagértékei azonban már határozott, a folyásirányban növekvő tendenciát mutatnak, ami átlagosan 30 % emelkedést jelent. A kadmium esetében nem tapasztalható ez a jelenség, az átlagértékek (szinte) nem változnak, illetve a 0,01 mg/m^3 nagyságrendű eltérés a mérési hibahatáron belüli ingadozásnak minősíthető. A higany esetében az értékek a Kazincbarcikát és Miskolcot követő alvízi szakaszon átlagosan 30 %-kal megnőnek, majd ismét csökkenésnek indulnak, bár a kezdeti értéket már nem érik el a tiszai torkolati szelvényben (Kesznyéten) (ld. **2. táblázat**).

2. táblázat **A vízfázis nehézfém-koncentráció átlagértékei a Sajó folyó egyes szakaszain (2003)**

ÉVES ÁTLAGOS KONC.ÉRTÉK (mg/m^3)	Higany	Kadmium	Króm	Ólom
Sajópüspöki-Kazincbarcika	0,06	0,52	0,91	1,48
Kazincbarcika-Miskolc	0,08	0,52	1,09	1,74
Miskolc-Kesznyéten	0,07	0,53	1,20	1,84
40/2006. (X.26.) KvVM (EQS értékek)	1	5		

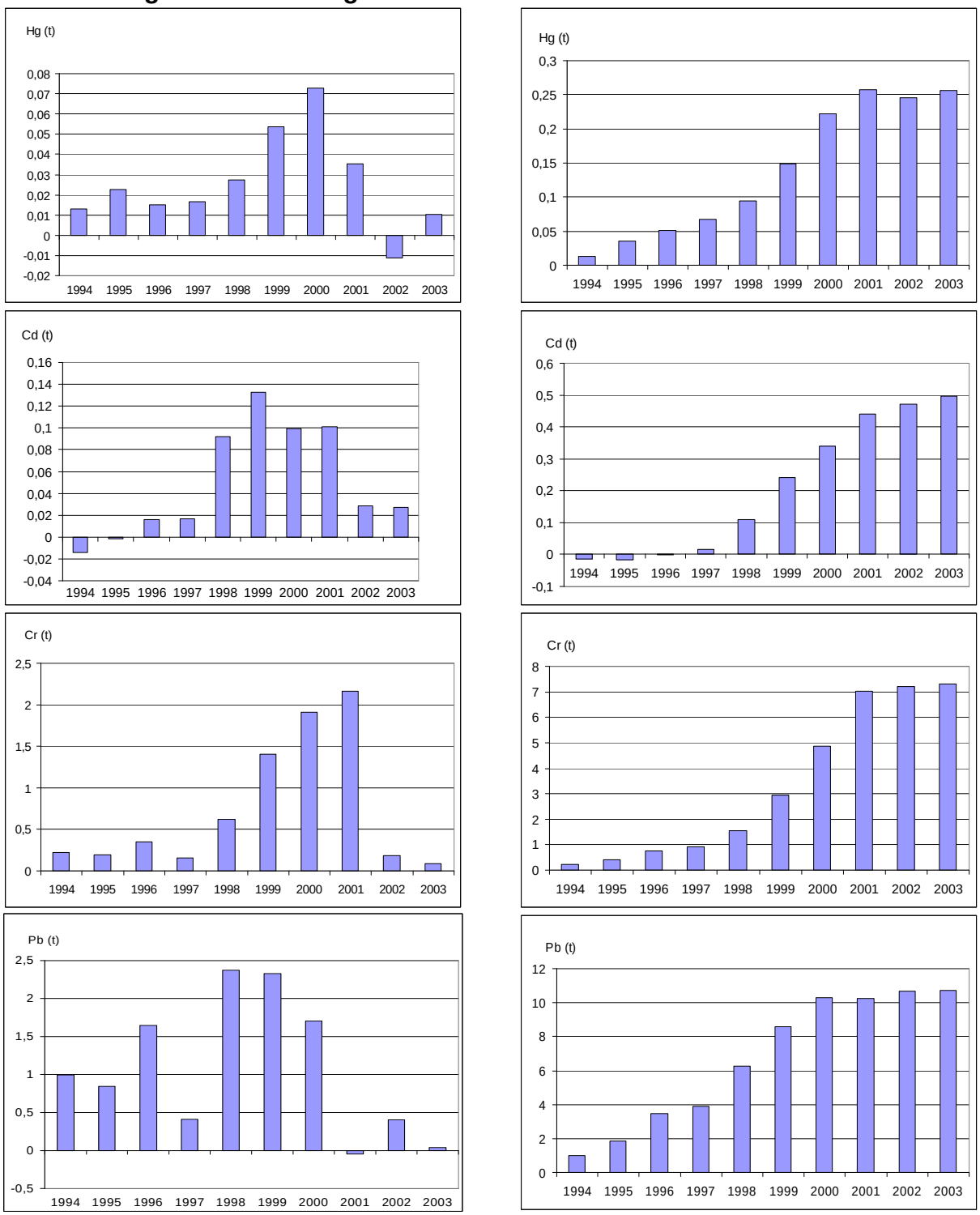
Az 1994-2003-ig a hazánkba érkező szennyezőanyag-tömegáramok jelentősen eltérnek a Tiszába befolyó vízhozam és koncentráció értékektől (**3. ábra sorozat**).



3. ábrák **Higany, kadmium, króm és ólom tömegáramok a vízfázisban a Sajó folyóban -a 123,5 fkm (határszelvény) és a 10,4 fkm (tiszai torkolati szelvény) között, 1994-2003**

A **3.1.2. ábra sorozatból** egyértelműen kitűnik, hogy hazánkba a Sajópüspökinél belépő folyó által szállított nehézfémek mennyisége gyakorlatilag az összes, elemzésbe vont évben a kesznyéteni szelvényben mérhető anyagáram-mennyiség alatt marad. A két szelvény közti tömegáram-különbséget számszerűsíteni lehet, és így éves bontásban ábrázolhatjuk a Sajó hazai szakaszán a folyót érő nehézfém szennyezések összesített értékét (4**. ábra sorozat**).

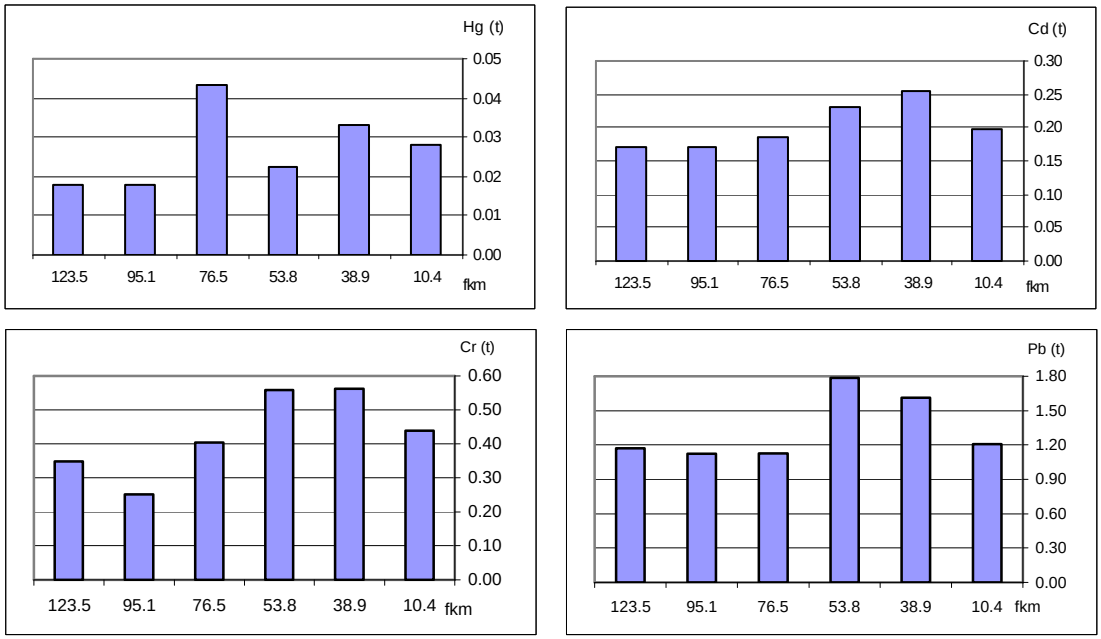
Tömegáram különbségek | **Kumulatív terhelések**



4. ábrák **A sajópüspöki és kesznyéteni szelvények közötti higany, kadmium, króm és ólom tömegáramok különbségei éves bontásban és kumulált összegeik a 1994-2003 periódusban (<u>oldott állapotú</u> nehézfémek)**

A diagrammokból látható (4**. ábrák**), hogy a Sajót a hazánkban ért szennyezések nagy mértékűek voltak, különösen a króm és az ólom esetében. Érdemes megemlíteni, hogy ezek az értékek minden valószínűség szerint csak alulról közelítik a tényleges mennyiségeket, hiszen nem számoltunk azzal a nehézfém tömeggel, amely az üledékben, illetve az élőlényekben akkumulálódik a folyó teljes hosszában.

A 2003. évi adatokból számítható nehézfém-tömegáramok a koncentráció-értékekhez hasonló tendenciákat mutatnak (5**. ábra sorozat**).



5. ábrák **Az oldott állapotban lévő higany, kadmium, króm és ólom tömegáramok változása a hossz-szelvény mentén a Sajón (2003) – feltüntetve a legnagyobb pontszerű szennyezőforrások alapján szakaszolt hossz-szelvényeket**

A tömegáram-átlagértékek az összes nehézfém esetében a folyásirányban növekvő tendenciát mutatnak, ez átlagosan 10-50 % növekedést jelent (**3.1.3. táblázat**). A Kazincbarcika után megnövekvő higanykoncentráció a tömegáramok vizsgálatakor is érzékelhető, jelentős növekedést mutatott.

3. táblázat **A tömegáramok (oldott nehézfémek) átlagértékei vízfázisban a Sajó folyó szakaszain**

ÁTLAGÉRTÉK (t/év)	Higany	Kadmium	Króm	Ólom
Sajópüspöki-Kazincbarcika	0,02	0,17	0,30	1,14
Kazincbarcika-Miskolc	0,03	0,20	0,42	1,35
Miskolc-Kesznyéten	0,03	0,23	0,52	1,54

Az **5. ábrák** alapján a VKI szerinti felügyeleti monitorozás jövőbeni kérdésében is megfontolandó az, hogy csaknem minden toxikus nehézfém esetében egyértelműen kitűnik a miskolci kommunális + ipari szennyvízbebocsátások hatása a megemelkedő - de még mindig az EQS értékeket meg nem haladó – értékeiben. A rendelkezésünkre álló adatbázisok értékelésekor gyakran tapasztalhattuk, hogy a kommunális szennyvíztisztító telepek kibocsátásai számos prioritás szennyezőanyag tekintetében 0 értékkel szerepelnek, ami nyilvánvalóan nem a tényleges értékekre utal, hanem a monitoring/mérés hiányára. A nagyobb kommunális kibocsátások felügyeleti monitorrendszere a jövőben javaslatunk szerint ki kell terjedjen ezen anyagokra is, legalább indikatív módon (pl. toxikus nehézfémek, egyes jellemző szerves mikroszennyező anyag fajta mérése).

3.2. A Sajó üledékfázisának nehézfém szennyezettsége és annak változásai

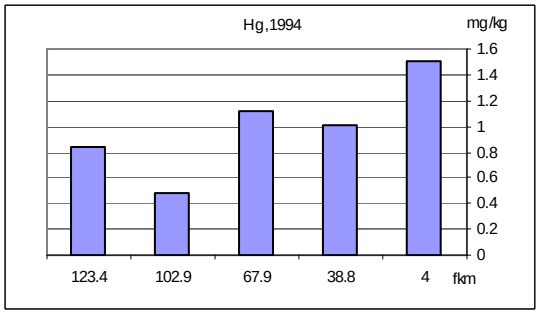
A VITUKI holland megbízásból 1994-ben végzett részletező elemzéseket a Sajón, mely kiterjedt a mederüledék, a folyó lebegőanyag tartalmának nehézfémtartalmára, az ártéri üledékben és a biológiai komponensekben (pl. halak, növények, földigiliszták, stb.) mérhető szennyezőanyag komponensekre is. Ezt a munkát néhány évvel előzte meg a *Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe* által támogatott felmérés, melyet a Zöld Akció Egyesület 1994-ben publikált. (Az ebben a tanulmányban közölt adatok azonban 1991-esek.) Az alábbiakban bemutatunk néhány ökológiai szempontból fontosnak és relevánsnak ítélhető eredményt.

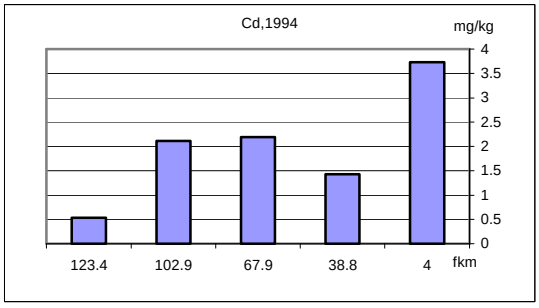
Az 1994-es VITUKI felmérés a Sajó folyó üledékének nehézfém tartalmáról, 5 különböző keresztszelvényben folyt (**4. táblázat**).

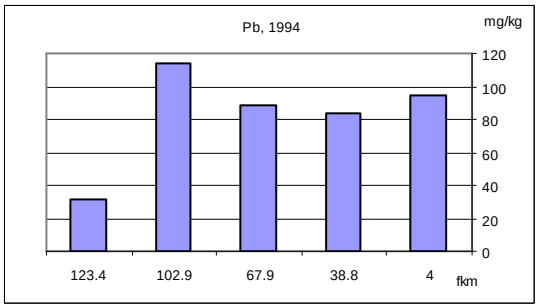
4. táblázat **A VITUKI 1994-es üledékfelmérésének mérési pontjai**

Mérési pont	fkm
Sajópüspöki	123,4
Dubicsány	102,9
Sajóecseg	67,9
Sajópetri	38,8
Kesznyéten	4

A víz fázis (oldott nehézfémek) adatsoraitól eltérően az üledékek hossz-szelvény menti adatsorának a vizsgálatakor határozott trend figyelhető meg, a nehézfém koncentrációk értéke a folyásirányban nő (**16. ábra sorozat**). Ez is alátámasztja azt a feltevést, hogy míg a vízminták csak a víztest egy adott pillanatra jellemző értékét mutatják, addig az üledékben felhalmozódnak a nehézfémek, a folyó üledéke tehát magában hordozza a már (akár több éve is) levonult szennyezőanyag-hullámok „örökségeit” is.

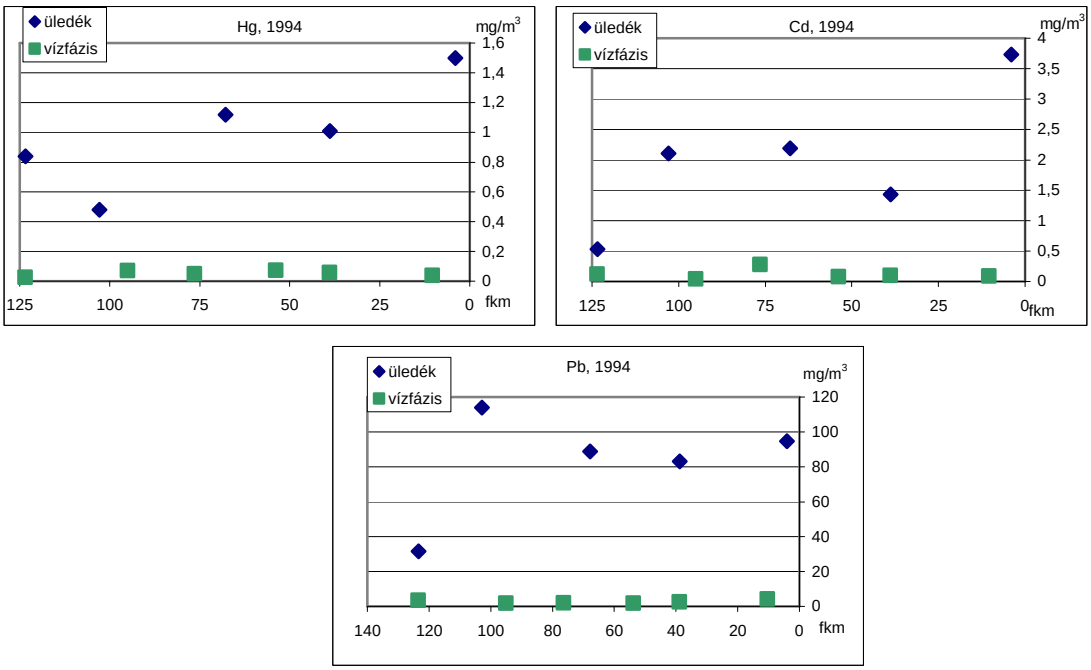






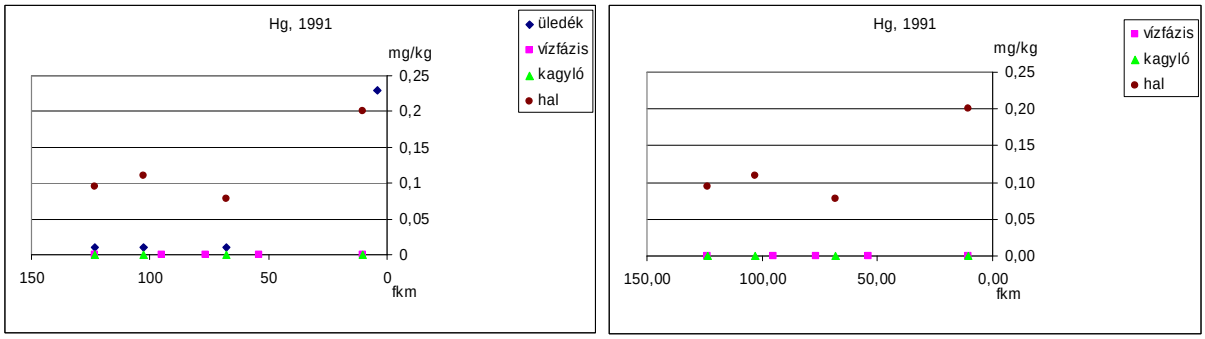
6. ábrák **Higany, kadmium és ólom koncentrációk változása a Sajó folyó üledékében a hossz-szelvény mentén (VITUKI, 1994 adatok alapján)**

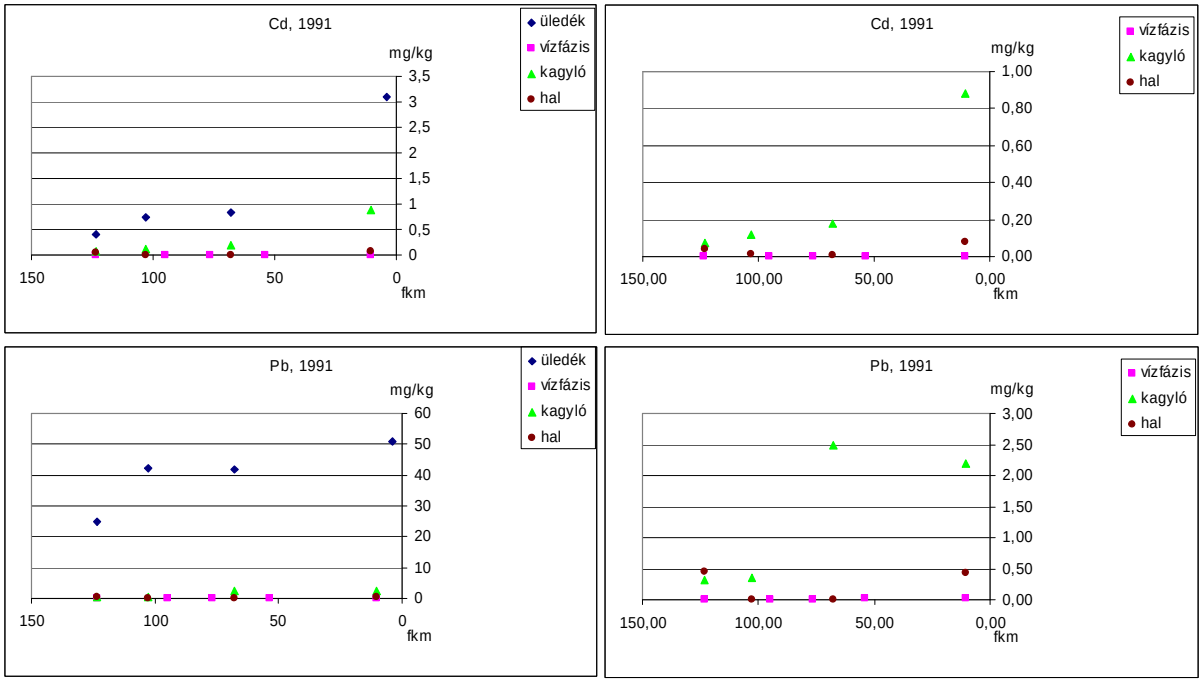
Ha összehasonlítjuk az 1994-es VITUKI üledék-felmérés eredményeit a szintén 1994-es törzshálózati pontokon vett **vízminták** eredményeivel, a trendek között lényeges különbség figyelhető meg. Míg a vízfázisban lévő nehézfém-koncentráció hozzávetőleg azonos értékeket vesz fel a hossz-szelvény mentén, az üledékben határozott nehézfém-felhalmozódás figyelhető meg (**7.ábrák**).



7. ábrák **Az üledékben mért és az oldott fázisú higany, kadmium és ólom koncentrációk összehasonlítása**

Az 1991-es VITUKI felmérésben a Sajóban élő vízi élőlények (halak és kagylók) szervezetében található nehézfém-koncentrációk mérését is elvégezték. Ugyanebben az évben a Zöld Akció civil szervezet végzett üledék állapotfelmérést, a Sajó folyó teljes magyarországi hosszában. Összehasonlítva ezeket az adatokat az 1991-es törzshálózati pontokon mért vízminőségi paraméterekkel érdekes összefüggések rajzolódnak ki (**8. ábrák**).





8. ábrák **Az üledék, a vízfázis, a halak és a kagylók nehézfém-tartalmának összehasonlítása (1991-es adatok alapján)**

A diagrammokból látható, hogy kadmium és ólom esetében szignifikáns különbség van a különböző fázisokból, illetve a különböző élőlényekből vett minták nehézfém-tartalmai között. Minden esetben a vízfázis tartalmazza fajlagosan a legkevesebb nehézfémet, majd a halakban már jelentkeznek a felhalmozódás jelei, bár a bioakkumuláció igazán a kagylók fajlagos nehézfém-tartalmában jelentkezik. Ez valószínűleg a kagylók üledékközeli, helyhez kötött és szűrő életformájának eredménye, hiszen mint azt az előzőekben már kiderült, az üledék lényegesen nagyobb mértékben tartalmaz nehézfémeket, mint a vízfázis.

A hatályos hazai jogszabály alapján értékelve az adatokat a jogszabályban megfogalmazott (Hg-ra és Cd-ra vonatkozó) „üledékkritériumok”, azaz, hogy „a koncentrációja nem növekedhet jelentősen”, nehezen eldönthető kérdéseket vet fel. Így pl. a 7**. ábrák** alapján tekinthető-e a folyó hazai szakaszán a Hg koncentrációban bekövetkező 2-3-szoros növekedés, vagy a Cd koncentrációban megfigyelhető 7-8-szoros növekedés „jelentősnek”? Ez a kérdés tehát további vizsgálatokat igényel.

A higany esetében ez a tendencia már nem egyértelmű, hiszen a kagylókban egyáltalán nem jelent meg a higany, a halak esetében azonban még az üledékfázisban mérhető koncentrációnál is nagyobb volt a mért érték.

Végezetül a Sajó mederüledékének jelenlegi szennyezettségi állapotának megítéléséhez érdemes néhány gondolat erejéig elidőznünk a sajnálatos 2000. évi tiszai havária események (nagybányai cianidos és borsabányai nehézfémes szennyezőanyag hullámok) kapcsán született néhány hazai vizsgálat eredményénél, illetve a kérdéses folyók mederüledéke állapotának összehasonlításával. Ezt az összehasonlítást legegyszerűbben és szemléletesen elemenként (szennyező-anyagonként) végezhetjük el, a 2000. évi mérési eredmények alapján. A tiszai és szamosi adatok (Fleit, 2000 és Fleit, 2001) alapján kerültek értékelésre, melyeket a

VITUKI-INNOSYSTEM Kft. és a Bálint Analitika Kft. készített el, részben a KöM megbízásából.

Arzén
A Szamos üledékében mért arzén koncentrációk tipikusan a 30-70 mg/kg értéktartományban mozognak, míg a Tisza esetében a 20-40 mg/kg koncentráció tartományról beszélhetünk. A Sajó üledéke 2000-2001-ben ezt a koncentráció tartományt egyetlen hossz-szelvény menti pontban sem érte el.

Kadmium
A Szamoson és a Tisza csaknem teljes szakaszán a mért koncentráció értékek a beavatkozási határérték („C" érték) felett mozogtak, még a második, borsabányai szennyezést megelőzően is. A Sajón a kiugró szirmabesenyői ponttól eltekintve a kadmium koncentrációk ennél csaknem egy nagyságrenddel alacsonyabbak voltak.

Króm
Mindhárom folyó üledékében nagyságrendileg megegyező koncentráció tartományban mérhető ez a komponens a teljes hossz-szelvényben (tipikusan a 10-40 mg/kg tartományban).

Réz
A Szamos mederüledékében mért koncentráció tartományhoz (100-350 mg/kg), illetve a tiszai értékekhez viszonyítva (a borsabányai esemény előtt – 50-100 mg/kg) a Sajóban a 2000-2001-ben mért értéktartomány (5-50 mg/kg) messze elmarad, illetve a Szamost és a Tiszát is csak alulról közelíti értékeiben.

Higany
A higany esetében nem vitatható, hogy a Sajó mederüledéke szennyezettebb, bár a különbségek nem nagyságrendiek (Sajó konc. tartomány: 0,01-0,9 mg/kg, Szamos: 0,02-0,2 mg/kg, Tisza: 0,05-0,2 mg/kg). A higany még mindig tipikusan jellemző szennyezőanyag komponens a Sajón, bár a tiszai vizsgálatok azt is megállapították, hogy a Tiszán van egy jellegzetes higany koncentráció csúcs a 400 fkm alatt, azaz már a Kiskörei tározó alvizi szakaszán, ami semmiképpen nem hozható oksági kapcsolatba a Sajóból eredő terhelésekkel.

Ólom
Már a nehézfémes (borsabányai) szennyeződést megelőzően is a Szamosban jellemző volt a 40-90 mg/kg ólom tartomány az üledékben, mely a Tiszában 30-60 mg/kg értékekig csengett le. A Sajó mederüledékében az ólomkoncentráció a 10-90 mg/kg tartományban mozgott 2000-2001-ben, az egy, notóriusan kiugró szirmabesenyői értéktől eltekintve (158 mg/kg). Itt kell megjegyezni, hogy a borsabányai szennyezés előtt a felső-tiszai ólom koncentrációk a 10-20 mg/kg tartományban mozogtak, mely azután a több százszorosára nőtt. Ólom tekintetében tehát a Sajó a Felső-Tisza korábban szennyezetlen szakaszaihoz mérhető értékeket mutat.

Cink
A Sajón 2000-2001-ben mért mederüledék koncentrációk az 50-300 mg/kg értéktartományban mozogtak. A Szamosban ez az érték 350-650 mg/kg, míg a Tiszában a 200-600 mg/kg tartományban mozog, csaknem lineárisan csökkenő tendenciát mutatva Vásárosnamény és Tiszasziget között. A Sajó az üledék

cinktartalma vonatkozásában is szennyezetlenebbnek minősíthető, mint a Tisza, vagy a Szamos.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a mederüledék nehézfém szennyezettsége tekintetében a Sajó szinte a legtöbb paraméter tekintetében kedvezőbb, sőt lényegesen jobb értékeket mutat, mint akár a Szamos, vagy mint a Tisza a teljes hazai szakaszán. Ebben a tekintetben tehát nem alaptalan az a vélekedés, hogy a Sajó, az elmúlt évszázadokban betöltött korábbi szerepéhez hasonlóan nem mérgeket, és ipari szennyeződést szállító, ökológiailag veszélyes mellékfolyója lesz a Tiszának, hanem változatos medre, és szabályozatlan partvonala okán is a tiszai halak ívóhelye, a gerinces és gerinctelen makrofauna menedéke és a kikelt zsenge ivadék bölcsője lehet.

Pillanatnyilag a szervetlen mikroszennyezőkről fent bemutatott helyzetkép ezt az optimista vélekedést feltétlenül megerősíti, azonban a Sajó a vízhozamához képest lényegesen intenzívebb vízhasználatoknak kitett folyó (kommunális és ipari célokra), például a Tiszával vagy a Dunával összehasonlítva, s ezért veszélyeztetettebb, kockázatoknak jobban exponált helyzetben van és marad a jövőben is. A Sajó esetében a hígítás előnyös hatásaival a vízhozam-arányosan magasnak minősülő ipari és kommunális szennyvíz bevezetések miatt (tisztított és tisztítatlan, hazai és külföldi eredetű pontforrások) a jövőben sem célszerű számolni.

Az elmondottak összefoglalásának illusztrációját legegyszerűbben az **5. táblázat** bemutatásával tehetjük meg, amelyben a 2003-as évben a Sajó 6 mintavételi pontján mért 4 nehézfém koncentráció éves átlagértékeit vetjük össze a nemzetközi szakirodalomban elfogadott PNEC (*Predicted No Effect Level*) és az EU Bizottsága által javasolt EQS (*Environmental Quality Standard*) értékekkel.

5. táblázat **A Sajó vízében mért éves átlagos nehézfém koncentrációk összehasonlítása a PNEC és EQS értékekkel**

Toxikus fém	Éves átl. konc érték (µg/L)	PNEC érték (µg/L)	EQS (A Bizottság ajánlása alapján)	40/2006 KvVM R.
Hg	0,07	0,06	1,0	1
Cd	0,52	0,55	5	5
Cr	1,06	5,5	-	
Pb	1,68	16	-	

A táblázatból világosan látható, hogy a Sajó vízfázisában az éves átlagos koncentrációk nagyságrenddel vagy nagyságrendekkel alatta maradnak a Bizottság által javasolt értékeknek (a króm és az ólom esetében nincs ilyen EQS értékekre vonatkozó ajánlás), illetve általában azt láthatjuk, hogy az ökotoxikológiában elfogadott hatást még nem okozó koncentráció tartományban mozognak. Mindez arra utal, hogy a Sajó esetében krónikus káros hatásokra a nehézfémek tekintetében nem kell számítani, illetve ezek környezeti kockázata az alacsony tartományban mozog. Természetesen a vízminőség távlati alakulását illetően nem hagyható figyelmen kívül a különböző gazdasági fejlődési forgatókönyvek, az esetlegesen előforduló környezeti haváriák (ipari kiömlések, balesetek) lehetséges hatása sem, azonban a jelen helyzet alapján a nehézfém expozíciók a mintaterületen nagyon alacsonyak.

4. Következtetések és a szükséges intézkedések

Az újabb hazai jogszabályok (40/2006. (X.6.) KvVM rendelet) környezetminőségi határértékei alapján megállapítható, hogy a mintaterületen a toxikus nehézfémek mért éves átlagos koncentráció értékei (Hg és Cd) minden esetben nagyságrenddel alatta maradnak a rendeletben megadott környezetminőségi határértékeknek. Összefoglalva megállapítható tehát, hogy a mintaterület kockázatát nem a prioritás szennyezőanyagok jelenléte, illetve környezeti koncentrációja jelenti. Mindazonáltal szükségesnek tartjuk a felügyeleti monitor rendszer fenntartását és erősítését.

A tanulmány főbb következtetéseit az alábbiakban foglaljuk össze, megjegyezve azt, hogy ezekre a felvetésekre a végleges válaszok - a vízgyűjtő gazdálkodási terv végső formájában - további szakmai viták és konzultációk során kristályosodhatnak ki. A jelen munka során született javaslatokat a regionális és a központi környezetvédelmi szervezetekkel, civil szervezetekkel folytatott párbeszédben szükséges egyeztetni, annak érdekében, hogy a VKI-ben megfogalmazott elvárásokat (milyen mikroszennyező anyagokat kell mérni, hogyan és milyen gyakorisággal?) összhangba hozzuk a környezetvédelmi szakma jelenlegi helyzetével (mit lehetséges ebből ma megvalósítani?) és a várható jövőbeni fejlesztésekkel (mi a teendő abban az esetben, ha a fenti két kérdésre adott válaszok nincsenek összhangban?).

- A vízfázisban mért szervetlen - és tegyük hozzá: szerves - mikroszennyező anyagok alapján vízgyűjtő szintű intézkedési terveket megfogalmazni nagyon nehéz, illetve problematikus. Ez részben a mintavételi, minta feldolgozási és analitikai problémáknak köszönhető. A legfontosabb probléma ezzel kapcsolatban azonban az, hogy pusztán a nehézfémek környezeti sorsából adódóan az oldott állapotú nehézfémek legtöbbjének monitorja nem ad teljes és világos képet a tényleges terhelésekről és ökológiai expozíciókról. Az oldott fázisban megjelenő mikroszennyezők monitorja elsősorban a makrotendenciák és a hozzávetőleges tömegáramok meghatározásra alkalmas, azonban ehhez lényegesen kisebb mintavételi gyakoriság is elegendőnek tűnik.
- A vízfázisban mért értékek alapján a nagyobb kibocsátókat (terheléseket) azonban meg lehet határozni, és ezeket a kibocsátókat az IPPC kikényszerítésével (az egységes környezethasználati engedély kibocsátásakor) olyan monitor tevékenységre kell és lehet szorítani, amellyel az adott vízgyűjtő prioritás szennyezőinek terhelései folyamatosan és kellő pontossággal megfigyelhetőek lesznek. Ezt aláhúzza a VKI-ben megfogalmazódott célkitűzések teljesítésének igénye is.
- A hazai üledék monitor rendszert erősíteni kell, - pontosabban létre kell hozni - azaz a főbb vízfolyásokon legkevesebb 2 évente állapotfelmérések elvégzése javasolt egy-egy kritikus hossz-szelvény mentén, mert ezzel a látens, kisebb szennyezőanyag csóvák levonulásának összegzett hatásait is követni tudjuk. A tanulmányban bemutatott eredmények pontosan azt illusztrálták, hogy a térbeli (hossz-szelvény menti) változások kimutatására az üledékvizsgálatok megbízhatóbb és informatívabb hátteret szolgáltatnak, mint a törzshálózati pontokon mért oldott fázisra vonatkozó eredmények.
- Az üledék monitoring kialakításának számos kényes és kritikus kérdése van, utalunk itt az üledék szemcseméret szerinti frakcionálásra, az üledék

mintavétel tervezett és pontosan végrehajtott módszertanának elemi fontosságára (kompozit minták, függély menti mintavétel, stb.). Feltétlenül javasolt ezzel kapcsolatban az egységes mintavételi, minta feldolgozási és analitikai módszerek rögzítése és gyakorlati beállítása (akkreditált laboratóriumban folytatott ellenőrző körvizsgálatok és ellenőrző mérések elvégzése, minőségbiztosítási rendszer bevezetése az oktatás és továbbképzés a területi munkatársak számára).

- A VKI által megkövetelt biológiai monitoring rendszereket csak az üledék és vízfázis rendszeres mérésével (v.ö. fenti megjegyzések!) párhuzamosan érdemes és lehetséges oknyomozó módon működtetni. Amennyiben azt a biomonitoring tevékenység mintavételi gyakorisága lehetővé teszi, célszerű az üledékmintázást összekötni a makroszkópos gerinctelenek állapotfelmérésével, mivel az *in-situ* vizsgálatoknál az alzatminta (üledék) egyébként is gyűjtésre került.
- A vízi ökoszisztéma elemek monitor eredményei jól harmonizálnak a hagyományos és a mikroszennyező anyagokra vonatkozó kémiai eredményekkel, azonban ezek értékelési koncepciója, módszertana (pl. vízminőségi osztályba sorolás) még a korábbi tagállamokban is kiforratlan. Kisebb gyakorisággal (3-5 évente) a jelentősebb kibocsátok alvízi szakaszán célszerűnek tartjuk az egyes helytülő állatok (praktikusan kagylók) mintavételezését, és szöveteikben a prioritás szennyezőanyagok mérését. Ez különösen a nagy zsíroldékonyságú szerves szennyezők, ill. egy toxikus nehézfémek (Hg, Cd) kimutatására alkalmas módszer.
- Fokozottan figyelemmel kell lenni a térség nagy (kommunális és ipari) szennyvíztisztító telepein megvalósult és megvalósulásra váró vízminőség javító beruházásokra, illetve ezen kibocsátók monitoring tevékenységére. Elő kell írni legalább néhány, indikátor szerepű (Cd, Hg, Pb) prioritás szennyezőanyag rendszeres mérést az elfolyó (tisztított) szennyvízben.
- Az erősen módosított víztestnek minősülő két víztest a Sajó vízgyűjtőjén az ökológiai állapotjellemzők legutóbbi vizsgálata (BME, 2006) alapján „kockázatos” besorolást kapott (A VKI szerint eljárva az „Egy rossz, mind rossz” elv alkalmazása esetén). A kockázatos besorolást azonban nem a prioritás szennyezők bebocsátásai (jelenlegi és múltbeli) okozzák, hanem a folyó hidromorfológiai állapotában bekövetkezett előnytelen változások, mesterséges beavatkozások.

	Bevonatalgák	**Halfauna**	**Makrogerinctelenek**	**VKI értékelése**
Sajó dombvidéki szakasza	jó	jó	közepes	KOCKÁZATOS
Sajó síkvidéki szakasza	jó	közepes	közepes	KOCKÁZATOS

- A korábban súlyosan szennyezett Sajó folyó jó példája egy vízfolyás „spontán rehabilitációjának”, azonban több, mint figyelemre méltó, hogy a folyó ökológiai állapotának szignifikáns javulásához közel egy-két évtized kellett. Ez, figyelembe véve a VKI által megszabott 2015-ös határidőt a hazai víztestek „jó” állapotának eléréshez azt mutatja, hogy a rehabilitációs, szennyezés megelőző, illetve csökkentő tervek elkészítését és megvalósítását a nagyon közeli jövőben el kell kezdenünk.

- Ehhez szorosan kapcsolódóan szükséges az IMPRESS elemzések és a vízgyűjtő szintű vízgazdálkodási tervek harmonizációja, részben a már meglévő ismeretek és adatok (ld. a Sajó völgyre ebben a tanulmányban bemutatott elemzést), részben pedig a hiánypótló állapotfeltáró projektek eredményei alapján.

Felhasznált adatok, információk és irodalom

1. Bácskai György, Dr. Clement Adrienne, Kovács Ádám Sándor, (2006) Referenciaviszonyok és a jó állapot a mintaterületen lévő víztestekre, a víztestek jelenlegi állapotának jellemzése: I. Felszíni vizek kémiai állapota. „Víz Keretirányelv végrehajtásának elősegítése" projekt melléklete

2. BME VKKT (2006) Víz Keretirányelv végrehajtásának elősegítése II. fázis (Zárójelentés a 11. és 12. feladatokról) I. Felszíni vizek biológiai állapota (11. feladat: Referencia viszonyok és a jó állapot a mintaterületen levő víztestekre) (12. feladat: A mintaterületen található víztestek jelenlegi állapotának jellemzése) 3. Előrehaladási Jelentés (Projekt a Víz Keretirányelv végrehajtásának elősegítésére II. fázis.)

3. CH2M Hill (1994) Contamination assessment and determination of prevention measures for the Sajó Valley. (*Regional Environmental Center for Eastern and Central Europe and Japanese Special Fund*).

4. ECOSURV felmérés és adatbázis (2005)

5. Fleit E. (2001) A Szamos és a Tisza vízgyűjtőjét ért nehézfém szennyezések hatásai. I. részjelentés a KöM-nak. VITUKI-INNOSYSTEM Kft.

6. Fleit E. (2000) Bioakkumulációs hatások és a nehézfémek eloszlási mintázata a Tiszán és a Szamoson. Acta Biol. Debr. Oecol. Hung. Fasc. 11/1. pp. 61.

7. Harka Á. (1992) Adatok a Sajó és Hernád vízrendszerének halfaunájáról. Állattani Közlemények 78. pp. 33-39.

8. Herman O. (1887) A magyar halászat könyve. I-II. Budapest

9. Somlyódy L. et al. (1985) A Sajó kadmium szennyezettségének vizsgálata. Vízügyi Közl. LXVII. évf. 1.füzet. pp.7-36.

10. VITUKI (1974) Study of bioresistant substances. Mid-project evaluation UNDP/WHO-OVH Hungary 3101 Project VITUKI.

11. VITUKI (1976) Mikroszennyező anyagok vizsgálata. Témabeszámoló. (Kézirat)

12. VITUKI (1994) The ecological rehabilitation of flood plains of rivers RIZA Nr. 1445

13. Zöld Akció Egyesület (1994) Nehézfém szennyezések vizsgálata a Sajó-völgyben.