

FOLYÓSZABÁLYOZÁS AZ EZREDFORDULÓN

DR. RÁKÓCZI LÁSZLÓ

A folyószabályozás klasszikus célkitűzése, a víz, a hordalék és a jég kártétel nélküli levezetésének biztosítása ma is érvényes, azonban a társadalmi/gazdasági fejlődés egyre újabb feladatokat ró erre a vízgazdálkodási ágazatra. A különböző ivó-, mezőgazdasági és ipari vízkivételek *növekvő* mennyiségi és minőségi igényeinek megbízható kielégítése a vízjárás lehetőleg teljes ingadozási tartományában, számos önmagában is igen összetett hidraulikai, medermorfológiai és vízépítési kérdés *egyidejű, összehangolt* kezelését és megoldását igényli. A folyószabályozás feladatait tovább bonyolítja, ha az adott folyószakaszt a hajózás is használja, mivel ez a nemzetközileg előírt és az időben ugyancsak *növekvő* hajóút-méretetek megteremtését és folyamatos fenntartását, valamint kikötők tervezését, illetve építését is jelenti.

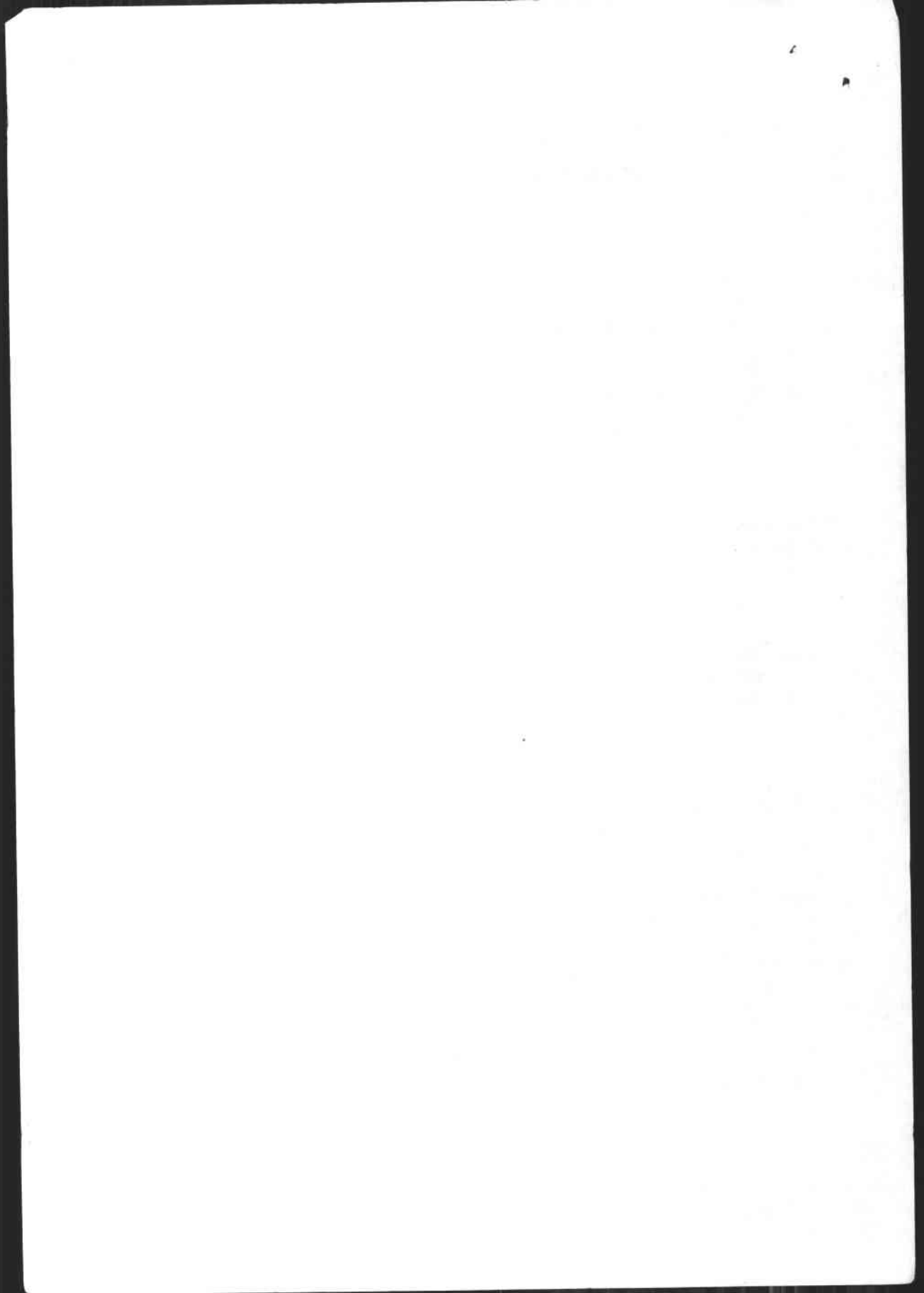
Amennyiben nem általánosságban, hanem hazai viszonylatban tekintjük a folyószabályozási tevékenységet befolyásoló körülményeket, nem hagyhatjuk figyelmen kívül hazánk földrajzi/vízrajzi helyzetét a *Kárpát-medencében*, illetve a *Duna* vízgyűjtő területén. *Folyóink többségének víz-, jég- és hordalékjárása számottevően megváltozott az utóbbi 50 évben*, részben a *Magyarország* feletti belépcsőzött folyószakaszokon előállt tározódás, részben a vízgyűjtőn végzett különböző beavatkozások lefolyást és talajeróziót megnövelő hatása, valamint nem utolsósorban az éghajlat melegebbé válása miatt (Rákóczi 1993). A tervezéshez szükséges hidrológiai alapadatok módosulása számos bizonytalanság forrása lett, elsősorban a hordalékjárásra és a mederalakulásra gyakorolt várható hatás előrejelzése terén. Ez a körülmény annál is inkább hátrányos, mert a nagyobb beavatkozások hosszú távú (több évtizedre kiterjedő) hatásait ma már minden esetben vizsgálni kell.

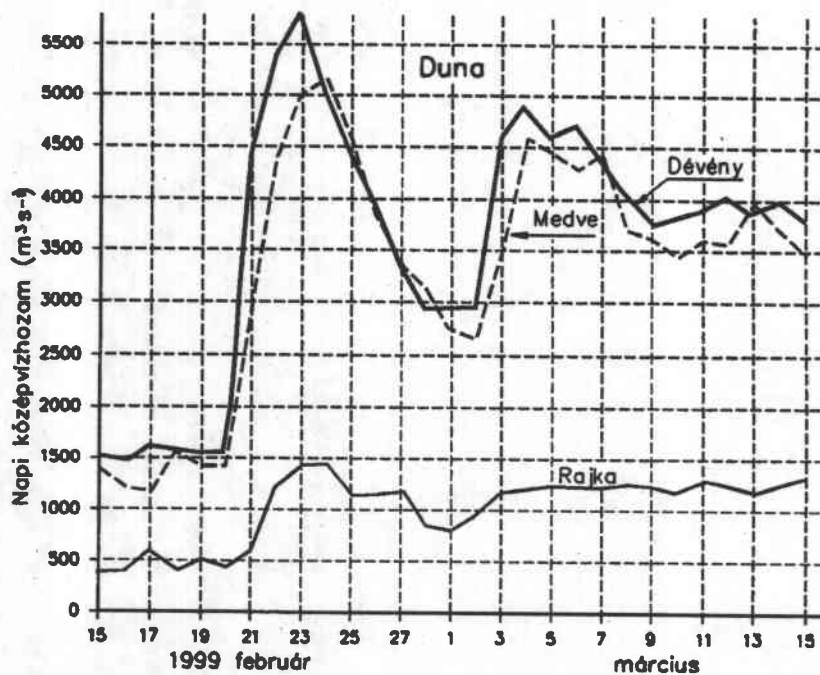
A jelenlegi helyzetet jól szemlélteti a *Duna* 1999. február-márciusi közepes árhullámának napi vízhozam-idősora *Dévény, Rajka és Medve* szelvényében (1. ábra). A *Dunának*, mint nagy folyónak a vízjárása a múltban kiegyenlített volt és természetes árhullámképei nem mutattak olyan ugrásszerű növekedést, mint az 1. ábrán *Dévénynél* február 21-én és március 3-án. Az ok nyilván az osztrák vízlépcsők hirtelen nyitása, azonban az ábrán az is látható, hogy a dunacsúnyi tározó nem egyenlítette ki ezeket a mesterségesen felgyorsított árhullámokat, ugyanis a bösi vízerőművet is azonnal nyitották, úgy hogy az árhullám ugrások szinte változatlanul megjelentek *Medve* szelvényében is. *Rajkánál* is hirtelen emelkedett a megosztott árhullám *Óreg-Dunára* eső része, mint az elterelés óta minden ilyen alkalommal. A lehető legnagyobb energiatermelésre való törekvést mutatja azonban az, hogy az első árhullám $5700 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ körüli vízhozamából a dunacsúnyi vízlépcsőn át csak $700 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -ot engedtek az *Óreg-Dunára*.

A 70-es évek óta a *környezetvédelem* is egyre több igénnyel fordul a folyószabályozás felé és ez érthető, mivel a vízfolyások a természeti környezet kiemelten fontos

A kézirat érkezett: 1999. IV. 28.

Dr. Rákóczi László okl. mérnök, a műszaki tudomány kandidátusa, a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Rt. (VITUKI Rt., Budapest) ny. tudományos tanácsadója.





1. ábra. A Felső-Duna napi középvízhozamainak időszora

Fig. 1. Time series of daily mean flows of the Hungarian Upper Danube

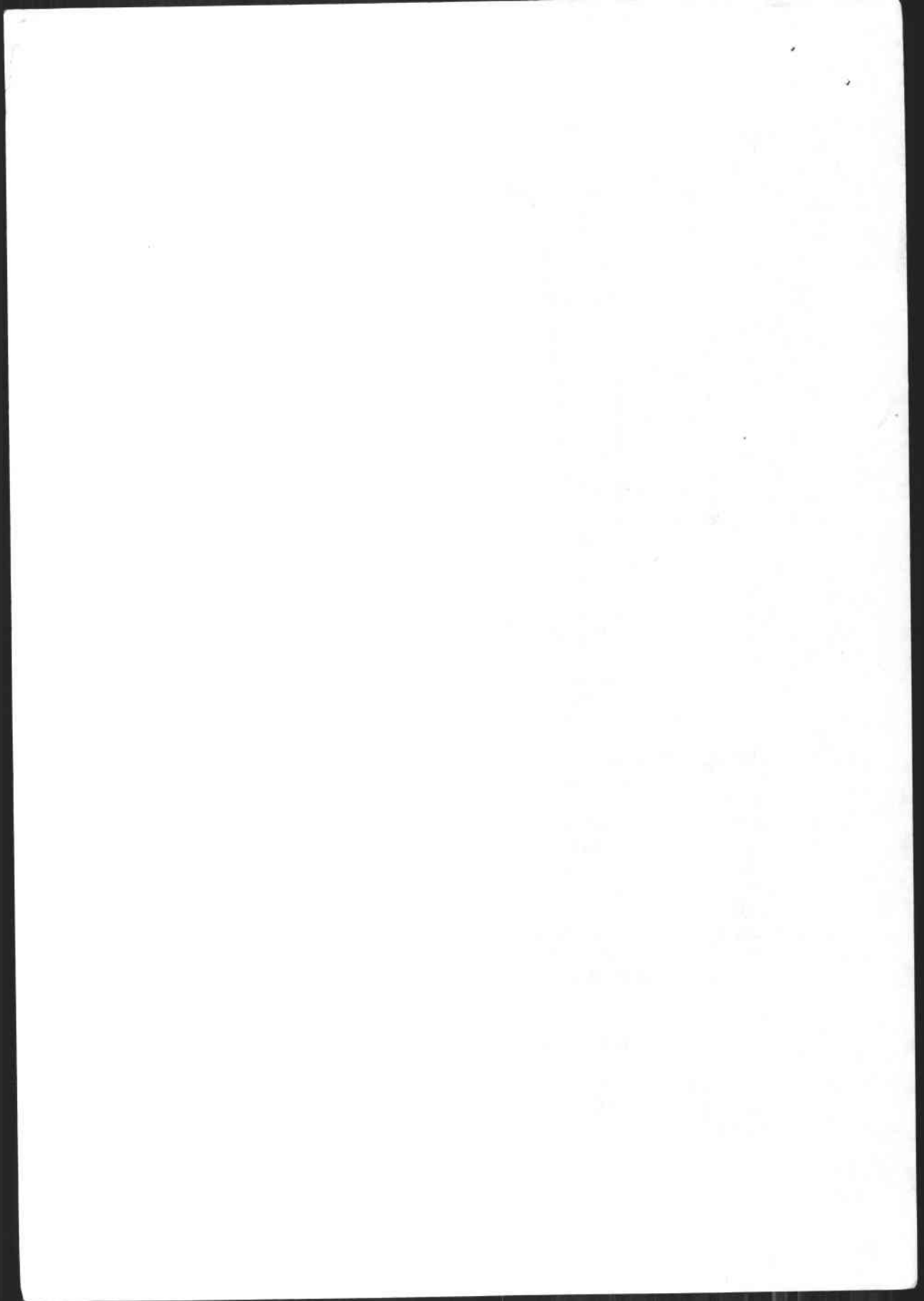
Bild 1. Zeitreihe der täglichen Mittelabflüsse der slowakisch/ungarischen Oberen Donau

рис. 1. Временный ряд среднесуточных расходов воды на р.Верхнего Дуная

alkotórészei. A környezetet érintő minden beavatkozás kisebb–nagyobb mértékben hat a táj ökoszisztémájára és esztétikai adottságaira. Külföldi és hazai tapasztalatok egyaránt bizonyítják, hogy a folyószabályozás az utóbbi évtizedekben egyre inkább a társadalmi/gazdasági igények és a természeti környezet megóvását, sőt az eredeti szabályozatlan állapot visszaállítását célzó követelések kettős szorításába került. Belátható, hogy már az előbbi igénycsoporton belül is számos egymással ellentétes érdek ütközik, az utóbbi kívánalmak egyidejű kielégítése pedig számos esetben súlyos, sőt megoldhatatlan dilemma elé állítja a vízügyi szakembereket. Tanulmányunkban az említett, gyakran zsákutcának tűnő helyzetből kerestük a kivezető utat, felmérve a műszaki/gazdasági és az ökológiai szempontok együttes figyelembevételének, a természeti folyamatok közös modellezésének lehetőségeit és feltételeit.

1. A folyószabályozás környezeti hatásainak eddigi hazai vizsgálata

Elmondhatjuk, hogy ez a téma már mintegy 25 éve felkeltette a hazai vízügyi vezetési figyelmét. Az Országos Vízügyi Hivatal idevágó kutatás kidolgozását rendelte meg a VITUKI-tól (1973).



Az emberi környezet védelmére vonatkozó 11/1976. törvény egyebek között rendelkezik a vizek, ezen belül a víz minőségének védelméről is. A 20.§ kimondja, hogy „A vizek természetes lefolyását ... a felszíni vizek medreit és partjait a környezetvédelmi követelmények figyelembevételével szabad megváltoztatni”. Az ugyanekkor kidolgozás alatt álló és a folyószabályozás tervezési szempontjait összefoglaló *OVH Műszaki Irányelvek* sorozat külön számot szentelt a hullámtéri véderdők telepítési kérdéseinek (1980).

A 80-as évek elején új lendületet kapott a téma művelése és egyre több eredmény látott napvilágot kutatási jelentés, vagy publikáció formájában. Így például a *Magyar Hidrológiai Társaság* 1982-ben munkabizottságot hozott létre „A folyó- és tószabályozás környezetvédelmi eredményei és lehetőségei” tárgyában (Kovács [ed] 1985). Az összefoglaló jelentés egyebek között foglalkozott a dunai mellékág-lezárásokkal és az ágak üdülési célú hasznosításával is. Időközben a *VITUKI* (1982) kutatási témát dolgozott ki a vízlépcsők mező- és erdőgazdasági hatásairól.

A folyó és tószabályozás gyakorlatában is egyre jobban előtérbe került a környezetvédelem kérdése is. Néhány példa:

Nagy Illés (1982): A Kiskörei-tározó hullámterének átalakítása

Csoma János (1982): A folyószabályozás tervezésének fejlesztése

Jóó Ottó (1984): A Balaton eutrofizálódásának csökkentési lehetőségei

Bratán Mária (1986): Vízfolyások kiépítésének és fenntartásának ökológiai szempontjai

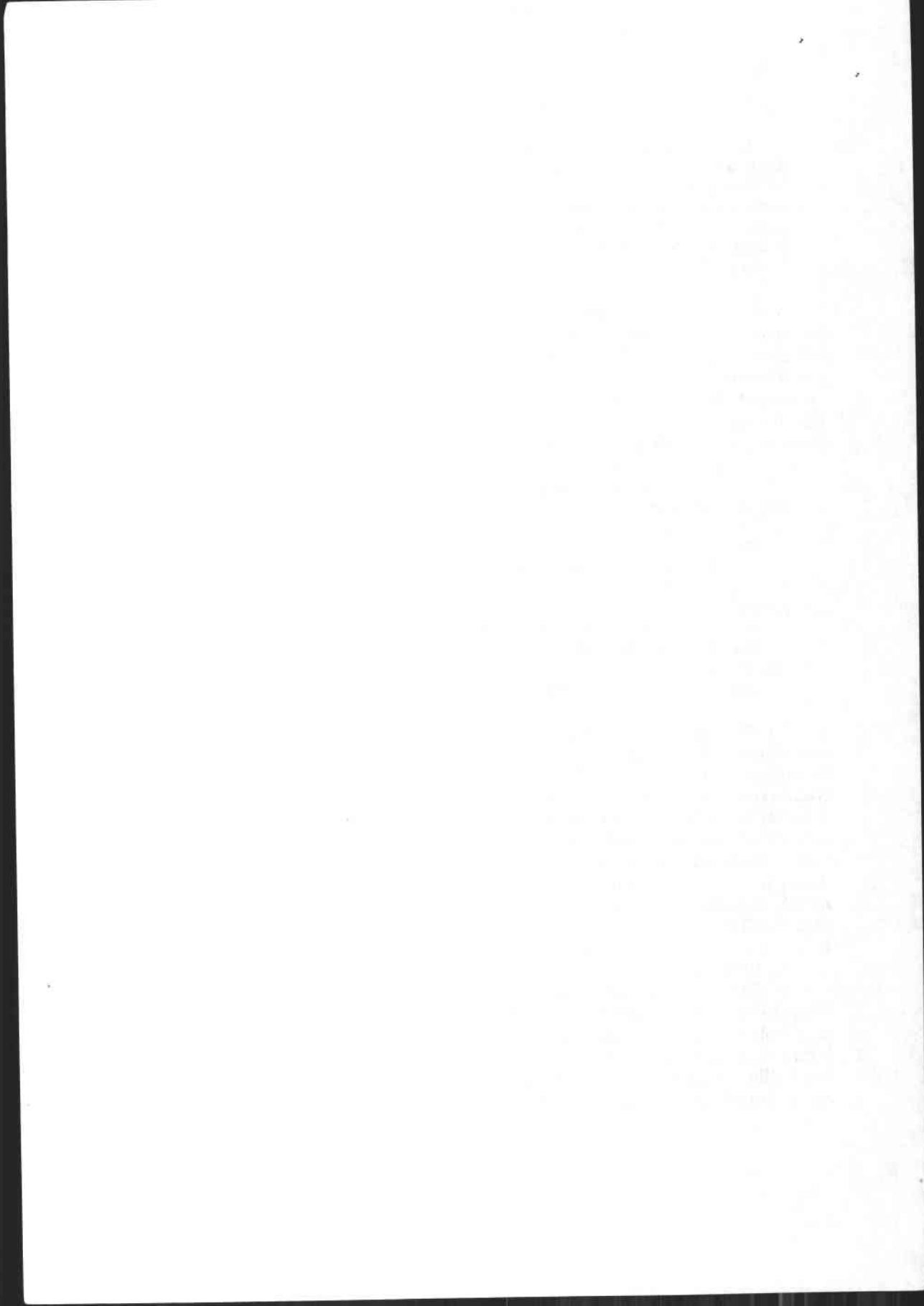
Fehér János (1985): A környezeti modell víz almodellje

Nagy L.–Reményi P. (1988): A bős–nagygyarosi vízlépcsőrendszer környezeti hatástanulmánya

Baranyi Sándor (1988): Tószabályozás és környezetvédelem

Az 1988-ban *Budapesten* rendezett „Folyami hidraulika és folyószabályozás” című nemzetközi konferencia alkalmából a *VITUKI* által kiadott magyarországi helyzetértékelő tanulmány (*MTA* 1988) már külön fejezetet szentelt a tágabb értelemben vett folyószabályozás (kisvízi és nagyvízi szabályozás, folyócsatornázás) és a környezet kapcsolatának. A szöveg rámutatott, hogy a korszerű folyószabályozás a különböző szakterületek művelőinek közös, szervezett együttműködését kívánja meg. Az azóta eltelt mintegy tíz éves időszakban kialakultak a témakör újabb hangsúlyos területei: a folyó, mint a természeti környezet része, a vízepítési műtárgyak tájbaillesztése (*VITUKI* 1989), a hullámterek, a mellék- és holtágak rehabilitációja, stb. A vízminőség kutatásába bekerült az ipartelemek szenny- és hűtővizének visszavezetése okozta levonulási, elkeveredési kérdések vizsgálata is (*Somlyódy et al.* 1985, *Muszkalay–Starosolszky* 1987).

Az 1998-ban *Budapesten* rendezett „Európa folyói” című nemzetközi konferenciára a *VITUKI* megjelentette a korábbi helyzetértékelő tanulmány folytatásaként az 1988–1998 között hazánkban végzett folyami hidraulikai és folyószabályozási tárgyú kutatások eredményeit összefoglaló kötetet (*VITUKI* 1998). Ennek a környezeti vonatkozásokkal foglalkozó fejezete már jóval bővebb a tíz év előttinél és kitér az időközben leállított nagygyarosi vízlépcső-építkezéssel érintett *Duna*-szakasz rehabilitációjára, a szigetközi ágrendszer vízpótlásának kérdéseire, valamint a parti szűrésű



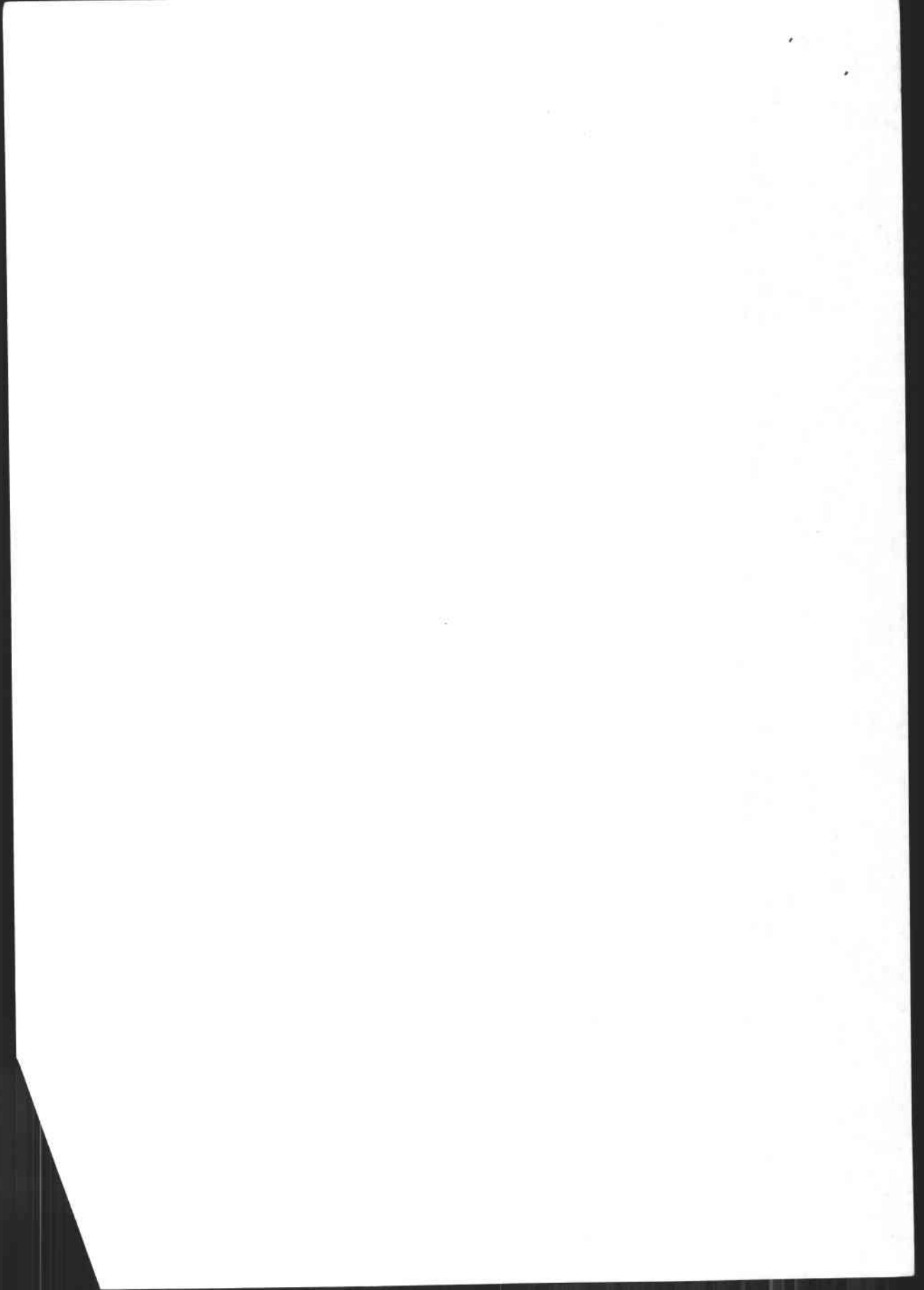
vízbázisok védelmére is. A gyakorlatban egyes vízfolyásokon már a környezet messzemenő figyelembevételével történtek a szabályozások (Harkay-Lotz 1988), sőt kifejezetten környezetvédelmi igény kielégítésére történt meg a Nyéki-Holt-Duna rehabilitációja (Szlávik-Sziebert-Zellei-Zsuffa 1995).

A rövid áttekintésből is egyértelmű, hogy a folyószabályozással, valamint a folyami vízépítéssel foglalkozó hazai szakemberek szemlélete, hozzáállása az elmúlt 25 évben igen sokat változott, fejlődött, annak ellenére, hogy ökológiai irányú képzésben egyetemi/főiskolai tanulmányaik folyamán még nem, vagy alig részesültek. Ebben az új eszmék iránti fogékonyságukon és alkalmazkodó képességükön felül a professzoraiktól beléjük plántált alap gondolat is segítette őket, miszerint a jó vízimérnök „hivataltól” szereti a természetet és azon belül a folyókat. Sajnos, a folyószabályozási szakágazat az elmúlt évtizedben egyes természetvédő szervezetek részéről mindezek ellenére elismerésben nem, csak kemény bírálatban részesült, mintha tevékenységét nem a társadalmi/gazdasági szükségletek parancsára, csupán öncélú szórakozásként üzné. Így a műszaki és az ökológiai szemlélet nálunk gyakran szembekerült egymással, azonban külföldön (Németország, Hollandia, Kanada, Új-Zéland, stb.) éppen a 90-es években, amikor hazánkban e két tábor megosztottsága elmélyült, vagy legalább is tartós holtpontra jutott, egyre több tanulmány jelent meg a sikeres együttműködésük nyomán nyert jelentős eredményekről.

A hidraulika és ezen belül a folyami hidraulika kutatóit tömörítő világszervezet, a *Hidraulikai Kutatásügyi Nemzetközi Szövetség* (IAHR) 1988-ban létrehozott egy, a *fenntartható fejlesztés és a környezetvédelem* kapcsolatával foglalkozó munkabizottságot, amely 1991-ben, Hollandiában tartott nemzetközi munkaértekezleten számolt be eredményeiről és azokat az IAHR folyóiratának, a *Journal of Hydraulic Research*-nek különszámában tette közzé ugyanabban az évben. Ez az anyag *elengedhetetlenül szükségesnek* tartja a hidraulikusok és ökológusok együttműködését. Magyarországon is ez látszik a követendő megoldásnak a bevezetőben említett zsákutcából való kijutás végett. Kétségtelen, hogy *a vízügyieknek is van még tanulni és felismerni valójuk* ökológiai téren, azonban elérkezett az ideje annak, hogy *az ökológusok is lépéseket tegyenek* a műszakiak elméleti és gyakorlati módszereinek, valamint megoldásuk módszereinek *megismerése felé*. Biztató jel *Gulyás* (1994) tanulmánya, amelyben a biológus szerző szakterülete szempontjából értékeli a vízépítési tevékenységet. Szorgalmazza a matematikai modellezés széleskörű alkalmazásba vételét az élővilágra gyakorolt hatás előrejelzésére és javaslatokat tesz a vízépítési létesítmények vízminőség-javító célra történő használatára. A jelenlegi helyzet az aktív együttműködés szempontjából azonban még távolról sem kielégítő és kizárólag *közös akarattal és erőfeszítéssel* javítható meg.

2. Rendszer-szemlélet a folyószabályozásban

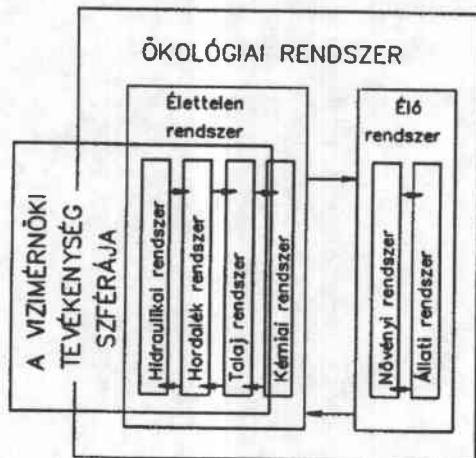
Az IAHR említett munkacsoportjának tanulmánya szerint, bár a vízkészletek ökológiai szempontból is elfogadható fejlesztésének alapelvei már ismertek (pl. *Dávid* 1986), továbbá létrejöttek a vízgazdálkodási tervezés módszerei a gazdasági és környezetvédelmi célkitűzések együttes figyelembevételére (UNESCO 1987), a társada-



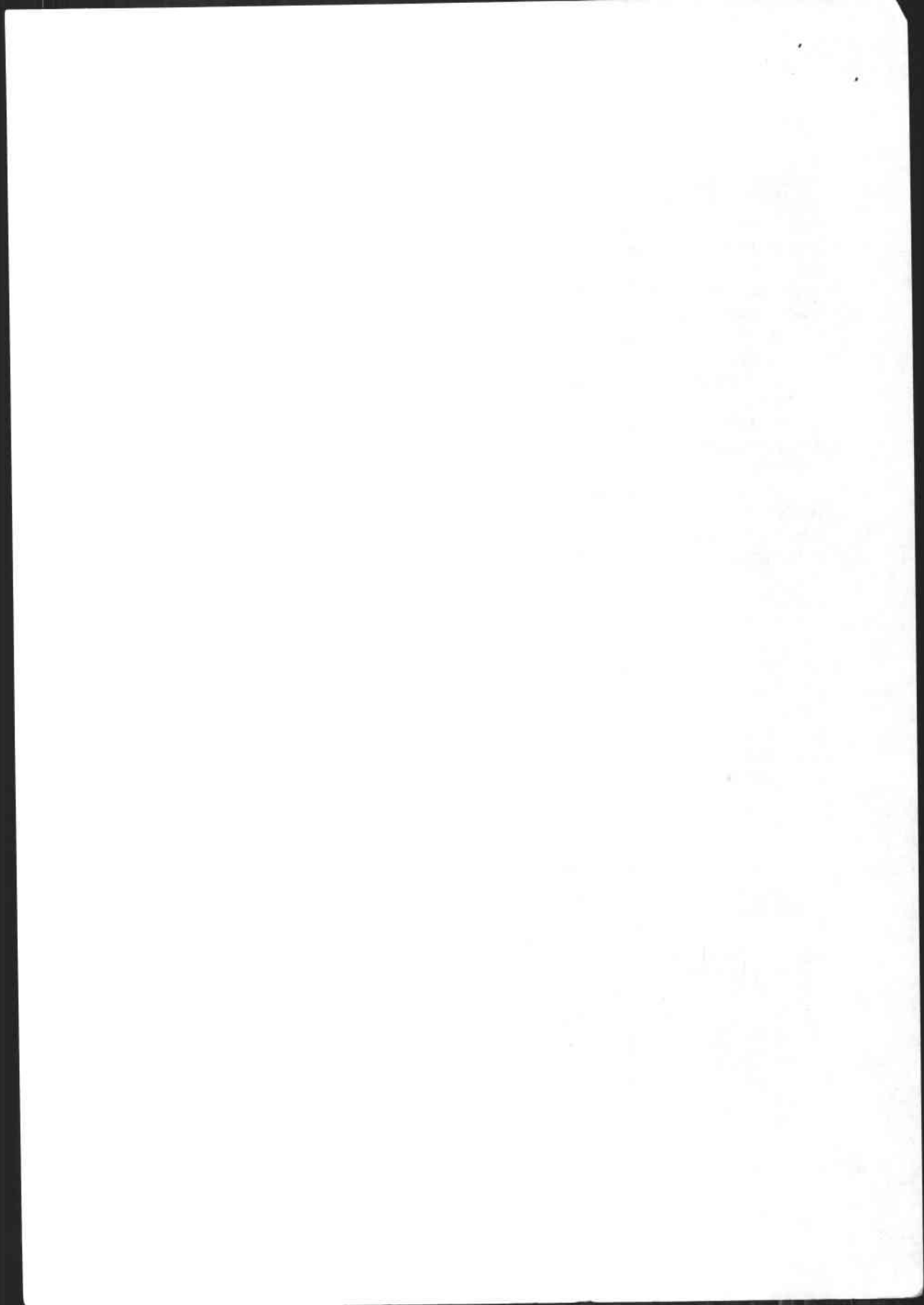
Imi és az ökológiai igényeket még nem sikerült teljes összhangba hozni. Ezért a folyó- és állóvizek fenntartható fejlesztését csak a bonyolult problémakör rendszer-szemléletű közelítésével lehet megoldani, *a víztestet és környezetét egy rendszernek tekintve*. A manapság egyre gyakrabban használt „fenntartható fejlődés” fogalma azt jelenti, hogy a jelen szükségleteinek megfelelő fejlesztést *a nélkül* érjük el, hogy gátolnánk, vagy lehetetlenné tennénk a következő nemzedékek által végzendő, az akkori igényeknek megfelelő fejlesztéseket.

A folyók eredetüktől a torkolatukig a közismert felső, közép és alsó szakaszolásnak megfelelő *alrendszerekre* oszthatók, külön alrendszereket jelentenek azonban a folyók által táplált természetes tavak és mesterséges tározók, valamint a torkolatvidék is. Az alrendszerek a velük foglalkozó több tudományág szempontjainak megfelelően tovább oszthatók, például a 2. ábrán látható módon. Eszerint a teljes ökológiai rendszer egymással kölcsönkapcsolatban lévő szerves és szervetlen alrendszerek csoportjából áll. Az előbbibe tartozik a víz-, hordalék- és talaj rendszer, a vegyi rendszer esetenkénti kizárásával. Az utóbbi tartalmazza a vízi növényi és állati élőlények rendszereit. A vízügyi szakemberek érdeklődési és tevékenységi körét az ábra vastag vonallal bekeretezett részei alkotják, tehát a szervetlen csoport. Nyilvánvaló azonban, hogy minden olyan esetben, *amikor a szervetlen rendszerbe irányuló beavatkozások befolyásolják a szerves rendszert, a mérnökök és az ökológusok együttműködésére van szükség.*

Az együttműködés megteremtéséhez szükséges jelentősebb feltételek a tanulmány utolsó fejezetében találhatók. Az akadályozó tényezők közül azonban ezen a helyen kell megemlíteni a két tudományszakot érintő természeti folyamatok *térbeli és időbeli léptékének különbözőségét*. A hosszabb, egybefüggő folyószakaszok szabályozása, illetve belépcsőzése olyan mederváltozásokat kelt, amelyeknek a morfológiai időléptéke évtizedektől száz évig is terjedhet, a helyi beavatkozásoké pedig többnyire 10 év alatt marad. Ezzel szemben a biológiai életteret már a víz és a hordalék helyi jellemzőinek rövididejű változásai is befolyásolják. Emellett a mérnökök gyakran



2. ábra. Az ökológiai rendszer felépítése
 Fig. 2. Structure of an ecological system
 Bild 2. Aufbau des ökologischen Systems
 рис. 2. Построение экологической системы



használnak olyan átlagértékeket (szelvény középsebesség, közepes szemcseátmérő, stb.) amelyek az ökológusok igényeit nem mindig elégítik ki.

A folyók ökológiai rendszerszemléletének jellemző vonása a *folytonosság* (kontinuitás) elve, amely a biológiai életterek fennállási feltételeit meghatározó fizikai jellemzők (esés, víz- és hordalékmozgás, mederméreték, vízhőmérséklet, stb.) fokozatos és *folyamatos* változását tételezi fel mind a folyó szélessége, mind a hossza mentén. Ezt a folyamatoságot még a kisebb helyi beavatkozások is megbontják azáltal, hogy hirtelen megváltoztatják az említett jellemzők hossz- és keresztirányú értékeit. A mérnökképzés egyik hiányossága, hogy a mérnökhallgatók folyószabályozási tanulmányaik során nem kapnak fizikai-földrajzi/geomorfológiai szemléletet. Ennek híján nem tudatosul bennük, hogy egy-egy műszaki beavatkozással nagy léptékű *természeti folyamatokat* módosítanak (pl. erózió, hordalékszállítás). *Észak-Amerikában* az ilyen irányú oktatás már 30 évvel ezelőtt szerves része volt a mérnökhallgatók alapképzésének (Rákóczi 1969).

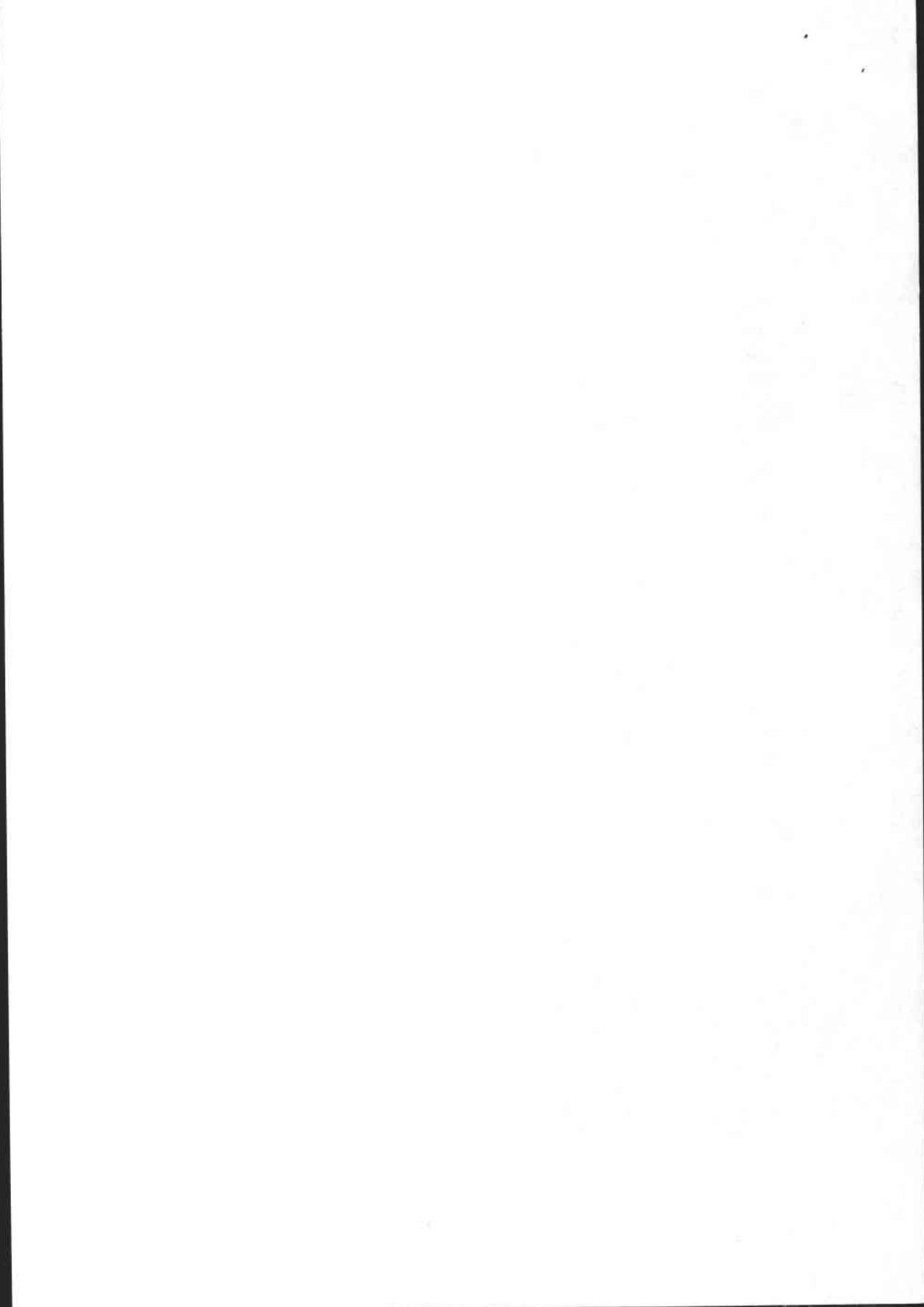
Az eredetileg gyéren lakott területeken *szabadon kanyargó* természetes vízfolyásokat a népesség növekedése, illetve az infrastruktúra kiépülése nyomán érő külső hatások az alábbi fő csoportokba sorolhatók:

- a víz és a hordalék elszennyeződése (vegyi- és hőszenyezés pontszerű és nem pontszerű forrásokból),
- a folyószabályozási és más célú műszaki létesítmények (hossz- és keresztirányú művek, vízlépcsők, árvédelmi töltések, vízkivételek, kikötők, stb.),
- a folyószabályozási és más (például építőipari) célú mederkotrás.

Természetes állapotban a folyóvíz vegyi összetételét a vízgyűjtő közeteinek ásványi összetétele, továbbá az ott végbemenő biológiai folyamatok határozzák meg. A tápanyagokat, illetve mérgeket tartalmazó háztartási, illetve ipari *szennyvizek* jelentősen ronthatják a folyók ökológiai rendszerének egészségét és környezeti minőségét. Ezek a változások csökkentik a vízi mikrofauna változatosságát és a halállomány szaporulatát is.

A nagyobb népsűrűségű és fejlett közlekedési hálózatu országokban, így hazánkban is elkerülhetetlen a vízfolyások egy részének *mederszabályozása*, ami a korábbi szabad kanyarfejlődést, beleértve azok természetes lefűződését is, illetve a meanderek lefelé csúsztatását szükségszerűen akadályozza, sőt megállítja. Mivel a partvédelem a mederszélesség szabad változását is gátolja, a szabályozott vízfolyásnak egyetlen szabadságfoka marad: *a vízmélység alakítása*. Valóban: a szabályozott folyók karbantartóinak manapság is legfőbb gondja a lehetőleg minden szempontból megfelelő mederfenék-szint elérése és fenntartása.

A természetes árterület leszűkítése *az árvízvédelmi töltések építése* útján a mentett oldali részt elkülöníti a folyó ökológiai rendszerétől. Ezáltal a völgyfenéken nemcsak az eredeti víztározó képesség csökken, hanem a szerves anyagé (biomasszáé) is. A mentett oldali vizes élőhelyek kiszáradnak, vagy a mezőgazdasági művelés nyomán szűnnek meg. *A duzzasztás* olyan lényeges és hirtelen változásokat okoz az ökoszisztéma folyamatoságában, hogy hosszabb szakaszon meg is szakítja azt. A vízlépcső felett a vízsebesség lecsökken, a hordalék lerakódik, a vízhőmérséklet emelkedik és a duzzasztási mélységtől függően hőmérsékleti rétegződés is előállhat a tározóban. Az



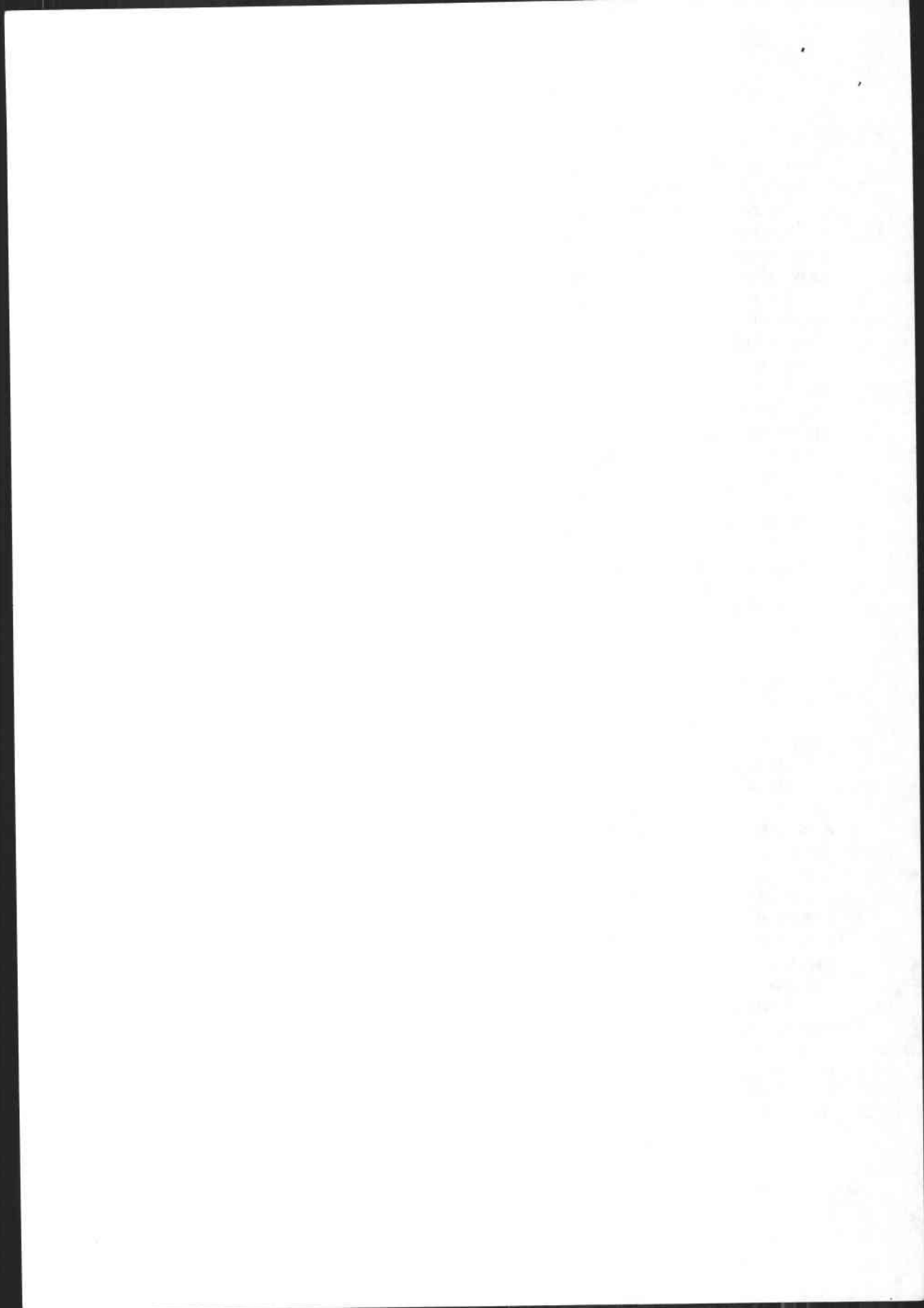
alvízi élettér (*habitat*) elsősorban a vízjárás mesterségesse válásától és az érkező víz szervesanyag tartalmának megváltozásától károsodik.

A *folyómeder kotrása* az egyik legdrasztikusabb beavatkozás mind a szervesetlen, mind a szerves ökológiai rendszerbe. Ez a vízjárástól függetlenül, rövid idő alatt idéző elő lényeges változásokat kereszt- és hosszirányban egyaránt. Esetenként kimélyít, vagy eltüntet olyan állékony természetes küszöbököt, amelyek rendkívül fontos szerepet töltenek be hosszabb folyószakaszok kisvízszintjeinek fenntartásában. Szabálytalanul változtathatja a keresztmetszvények hosszú idő alatt kialakult és a sebességeloszlással összhangban lévő alakját. Eltávolítja a mederanyag felső, a kisvizek idején, fokozatosan kialakult, esetleg páncélozódott felső rétegét, feltárva az alsóbb rétegek többnyire finomabb szemcseösszetételű anyagát, ezáltal hosszabb-rövidebb időre megváltoztatja a meder érdességét, valamint a görgetett hordalékszállítását. A kotrás ugyanakkor megsérti, vagy elpusztítja a mikrofauna azon fajainak életterét, amelyek a mederüledékben élnek és egyébként eltűrik az időszakos természetes görgetett hordalékmozgást. Veszélybe kerülhetnek a finomszemcsés üledéket kedvelő fajok és a növényzet is, ha a kikotort anyag a parti sávba a sarkantyúk közötti területre, vagy a hullámterre kerül. A nagyarányú ipari célú kotrási tevékenység több tíz, vagy akár száz km hosszú szakaszon is képes annyira kimélyíteni a medret, hogy a kisvizek szintje tartósan és jelentősen csökken. Ez magával vonja a talajvízszint süllyedését a parti sávban, ami viszont éppen az ökológiai szempontból kiemelten fontos és a folyót követő, növényzettel borított, sőt erdős(itett) ún. „ökológiai folyosók” flóráját károsítja.

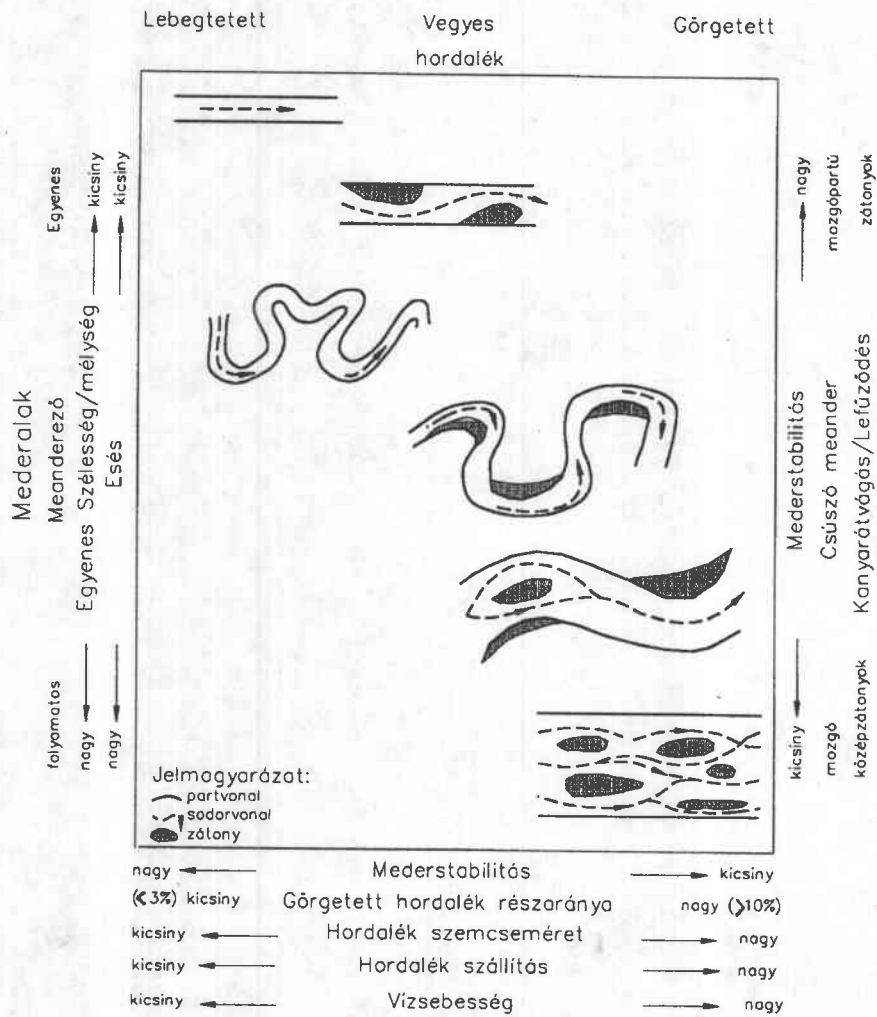
3. A vízfolyások rehabilitációja

Az emberi beavatkozások világszerte látványosan megváltoztatták egyes folyók, illetve folyószakaszok tájképi megjelenését és összefüggő rendszerként való működését. Figyelemre méltó, hogy a természetvédők főleg a duzzasztást bírálják igen határozottan, a hagyományos folyószabályozási módszereket általában tudomásul veszik, különösen, ha azoktól a duzzasztás kiváltása remélhető és egyáltalán nem tiltakoznak a mederkotrások ellen. Újabban hosszabb-rövidebb *folyószakaszok helyreállítása* indult meg külföldön. Ez alatt főleg a szabályozás során túlzottan *kiegyenesített szakaszok kanyargóssá tételét* értik, de tágabb értelemben ide tartozik a korábban *lezárt mellékágak újbóli megnyitása* és a *hullámterek rehabilitációja* is, amikre már hazai példák is találhatók (VITUKI-RIZA 1994). Különösen sikeres kezdeményezések történtek a gemenci ártér folyóágainak *revitalizálására* (Szlávik *et al.* 1995), sőt kétdimenziós numerikus modellezésükre is (Zsuffa-Bogárdi 1997), valamint a korábban felhagyott holtágak átalakítására üdülés/horgászat céljára.

A kanyargóssá tétel műszakilag megvalósítható, azonban a *geomorfológiai folyamatok szempontjából igen kényes* feladat. A meanderezés ugyan természetes sajátossága a vízfolyásoknak, azonban lényeges feltételei vannak a folyóvölgy geológiai és helyszínrajzi adottságaitól, az eséstől, a víz- és a hordalékjárás sajátosságaitól függően. A 3. ábra ezen tényezők összefüggéseit szemlélteti Chorley *et al.* nyomán (1984). Amint látható, keskeny, egyenes medrek tartós fennállása kicsiny szélesség/mélység

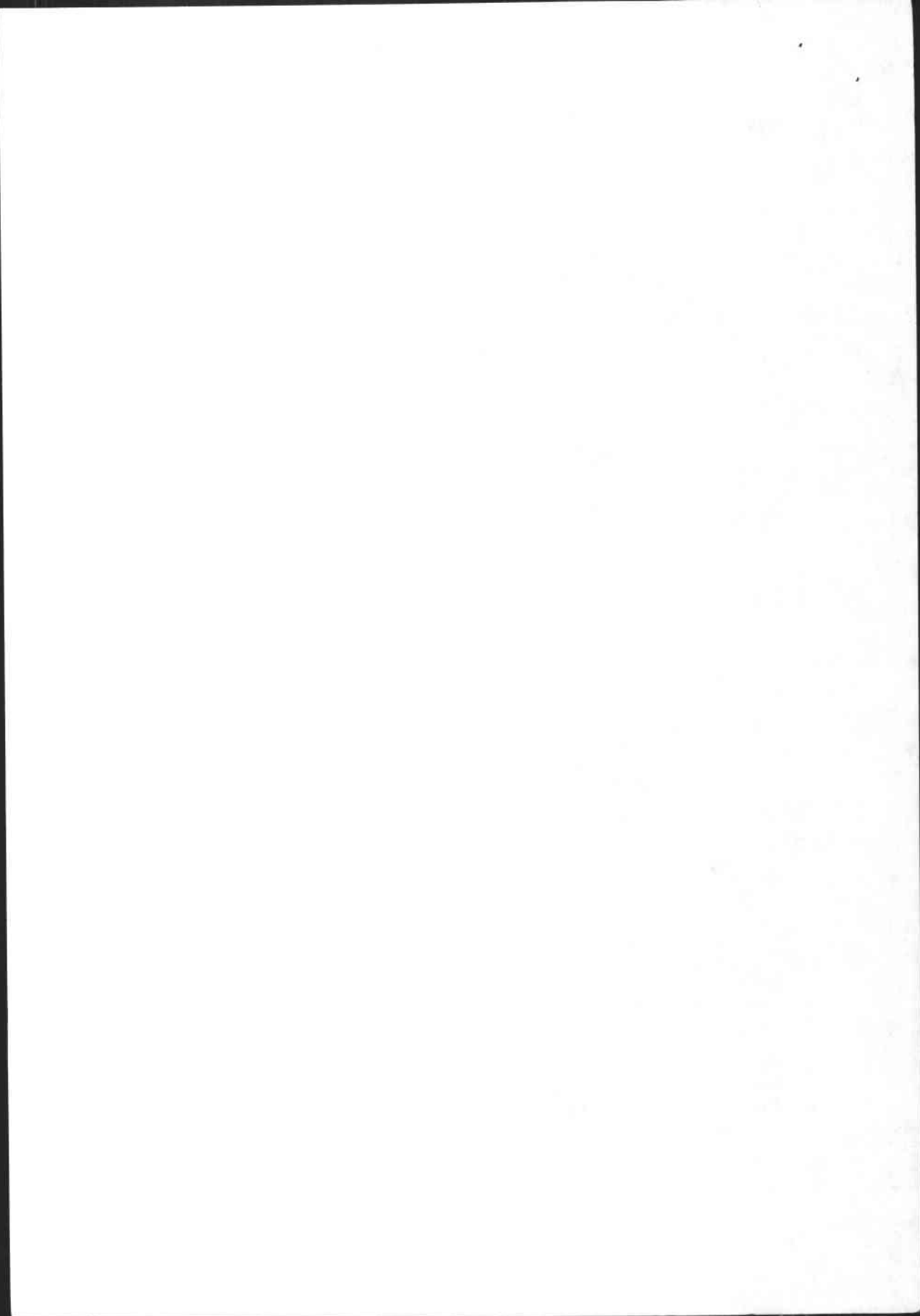


Medertípusok



3. ábra. Az alluviális folyómedrek alakulását befolyásoló geomorfológiai tényezők
 Fig. 3. Geomorphological factors affecting the development of alluvial river channels
 Bild 3. Die sich auf die Entwicklung alluvialer Flußbette auswirkenden geomorphologischen Faktoren
 рис. 3. Геоморфологические факторы, определяющие формирование аллювиальных русел рек

arány, valamint kevés és döntően lebegtetett hordalék szállításánál várható. Növekvő vízsebesség és görgetett hordalék részarányánál az egyenes, de szélesebb mederben megindul a sodorvonal kanyargása, ennek nyomán a parti zátonyok képződése, amelyek lassan lefelé vándorolnak. A kissé nagyobb eséseknél a kevés és főleg lebeg-

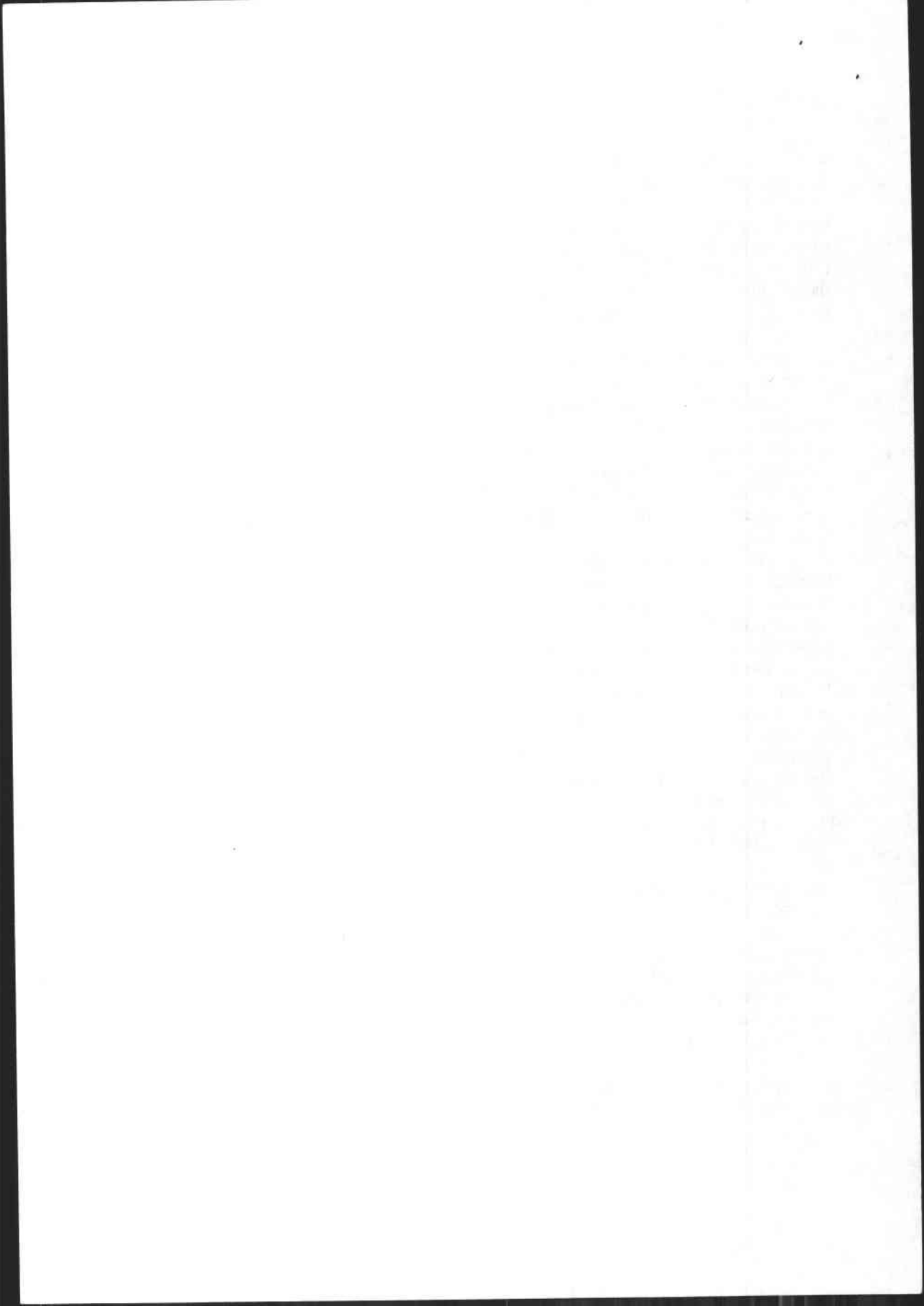


tetett hordalékot szállító folyó is meanderezni kezd, a lefelé csúszó és túlfejlődő, majd lefűződő kanyarok fejlesztéséhez azonban az esés, a szélesség/mélység arány és a görgetett hordalékszállítás növekedése szükséges. Ezeknek a jellemzőknek további növekedése már kevésbé kanyargós, de túlszélesedett és középzátonyokat, szigeteket alkotó folyószakaszok megjelenéséhez vezet. A görgetett hordalékhozam még nagyobb (10% feletti) részaránya a teljes hordalékszállításban, a durva szemnagyság és a hordalékszállító képesség elégtelensége a folyó stabilitásának csökkenését és a fonatos (angolul: *braided*) meder kialakulását segíti elő.

A fentiek tükrében világossá válik, miért kezdett *szükségszerűen* kanyarogni a szabályozott *Felső-Duna* sodorvonala az elődeink által túl szélesre méretezett középvízi mederben és miért képzett parti zátonyokat, amelyek mozgását azután sarkantyú-sorozatokkal kellett megállítani! A szabályozáskor kialakított és gyakran bírált hosszú egyenes szakaszok és a számos álkanyar valóban nem tűnnek „egészséges”-nek, azonban a 3. ábrán látható, hogy *geomorfológiailag más kategóriába* esnek, mint a kanyargós medrek. Természetesen előfordulhat, hogy egy folyószakasznak az ábra szélein feltüntetett hidrológiai/hidraulikai jellemzői az idők során úgy változnak meg, hogy átsorolhatóvá lesz az egyik medertípusból a másikba, azonban a XX. században eddig bekövetkezett éghajlati és antropogén hatások inkább a víz- és hordalékhozam csökkenését idézték elő, ami a kanyargósból az egyenes típusba való átalakítást indokolná. Mindkét medertípus távol áll azonban a fonatos típustól, amelybe a *Felső-Duna* tartozott a szabályozásig. A fenti megfontolások alapján az az elgondolás, amely a mellékág-szövevénybe a század elején kizárólag a hajózhatóság érdekében beleerőltetett mai *Óreg-Duna* medrének mesterséges kanyargóssá tételét célozza, geomorfológiai szempontból téves, öncélú próbálkozás.

A vízfolyások *tájbailllesztése*, például a folyópartok fásítása, parkosítása révén *Magyarországon* is megkezdődött, azonban önmagában még nem jelenti a fenntartható folyófejlesztést. Ez a témakör átvezet a *hossz menti folyamatosság* ökológiai kívánalmaitól a *keresztirányú* szemlélethez, ami a folyóvíz és a partok, valamint a part és a hullámtér közötti fokozatos átmenetet helyezi érdeklődése középpontjába. Ezek a dinamikus víz-szárazföld határzónák az *ökonok*, amelyeket a jelenlegi folyószabályozási művek, elsősorban a partvédelmek megszakítanak. Az ökológusok azt igénylik, hogy a folyószabályozást tervezők fordítsanak megkülönböztetett figyelmet a víz-szárazföld érintkezési sávjára és teremtsék meg, illetve állítsák helyre a fokozatos átmenetet közöttük. Ebből a célból lehetőség szerint használjanak természet- és környezetbarát anyagokat a folyószabályozási művek építésére, és messzemenően alkalmazzák a mérnöki biológia módszereit (*Bognár [szerk.] 1989*).

A hullámterek rehabilitációjának alapelve, hogy azokat a folyóvíz rendszeresen előntesse, ez ugyanis alapvető fontosságú a talajnedvesség megfelelő szinten tartása, a lebegtetett hordalék bejutása és leülepedése, valamint a tápanyagok, magvak, stb. szétterülése szempontjából. Tekintettel kell lenni arra is, hogy az előntés egyenletessége nagyban függ a hullámtér domborzatától, beleértve a viszonylag alacsony természetes *övzátonyok* meglétét, vagy hiányát is. Célszerű tehát elegendő távolságot hagyni a folyó főmedre és az árvédelmi töltések között, hogy ott az említett ökológiai folyosók megmaradjanak, illetve létrehozhatók legyenek. Ahhoz, hogy a műszaki tervezés minél inkább figyelembe vehesse az ökológiai igényeket, egyszersmind az ökológusok



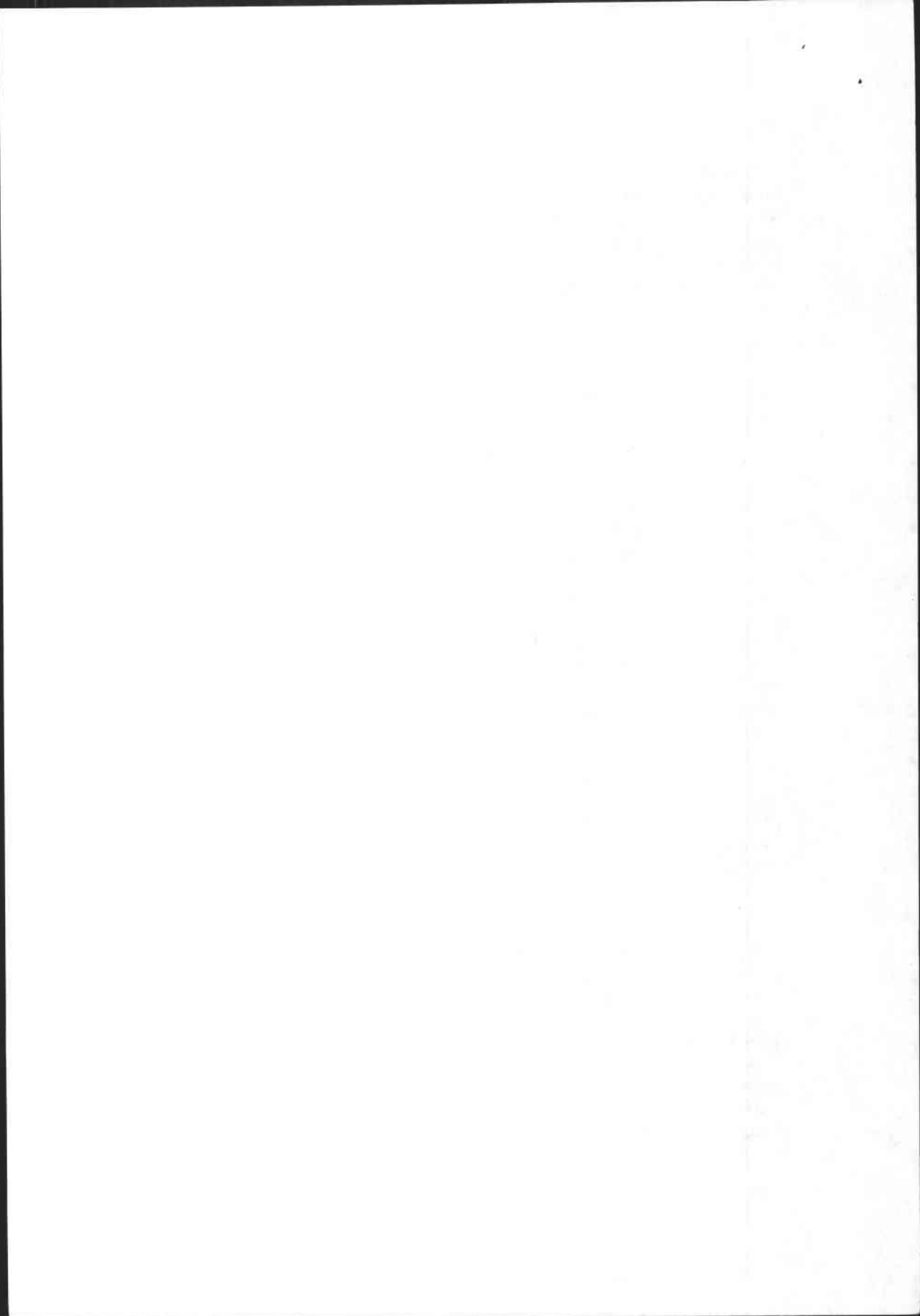
jobban megismerhessék a folyószabályozási tervezés lehetőségeit és korlátait, *a munka bizonyos szakaszaiban szükségszerűen együtt kell dolgozniuk*. A tervezett beavatkozások környezeti hatásainak megbízható becsléséhez, azaz a környezeti hatástanulmányok készítéséhez a legfontosabb segítséget a *hidrológiai-ökológiai egyesített numerikus modellek* adhatják. Ezek hazai alkalmazásának előfeltételeivel és a velük szerzett legfrissebb külföldi tapasztalatokkal a következő fejezet foglalkozik.

4. Hidro-ökológiai modellezés

A környezetvédelem egyik igen fontos területén, a vízminőség-védelem vonatkozásában már hazánkban is több mint két évtizede alkalmazzák az oldott szennyeződések vízben terjedésének leírásához, illetve előrejelzéséhez a numerikus hidraulikai modellezés módszereit. Az első sikeres természetbeni méréseket a *Dunán* végezték a 70-es években, majd kiterjedtek az állóvizek (elsősorban a *Balaton*) vízminőségének helyszíni vizsgálatára is. Az eredmények alapján kifejlesztett/kalibrált numerikus modellek sikeresen leírták a szennyezőanyag tovaterjedését, illetve elkeveredését mind a folyóvizekben, mind a tavakban a szélkeltette áramlások még bonyolultabb körülményei között is (Somlyódy [ed.] 1983). Mindez a világviszonylatban is jelentős előrehaladás azonban nem meríti ki a hidro-ökológiai modellezés fogalmát, mivel a 2. ábrán feltüntetett teljes ökológiai rendszeren belül csak az *élettelen* részre vonatkozik, legfeljebb a vízminőségi szempontból elsőrendű fontosságú klorofill-, illetve algaszaporulatot vették figyelembe. Régi vágya az ökológusoknak, hogy az *élővilág folyamatait* is lehessen numerikusan modellezni és előrejelezni. Amint az előzőekben már rámutattunk, erre elsősorban a környezeti hatástanulmányok pontosítása és korszerűbbé tétele céljából lenne szükség, ami pedig a hidrológusok és ökológusok közös érdeke.

Az ilyen irányú hazai lehetőségek körvonalazásához a közelmúlt külföldi példához kell fordulnunk. A nempermanens vízmozgás számítási módszerei az élettelen természeti környezet folyamatainak (pl. az árhullámok levonulásának) leírásához már „bejártottnak” rendelkezésre állnak. Megtettük az első lépéseket és kedvező tapasztalatokat szereztünk a folyómeder hossz menti alakulásának (a kimosódó és feltöltődő *szakaszoknak*) előrejelzése terén is (VITUKI 1989). A helyi, háromdimenziós áramlási kérdések vizsgálatára még ma is többnyire fizikai (vizes) kisminták használatosak, azonban meg kell említeni, hogy a számítógépek gyors fejlődése egyre inkább lehetővé teszi ilyen bonyolult feladatok numerikus modellezéssel történő megoldását is (Mayerle et al. 1995). A módszer hazai alkalmazása vélhetően nem várat sokat magára. A kitűzött cél eléréséhez ezeket a meglévő modelleket kellene „élettel”, azaz részletes ökológiai adatokkal megtölteni.

A hidraulikai és az ökológiai modellek sikeres összekapcsolásához az ezen a téren előre haladott holland kutatók szerint mindkét csoport idő és tér léptékének azonosnak és legalább is hasonló pontosságúnak kell lennie (Van Vierssen-Wind 1990). Szerintük a folyami ökoszisztémák három legfontosabb csoportja (a mederbeli flóra és fauna, valamint a hullámtér növényzete) szempontjából a vízfolyások hidrodinamikája és morfodinamikája a legjelentősebb. Az előbbi alatt a folyóvíz jellemzőinek változását,



az utóbbi alatt az alluviális meder alakulását értjük az idő és a hely függvényében. A választott léptékhatárok természetesen függenek a víz- és környezetgazdálkodás hatásköri kiterjedésétől is. Az említett dinamikai jellemzők nagyságrendje szintén módosul az egyes léptékhatárok között. A javasolt módszer alkalmazását az *Alsó-Rajna* és mellékágai példáján, az ottani hullámterek rehabilitációja kapcsán készített táblázatban mutatták be (I. táblázat).

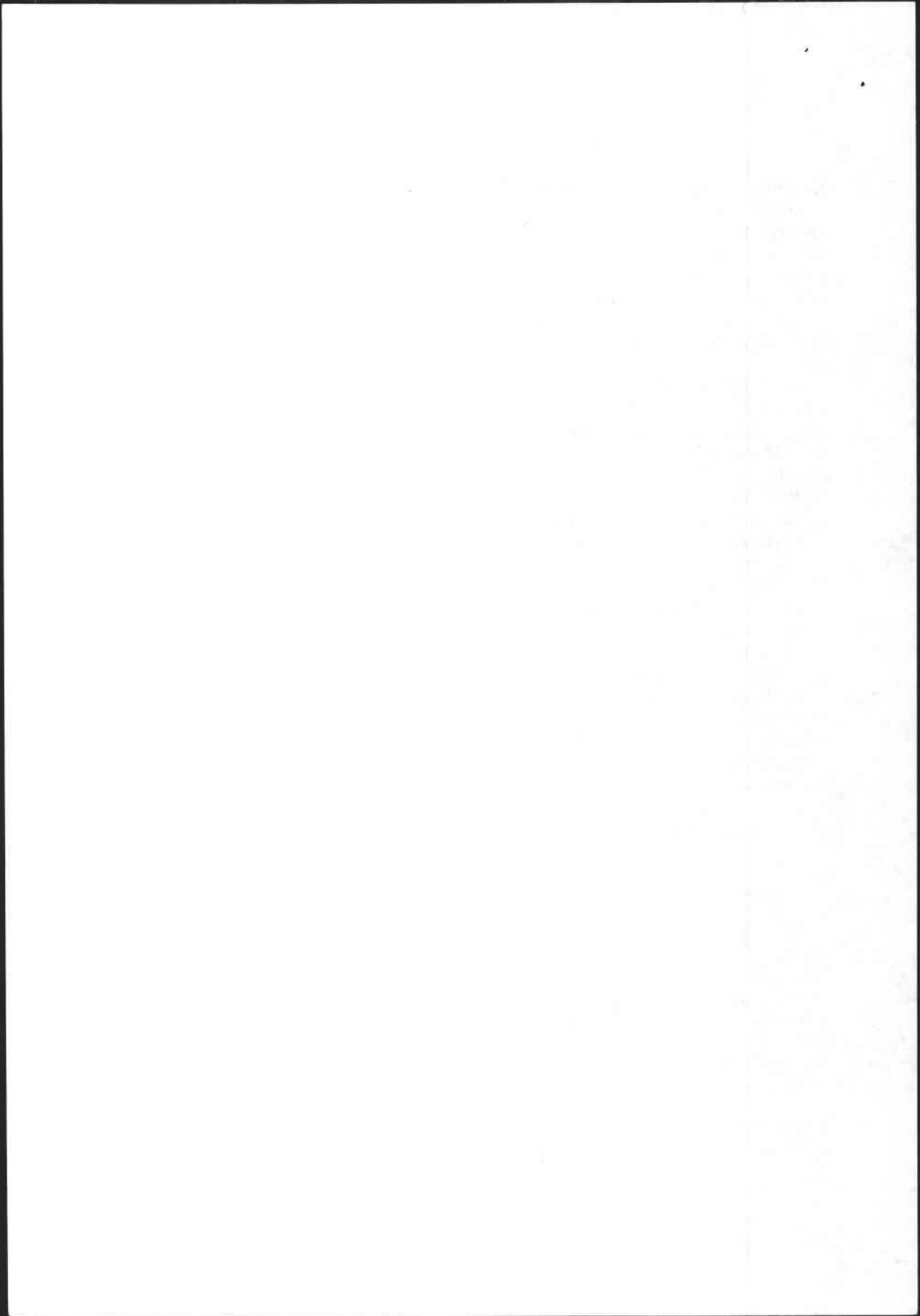
Az összehangolt hidrológiai-ökológiai adatgyűjtés szükségességét és eredményeit leginkább a 90-es években közzétett német tanulmányokban követhetjük nyomon. *Carling et al.* (1996) megállapítják, hogy számos közelmúltbeli beavatkozás ellenére, amelyek hosszabb folyószakaszok vízminőségének megjavítását és rövidebb szakaszok tájbaillesztését és vízi élőhelyek helyreállítását célozták az NSZK-ban, a társadalmi nyomás a gazdasági infrastruktúra védelme és a hajózhatóság fenntartása érdekében akkora, hogy a nagyobb folyókat továbbra is mérnöki módszerekkel fogják szabályozni. Ebből kifolyólag úgy javasolják fenntartani és növelni a biológiai sokféleséget a szabályozott folyókban, hogy fokozott figyelmet szentelnek azoknak a mederbeli élőhelyeknek, amelyek a hossz- és keresztirányú szabályozási művek áramlási árnyékában alakulnak ki, és amelyeket állóvíz kedvelő organizmusok népesítenek be. Bizonyos vízínövények és mederlakó gerinctelenek szívesen tartózkodnak ilyen helyeken, amelyek ezen kívül esetenként menedéket és ívárra alkalmas vízteret nyújtanak olyan halfajtáknak is, amelyek egyébként természetes álló vizekben ívnak. Itt meghúzódhatnak planktonok és kicsiny vízi állatok is, amelyeket egyébként elsodorának az árhullámok.

Nem szorul magyarázatra, hogy a vízsebesség és a vízhőmérséklet keresztirányú változása jelentősen befolyásolja a vízi élőlények faji változatosságát és népségét a folyókban. Ezen fontos paraméterek helyszíni mérése nagyobb folyókon azonban nehézkes és lassú. A korszerű műszerek (pl. az ADCP = Acoustic Doppler Current Profiler), valamint a vízhőmérséklet távérzékelése azonban már néhány percre zsugorítják egy-egy keresztiszelvény felmérését. Például a *Majna* folyó egy 105 m széles szelvé-

I. táblázat

Léptékhatárok és a meghatározó tényezők a hullámtér-gazdálkodásban
(Van Vierssen-Wind 1990)

| Nagyságrend | Vízgyűjtő | Régió | Helyi | Ökoszisztéma |
|---------------------------|---|---|--|-------------------------------------|
| Lépték (km) | 100–1000 | 10–100 | 1–10 | 0,01 |
| Példa | Rajna folyó | alsó szakasz mellékágakkal | vidék (revitalizáció) | erdős rét vízi életter |
| Fő ökológiai tényezők | éghajlat kőzetfajok emberi beavatk. | kőzetfajtak éghajlat emberi beavatk. idő | a víz és a hordalék térbeli változásai | ugyanaz és a szerves világ tényezői |
| Vízgazdálkodási módszerek | a megfelelő minőség biztosítása | ugyanaz és tájbaillesztés | a folyami dinamika biztosítása | |
| Döntéshozási szint | nemzetközi | országos | tartományi | helyi (vízügyi igazgatóság) |

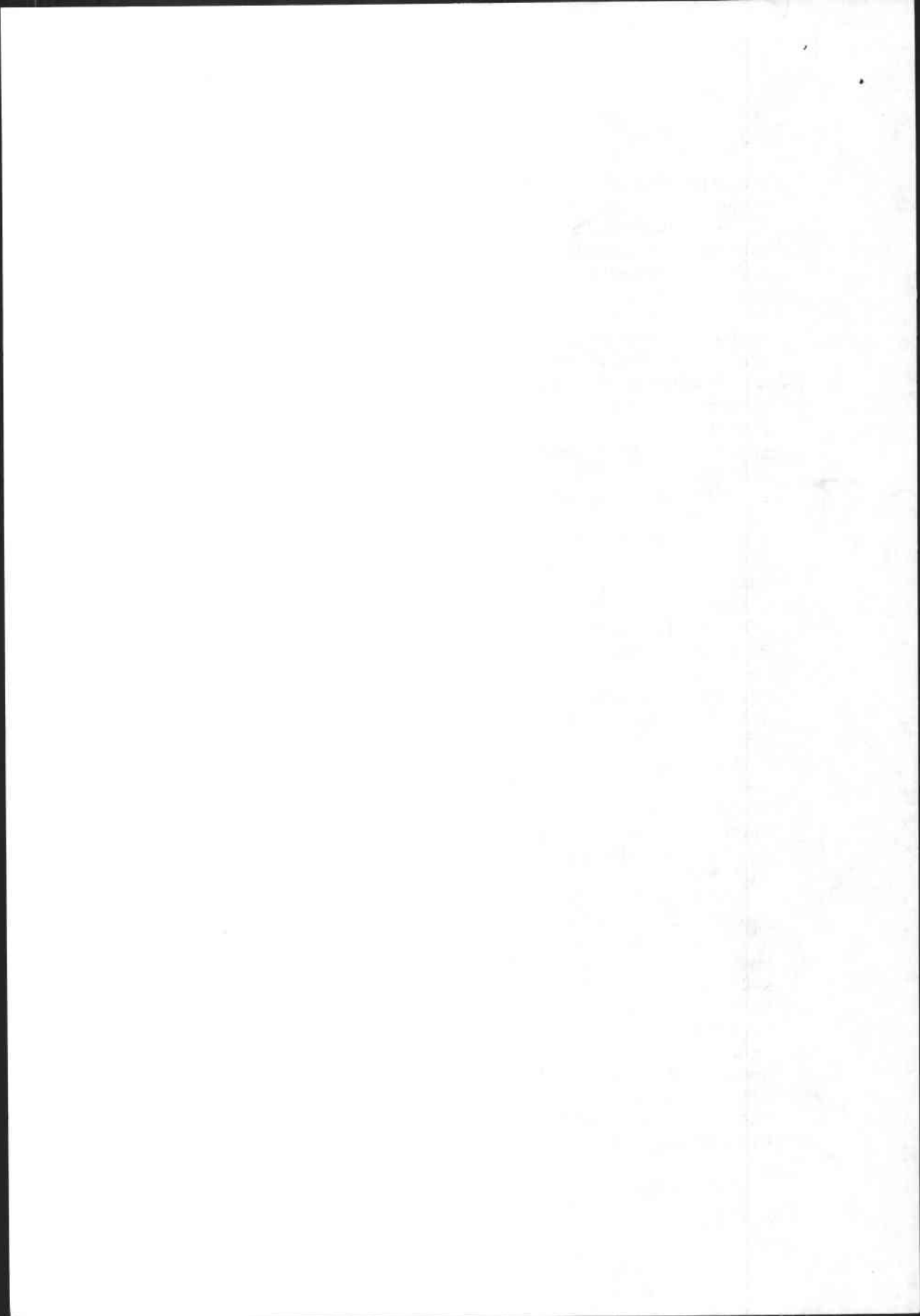


nyében több nagysebességű „mag” jelenlétét sikerült kimutatni, amelyeket csendesebb folyású sávok választanak el.

A múltban hazánkban is folytak hasonló célú mérések nagyobb folyóinkon hagyományos forgóműves sebességmérő műszerrel. Sikerült kimutatni sebességkülönbségeket a szelvény mentén, azonban az eredményül kapott sebességmező szükségképpen kevésbé volt részletes, mint a német példában, viszont a mérésre fordított idő sokkal hosszabb amagénál. Megemlítendő, hogy a PHARE segélyprogram keretében a VITUKI is kapott egy francia gyártmányú ADCP berendezést, amelyet szoftver hiány miatt nem vettek használatba. *Mindent meg kellene tenni a hiány mielőbbi pótlása érdekében*, hiszen a gyors és minden eddiginél részletesebb sebességmérés nemcsak nagyvizek idején jelentene számottevő előnyt, hanem alapvetően javítaná az élettelen környezeti kutatások és numerikus modellezés színvonalát, illetve megbízhatóságát is (pontoszerű forrásból származó oldott szennyezőanyagok terjedése folyókban).

Mind a folyami hidraulika, mind az ökológia szempontjából részletesebb vizsgálatot érdemelne a főmeder nagyobb sebességű része és az említett part-, vagy mőtárgyközelben lassú áramlású terek közötti *víz- és tápanyagcsere* is. Ezeknek a vizeknek általában nincs nagy gazdasági jelentőségük, kivéve azt az esetet, amikor parti szűrési kutak előterében helyezkednek el, ugyanis kitűnő feltételeket teremtenek a lebegtetett hordalék finom szemcséinek lerakódására, azaz a meder *kolmatációjára*. Rákóczi (1997) módszert mutat be ezeknek a vizeknek a lehatárolására a mederanyag szemösszetételi jellegzetességei alapján. A tanulmány ismerteti a *Raján* végzett német vizsgálatoknak azt a tanulságát, hogy a kutak vízhozamát egyes esetekben jelentősen csökkentő kolmatáció vízzáróságához nagyban hozzájárul a *biológiai kolmatáció* is, amelyet különböző vízi élőlények, elsősorban a diatómák megtelepedése okoz. A mesterségesen keltett lassú áramlású vizek ökológiai értéke olyan nagy lehet, hogy már a folyószabályozási tervezés állapotában gondolni kellene az ott szükséges optimális vízsebesség megteremtésére. A meglévő ilyen vizek részletes ökológiai vizsgálata pedig azt célozhatná, hogy a műszakiak az ökológusok javaslatára viszonylag kisebb beavatkozásokkal a szükséges mértékben lassítanak, vagy gyorsítanak az ottani jelenlegi áramlást. Az ilyen együttműködés gyümölcsöző lehetne a holtágak revitalizációja területén is.

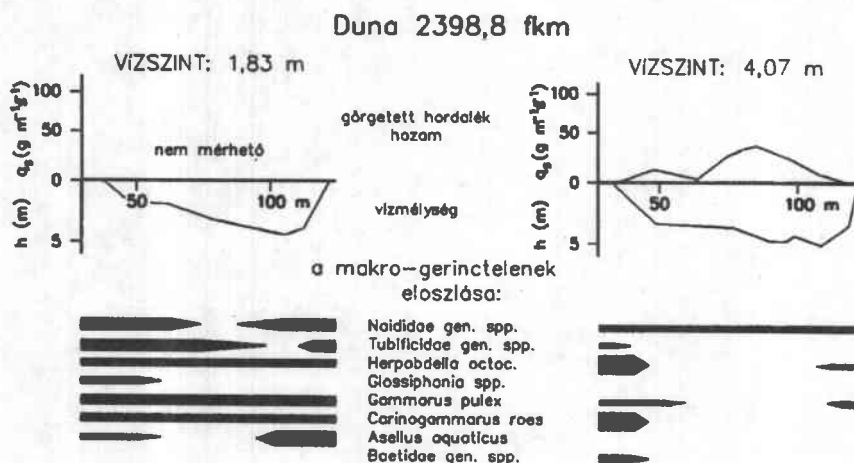
A kereszt-szelvény menti ökológiai változékonyság meghatározása és a vízi szervezetek életfeltételeinek jobb megismerése szempontjából elengedhetetlen a görgetett *hordalékszállítási intenzitás keresztirányú eloszlásának*, a mozgó és a nyugalomban lévő medersávok elhelyezkedésének és kiterjedésének ismerete. Ez utóbbi a hordalékszállítással foglalkozó folyami mérnököket is igen érdekli, mert a görgetett hordalék mintavételéhez hasznos útmutatást adhat, a hordalékhozam számítását pedig jelentősen megbízhatóbbá teheti. Mivel a hordalékmozgás élnkségének változása a vízsebesség változásával jár együtt, az utóbbi pedig gyakran összefügg a víz oxigéntartalmával, hőmérsékletével és BOI-értékével, a felsorolt jellemzők eltérései magyarázatot adhatnak arra a kérdésre, hogy miért alakulnak ki a különböző fajok életterei a folyómeder más-más részén? A magában a mederben lakó gerinctelen élőlények életfeltételei szempontjából fontos a mederanyag szemcse-összetételének ismerete is a ke-



resztszelvény különböző pontjain. Külföldi kutatók azt is kimutatták már, hogy a hatás kölcsönös: az organizmusok alkotta felszíni film gátolja a 2 mm-nél kisebb mederanyag-szemcsék kimosódását, különösen a partközeli sávban.

Petran és Kothé (1978) részletesen vizsgálták a *Rajna* egy szakaszának mederfaunáját és egyidejűleg mintázták a görgetett hordalékot is. Megállapították, hogy a vízsebesség, valamint a görgetett hordalék szemösszetétele és hozama lényegesen befolyásolja a mederben élő állatfajok számát és népségének nagyságát. Kiderült, hogy a meder rendszeresen mozgó részén csak *oligochéták* élnek, amelyek a mozgó mederréteg alatti nyugalomban lévő szemcsék között létesítenek telepeket. A helyhez kötött fajokon kívül a szerzők megkülönböztetik a jóval mozgékonyabb rovarlárvák és egyes rákok csoportját, amelyek áradáskor elhagyják lakhelyüket és a meder csendesebb folyású részein keresnek menedéket. Az árhullám levonulása után azonban visszatérnek a mélyebb és sebesebb áramlású helyekre, újabb telepeket létesítve. A csendes vizek állandó lakói a különféle rovarlárvák és a kagylók. Ezek a tartósan mozdulatlan mederanyagban érzik jól magukat.

A 4. ábra az álló mederben lefolyó kisvizek és a mérhető görgetett hordalékmozgást kiváltó árhullám levonulása alatt tünteti fel az üledéklakó fajok elhelyezkedését a vizsgált *Duna*-szakasz egy keresztmetszvénye mentén. A vonalak vastagsága a népség számával arányos. Látható, hogy a meder teljes szélességét benépesítő fajok közül csak az oligochéták maradtak a helyükön az árhullám idején. Felfedezhető az is, hogy a medret újra és újra benépesítő fajok a part közelébe, feltehetőleg az áramlási árnyékban lévő vízterekbe menekülnek az árhullám tartamára. Az üledéklakó, valamint a fo-

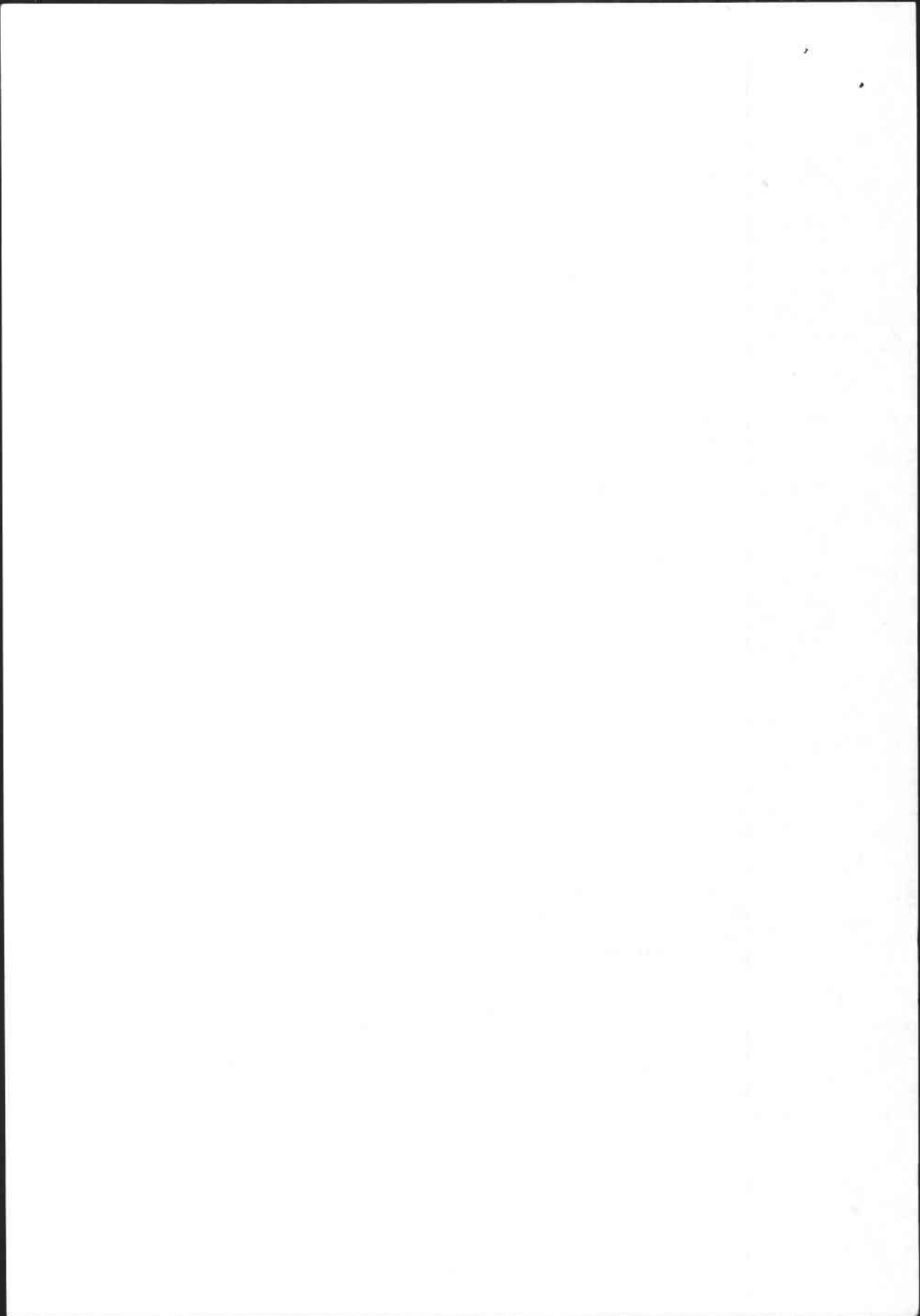


4. ábra. A makro-gerinctelenek eloszlása a Duna egy szelvényében (Petran–Kothé 1978)

Figure 4. Distribution of macro-invertebrates in a section of the River Danube (after Pethan–Kothé, 1978)

Bild 4. Fortzug makro-wirbelloser Tiere in einem Donauquerschnitt (nach Petran-Kothé 1978)

рис. 4. Проход безизоэночных макрофаун в одном из сѣвоворв р.Дуная (Petran–Kothé 1978)



lyóparti ökoton sávban és a hullámtéren élő állatfajok életfeltételeinek vizsgálata és változásainak regisztrálása fontos része a környezeti monitoring rendszernek, mert részei a táplálékláncnak, így gazdasági jelentőségük a halállomány fajösszetételének és egyedszámának alakításában rejlik. Az emberi beavatkozások hatására történő változások előrejelzésére numerikus modellek azonban csak a víz- és hordalék-dinamika jellemzőivel való összekapcsolásuk után használhatók.

5. Összefoglalás

A közeljövő fenntartható folyófejlesztéseit csakis rendszerszemléletű, a vízfolyást a természet szerves részének tekintő szakemberek tervezhetik és valósíthatják meg. A társadalmi, a gazdasági és az ökológiai igényeket egyaránt tekintetbe vevő, igen összetett tevékenység több fontos kérdésének megoldása, valamint a környezeti hatástanulmány kidolgozása a hidrológusok és ökológusok együttműködését kívánja meg. *Az élő és élettelen környezet folyamatainak összekapcsolt modellezésére hazánkban még alig történt kísérlet*, holott az emberi beavatkozások hidraulikai/hidrológiai és vízminőségi hatásaira nézve már számos sikeres modellt fejlesztettek ki bel- és külföldön egyaránt. Igen fontos lenne, ha nemcsak hidraulikai, hanem ökológiai szempontból is *használható, prediktív erejű* numerikus modelleket tudnánk kifejleszteni és alkalmazni, annál is inkább, mert ez *a kor parancsa* is. Ma már *korszerű, a kívánalmakat magas fokon kielégítő* környezeti hatástanulmány az élő és élettelen vízi folyamatokat *együtt kezelő modellek* létrehozása és eredményeik beépítése nélkül nem készíthető. Erre vonatkozóan igen biztató eredményeket felmutató külföldi példákat lehet találni a szakirodalomban, amelyek meggyőzően bizonyítják, hogy a hidraulikus és ökológus szakemberek az említett cél elérése érdekében szorosan és hasznosan együtt tudnak működni, valamint, hogy ez az *együttműködés*, ami természetesen *nemcsak* a környezeti tanulmányok területén hasznosítható, *elodázhatatlan és nélkülözhetetlen*.

Az együttműködés legfontosabb személyi, szemléleti és szervezeti előfeltételei:

- Olyan ökológusok, akik tudatában vannak annak, hogy a vízi, elsősorban a folyami flóra és fauna életfeltételei, habitat-viszonyai (hely, kiterjedés, megszűnés és újraképződés, stb.) döntő módon függenek a vízfolyás és a hordalékmozgás jellemzőinek időbeli alakulásától (az árhullámoktól, azok sebességviszonyaitól, gyakoriságától, az árhullámok közötti kisvízes időszakok hosszától, stb.), *amelyek ma már numerikusan modellezhetők*.
- Olyan hidraulikus és hidrológus szakemberek, akik ráébredtek arra, hogy a víztest, illetve az üledék, aminek dinamikai kérdéseivel foglalkoznak, nem csupán élettelen közeg, hanem *számos vízi élőlény élettere*, amelyek pusztá léte, vagy nemléte a hidraulikai és üledékmozgási paraméterek függvénye is.
- Oktatási, illetve továbbképzési feltételek, amelyek lehetővé teszik, hogy az ökológusok és hidrológus hallgatók kiképzésük szerves részeként, a már a gya-



korlatban dolgozó szakemberek pedig szervezett, vagy egyéni formában elsa-
játítják egymás tudományterületének alapfogalmait, amelyek nélkülözhetle-
nek ahhoz, hogy egymás legfőbb szakmai problémáit megértsék és azok közös
megoldása érdekében sikeresen együttműködhesse. A BME-n megindult
„Környezeti mérnökképzés” tananyagát célszerű lenne kiterjeszteni az élővilág
egészére. Az ökológusképzésben hasonló átalakítás lenne szükséges a kapcso-
lódó vízimérnöki tantárgyak irányában.

- Közös kutatási témák együttes kidolgozása, elsősorban a környezeti hatástanul-
mányok területén.
- Lehetőség egymás szakmai/tudományos egyesületeinek/testületeinek előadói-
lésein való részvételre, közös előadások tartására, közös tanulmányok írására
és publikálására.

IRODALOM

- Baranyi S.*: Tószabályozás és környezetvédelem. Vízügyi Közlemények, LXX. évf. 3. füzet, 1988.
- Bognár Gy. (szerk.)*: Vízfolyások környezetbe illeszkedő szabályozása. VITUKI, 1989.
- Carling P. A.–Kohmann F.–Gözl E.*: River hydraulics, sediment transport: their ecological relevance to European rivers. Arch. Hydrobiol. Suppl. 113. (Stuttgart) 1996.
- Chorley R. J.–Schumm S. A.–Sudgen D. E.*: Geomorphology. Methuen Publ. Co. London, U.K. 1984.
- Csoma J.*: A folyószabályozás tervezésének fejlesztése. 1982.
- Dávid L.*: Environmentally Sound Management of Freshwater Resources. Resources Policy. Vol.12. 1986.
- Fehér J.*: A környezeti modell víz almodellje. Vízügyi Közlemények LXVIII. évf. 1986.
- Gulyás P.*: A vízépítési tevékenység vízi ökoszisztémákra gyakorolt hatása. Vízügyi Közlemények, 2. fü-
zet, 1994.
- Harkay M.–Lotz Gy.*: A természetbe illeszkedő vízfolyásrendezés. Vízügyi Közlemények. 3. füzet,
1988.
- Hungarian Academy of Sciences*: Fluvial Hydraulics and River Training. Hungary's Contribution to the
State-of-the-Art. Budapest, 1988.
- Kovács D. (szerk.)*: A folyó- és tószabályozás környezetvédelmi eredményei és lehetőségei. Hidrológiai
Közlöny, 6. sz. 1985.
- Mayerle R.–Toro F. M.–Wang S. S. Y.*: Verification of a three-dimensional numerical model simulation of
the flow in the vicinity of spur dikes. Journ. Hydraul. Res. Vol 33. 1995.
- Muszkalay L.–Starosolszky Ö.*: A szennyvíz-elkeveredés helyszíni vizsgálata folyókban. XXII. IAHR
Congress, Lausanne, Switzerland, 1987.
- Nagy I.*: A kiskörei-tározó hullámterének átalakítása. Vízügyi Közlemények LXVII. évf. 2. füzet. 1985.
- Nagy L.–Reményi P.*: A bős-nagymarosi vízlépcsőrendszer környezeti hatástanulmánya. Vízügyi Közle-
mények, LXX. évf. 4. füzet 1988.
- Országos Vízügyi Hivatal*: Hullámtéri véderdő telepítése és állománynevelése. Műszaki Irányelvek MI-10
256-80, 1980.
- Petran M.–Kothé P.*: Influence of bedload transport on the macrobenthos of running waters. Verg Internat.
Verein. Limnol. No. 20. 1978.
- Publication of the IAHR workshop (Utrecht)*: Hydraulics and the Environment. Journal of Hydraulic Re-
search, Extra Issue, Vol. 29. 1991.
- Rákóczi L.*: Mérnökképzés Észak-Amerikában. Vízügyi Közlemények, 1969.
- Rákóczi L.*: A Duna hordalékjárása. Vízügyi Közlemények, 2. füzet, 1993.
- Rákóczi L.*: A folyómeder kolmatálódásra hajlamos részének lehatárolása a mederanyag elemzése alapján.
Vízügyi Közlemények, 3. füzet, 1997.
- Somlyódy L. (ed.)*: Eutrophication of Shallow Lakes: Modeling and Management. IIASA, Laxenburg,
Austria 1983.



- Somlyódy L.—Liczkó I.—Fehér J.—Csányi B.: A Sajó folyó kadmium-szennyeződésének modellezése. Vízügyi Közlemények 1985. 4.
- Szlávik L.—Sziebert J.—Zellei L.—Zsuffa I.: A Nyéki Holt-Duna rehabilitációja. Vízügyi Közlemények, LXXVIII. évf. 3. füzet 1995.
- UNESCO/UNEP: The impact of large water projects on the environment. Paris, 1990.
- Van Vierssen W.—Wind H. G.: Rivieren, natuurlijk dynamisch. Manuscript. Twente, 1990.
- VITUKI: A folyószabályozás és a környezetvédelem kapcsolatának vizsgálata. Összefoglaló jelentés. Kézirat, 1973.
- VITUKI: A keveredés feltételei folyókban. A sebességpulzáció mérése. VITUKI. Összefoglaló jelentés. Kézirat, 1981.
- VITUKI: A vízlépcsők hatása a környező mezőgazdasági területekre és erdőségekre. Összefoglaló jelentés. Kézirat, 1982.
- VITUKI: Állapotrögzítés és numerikus becslés a Rajka–Dunaujváros közötti Duna-szakasz hordalékjársának változására és mederalakulására vonatkozóan. Összefoglaló jelentés. Kézirat, 1989.

* * *

River training at the turn of the millennium

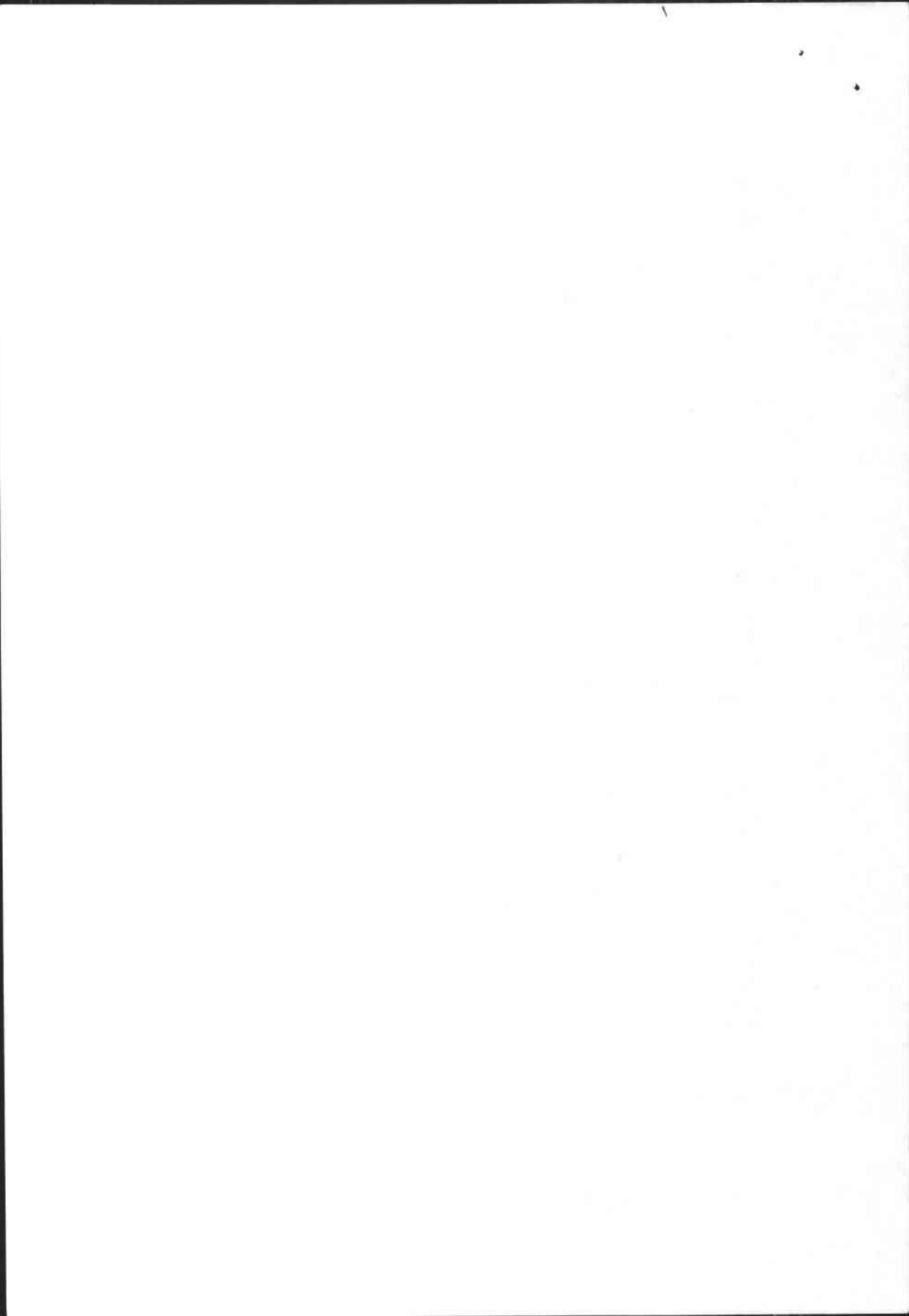
by Dr. László RÁKÓCZI C.E. Cand. Sc.

The study sketches the difficulties which are faced by river training activities, when trying to meet economic, social and environmental requirements, simultaneously. The example of the diverted Upper Hungarian Danube is used as an example for demonstrating how the water regime and sediment transport have changed upon the anthropogenic impacts (*Fig. 1.*). These make the work of water management planners and especially that of hydrological forecasters difficult. Compliance with ecological requirements is a must in our era. Nevertheless the environmental impact assessment of major water projects is a complex task, which requires the close cooperation of hydrologists and ecologists. The study demonstrates in details how the environmental knowledge of river engineers and researchers has developed since the middle of the 1970-ies. It is also stated that most of the ecologists does not show similar interest in the work of water engineers and in the limitations of their actions. Nevertheless, the recent development of water sciences requires the mutually wide broadening of knowledge by all professional fields involved. Hydrologists must consider the streams as an organic part of the whole (biotic and abiotic) aquatic ecosystem.

A precondition of the systems approach to rivers is that the engineers shall consider the river section to be regulated as the result of geomorphological processes. This means that they must not apply solutions counter-acting these processes, when planning river training works and/or the ecological rehabilitation of a river reach (*Fig. 3.*). In the future the temporal and spatial differences of natural and anthropogenically induced processes must be increasingly taken into consideration, both along the river and in the river valley. The modern and sophisticated means of numerical hydraulic/hydrological modelling should be fully utilized, making use of data of both the hydrological regime and the ecological state of the river. This way leads to a high level of ecohydrological modelling, which can form the basis of environmental impact assessment at higher level than before.

The study attempts to help achieve this goal by presenting some of the successful foreign examples of hydrological-ecological cooperation (*Table 1., Fig. 5.*), making also use of up-to-date hydrographic instruments (*Figure 4.*). Finally the paper describes the preconditions of the successful cooperation of the professionals of the two disciplines.

* * *



Flußregulierung um die Jahrtausendwende*von Dr. -Ing. László RÁKÓCZI, CSc.*

Es werden eingangs die Schwierigkeiten geschildert, welche aus den an die Flußregulierung gleichzeitig gestellten wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und umweltbezogenen Anforderungen entstehen. Am Beispiel der slowakisch/ungarischen Oberen Donaustrecke wird gezeigt, in welchem Maße sich das Abflußregime infolge der Abflußregulierung verändert hat (*Bild 1*), wobei in den letzten Jahrzehnt auch das Feststoff regime des Stromes eine bedeutende Umwälzung erfuhr. All dies erschwert die wasserbauliche Planung, insbesondere aber die Vorhersage der hydrologischen Elemente. Die Berücksichtigung ökologischer Forderungen ist heutzutage schon unumgänglich, wobei jedoch die Erstellung der Umweltstudien größerer technischer Anlagen eine so komplizierte Aufgabe darstellt, welche ohne eine Zusammenarbeit zwischen Hydrologen und Ökologen nicht mehr gelöst werden kann. In der Studie wird ausführlich gezeigt, in welchem Maße sich die Kenntnisse und die Einstellung der sich mit Gewässern befassenden Ingenieure seit der Mitte der 1970er Jahre entwickelt haben. Es wird jedoch festgestellt, daß die meisten Ökologen z.Z. noch keineswegs dasselbe Interesse für die Möglichkeiten und Methoden der Wasserbauingenieure aufbringen. Es ist allerdings eine grundlegende Anforderung unserer Zeit, daß die Fachleute beider Disziplinen ihren fachlichen Sichtkreis dauernd erweitern. Die Hydrologen sollen die Gewässer als organische Bestandteile des vollständigen (lebenden und unbelebten) Ökosystems betrachten und behandeln (*Bild 2*).

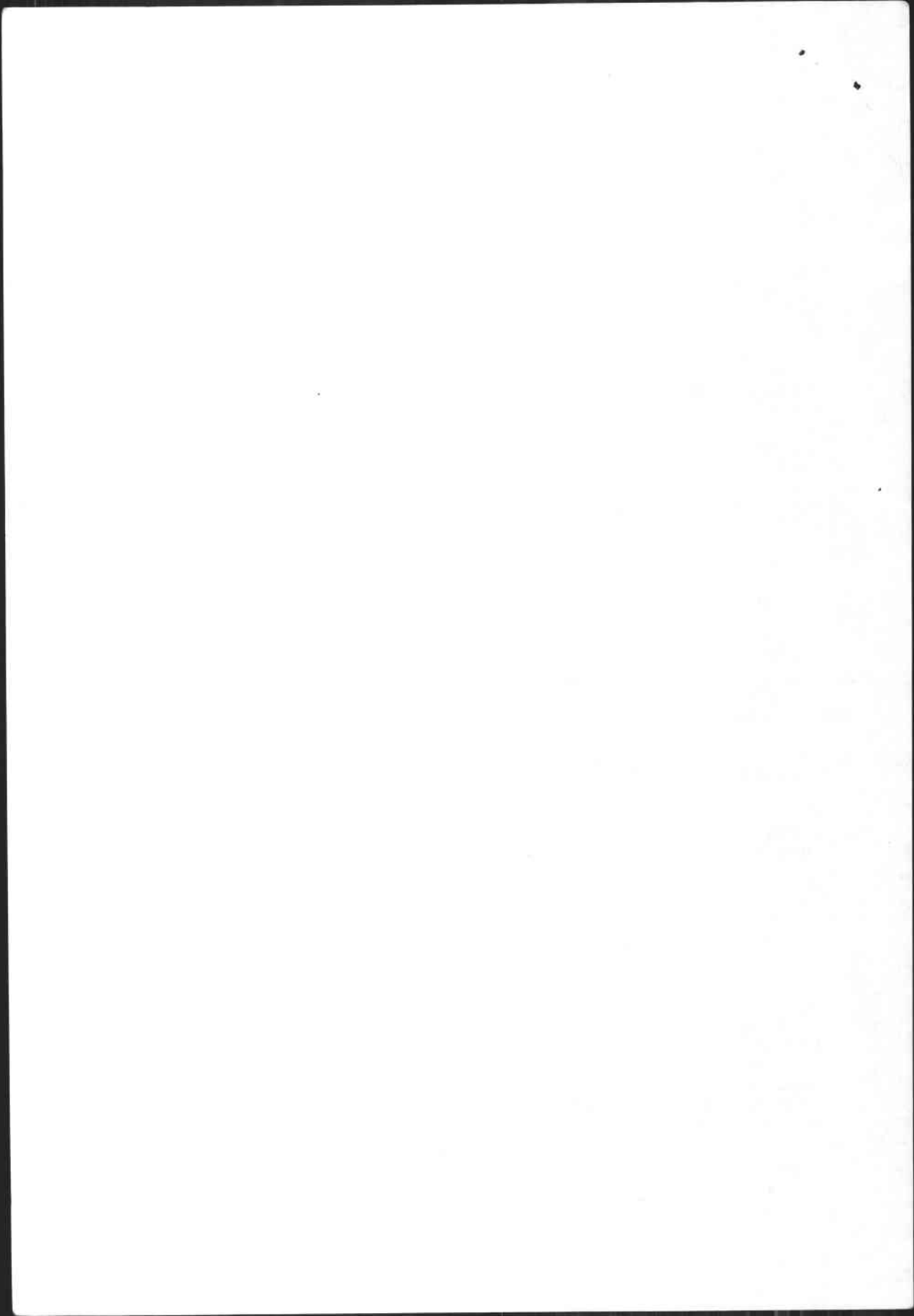
Eine grundlegende Voraussetzung für eine systembewußte Regulierung der Flüsse ist es, daß der Ingenieur die jeweilige zu regulierende Flußstrecke als das Ergebnis eines geomorphologischen Prozesses behandelt und im Laufe des Entwurfes sowie der ökologisch ausgerichteten Rehabilitation desselben keine diesem Prozess widersprechenden Lösungen anwendet (*Bild 3*). In der Zukunft soll der zeitlichen und räumlichen Verschiedenheit zwischen den der Eingriffe und der Naturprozesse sowie dem Anspruch an eine ökologische Kontinuität sowohl entlang des Flusses als auch in seinem Talquerschnitt zunehmende Aufmerksamkeit gewidmet werden. Man soll dabei das bis heute erreichte hohe Niveau der hydrologischen (hydraulischen numerischen Modellierung völlig ausnützen und mit den Ergebnissen einer systematischen, auf die Charakteristika des Abflußregimes abgestimmten ökologischen Datenerhebung koppeln. Nur auf diese Weise kann nämlich ein Niveau der hydrologisch/ökologischen numerischen Modellierung gewährleistet werden welches für zuverlässigere Schätzungen und Auswirkungsuntersuchungen unentbehrlich ist.

Um das Erreichen dieses Zieles zu fördern, werden in der Studie moderne hydrographische Meßgeräte (*Bild 4*) sowie einige ausländische Beispiele für eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Hydrologen und Ökologen gezeigt (*Tabelle I, Bild 5*). Schließlich werden die Voraussetzungen für eine ähnlicherweise fruchtbaren Zusammenarbeit der beiden Fachgebiete in Ungarn aufgezählt.

* * *

Регулирование русел рек при повороте века*Д-р РАКОЦИ Ласло, д-р техн. наук, кандидат технических наук*

В данном докладе даётся схематическое изложение о трудностях одновременного удовлетворения при регулировании русел рек требованиям экономики, общества и охраны окружающей среды. На примере Верхнего Дуная показано, насколько изменялся после отведения значительной части воды не только водный режим, но и наносный режим реки (*рис. 1*) за последние десятилетия. Эти изменения затрудняют проектирование водных мероприятий, прежде всего определению



гидрологических элементов. Учёт экологических требований в настоящее время является обязательным условием, но разработка проекта по влиянию более крупных гидротехнических сооружений на окружающую среду является настолько сложной задачей, что необходимо здесь тесное сотрудничество гидрологов и экологов. В данном докладе подробно излагается, насколько развивалось знание научных исследователей и инженеров, занимающихся с вопросами рек, и как изменялся их взгляд со середины 70-ых годов. Сделан вывод, что большинство экологов не выражает подобный интерес к возможностям и способам водного хозяйства. Несмотря на это, требованием нашего времени является, что представители обеих специальностей дальше расширяли поле зрения своих специальностей, гидрологи считали водотоки органической частью полной (живой и неживой) экосистемы (рис. 2).

Основным условием регулирования русел рек системного подхода является то, что инженеры рассматривали регулируемый участок реки как результат геоморфологических процессов и при проектировании регулирования русел, а также при реабилитации экологии не приняли способы, противоположных этим процессам (рис. 3). В будущем усиленно нужно принимать во внимание различия временных и пространственных масштабов естественных процессов и человеческих вмешательств, а также как можно более полное удовлетворение экологическим требованиям как и вдоль реки, так и вдоль долины. Высоким уровнем нумерического гидрологического-гидравлического моделирования в настоящее время нужно более полно воспользоваться и данный способ связывать с результатами местного сбора экологических данных в координации с сбора данных по водному режиму. Только этим путём можно достигать такого уровня гидрологического-экологического нумерического моделирования, которое необходимо к более надёжной оценки влияния человеческих вмешательств на окружающую среду.

Данный доклад представлением некоторых современных гидрологических приборов (рис. 4), заграничных примеров успешного сотрудничества между гидрологами и экологами (таблица 1, рис. 5) желает оказать помощь для достижения этой цели. В заключении перечисляются предпосылки подобного успешного сотрудничества двух спецобластей в нашей стране.

