

Geofizikai javaslatok a Bős—Nagymaros Vízlépcsőrendszer környezeti hatásainak vizsgálatához¹

MÁRFÖLDI GÁBOR — RÉTVÁRI LÁSZLÓ

Elvi—módszertani felvetések

A Gabčíkovo(Bős)—Nagymaros Vízlépcsőrendszer (a továbbiakban GNV) várható környezeti hatásainak felderítésére a 80-as években egyre intenzívebb vizsgálatok szerveződtek. A szerteágazó ágazati és komplex kutatásokból, tudományos műhelyvitákból egyértelműen kiderült, hogy a 70-es években tervezett *komplex vízügyi* (energetikai, hajózási, árvízvédelmi) *nagylétesítmény* alapvetően befolyásolja a természeti folyamatok alakulását. A vizsgálati eredményekből azonban az is kiderült, hogy a várható, valószínűsíthető következmények mindegyikét *nem lehet teljes biztonsággal előre jelezni*, különösen nem a konzekvenciák súlyát, a bekövetkezés valószínűségét és az elhárítás optimális módját. A környezeti hatás—változás—következmény folyamatok prognózisának megbízhatósága azonban mélyrehatóan függ a hatásvizsgálatokban érintett tudományágak - köztük az eddig mostohán kezelt geofizika - elméleti lehetőségeitől, a gyakorlati (műszeres) geofizika hasznosításától.

A vízminőség fizikai, kémiai, biológiai állapotváltozásának, továbbá a talajvíz, a meder-morfológiai viszonyok alakulásának, ill. a hordalékvándorlásnak és -ülepedésnek stb. jobb (prognosztikus) megismerése először is *egységes észlelőhálózat* kialakítását kívánja meg. Éppen a hatások és változások pontosítása indokolja a különböző mérési metodikák bekapcsolását, célorientált továbbfejlesztését.

A tényleges környezeti változásokat nyomon követő észlelő rendszer tehát semmiképpen nem lehet a vízügy kizárólagos monopóliuma, vagyis az új helyzetek, a változások dinamikájának bonyolultsága, nem különben a megbízhatóság növelése mindenképpen megkívánja a beruházóktól független, *kontroll célzatú mérések rendszeresítését* is. Ezek megerősíthetik, vagy egy-egy hatás megítélésében „kontrázhadják” az egységes észlelőhálózat prognózisát.

Nemzetközi tapasztalatok igazolják, hogy a vízügyi létesítmények mindegyikének - az általános hatások mellett - mindig vannak sajátos jegyei is. Vagyis minden vízlépcső-komplexum *más*, azaz valamiben mindegyik meg nem ismételhető. Az elmúlt évek szakmai vitái sokoldalúan bizonyították, hogy a Dunán eddig megépített 29 vízlépcső ellenére a GNV nagyon is *egyedi* lesz. A nemzetközi tapasztalatok fegyelembevétele tehát fontos, de *nem elégséges*.

¹ A tanulmány a KFH 141/1988. sz. "A komplex geofizika metodikai lehetőségei a Gabčíkovo—Nagymaros Vízlépcsőrendszer régiója környezeti hatásvizsgálatában" tárgyú kutatási megbízás eredményeire támaszkodva készült. A hivatkozott munka zárójelentésének elkészítésében - e cikk szerzői mellett - NIKODÉMUS A. (FKI), SCHÖNVISSZKY L. (ELGI) és ZSILÁK GY. (MÁFI) vett részt. E tanulmány kéziratát 1989. szeptemberében fejeztük be, vagyis a nagymarosi beruházást véglegesen leállító október 31-i parlamenti döntés előtt. Ezzel együtt is indokoltnak látjuk vizsgálati eredményeink közlését, mert egyrészt a GNV korábbi hatáselemzéseiből jórészt hiányoztak a korszerű geofizika által kínált módszerek, másrészt a bevezető és az összegzés metodikai felvetései - megítélésünk szerint - a jövőben hasonló célú kutatási problematikák jelentkezése esetén hasznosíthatók. (A szerzők utólagos megjegyzése.)

A GNV-t „szélsőségesen” ellenzők *ökológiai összeomlást* sem zárnak ki a hatásterületen. Ugyanakkor azt a legtöbb mérvadó prognózis előrevetíti, hogy a rendszer megépítése és működtetése alapvetően módosítja, sőt megváltoztatja a hatásterület vízháztartási viszonyait. A változásnak nyilván lesznek hátrányos és előnyös következményei. Szakmai körökben még mindig eldöntetlen, hogy melyik lesz a nagyobb. Meggyőződésünk, hogy a területi érdekeltségek, a helyi társadalmak szemszögéből a hátrányok, a káros következmények lesznek a dominánsok.

Fontos alaptételnek tekintendő, hogy a természeti környezetbe helyezett minden műszaki létesítmény lényegében véve *mennyiségi kategória*. A műszaki beavatkozásoknak az ökológiai hatása viszont jelentős részben *minőségi* jellegű. Minden bizonnyal e kettősség az egyik alapvető oka a szakmák közötti vitáknak. Mert, hogy az esetleg legfejlettebb műszaki elméleti ismereteket felvonultató technika alkalmazása, ill. a főként mennyiségben gondolkodó és cselekvő mérnöki munka törvényszerűen ellentmondásba kerül a minőségben, az „eredeti értékek” megőrzésében gondokodó ökológussal folytatott párbeszédben. Ezért a remélt jövőbeni dialógusban a *megmérhetők megmérése* kell legyen az összekötő láncszem, a viták eldöntésének alapja.

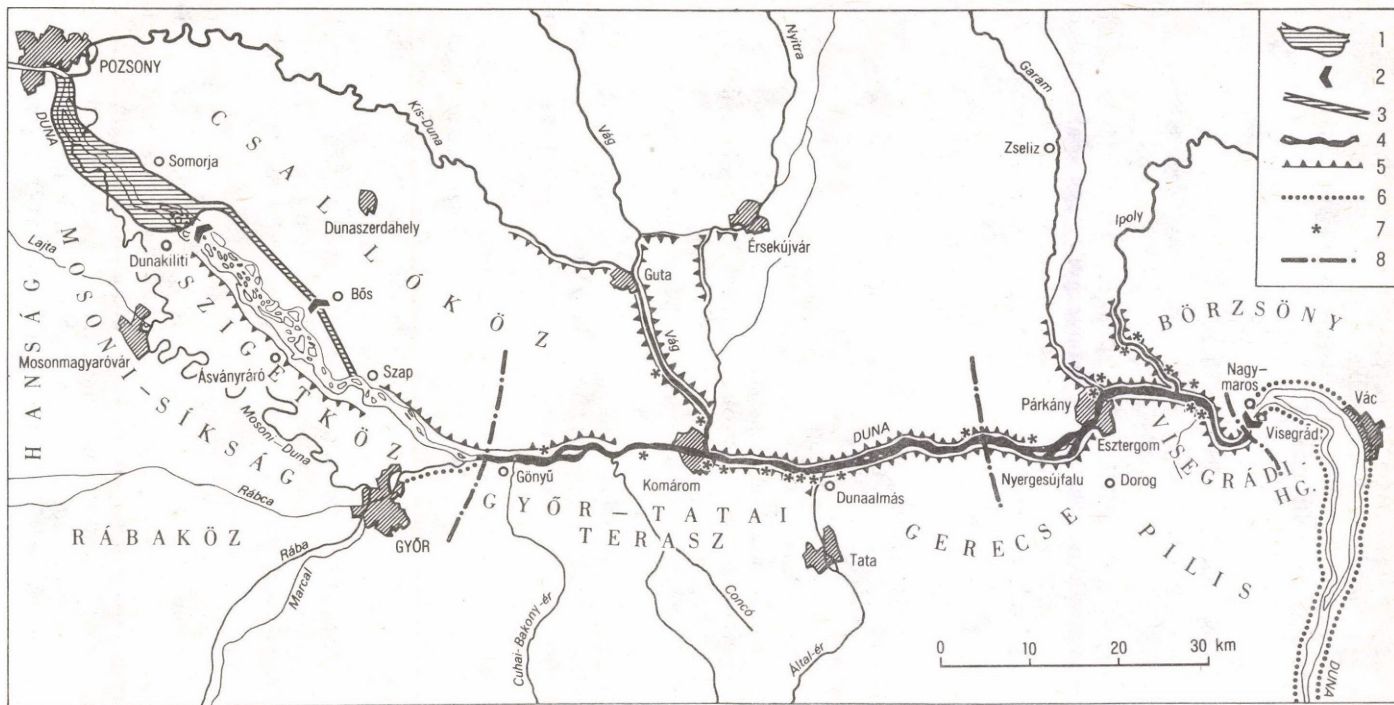
A GNV hatásterület *megfigyelő hálózatának* célja a vízlépcső létesítését megelőző, az építést, majd a megvalósítást (?) nyomán követő állapotok és állapotváltozások regisztrálása, a lehetséges ökológiai hátrányok és előnyök előrejelzése, ill. azok kezelése (a hátrányok mérséklésére, az előnyök jobb kihasználására vonatkozó javaslatok, beavatkozások meghatározása). Az alábbiakban ismertetendő javaslatunk szerint a *geofizikai módszerekkel, mérési (ellenőrzési) eszközökkel* kiegészítendő megfigyelő hálózat *közvetlen gyakorlati célja*

- azoknak a földrajzi pontoknak, észlelési helyeknek a kijelölése, ahol a vizsgálandó specifikus jelenségek megítélésére, ill. a várható - ez ideig figyelmen kívül maradt - hatások észlelésére a legjobbak, legkifejezőbbek a körülmények;
- a nyert adatok központi fogadása, kezelése és feldolgozása;
- azoknak a várható hatás—változás—következmény folyamatoknak a kutatása, a lehetséges legjobbhoz közelítő felismerése, amelyek mérés útján direkt, vagy indirekt módon utalnak a geofizikai faktorok (változó) értékeire, ill. a velük kapcsolatos környezeti és társadalmi érdekviszonyokra;
- a kapott és kiértékelt információk továbbítása, a hasznosítás elősegítése.

A komplex geofizika metodikai lehetőségeit felvető és felvázoló módszertani munkánk voltaképpen egy felmérés. Mégpedig olyan számbavétel, ami a vizsgálandó környezeti hatásokhoz

- geofizikai módszereket és műszereket;
- beépítendő geofizikai lyukműszereket;
- a periodikusan ismétlődő ellenőrzéseket végző geofizikai műszerkocsit javasol, ill. rendel. Mindezekhez meghatározandók még egyrészt a folyamatos és az időnként ismétlődő regisztrálás követelményei, ill. a rendszernek és alkotóelemeinek várható költsége, továbbá a finanszírozás lehetősége és a mérőrendszer (közte a KÖVIKOR)² gazdaságossága.

²KÖVIKOR = A Környezet Állapotát Vizsgáló Komplex Rendszer, amely korlátozott felelősségű társaságként 1988-ban alakult és 1989-ben jegyezték be.



1. ábra. A Bős—Nagymaros Vízlépcsőrendszer hatásterülete. - 1 = víztározó; 2 = duzzasztómű; 3 = üzemvízcsatorna; 4 = duzzasztott folyamszakasz; 5 = védgát; 6 = mederrendezés; 7 = védelmi létesítmény; 8 = hatásterületen belüli hidrológiai régió

Impact zone of the Gabčíkovo(Bős)—Nagymaros Barrage System. - 1 = reservoir; 2 = barrage; 3 = diversion canal; 4 = dammed river section; 5 = floor-control dyke; 6 = channel regulation; 7 = control establishment; 8 = hydrological regions within the impact zone

Munkánk tehát a GNV teljes (még inkább remélt részleges) hatásterületére kiterjedően kíván komplex geofizikai mérési metodikai lehetőségeket feltárni. Vagyis - megvalósítás esetén - bemutatni azt a feltételrendszert, ami a javasolt geofizikai módszereket és eszközöket együtt tartalmazza.

A GNV várható környezeti hatásai

A vízlépcsőrendszer környezeti hatásai prognózisának ma már jelentős az irodalma. Ezekből merítve, de a saját véleményünket is hozzátéve igyekszünk az alábbiakban vázlatos áttekintést adni a várható vagy csak feltételezett hatásokról. A *helyzetképi összegezést* azonban a javaslatba hozott *geofizikai módszerek alkalmazásba vétele* még inkább indokolttá teszi.

A hatásterület leírása

Pozsonytól a Nagymaros—Visegrádi Duna-áttörésig terjedő, Ny—K-i irányban *tölcserendszeren* összesülkülő 2600 km^2 -nyi hatásterület (kb. 550 ezres lakónépeiséggel) négy régióra bontható (1. ábra). Ezek a régiók sajátos hidrológiai változásokkal különbözhetnek el. A megvalósított művi beavatkozások legsokoldalúbbak a Rajka—Gönyű közötti térségben és ezáltal az érintett magyar (Szigetköz) és szlovák oldal (Csallóköz) síkságának arculata is mélyreható változást szenved. A hidrológiai változásoknál maradv

- a Szigetköz *felső részén* a talajvíz emelkedésével kell számolni azáltal, hogy a Duna 1842 fkm szelvényében épül meg a dunakiliti duzzasztómű, s mögötte (Pozsonyig) a töltések között 200 millió m^3 (víz)térfogatú víztározó kiépítése folytán a nyomásvi-szonyok - a jó vízvezető képességű kavics- és fedő homokrétegeken át - megsokszorozódnak,

- a Szigetköz *középső* - mintegy $3/5$ részt kitevő - *régiójában* a talajvíz 0,5-5,0 m közötti értékben lesüllyed, mert a dunakiliti tározóból a víz 17 km hosszúságban szigetelt üzemvízcsatornán jut (18 m-es maximális terep fölötti magasságban) a bősi turbinákra és ezáltal a vizet ma szállító Öreg-Duna medre a legtöbbször nem táplálja, hanem leszívója lesz a talajvíznek,

- a Szigetköz *alsó részén* a talajvíz szintje a jelenlegihez képest enyhén emelkedik, mert a bevágásban épülő 8 km-es alvízcsatornából, ill. a szapi beágazás után a rendezett Duna-mederből a duzzasztás miatt magasabb folyami víz zavartalanul beáramlik a kavicsrétegen keresztül.

A Gönyű—Komárom—Nyergesújfalu folyamszakaszon ugyancsak talajvízszint-emelkedésre kell számítani (a munkálatokba vett nagymarosi vízlépcső visszaduzzasztása miatt), de ennek a nem túl magas emelkedésnek (a vízszint a jelenlegi középvizek szintjén állandósul, az árvízi időszakot leszámítva) negatív hatásait a tervezett vízrendezések és kapcsolódó meliorációs beavatkozások mérsékelhetik, ill. ellensúlyozhatják. A Nyergesújfalu—Nagymaros közötti duzzasztott folyamszakaszon lefelé haladva viszont egyre nő a talajvíznyomás, mivel az 1696 fkm szelvényben felépülő (?) nagymarosi gát

közélében az eddig észlelt legmagasabb árvízszintre (Esztergom), vagy fölé (Nagymarosnál 1,0 m-rel) emelkedik majd a víz.

A hatásterület mikrotagoltságával összefüggésben jegyzendő meg, hogy — amint azt pl. BALOGH J.—LÓCZY D. térképe és annak magyarázója (1990) kifejezően bemutatja — a hordalék anyaga zömében durvaszemű kavics és homok, s csak a legfelső 1-2 m-t építi fel finomabb frakciójú anyag. Ezzel szemben a meanderkitöltésekben a finom frakció vastagsága az 5-6 m-t is eléri. Ezáltal tekinthető a szivárogtatás szempontjából a Szigetköz *inhomogénnek*, és emiatt rendkívül kritikusnak (a szerzők megjegyzése). Ugyanis a kavicsrétegből a víz az övzátonyok talajába - és *azon át* - nehezen, vagy lehet, hogy nem is jut el. Ugyanakkor a meanderekben - szemben a kavicsos, homokos felszínekkel - kitűnő a kapilláris vízemelés és ezáltal a talaj vízháztartása is. Ezeknek a körülményeknek az ismételt figyelembevétele — amit a GNV 1983. évi akadémiai vizsgálata során PÉCSI M. nyomatékosan kiemelt — a szivárogtató rendszer kiépítése előtt elengedhetetlen és kellő hatékonyságot nem igazoló újabb helyszíni kísérletek után a megvalósítás is revízióra szorul.

A vízlépcső hatása a szigetközi kavicsrétegben tárolt vízkészletre

Mint már említettük, a jelenlegi Öreg-Dunában a GNV megvalósításával „kiszívű” meder alakul ki. Rendezett kiszívű mederrel - de csakis tisztított vizek beengedése esetén! - megakadályozhatónak látszik a víz biológiai minőségének romlása. Ugyanakkor a bekövetkező talajvízszintcsökkentés miatt a hatásterület mezőgazdasági kemikáliákkal terhelt felszíni vizei potenciálisan veszélyeztetik a felszín alatti víztartalékokat. Ez főleg azért nagy gond és nehezen kiküszöbölhető, megoldandó probléma, mert a kisalföldi hatásterület kavicsösszletében mintegy 10 km³-nyi vízkészlet tározdódik, ami a jövő szempontjából országosan is kiemelkedő fontosságú tartalék.

A vastag kavicsrétegben tárolt vízkészlet táplálása főleg a fációs viszonyai miatt nem tisztázott szivárogtató csatornából valósulhatna meg. A kavicsos rétegen átszűrődő víznek elvileg tisztának kell lennie, vagyis a felszín alatti víz minőségét a beszivárgó víz nem veszélyeztetheti. Kérdés viszont itt is, hogy mennyire sikerül megőrizni a víz kifogástalan minőségét a szivárogtató csatornában végigfolyatva - intenzív mezőgazdasági területen, különböző kemikáliák használatával.

A mélységi vizekkel kapcsolatban említendő meg, hogy a kisalföldi hatásterületen már ma is többségben vannak azok a régiók, ahol a legfelső víztároló réteg víze alkalmatlan közvetlen fogyasztásra. Ezeknek a rétegeknek a szennyezett, főleg nitrátos vize viszonylag gyorsan leáramolhat a mélyebb rétegek felé, különösen ha a mélyebb rétegekből rohamosan nő a vízigények miatt a kiszivattyúzás. Mindezek miatt - nem kevésbé a közutak téli időszakos sózása, a gyakori olajszenyeződések miatt - fontos feladat a települési környezetben a csatornázás, a szennyvízelvezetés és -tisztítás megoldása, mindezekkel együtt a vízminőség rendszeres ellenőrzése.

Hatás a Dunántúli-középhegységben tárolt karsztvizekre

A Duna természetes állapotban „megcsapolója” az Almásneszmély—Pilismarót közötti szakaszon a mögöttes hegységek karsztvizeinek. A karsztvíz természetes szintje a Gerecsében és a Pilisben a bányák telepítése előtt 140 m tszf-i magasság körül ingadozott. Ma viszont már az érintett Duna-szakaszon a közepes vízszint csak 104-105 m tszf-i magasságban helyezkedik el. Vagyis természetes állapotban a középhegységből patakokon keresztül vagy a karsztos képződményekkel érintkező kavicsrétegen át áramlik a víz a folyó felé.

Az elmúlt évtizedek aktív víztelenítései miatt azonban a karsztvíz szintje Tatabánya, Nagygyeháza és Dorog térségében 50-100 m tszf-i magasság alá süllyedt, így az *áramlás iránya az eredetinek ellenkezőjére fordult*. Ismert az is, hogy a Duna vize e szakaszon is erősen szennyezett, és ezért a GNV megépülését követően - különösen a nyomásviszonyok megváltozása miatt - a karsztvizek szennyeződése növekedhet. A karsztvítározó fokozott veszélyeztetése miatt elengedhetetlen a karsztvítározó és a Duna-meder közötti képződményekben az áramlási viszonyok mérésekkel történő pontos megismerése, ill. az áramló víz minőségi jellemzőinek rendszeres vizsgálata.

Hatás a felszíni vizek minőségére

A tervezett duzzasztás a vízminőséget meghatározó biológiai folyamatokat a jelenlegi nem éppen kedvező állapothoz képest is alaposan módosítja, lényegesen ronthatja. Az épülő dunakiliti tározóban ugyanis az áramlási sebesség lecsökken, ezáltal nő a kiüledés és elszaporodik a „lebegő élővilág”. A dunakiliti tározót kísérő (övező) szivárgó csatornába elvileg a kavicsrétegen át nagy nyomás alatt átjutó víznek tisztának kell lennie. Ugyanakkor onnan az üzemvízcsatornába vezetett kiüledett víz öntisztulása a szabályos vonalvezetés, s a meder szigetelése miatt gyakorlatilag megszűnik. Így az Öreg-Dunát felváltó üzemvízcsatorna vizének biológiai aktivitása gyakorlatilag nulla lesz.

Az Öreg-Duna a bősi vízerőmű megépítését, csúcsra járatásos üzem módja beindítását követően elvesztené „főág” jellegét, s ezzel az Öreg-Dunát kísérő medrek élővíz jellege megszűnne. Ezzel a bomlási folyamatok megnövekedése járna együtt, aminek hatására a holtvizek oxigénkészlete hamar kimerülne, s ezáltal maga az öntisztulás is lecsökkenne.

A Gönyű—Komárom—Nagymaros szakasz vizének biológiai állapotát a felső szakaszból érkező víz minősége, ill. az e szakaszon bekövetkező hidrológiai változások, nem kevésbé a szennyvíz viszonyok alakulása határozza meg. E Duna-szakaszon - a nagymarosi gát megépülése esetén - a vízsebesség csökkenése miatt megnövekszik majd a kiüledő finom részecskék lerakódása (kolmatáció), s a kiüledés rontja a víznek a parti szűrésű kutakhoz vezető útját. Ez a körülmény a térség meglevő és potenciális parti szűrésű víznyerés lehetőségeit korlátozza.

A vízminőség változásában kiemelkedő kockázati tényező a *csúcsrajáratás*. A bősi vízerőmű naponta kétszer előforduló csúcsrajáratása az alvízi csatorna torkolatánál mintegy 3-4 m magasságú visszaduzzasztást idéz majd elő az Öreg-Dunában és ez a „hullám” 20-40 km hosszon a Mosoni-Dunában és a Rábában is érzékelhető lesz.

Eme, a Dunán eddig egyetlen vízlépcsőnél sem alkalmazott üzemelési mód meggátolja a természetes vízfolyások vizeinek zavartalan levonulását, ezáltal csökken a duzzasztott folyószakaszon a vizek öntisztuló képessége is. Az elmondottak miatt elengedhetetlen az üzemelés beindítása előtt a fizikai, kémiai és biológiai víztisztítás megoldása a teljes hatásterületen.

Hatás a szennyvízkezelésre és a vízbeszerzésre

A Duna természetes állapotában a Pozsony—Győr közötti szakaszon 0,4 napos, a Győr—Nagymaros közötti szakaszon pedig 0,5 napos ugyanazon vízmennyiség átfolyási ideje. Ezek az értékek a duzzasztás hatására másfél napra nőnek. A folyó sebességének csökkenése, ill. a csúcsrajáratás által okozott visszaduzzasztás miatti vízminőségromlás szorosan összefügg a vízfelszín egységnyi területén elnyelt oxigén mennyiségével. Vagyis a duzzasztott folyószakaszon a felszíni sebesség lelassulásával együtt csökken az oxigén bevétel és ezt csak részben ellensúlyozza a duzzasztással növekvő vízfelszín.

A szennyezések egy jelentős hányada nem oldott állapotban, hanem a lebegő hordalékhoz kötötten szállítódik (pl. nehézfémek). A tározókban a folyási sebesség csökkenésével a lebegő iszap nagy része kiülededik, így a szennyező anyagok felhalmozódnak. Amellett tehát, hogy még a GNV megvalósulása előtt meg kell(ene) oldani a szennyvíztisztítást, szükséges a tározómedrek rendszeres kotrása is.

Árvizek idején a medrekben kiüledett iszap egy része mozgásba jöhet ugyan, kimosódhat az a tározó terekből is, de ez csak kis mértékben csökkentheti a veszély mértékét. A szivárgási sebesség általános csökkenésével ugyanis a parti szűrésű kutakból termelt víznek nem csak a mennyisége csökken, hanem a csökkenéssel együtt növekszik annak a vas- és mangántartalma is.

A hajózás feltételeinek javítását célzó tervek a Nagymaros alatti Duna-szakaszon a folyómeder kotrását irányozzák elő. Valószínűsíthető, hogy ezek a kotrások tovább csökkentenék a Budapest—Nagymaros közötti víztermelő telepek vízhozamát. Az eddigi építőipari kavicsellátást szolgáló kotrások ugyanis a Budapest fölötti Duna-szakaszon a kellő figyelmet nélkülöző és ezáltal a mederben kavicsnyerés által kialakult árkok is rontották a vízbeszerzés természetes feltételeit. Emiatt a nagymarosi vízlépcső megépülése esetén - az ottani munkálatokkal egy időben - szükséges volna a Budapest fölötti Duna-szakaszon a kotrási árkokkal felszabdalt medret rendbehozni, az „iszap-zsákokat” megszüntetni és a hajózást szolgáló egységes sodorvonalat kialakítani. Mindezeket úgy, hogy a víztermelő telepek működési feltételei ne romoljanak. A vízbeszerzés feltételeit befolyásoló fent említett problémák, rekultivációs munkálatok ugyancsak sokoldalú és rendszeres mérési ellenőrzéseket igényelnek.

A hatásvizsgálat geofizikai módszerei³

A geofizikai módszereket aszerint csoportosítjuk, hogy azok

- a folyó- és ártéri vizeket,
- a felszín alatti vizeket,
- a mederfeneket, ill. partmenti talaj- és kőzetösszetet ért hatások megismerését szolgálják-e.

Geofizikai módszerek a folyó- és ártéri vizek esetében

A vizek vizsgálata mind ez ideig a geofizikának nem volt elsőrangú feladata. Módszertani (műszeres) apparátusának egy része azonban erre alkalmassá tehető. E vonatkozásban annak mérlegelése a fontos, hogy miként válhatnak, tehetőek *egyszerűen alkalmassá* a vizek vizsgálatára az ismert geofizikai metodikák. Ezen adaptációs lehetőségekről szólunk röviden az alábbiakban.

a) *Kémiai vizsgálatok.* Két igen lényeges fizikai kémiai vizsgálat végezhető egyszerűen a folyó- és ártéri vizekben: a víz fajlagos vezetőképességének, ill. pH-jának mérése. A víz fajlagos vezetőképessége a fajlagos ellenállásból határozható meg, ami geofizikai módszerekkel különösen nagy pontossággal mérhető. A pH érték mérése viszont potenciálmérésre vezethető vissza, ami a geofizikában ugyancsak ismert eljárás.

A mérések folyamatosan az „in situ” folyó- vagy ártéri vizekben végezhető, kiépíthető figyelőrendszer segítségével. E vízminőségi összetevők mérése azért is fontos, mert a víz fajlagos vezetőképességének vagy pH-jának megváltozása pontosan jelzi, hogy a folyóvízbe valamilyen vízben oldódó idegen anyag került. Mínthogy a GNV megépülése esetén ezeknek a mutatóknak a változására mindenképpen számítani lehet, ilyen figyelő, ill. riasztó rendszert a Duna teljes hosszában, de legalábbis a Rajka—Dunakiliti (10 km) és a Vámosszabadi—Nagymaros (115 km) közötti folyamszakaszokon 5-10 km-enként szükséges kiépíteni a mérési adatoknak mérőhelyekről kábelen vagy rádióval való központba juttatásával.

b) *Távérzékelés.* Közismert, hogy a felszíni vizek ellenőrzésére a légi és űrfelvételek - kiértékelésük útján - igen hasznosak. A különböző színszűrővel megadott hullámhossz tartományban készített felvételek lehetőséget nyújtanak a vízszennyeződések folyamatos és azonnali kimutatására.

Rendelkezésre állnak ma már modern számítógépes képfeldolgozási rendszerek is, amelyek nem csak gyorsabbá, hanem objektívebbé is teszik az interpretálási műveletet. Ha a légi geofizikai mérés összekapcsolható volna a légi fényképezéssel, az jelentős költségmegtakarítást is eredményezne.

³ A Földrajzi Értesítő profiljának megfelelően mondandónkat kizárólag a vízkörnyezet állapot(változás)ának egzakt megismerését szolgáló *geofizikai metodikák tömör leírására* korlátozzuk. Emiatt az alkalmazható műszerekről szót sem ejtünk. Ezekről a technikákról a tanulmány első oldalán hivatkozott Kmb munka (megtekinthető az FKI Könyvtárban és a szerzőknél) részletes tájékoztatást ad.

A nagy számban meglevő módszerek lehetővé teszik a felszín alatti vizek, ill. a vízzáró rétegek elhelyezkedésének megmérését, de ugyanúgy a vizek mozgását (beleértve azok irányát) és sebességét is. Nagyobb mélységből rétegszelektív vízmin-tavételre is kínálkozik lehetőség. Az alkalmazható metódusok egy része a felszíni méréseken alapszik, más része viszont mérnökgeofizikai szondázásra, mélyfúrási geofizikai vizsgálatokra épül.

a) *A felszín alatti vizek elszennyeződése.* A szennyeződés rendszerint felszíni környezetszennyeződési okokra vezethető vissza, összefüggésben a mezőgazdasági és ipari tevékenységgel, ill. a felszínen elhelyezett hulladékanyagok nem megfelelő tárolásával. A mélységi vizek szennyeződése - jellegük szerint - kémiai vagy bakteriológiai, ill. ezek kombinációja formájában jelentkezik. Mechanikai szennyeződést okoz különböző kolloidok talajvízbe kerülése, de radioaktív szennyeződésre is van példa. A rétegvizekbe különböző módon kerülhetnek szennyező anyagok (a repedezett, hasadékos formációkba gyorsan behordódnak), a felszín közeli homokos tárolók esetén előfordul, hogy a fedő képződmény hiányzik, vagy az nem teljesen vízzáró (hidrogeológiai ablak), de homokos-agyagos formációk esetén a rétegvíz elszennye-ződését a felső talajvízes zónában nem megfelelő kútépítési technológia is kiválthatja.

b) *Vizsgálati módok.* A mélységi vizek vizsgálatára a *mélyfúrási geofizika* a legalkalmasabb. Már a klasszikus kútgeofizikai módszerek, mint a fajlagos ellenállás mérés, a természetes és mesterséges radioaktivitás mérése is lehetővé teszi a hidro-geológiai viszonyok tisztázását. Lehetőség van azonban kimondottan a környezeti hatásvizsgálatokat szolgáló eljárásokra is, ilyen a cementpalást, a rétegösszekapcso-lódások vizsgálata, ill. a mélységi vízmin-tavétel és a szivárgásvizsgálat.

A cementpalást vizsgálata a talajvíz és a nemkívánatos rétegvizek kizárásának hatásos gyakorlati módszere, a (kérdéses) bélés-csővek és a lyukfal közötti tér elce-mentezése útján. Eredményességének ellenőrzésére a geofizika rendszerint a cement-log vagy y-y szelvényezést alkalmazza. Minthogy a rétegvizek védelmében a jó palástcementezés szerepe döntő, a megfelelő ellenőrzést biztosító mélyfúrási geofizi-kai ellenőrzés bevezetése a GNV esetében is elkerülhetetlen.

A rétegösszekapcsolódások vizsgálata akkor fontos, ha a rétegvizek nyomása különböző. Ekkor ugyanis ezek között áramlás indul meg. A rétegek közötti vízáram-lásnak nem feltétlenül a kúton belül kell történnie, az felléphet a bélés-cső mögött is. Mind a kútszelvényen belüli, mind a bélés-cső mögötti áramlás vizsgálatára tehát a mélyfúrási geofizika kitűnő módszerrel rendelkezik.

Alapvető vízhasznosítási követelmény, hogy a mélyfúrású kutakból termelt víz mind vegyi összetételében, mind pedig bakteriológiailag kifogástalan legyen. A *vízminőség ellenőrzése* megfelelő vízminták alapján lehetséges. A kút kifolyó vizéből vett minta azonban nem reprezentálja mindig megfelelően a rétegvizet, mert feláram-lás közben más összetételű, esetleg bakteriológiailag szennyezett víz keveredhet hozzá. Ezért a rétegvíz *eredeti* vegyi összetételének megállapításához hermetikusan záró mélységi folyadék mintavétőt szükséges használni. A steril mintavételhez ugyancsak a mélyfúrási geofizika kínál a sterilen tartható mintavetővel kifogástalan módszert.

A rétegvízvédelemmel kapcsolatosan fontos lehet a mélységi víz *szivárgási sebességének* a meghatározása (pl. a föld alá került vegyi hulladékból származó

szennyeződések nyomkövetése). A feladat megoldására a mélyfúrás geofizika *ellenállásmérési* szivárgásvizsgálata a legalkalmasabb. Ennek lényege, hogy a vizsgálandó nyitott kútszakasz vagy szűrő mentén a kútfoládék sókoncentrációját változtatják meg (elsózzák), majd ismételt ellenállásméréseket végeznek. Ha a rétegben van horizontális vízáramlás, akkor a kútvíz eredeti sókoncentrációja (fajlagos elektromos ellenállása) visszaáll. A folyamat időbeli alakulásának ismeretében a szivárgási sebesség is kiszámítható.

Geofizikai módszerek a meder és a partmenti talaj vizsgálatához

A meder és a part hatás—változás—következmény folyamatainak megismerésében a klasszikus geofizikai módszerek mellett fontos a mérnökgeofizikai szondázás és a mélyfúrás geofizika is, de a jövőben várhatóan növekszik a légi geofizika alkalmazhatósága is.

A gravitációs és a földmágneses mérések csak korlátozott mértékben használhatók a talaj, ill. a folyómeder elszennyeződésének megítélésére. E klasszikus mérési módszerekkel sokkal hatékonyabb módszer a vertikális, ill. a horizontális *elektromos szondázás*. Ezek a módszerek a Duna vizében is közvetlenül elvégezhetők, általuk a mederfenék állapota, ismételt mérések esetén a változás dinamikája ismerhető meg. A módszer azon alapul, hogy a homokos, ill. kavicsos mederfenék fajlagos ellenállása eltér a lerakódás fajlagos ellenállásától. A módszer azt is lehetővé teszi, hogy a lerakódott iszapréteg (lepény) vastagságát is meghatározzuk. Hasonló módon alkalmazható a kisméretű indukciós szelvényezés is. A behatolási mélység itt 6-10 m közötti.

Nagy mélységű elektromágneses szondázás esetén a Maxi-Probe rendszer alkalmazható. Ennél a módszernél a behatolási mélység maximum 1500 m (a vizsgált rétegek vezetőképességének függvényében).

A *mérnökgeofizikai szondázás* különösen a laza szerkezetű, felszín közeli képződmények (agyagok, kőzetlisztek, homokok, kavicsok) vizsgálatára alkalmas. A kutatási mélység az első kemény képződményig (mész, márga, homokkő), ill. laza rétegekben 20-30 m-ig terjed. Alkalmazásával minden 20 cm-nél vastagabb, környezetétől eltérő tulajdonságú réteg biztonsággal kimutatható olyan közegben is, amely laza szerkezete miatt magvételre alkalmatlan. E módszerrel négy adatsort mérhetünk, amelyek közül három az áthatolt képződmények egymástól független tulajdonságaival áll összefüggésben.

A talajvizsgálatok esetén a *mélyfúrás geofizika* csak korlátozott mértékben használható. Nagyobb mélységben ugyanis nem a kőzetösszetétel, hanem a víz elszennyeződésének ismerete a feladat. Az ELGI-ben kifejlesztett K-100 és K-300 komplex mérőrendszer kiválóan alkalmas akár komplikált környezeti állapotromlás esetén is a víz elszennyeződésének mérésére.

Az utóbbi években egyre fontosabb a *légi geofizika* környezetvédelmi alkalmazása. Várhatóan elsősorban az elektromágneses kutatómódszer szerepe nő, amikor különböző vezetőképességű rétegeket kell felismerni, szétválasztani. A légi geofizika különösen a folyómederben lerakódott iszap felderítésére és vastagságának meghatározására tehető alkalmassá.

A légi geofizikai méréssel egy időben légifelvétel (video) is készíthető a vízszennyezés mértékének megállapítására, rendszeres végzése esetén a folyó állapotváltozásának figyelemmel kísérésére.

Összegzés

Magyarországon minden eddigi környezeti hatásvizsgálat *kényszerhelyzetben*, a tudományos és közéleti, ill. a regionális érdekszférákban jelentkező aggályok közepette indult meg. Problematikus körülmény volt az is, hogy a hatásvizsgálatokat legtöbbször a (nagy)beruházások megvalósításában érdekelt ágazatok végeztették el, kiemelten saját „háttérintézményeik” bázisán.

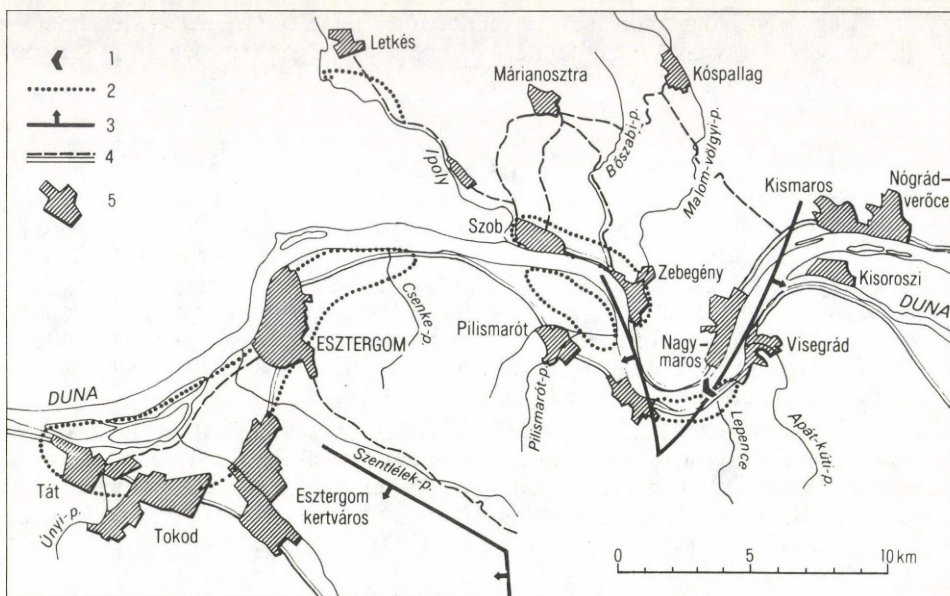
A GNV környezeti hatásait elemző eddigi mintegy száz állami megbízás alapján elkészített tanulmány többsége szakmailag gondos munka, de ezek érthető módon kellő súllyal és következetességgel csak a megrendelők által fontosnak ítélt kérdésben foglaltak állást, vetítették előre a megvalósítás várható következményeit (a károkozások tényleges - Ft-ban kifejezhető - értéke, ill. a kárelhárítás valós pénzügyi kihatásai nélkül).

A közelmúlt tudományos közéleti és társadalompolitikai nyomásának eredményeként a GNV sok irányú környezeti hatásvizsgálata felgyorsult, a komplex természeti, gazdasági környezeti szemlélet és kutatási módszertani útkeresés elmélyült. A hatásokat észlelő és nyomon követő mérési hálózat kiépülésével a mérések is rendszeresebbekké, megbízhatóbbakká váltak, de ezek továbbra is *ágazati keretben* maradtak.

Az előzőekben vázolt hatások és metodikai elvek, nem különben a hatásterület vizsgálatára felvonultatható geofizikai mérési módszerek azonban továbbra is „partvonalon kívül” maradtak, amelyek pedig a várható környezeti *hatás—változás—következmény folyamatok megbízható, kontroll célzatú nyomon követésére* elengedhetetlenek. Ugyancsak figyelmen kívül maradtak a mind ez ideig parciálisan kezelt környezeti kockázat gazdasági, társadalmi vetületei. Nem kizárólag, de az említettekben *is* lehet, kell keresni a tudományos összefogás útjait és módjait, aminek néhány év múlva konszenzus lehet az eredménye. Olyan konszenzus, ami a GNV teljes vagy részleges megvalósításától függetlenül, ill. a műtárgyrendszer teljes revíziója alapján határozottan a Duna eredeti értékeinek megóvását, a folyam tágabb környezetének, azon belül az ivóvízbázis, a mélységi vízkészletek védelmét helyezi az energetikai hasznosítás formák elé.

Bemutattuk, hogy a *korszerű geofizika* alkalmazási lehetőségei a GNV hatásterületén is igen sokszínűek lehetnek. Vázolt metodikai felvetéseink alapján szerepét kiemelkedőnek ítéljük

- a talajvízszint állapotának, minőség változásának meghatározásában,
- a második vízadó réteg és a karsztvízszint minőségének és állapotváltozásának regisztrálásában,
- a talajfelszín geofizikai paraméterei állapotváltozásának mérésében,
- a vízellátó rendszerek (parti kutak, vízművek) hidrológiai, vízellátási paramétereinek mérésében, az esetleges kedvezőtlen tendenciák előrejelzésében,



2. ábra. Az Esztergom—Visegrád közötti folyamszakasz. - 1 = vízlépcső; 2 = öblözetek határai; 3 = törésvonalak; 4 = közutak; 5 = település

River section between Esztergom and Visegrád. - 1 = barrage; 2 = boundary of embayments; 3 = fault-lines; 4 = public roads; 5 = settlement

- a víz-, talaj- és rétegminták vizsgálatában, ill. a kémiai és a biológiai szennyezők változásának nyomon követésében,

- a hatásterület talajfelszíni és felszín alatti hidrológiai viszonyainak folyamatos vizsgálatában (az agroökológiai potenciál változásának kvantifikált értékelése céljából),

- a töltések, a gátak, a szivárogtató rendszer hidrológiai paramétereinek vizsgálatában (a normális működés feltételeinek, ill. a nem várt katasztrófák előrejelzésére),

- a hatásterület és különösen a műtárgyak üzemi rezgésviszonyainak, ill. a természetes és indukált földrengési jelenségeknek a folyamatos nyomon követésében (esetleges katasztrófhelyzetek előrejelzése),

- a szintetikus valószínűség és a megfigyelhető következmények leírásában.

Még egy kiemelten fontos, napjainkban a közvéleményt élénken foglalkoztató adalék: a MÁFI 1980-ban készített, „A tervezett nagymarosi vízlépcső területének és környezetének földtani felépítése” (földtani szakvéleményezés) c. tanulmánya az itteni hatásterület tektonikusan erősen zavart voltát, nagy törésvonalak létét mutatta ki (2. ábra). A Duna nagymarosi medrének 1988. évi elterelése után ezek láthatókká váltak. A törésvonalakkal szabdaltságot a Dunazug-hegység szinte valamennyi kőzete látható a „szárazra került” mederfelszínen, vagyis a felsőoligocén agyagpalás rétegektől kezdve, a miocén különböző andezitjein keresztül egészen a pleisztocén

homokos kavicsos képződményéig. A Nagymaros—Visegrád közötti gát környezete erősen meggyűrődött, és sok vetődés is keletkezett. Maga a Duna - Nógrádverőce és Visegrád között - egy jól rekonstruálható antiklinálisba vágta be medrét a felsőpliocéntól kezdve, s a markánsan elkülöníthető képződmények meredek vetősíkok mentén tolódtak el. E problémák megnyugtató vizsgálata, ill. a tektonikai adottságokban rejlő veszélyhelyzet mértékének megítélése érdekében ugyancsak geofizikai módszerekkel szükséges

- a hatásterület - különösen a „gátkörnyezet” - tektonikailag emelkedő tendenciáját (3-6 mm/év) folyamatosan ellenőrizni,

- a nagymarosi gátat befogadó földtani képződményeket (vulkáni összletek közé települt morzsalékos, agyagos rétegek) pontosan feltárni, terheléssel szembeni viselkedését megítélni.

Mindezeknek a szempontoknak a figyelembevételével, vagyis a földtani, hidrológiai, földfizikai vizsgálatok, nem kevésbé a gazdasági analízis elvégzését követően, *újra értékelendőknek* ítéljük a nagymarosi gát kiépítésének műszaki-gazdasági feltételrendszerét. Negatív eredmények esetén a nagymarosi gát és a kapcsolódó műtárgyrendszer egészének a létjogosultsága, ill. a megvalósítás erőltetése határozottan kétségbe vonható.

IRODALOM

- BALOGH J.—LÓCZY D. 1990. Ökofáciések térképezése dunai ártérben. - Földr. Ért. 39. 1-4. pp. 71-80.
- BERNÁTT.—BORA GY.—RÉTVÁRI L. 1984. Az ásványi nyersanyagtermelés és -felhasználás földrajzi és társadalmi hatásai. - Időjárás 88. 5. pp. 359-371.
- DOBROVOLNI K.—JÓSA E. 1979. Víz- és mérnökfizikai kutatások. - pp. 36-40.
- FEJES I. 1988. Mérnökgeofizikai szondázás módszerének ismertetése. - ELGI, 19 p. - Kézirat + 20 ábra.
- FEJES I.—JÓSA E.—VARGA J.-NÉ 1978. Víz- és mérnökgeofizikai kutatások. - Az ELGI 1977. évi jelentése.
- FLEISCHER T. 1988. A kockázat figyelembevétele a környezeti hatástanulmányok készítésekor. - Kézirat.
- KOVÁCS GY. 1986. A Bős—Nagymarosi vízlépcsőrendszer. Tervek, aggályok, feladatok. - Magyar Tudomány 4. pp. 249-271.
- LAKATOS S. 1988. A mélységi víz védelmének mélyfúrás-geofizikai lehetőségeiről. - ELGI kézirat.
- MÁRFÖLDI G. (témavez.) 1987. A mélyfúrás geofizika metodikai lehetőségei a környezetvizsgálat komplex rendszerében. - Kutatási zárójelentés, 77 p.
- MÁRFÖLDI G.—ONDVÁRI Á. 1988. A környezet állapotát vizsgáló komplex rendszer (KÖVIKOR). - MTA Természeti Erőforrások Koordinációs Iroda, 100 p.
- MÁRFÖLDI G. (témavez.) 1988. A komplex geofizika metodikai lehetőségei a Gabčíkovo—Nagymarosi Vízlépcsőrendszer régiója környezeti hatásvizsgálatában. - KFH 141/1988. sz. Kmb szerződés zárójelentése. Kézirat, 69 p.
- MÁRFÖLDI G.—RÉTVÁRI L.—NIKODÉMUS A. 1989. A nagymarosi gát létesítésének földfizikai problémája és a komplex megfigyelőrendszer. - MTA SZITA GNV tárgyú szimpóziumára előadás. Kézirat, 8 p.
- MÁRFÖLDI G.—NIKODÉMUS A.—RÉTVÁRI L. 1990. Adalékok a nagymarosi gát földfizikai problematikájához. - Magyar Tudomány 35. 1. pp. 43-47.
- MTA Központi Hivatala: A Gabčíkovo(Bős)—Nagymaros Vízlépcsőrendszer adott műszaki megvalósítása esetén várható környezeti hatások előrejelzése. - Az MTA főtitkára által felkért Operatív Csoport összefoglaló jelentése. Bp. 1983. ápr.

- NIKODÉMUS A. 1988. A természeti erőforrások hasznosításának környezeti kockázata. - Földr. Ért. 37. 1-4. pp. 105-114.
- PETRASOVITS I. 1986. A Dunai Vízlépcsőmezőgazdasági környezeti hatásairól. - Magyar Tudomány 4. pp. 272-282.
- RÉTVÁRI L. 1987a. A természeti erőforrások összhangozott hasznosításának földrajzi értelmezése és értékelése. - Akadémiai doktori értekezés, 164 p.
- RÉTVÁRI L. 1987b. Megvalósuló dunai vízlépcsőrendszer. - Földrajztanítás 30. 2. pp. 80-83.
- SCHÖNVISZKY L. 1988. Geofizikával a környezetvédelemért. - ELGI kézirat, 13 p. 1 ábra + 10 kép.

GEOPHYSICAL PROPOSALS FOR THE ENVIRONMENTAL IMPACT STATEMENT
OF THE GABČIKOVO(BŐS)—NAGYMAROS BARRAGE SYSTEM

by *G. Már földi—L. Rétvári*

S u m m a r y

For the survey of the environmental risks involved by the establishment and then by the maintenance of the projected Gabčíkovo(Bős)—Nagymaros Barrage System (GNV), a uniform observation network, its equipment and evaluation facilities, to be built on the area affected by the structure will be highly instrumental. The paper contains, first of all, an approach to these problems from the issued of geophysical measuring systems. The monitoring system, intended to record continuously environmental impacts and changes, serves the elimination of mistakes due to one-sided professional judgements, the predictability of ecological changes and, consequently the minimization of risk.

First an overview is provided about the predictable environmental impacts of the complex water management scheme, ie. impact on gravel bed or aquifers and their water reserves, impact on the quality of surface waters and water supply as well as on sewage treatment.

Geophysical methods for measurements of properties of river and flood-plain waters, subsurface waters, channel bed and soils and rocks on banks are studied and proposals for their applications made. In the overview a critical evaluation is provided on measurements performed to date within sectoral confines and neglecting the opportunities of geophysical methods. The need for control measurements is emphasized (the main fields of application determined).

In final evaluation the construction of the projected Nagymaros barrage is judged to be involving extreme risks since the construction area has a highly disturbed tectonic structure, the river bed was formed in various volcanic and sedimentary rocks fractured along steep fault planes.

Translated by D. LÓCZY