

Schweitzer Ferenc

KATASZTRÓFÁK TANULSÁGA

Stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások





KATASZTRÓFÁK TANULSÁGAI

Stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások

ELMÉLET – MÓDSZER – GYAKORLAT

67.

Magyar Tudományos Akadémia
Földrajztudományi Kutatóintézet

KATASZTRÓFÁK TANULSÁGAI

Stratégiai jellegű természetföldrajzi kutatások

SCHWEITZER FERENC

Budapest, 2011

A kötet szerzői:

BALOGH JÁNOS, főtanácsos, MTA FKI
CZIGÁNY SZABOLCS, PhD, egyetemi docens, PTE TTK
FÁBIÁN SZABOLCS ÁKOS, PhD, egyetemi adjunktus, PTE TTK
GYŐRI ERZSÉBET, PhD, tudományos munkatárs, MTA GGKI
JAKAB GERGELY, PhD, tudományos munkatárs, MTA FKI
MÓNUS PÉTER, tudományos munkatárs, MTA GGKI
NAGY ISTVÁN, PhD, ny. vízügyi igazgató, KÖTIVIZIG
OSZVALD TAMÁS, osztályvezető, MBFH
PIRKHOFFER ERVIN, PhD, egyetemi adjunktus, PTE TTK
SCHWEITZER FERENC, az MTA Doktora, tudományos tanácsadó, MTA FKI
SZALAI ZOLTÁN, PhD, tudományos főmunkatárs, MTA FKI
SZEBERÉNYI JÓZSEF, tudományos segédmunkatárs, MTA FKI
TÓTH LÁSZLÓ, univ. dr., tudományos munkatárs, MTA GGKI
VARGA GÁBOR, PhD, egyetemi adjunktus, PTE TTK
VICZIÁN ISTVÁN, PhD, tudományos munkatárs, MTA FKI
ZSÍROS TIBOR, tudományos munkatárs, MTA GGKI

Lektorálta:

ALFÖLDI LÁSZLÓ, az MTA Doktora, ny. egyetemi tanár
ORLÓCI ISTVÁN, az MTA Doktora, ny. egyetemi tanár
TÓTH JÓZSEF, az MTA Doktora, ny. egyetemi tanár, rector emeritus

Számítógépes térképszerkesztés és borítótér: KOVÁCS ANIKÓ

Tipográfia: GARAI-ÉDLER ESZTER

Sokszorosítás: Pannónia-Print Kft.

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a mű bővített, illetve rövidített változatainak kiadási jogát is. A kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül sem a teljes mű, sem annak része semmilyen formában (fotókópia, mikrofilm vagy más adathordozó) nem sokszorosítható és nem publikálható.

Felelős kiadó: Kocsis Károly igazgató
Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, www.mtafki.hu
© MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 2011

A kiadvány megjelenését támogatta:



Magyar Tudományos Akadémia
Nemzeti Kulturális Alap

ISBN 978-963-9545-35-9
ISSN 0139-2875



Nemzeti
Kulturális
Alap

TARTALOM

Ajánlás (Bakondi Gy.).....	7
Bevezető (Schweitzer F.).....	9
1. Döntési kényszer a hazai árvízvédelemben (Schweitzer F., Nagy I.).....	13
1.1. A hullámtér geomorfológiai vizsgálata a Tiszán.....	18
1.2. Az alacsonyártéri tározás mint az árvízvédelmi biztonság egyik lehetősége.....	27
1.3. Szeged és térségének árvízi kockázata	37
1.4. Gátmagasítás és/vagy a hullámterek bővítése.....	39
2. Cianid- és nehézfém-szennyezés a Tisza vízgyűjtőjén (Schweitzer F., Szeberényi J.)....	49
2.1. A szennyezések környezetre gyakorolt hatása	58
2.2. A lehetőség még nem katasztrófa.....	60
3. Magyarországi vörösiszap-tározók mint potenciális környezeti veszélyforrások (Schweitzer F., Viczián I.).....	69
3.1. A vörösiszap mint veszélyes hulladék.....	70
3.2. A vörösiszap radioaktív tulajdonságai	71
3.3. Magyarországi vörösiszap-tározók.....	75
3.3.1. Az ajkai vörösiszap-tározók.....	75
3.3.1.1. Vízirajzi viszonyok az ajkai tározók környezetében, javaslat a vízrendezésre.....	79
3.3.1.2. Javaslat a terület víztelenítésére és vízrendezésére a tározók biztonsága céljából.....	85
3.3.2. Az almásfüzitői vörösiszap-tározók	87
3.3.3. A neszmélyi vörösiszap-tározók	92
3.3.4. A mosonmagyaróvári vörösiszap-tározók.....	96
4. Felszínmozgásos folyamatok a Duna Gönyű–Mohács közötti magasparti szakaszain (Balogh J., Schweitzer F.).....	101
4.1. A dunai magaspart kialakulása	102
4.2. A klíma hatása a magaspartok fejlődésére.....	102
4.3. Litológiai felépítés és hidrogeológiai sajátosságok.....	102
4.4. A Duna magasparti szakaszai	105
4.4.1. A dunai teraszvidék magaspartjai.....	107
4.4.2. Gerecsei magaspartok.....	109
4.4.3. Magaspartok Szob és Vác között	113
4.4.4. Felszínmozgásos területek Budapesten a Duna jobb partján	113
4.4.5. Az alföldi Duna mente magaspartjai.....	116
4.4.5.1. Az Érd és Ercsi közötti magaspart szakasz	116
4.4.5.2. A Kulcs és Dunaújváros közötti magaspart szakasz.....	119
4.4.5.3. A Dunaföldvár és Dunakömlőd közötti magaspart szakasz	125
4.4.5.4. Magaspart a Baranyai-dombság keleti peremén Bata és Dunaszekcső között.....	135

5. A talajpusztulás mint potenciális katasztrófaforrás (<i>Jakab G., Szalai Z., Balogh J.</i>)	143
6. Villámárvizek: a kis vízfolyások hirtelen áradásának problémái (<i>Czigány Sz., Fábián Sz.Á., Pirkhoffer E., Varga G.</i>)	155
6.1. Villámárvizek Magyarországon	160
6.2. Városi árvizek	163
7. A földrengések elleni védekezés stratégiája (<i>Tóth L., Mónus P., Győri E., Zsíros T.</i>) ..	164
7.1. Magyarország szeizmotektonikai környezete	164
7.2. A földrengések gyakorisága	166
7.3. A földrengésveszély fogalma, meghatározása	168
7.4. A földrengés elleni védekezés hazai helyzete.....	172
7.5. Különlegesen veszélyes létesítmények földrengésbiztonsága	173
8. Földtani veszélyforrások (<i>Oszwald T.</i>)	175
8.1. Az alapok	175
8.2. A káresemények fajtái és helyszínei.....	182
8.3. Az elvégzendő feladatok	186
Irodalom	187

AJÁNLÁS



2010 a katasztrófák éve volt Magyarországon. Kiterjedt bel- és árvizek pusztítottak több megyénkben a 110 éve nem látott mennyiségű csapadék következtében. Októberben pedig egy addig példátlan ökológiai következményekkel járó ipari katasztrófa történt, amikor a MAL Zrt. tulajdonában lévő, Ajka melletti X. sz. tározóból több, mint egymillió m³ vörösiszap és erősen lúgos víz elegye a Torna-patakon keresztül elöntötte Kolontárt, Devecsert és Somlóvásárhelyt. A katasztrófa következtében 10-en veszítették életüket, csaknem 300-an szorultak egészségügyi ellátásra, közülük 120-an kórházba kerültek. Azon túl, hogy e rendkívüli helyzeteket gyorsan és hatékonyan kezelte a Nemzeti Együttműködés Kormánya, szembesültünk a katasztrófavédelmi rendszer elmaradásaival, azzal, hogy azt „haladéktalanul korszerűsíteni” kell.

A katasztrófavédelmi rendszer javításának és fejlesztésének egyik mérföldköve, hogy az országgyűlés elfogadta a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvényt, amely alapján átlátható katasztrófavédelmi igazgatási és irányítási rendszer jön létre a törvény 2012. január 1-jei hatályba lépése után.

A törvény egységesíti a veszélyes anyagokkal dolgozó üzemekre, illetve a veszélyes anyagok közúti, vasúti, vízi, légi szállításának ellenőrzésére vonatkozó szabályozást, és a korábbiaknál szélesebb körben teszi megelőzhetővé az e tevékenységekből fakadó katasztrófákat. A törvény tartalmazza a különleges jogrendre vonatkozó szabályokat, illetve a bekövetkezett katasztrófa esetén irányadó rendkívüli intézkedések részletes és a korábbiaknál hatékonyabb védekezést lehetővé tévő szabályozását.

A valószínűsíthető természeti katasztrófákra való felkészülés időben megkezdődhet. Megújul a már bekövetkezett katasztrófák esetén szükséges védekezés irányításának rendszere: a világos felelősségi és feladatkörök meghatározása biztosítja, hogy a korábbiaknál hatékonyabb védekezési munka folyhasson. Mindezzel garantálható Magyarország lakosságának fokozottabb élet- és vagyónbiztonsága. A tűzvédelem állami irányítás alá helyezésével olyan egységes rendvédelmi irányítású rendszer jön létre, amelyben a meglévő erőforrások jobban kihasználhatók. Ennek eredménye, az anyagi források ésszerű felhasználását is ideértve, a hatékonyabb tűzvédelem lesz.

A katasztrófák típusait vizsgálva megállapítható, hogy egy részük kapcsolatba hozható valamilyen emberi tevékenységgel, amely sokszor hely-

reállíthatatlan károkhoz vezet. Számtalan ilyen esemény sújtotta már a természeti környezetet, a településeket, de közülük is ki kell emelni a már említett vörösiszap-katasztrófát, amelynek pontos értékeléséhez és az újjáépítés megalapozásához szükség volt a geográfiai, a vízrajzi, az agrár- és az épített környezet lehető legpontosabb ismeretére.

A katasztrófavédelem nemzeti ügy, ily módon elengedhetetlen a társadalom egészének a megelőzéshez, a védekezéshez és az újjáépítéshez való hozzájárulása.

Nem feledkezhetünk meg a tudomány és az oktatás szerepéről sem a katasztrófák elleni védekezési rendszer működésében, hiszen a kutatási eredmények kiemelt jelentőséggel bírnak a döntések meghozatalakor, az oktatás szerepe pedig a megelőzésben és a védekezésben nélkülözhetetlen.

A Magyar Tudományos Akadémia tevékenysége, illetve a földrajzi környezet különböző tényezőit mérő, értékelő kutatások eredményei, a mérnöki szempontú környezetkutatások és tájértékelések a katasztrófavédelem számára is nélkülözhetetlenek.

Ezek nélkül komoly nehézségekbe ütközne az ipari és egyéb telephelyek, vonalas létesítmények műszaki tervezése, hiányukban a komplex építési előtanulmányok sem születhetnének meg. Az értékelések az esetleges veszélyforrások azonosítását is nagyban segítik. A tudomány és a katasztrófavédelem együttműködésének szép példája volt az MTA és a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság első közös konferenciája, amelyet „Vörösiszap-katasztrófa: Következmények és tapasztalatok” címmel rendeztünk meg 2011 márciusában az MTA dísztermében.

Ez a kiadvány a természeti és civilizációs természetű katasztrófák közül azokra tér ki, amelyekkel a Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézete behatóbban foglalkozott, illetve foglalkozik. A kiadványban szereplő katasztrófa-forrásokkal kapcsolatban a kutatóintézet több tanulmányt, szakértői jelentést tett közzé, hívta fel a figyelmet a katasztrófák bekövetkezésének lehetőségeire, okaira, több esetben felvetve a geomorfológiai szemszögből indokolt megoldások lehetőségeit, melyeket a katasztrófavédelem eddig is kiemelten figyelembe vett.

Örömteli, hogy Magyarország édesvízi nagyhatalom, ugyanakkor nem lehet figyelmen kívül hagyni a hazánkban szinte menetrend szerint, évente bekövetkező ár- és belvizek okozta károk jelentőségét. 2010-ben például közel 400 ezer hektárt borított belvíz. Gondolni kell a tisztai cianid- és nehézfém-szennyezésre, továbbá azokra a földtani veszélyforrásokra – kiemelten a partfal- és löszfal-omlásokra – is, amelyek a települések infrastruktúráját, több száz család életét, vagyont veszélyeztették, illetve jelenleg is veszélyeztetik. Az elmúlt évtized katasztrófa-eseményeit számba véve kijelenthető, hogy szembe-sülnünk kell a földrengések károkozásaival, továbbá a globális klímaváltozás ma már mindenki által érzékelhető negatív környezeti hatásaival is.

Így ma is megszívlelendőek "Szeged Széchenyijének", Vedres Istvánnak 1805-ben leírt szavai: „Ami Jó és Hasznos, ha ma el nem végzed, Hidd el: annak kárát, holnap mindjárt érzed.”

Következésképpen nemzeti és nemzetközi szinten egyaránt összefogva kell keresnünk a megoldásokat annak érdekében, hogy a természeti környezet megóvásával a közjót, vagyis az emberi méltóság védelmét, a jelen és a jövő generációinak méltó életkörülményeit biztosítsuk. Ehhez járul hozzá ez a magas színvonalú, kiváló kép- és ábraanyaggal illusztrált kiadvány, amelyet a magyar tudomány, az oktatás, a közigazgatás és a rendvédelem képviselői mellett az érdeklődő olvasók számára is szívből ajánlok.

DR. BAKONDI GYÖRGY
tű. altábornagy
főigazgató

BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság

BEVEZETÉS

A domborzat a földrajzi környezet, illetve a táj egyik alapvető és meghatározó tényezője. A domborzaton megy végbe a társadalom tevékenységének túlnyomó része, azon alakul ki a vegetáció, a talaj, a vízhálózat. A domborzat hordozza a településeket és a vonalas létesítményeket; hozzá kapcsolódik a mezőgazdaság és számos más föld-, illetve területhasznosítási forma. A domborzatot a természeti folyamatok mellett az ember műszaki-gazdasági tevékenysége, az ún. antropogén folyamatok is formálják.

Az emberiség történelme során mindig felismerte (bár legtöbbször későn) az általa okozott környezeti szennyezéseket, ártalmakat, károkat és egészségének védelme érdekében megkísérelt társadalmi szinten érvényt szerezni a szabályozott környezetvédelemnek. A Magyar Tudományos Akadémia tevékenységében hosszú idő óta érvényesül az a kutatási irányzat, amely a földrajzi környezet különböző tényezőit (domborzat, vízhálózat, éghajlat, talaj, növényzet stb.) tematikus térképeken ábrázolja és különböző környezeti folyamatokat értékelő szintézist térképmagyarázókban adja meg.

A mérnöki szempontú környezetkutatás és térképezés az előkutatásnak, előtervezésnek olyan speciális ágazata, amely az ipari és egyéb telephelyek, vonalas létesítmények (utak, vasutak) műszaki tervezésének szakaszában nélkülözhetetlen, és amelynek hiánya lehetetlenné teszi, hogy komplex építési előtervezésről beszéljünk. Erre az elmúlt évtizedek nagyberuházásai intő példák (Komló, Ajka, Almásfüzitő, Mosonmagyaróvár, Százhalombatta, Miskolc, Kazincbarcika, Salgótarján, Dunaújváros, Oroszlány, Ófalu problematikája, Bős–Nagymarosi Vízlépcső, Paksi Atomerőmű, árvízvédelmi gátak, víztározók, vonalas létesítmények, például autópályák bizonyos szakaszának útvonalvezetése stb.).

Az építés az emberi történelem egyik legősibb tevékenysége, amely a természeti erők és a mostoha környezeti körülmények elleni védelmet, a mindenkori személyi, majd társadalmi biztonságot, az életkörülmények javítását szolgálta. A hazánkra jellemző urbanizáció következtében erősen növekszik az élet- és mozgásterületünket meghatározó mesterséges környezet, a technoszféra jelentősége, amely egyre jobban elszigetel a természeti környezettel való érintkezés lehetőségeitől.

Az építési munkálatok, eljárások alapvetően építmény-centrikusak és erőszakos beavatkozást jelentenek a korábban kialakult környezeti egyensúlyba. A beruházások, különösen a nagyberuházások jelentős terület-felhasználással járnak, s sokszor nem pótolható, nem újrateherelhető természeti adottságok megváltoztatását, eltűnését eredményezik. A beruházás folyamán elmulasztott, tudatosan elhagyott vagy gondatlanul végrehajtott megoldások, az „önző”, ám ideiglenesnek bizonyuló megtakarítások a későbbiek-

ben hatványozott veszteségforrássá, pótköltség-ráfordításokká válhatnak. Ezeket szemléletesen példázza az árvízvédelmi gátak folyamatos – 1855-től már hétszer végrehajtott – emelése, a százhalombattai olajfinomító, a Paksi Atomerőmű, Komló város, Bős–Nagymaros stb. különböző hátrányos következményekkel járó, környezeti veszélyeztetettséget is jelentő tervezése, illetve megvalósítása.

Az emberi alkotásoknak minden korban voltak társadalmi következményei, amelyek korábban inkább csak lokális hatásokként jelentek meg. A múlt század második felében a felgyorsult műszaki fejlődéssel párhuzamosan egyre több az olyan emberi alkotás valósult meg, aminek társadalmi hatásai nem csupán helyi, hanem regionális szinten is megnyilvánulnak.

Egyidejűleg arra is fel kell figyelni, hogy míg korábban a nagy műszaki munkálatoknak (pl. a hazai folyószabályozásoknak) elsősorban ökológiai hatásai voltak, s a társadalom alkalmazkodott a megváltozott természeti viszonyokhoz, addig az újabb létesítményeknek, beavatkozásoknak a társadalomra gyakorolt hatásai és következményei erősödni kezdenek. Erre jellegzetes példaként az atomerőműveket, a radioaktív-hulladék lerakóhelyeket, a vízierőműveket és az erőltetett technogén térszínnek létrehozását lehet említeni. Létesítésükből különböző típusú lokális és regionális, sőt országos és nemzetközi méretű politikai mozgalmak is táplálkoznak.

Írásos emlékek szerint már Dareiosz király (Kr. e. 522–482) törvényt alkotott a folyók tisztasága érdekében. A Kr. u. 46. évből ismerjük a települések zajártalom elleni védelmére irányuló első intézkedést is, amikor Julius Caesar kitiltotta Róma belvárosából a csörömpölő kocsikat. I. Edward angol király 1273-ban a levegő tisztaságának érdekében korlátozta a Londonban használható tüzelőanyagok fajtáit. A 25 millió áldozatot követelő nagy európai pestisjárvány (1347–1351) után a szemét- és hulladék-elhelyezést minden országban és településen szabályozták.

A katasztrófák általában nem szándékosan, hanem véletlenül, spontán jönnek létre, de legtöbbször kapcsolatban vannak az emberi tevékenységgel és szinte elemi csapás-jellegűek. Talán már kevesen emlékeznek a zsanai gázkitérésre (1979. január), amikor naponta kb. 1,5 millió m³ gáz és ennek égésterméke jutott a levegőbe. A porózus kőzetekben tárolt szénhidrogén-származékok kitermelésének hatására, több méter mélységű megsüllyedt teknők, horpák jelentkezhetnek a felszínen.

Ugyanígy jöhetnek létre a mélyművelésű bányászat föld alatti üregeinek beomlásával. E folyamatok hatására megváltozik a lejtők üledékszleteiben lévő talaj- és rétegvizek helyzete, a források fakadási szintje; továbbá a horpákban tavak is keletkezhetnek. Mindezek mellett a horpák alakította egyenetlen felszínen tömegmozgások jöhetnek létre, amelyek utakat, műtárgyakat, épületeket károsíthatnak meg. Ilyen következményekkel találkozhatunk például Komlón, Oroszlányban, Pécs környékén vagy Salgótarjánban.

Közismert az is, hogy a tatabányai vastag széntelepek lefejtésekor a Budapest–Győr–Hegyeshalom vasúti fővonalat is aláfejtették. Az üregek tömedékelésére történt erőfeszítések ellenére a külszíni süllyedés megközelítőleg 10 m-es volt, bár a vasúti forgalom fenntartható maradt.

Ahhoz, hogy a katasztrófák várható hatásaira felkészülhessünk, ellenük hatékonyan védekezhessünk, ezek minél pontosabb felismerése, és ahol lehet, előrejelzése szükséges. A spontán kialakuló katasztrófák közül ebben az összeállításban csak azokra a helyzetekre kívánunk kitérni, amelyekkel az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet (FKI) hatékonyan foglalkozott vagy foglalkozik. A kiadványban szereplő katasztrófa-forrásokkal kapcsolatban az MTA FKI több tanulmányt, szakértői jelentést tett közzé, vagy hívta fel a figyelmet a katasztrófák bekövetkezésének lehetőségére, okaira, illetve a geomorfológiai szemszögből indokolt megoldások lehetőségeit vetette fel.

1. DÖNTÉSI KÉNYSZER A HAZAI ÁRVÍZVÉDELEMBEN

A magyar árvízvédelmi koncepció és az előírások részletes felülvizsgálatára legutoljára az 1970-es években került sor. Mára sürgetővé, sőt halaszthatatlanná vált a várható katasztrófák elkerülése érdekében az új árvízvédelmi stratégia kidolgozása. A Tisza árvizeinek kiemelkedő tudósa, VÁGÁS István szerint a Tisza-szabályozás a folyó vízjárását jelentősen megváltoztatta. A nagyvizek szintje emelkedett, a kisvizeké süllyedt, az árhullámok levonulása gyorsult, a főfolyó és a mellékfolyók árhullámainak kapcsolata megváltozott (VÁGÁS I. 1982).

Emiatt a magyar folyóhálózat, főként a Tisza életében, az elmúlt évtizedekben kiemelten jelentkező katasztrófa állapotot közelítő, sőt előidéző árvizek nemcsak a főfolyót, hanem a mellékfolyókat is érintették. Például a Tisza-vízgyűjtőin az utolsó 15 évben 5 olyan év volt (1998, 1999, 2000, 2006 és 2010), amelynek árvizei kritikusak voltak (1. kép). Mindezek szükségessé teszik a rendkívüli árvízi események okainak feltárását.

Magyarországon jelenleg nincs megfelelő árvízvédelmi biztonsági előírás, valószínűleg e hiány következménye, hogy ennek rendszeres ellenőrzése



1. kép. A szolnoki vasúti híd a Zagyva felett 2000 áprilisában. A hidat kavicsokkal telerakott vagonokkal stabilizálják. Fotó: KÖTIVIZIG

és értékelése elmarad. Az 1976-ban kiadott és kisebb módosításokkal jelenleg is érvényes, a folyók mértékadó árvízszintjeiről (MÁSZ) szóló rendelet a tervezési előírás szerepét tölti be. A folyók árvízi helyzetéről szóló értékelések, statisztikák az árvízvédelmi biztonság kérdésével alig foglalkoznak.

1976 előtt az árvízvédelmi biztonságot – többek között – a töltés korona magassága és a korábban előforduló legnagyobb árvízszint közötti különbséggel jellemezték. 1976 óta ilyen felmérés csak a folyók egyes védelmi szakaszairól készült. A töltés korona magassága és a legnagyobb árvízszint közötti kívánatos különbséget 1852-től 1934-ig 70 cm-ről fokozatosan 100–150 cm-re emelték és mellérendelték a minimális töltésszelvény méretet. Ez az érték a Tiszán 1956-ban átlagosan 100–120 cm között volt, de a 70 cm-t szinte mindennütt elérte. Ma átlagosan 40 cm-nél is kevesebb és több száz kilométeren csak 20 cm alatti. Ennek következményeként a 2000. évi árvízkor a Közép-Tiszán 155 km-es szakaszon ideiglenes töltést kellett építeni, illetve emelni kellett a meglévőket. *A Tiszán az elmúlt száz évben a töltéskorona és a legnagyobb vízszint közötti különbség még soha nem volt ilyen alacsony, mint napjainkban.*

Magyarországon az 1960-as évekig nagy gondot fordítottak a nagyvízi meder (hullámtér) állapotára, az árvizek szabad levonulásának biztosítására (ORLÓCI I. 1987). 1960-tól elkezdődött a hullámterekben a fásítás, a nyári gátak, illetve az üdülők építése, a korábbi szántóföldi és legelő gazdálkodás felhagyása, egyes területeken az idegen fajok (pl. gyalogakác) elterjedése. Mindez jelentősen hozzájárult az árvízszintek gyors emelkedéséhez és a hordalék fokozott kiülepedéséhez.

Úgy is lehet fogalmazni, hogy *Magyarország részben lemondott a nagyvízi meder vízvezető képességének fenntartásáról, csak a töltések előírás szerinti kiépítésére helyezte a hangsúlyt. A kisebb folyók esetében árvízi vésztározók építésére került sor.* Nem foglalkoztunk súlyának megfelelően az árvizek gyakoriságát, vízhozamát, magasságát és tartósságát befolyásoló okokkal és azok várható következményeivel. A folyók mederszelvényeinek feltöltődése, a hullámtérben az árhullámok szabad lefolyását akadályozó növényzet hihetetlen mértékű elszaporodása (2. kép), és a létesítmények építése szükségessé teszik a töltések emelését, ahol erre lehetőség van. Ezen túl új tározó térfogatok létesítésére és további műszaki beavatkozások megvalósítására, lefolyási akadályok eltávolítására is szükség van.

A műszaki feladatok csak részben alkalmasak a problémák megoldására. Kiemelten fontos a területfejlesztés, a tájgazdaság, a tájrehabilitáció újszerű vizsgálata. Új gazdálkodási földhasználati rendszer kialakítása – a szántó művelésből kivont területeken új vizes élőhelyek létesítése, illetve más célú használata – szükségessé teszi a helyi lakosság bevonását. A katasztrófa helyzet elkerülése érdekében a társadalom iránt elkötelezett politikusok döntései sem nélkülözhetők. Elgondolkodtató, hogy száraz időszakban az árvízveszély tudata – pár évvel az árvíz levonulása után – elhomályosul a közvéleményben



2. kép. A folyók mederszelvényeinek feliszapolódását kiemelkedő módon elősegíti a hullámtérben hihetetlen mértékben elszaporodott, az árhullámok szabad lefolyását gátló növényzet. Fotó: KÖTIVIZIG

és részben a politikai vezetők többségénél is, akik ilyenkor azt hangoztatják, hogy teljesen fölöslegesek az árvízvédelmi célú kiadások. Ám amikor az árvizek megjelennek, mint pl. 1998 novemberében, mikor 17 éves száraz időszakot követően árvízveszély következett be, a Felső-Tiszán katasztrófhelyzet alakult ki, véleményeiket, javaslataikat újragondolták azok is, akik az árvizeket megszűntnek hitték. A közös felelősség szükségessé teszi a javaslatok elkészítését és törvényre emelését. Ez már nemzetbiztonsági kérdés.

Egy-egy terület árvízvédelmi biztonságát a védelmi mű leggyengébb pontjának állapota határozza meg. Az utóbbi két évtizedben – a védőművek természetes öregedése és az árvízszintek emelkedése miatti fokozott terhelés következtében – *megszaporodtak a felújításra vagy cserére szoruló, töltésbe épített műtárgyak és töltéskeresztezések*. A védvonalakat közel 2000 építmény (pl. zsilip) keresztezi, amelyek közül több gyenge műszaki állapotú, előregedett, és legtöbbször potenciális veszélyforrást jelenten. A vízügyi igazgatóságok több száz olyan szakaszt is ismernek, ahol a töltések repedezettek, a védvonalak védőképessége gyenge. Különös figyelmet érdemelnek az ősmedrek, a lefűződött morotvák gátak alatti részei, melyek a töltés mentett oldalán megjelenő

vízfeltörések (buzgárok) kialakulásának forrásai. A buzgárok megjelenése a gátak állagromlásának egyik komoly következménye. Az állagromlás eredményeként újra kell értékelni az árvízvédelmi biztonságot, annak jövőbeni várható alakulását is.

A hazai folyóink vízgyűjtőin – különös tekintettel a nagyvízi mederben lezajló, az árvízszinteket befolyásoló természetes és gazdálkodási folyamatokra, illetve az egyéb emberi beavatkozásokra – jelentős árvízszint emelkedés állhat elő. Az árvízi meder levezető képességének romlása a Közép-Tiszán 1970–2010 között elérte az évenkénti 3 cm-es értéket. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy ha a 2000. évi árvíz (3. kép) ma megismétlődne, azt nem lehetne töltések között tartani a megépült tiszaroffi árvízi tározó használata esetén sem. Hasonló lenne a helyzet Tiszabecs térségében a 2001. évi árhullám megismétlődése esetén.

Az 1. táblázatban az árvízszintek várható emelkedését szemléltetjük. Feltételeztük, hogy a meder vízvezető-képességének romlása az elmúlt 40 évben tapasztalt ütemben (3 cm/év) folytatódik, továbbá, hogy az elmúlt 30 év nagy árhullámai kb. 30 év múlva megismétlődnek.

Az árvizek szintjének emelkedése nagy térségek, köztük sűrűn lakott területek népességét veszélyezteti. Ennek megszüntetése elsősorban nem szakmai, hanem kimondottan államirányítási, illetve politikai feladat. A külhoni vízgyűjtőkön előállott változások is kedvezőtlenek számunkra (4. kép).

Nem foglalkozunk súlyának megfelelően a külhoni tározók szerepével, üzemeltetésével, a napi adatforgalomról nincs információnk. A Kárpátalján végrehajtott töltésemelések, a Tisza és a Batár folyó találkozásánál létesített



3. kép. Katasztrófa helyzet a Tiszán Tiszasülynél 2000-ben. Fotó: KÖTIVIZIG. – 1 = Az árvízi tetőzés szintje 2000-ben (1041 cm); 2 = A tetőzés várható magassága 2030-ban (1131 cm). 2050-ben az érték várhatóan eléri az 1151 cm-t! (REICHMANN J., illetve NAGY I. 2001. szerint)

1. táblázat. Jelentősebb árhullámok a Tiszán 1977 és 2006 között és a megismétlődésük esetén várható vízszint

Árhullámok keletkezési éve	Tényleges max. vízszint Szolnokonál, cm	Várható vízszint	
		Az árhullám 30 év utáni megismétlődése esetén, cm	A mértékadó árvízszint (961 cm) felett, cm
1977	880	970	9
1979	904	974	13
1980	873	963	2
1981	885	975	14
1998	897	987	26
1999	974	1064	103
2000	1041	1131	170
2006	1013	1103	142

Forrás: A KÖTIVIZIG adatai alapján szerk. NAGY I. 2007.



4. kép. A meg gondolatlan erdőirtások és a kedvezőtlen klimatikus körülmények (heves esőzések) hatására földcsuszamlások és „sárlavina” öntötte el a Felső-Tisza melletti kárpátaljai településeket (Bruzstura). A hordalék a Huszti-kapun kilépve a hullámtéren belüli erőteljes feliszapolódást segíti elő. Fotó: Izsák T. 2006.

árvízi tározó, továbbá a magyar–szerb államhatár alatt a Tiszán kialakított szűkület lényegesen új feltételeket teremtett, amelynek hatásaival egyáltalán nem foglalkozunk. A 2006. évi Tisza-völgyi árvíz során – illetéktelenség vagy

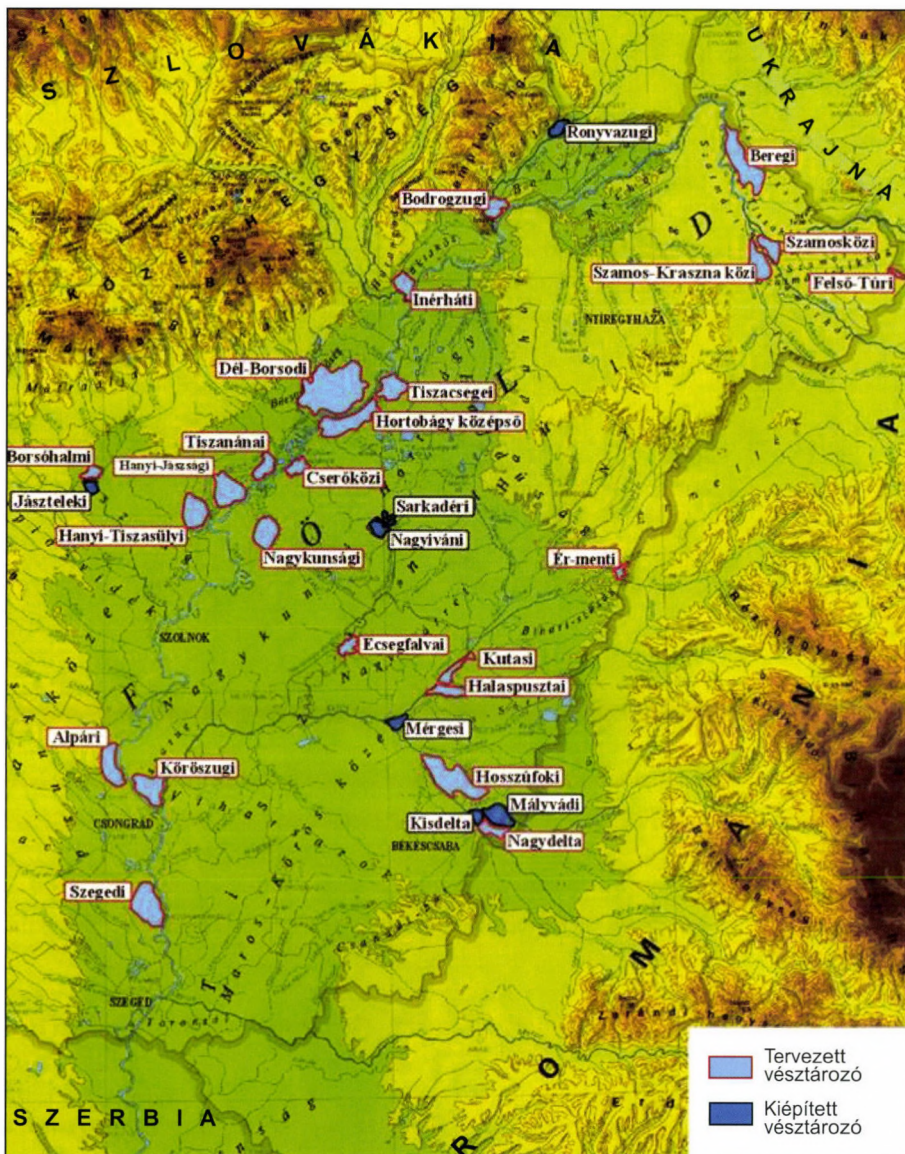
közönyösség okán – nem értékeltük a határon túli tározók üzemeltetését. A fentiek alapján úgy gondoljuk, hogy *napjainkban a Tisza mentén az árvízvédelem biztonsága kívánni valót hagy maga után. Hasonló gondok a többi vízgyűjtőn és azok folyóin is jelentkezhetnek. Az utóbbi 15 évben előfordult kritikus árvízi veszélyek egyre gyakoribb megismétlődése esetén, az újabb katasztrófák a károk növekedését, sőt haláleseteket is előidézhetnek.*

A 2003-ban elfogadott, a „Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése” (VTT) címet viselő árvízvédelmi program I. üteme a legkritikusabb tiszai szakaszok helyzetét hivatott javítani, előírva egy következő program kidolgozását. A VTT az árhullám egy részének véstározókba vezetését, továbbá a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei Tivadar község térségében, valamint a Szolnok és a magyar–szerb államhatár közötti szakaszon a nagyvízi meder rendezését tervezi (1. ábra).

A világbanki finanszírozású hazai árvízvédelmi helyzetet elemző ún. Halcrow-jelentésben is (1993) javasolták, akkor még nyílt árterek esetében bizonyos mezőgazdasági területek időleges elárasztását és a gátak folyamatos erősítését, de nem azok emelését. A tározó rendszerek kiépítését ajánlotta az 1990-es évek közepén, a Természetvédelmi Világalap (WWF, *World Wide Fund for Nature*) Haraszi László által vezetett magyarországi irodája is, bár az általa javasolt tározók nem az árvízi biztonságot, hanem az ártéri területek tágabb környezetének ökológiai viszonyainak javítását szolgálták volna. Sajnos új koncepciót és az árvízi biztonságot hosszú távon garantáló programot azóta sem dolgoztak ki. Több dokumentáció készült, amely a koncepció nevet viseli, ugyanakkor egyik sem ismerteti a jelenlegi és a jövőben várható árvízi biztonságot. Nem utalnak arra sem, hogy beavatkozások révén milyen biztonság érhető el a javasolt fejlesztési összeg felhasználása révén.

1.1. A hullámtér geomorfológiai vizsgálata a Tiszán

Az egyre gyakoribb, rekord vízmagasságokat megdöntő árhullámok ellen más megoldási javaslat is született. 1850 óta 5–7 alkalommal emelték meg a gátak koronamagasságát az ártéri gazdálkodás, a nyári gátak stb. építésével és folyamatosan szűkítették a hullámteret. Az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet által javasolt megoldás szerint, ahol az alacsony- és a magasártéri térszín adottságai lehetővé teszik, ott a folyónak vissza kell adni a szabad mozgásteret. Tehát a gátak áthelyezésével, kinyitásával a megnövekedett vízmennyiséget a még beépítetlen, vagy alig beépített alacsony-, illetve mélyártérbe kell átvezetni. Ez esetben nem kell építeni új gátakat, mert a településeket, az infrastruktúrát, a magasártéri szintek mint természetes gátak védik (SCHWEITZER F. 2001). Ezzel a megoldással a Tiszának visszaadott területeken egyúttal meg is teremtik a hagyományos vízgazdálkodás feltételeit. A másik javaslat a már említett vésvíztározók kialakítása a Tisza mentén.



1. ábra. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (VTT) keretében tervezett vésztározók. Forrás: VIZITERV

Az 1850-es évektől kezdve többször felvetődött az a gondolat, helyes volt-e a Vásárhelyi-terv kidolgozása és végrehajtásának tudományos-műszaki megalapozottsága. Sokan gondolták úgy, hogy a lefolyó vizek egy szélesebb

hullámtér esetében jobban szétterülnének, és így alacsonyabb lehetne az árvizek szintje. Ugyanakkor azonban sokaknak az volt a véleménye, hogy nem. Részben azért, mert a legnagyobb – például tiszai – árvizek esetében más folyók (Duna, Körösök, Maros, Sajó stb.) legtöbbször együttes visszaduzzasztásai határozzák meg a vízszintet (SZLÁVIK L. 1983; VÁGÁS I. 1984).

Nyilvánvaló, hogy a természeti környezet egyik nagyfontosságú tényezője, a vízviszonyok megváltoztatása kölcsönhatásban van a tájjal és más környezeti tényezőket is érint, befolyásol, esetleg átalakít. A folyószabályozással és erdőirtással elősegített fokozódó felszíni lefolyás súlyos következménye az erodáló képesség általános felerősödése. Az erdőtől megfosztott vízgyűjtő felszínekről gyorsabban lefolyó vizek egyre több laza üledéket szállítottak a medrekbe, miáltal azok hordalékszállítására jelentősen megnövekedett.

A Máramarosi-havasokban eredő Tisza 946 km hosszú utat megtéve éri el Titenél befogadóját, a Dunát. A 157,2 ezer km² kiterjedésű, kerekded alakú vízgyűjtő terület sajátossága, hogy nyugat-délnyugat felé nyitott.

A tiszai vízválasztó északnyugattól délkeletig, majd délen 1000–2000 m tengerszint feletti (tszf-i) magasságban a Kárpátok gerincén húzódik. Maximuma eléri a 2509 m-t (Peleaga). A hegyvidéken a vízválasztó legalacsonyabb pontja a Duklai-hágó (502 m a tszf.), míg az Alföldön 700 km-es szakaszon a Tisza kisvízi medre a 100 m tszf-i magasság alatt marad. A folyó alföldi szakaszának középső és alsó részén a Tisza erősen aszimmetrikusan, teknő alakú lapályban, alacsony ártéren helyezkedik el. A „völgyét” joggal hasonlítjuk geomorfológiai jegyei alapján egy „teknőhöz”. A Tiszának kifejezett teraszos völgye csak Kárpátalján van, főként a folyó Huszt feletti szakaszán (5. kép). A folyó egyes teraszain (6. kép.) a szakaszos völgybeágódás következtében a több százezer éves medermaradványok homokos-kavicsos üledékei helyezkednek el.

Ezután kilép az Alföldre, ahol árvizei is csak az alföldi ártér pereméig terjeszkednek. A süllyedő tiszai Alföld felszínén pedig a folyó gyakran változtatta futásirányát kettős-hármas medreket alakítva ki (7. kép), az utolsó tízezer évben a holocén elejétől az ármentesítésig. Azóta az árvízvédelmi töltések között folyik (2. ábra).

A tiszai Alföldön a felsőpleisztocén kori (kb. 30–40 ezer évvel ezelőtti) folyam a Szamossal együtt még az Érmelléken a Nyírség és a Szilágyság között folyt. Itt található a pleisztocén kori teraszai. Mai helyére a Nyírséget keletről és északról körülhatároló, holocén eleji, mintegy 10 ezer évvel ezelőtt kialakult süllyedék-területek, a fiatal jászsági süllyedék és a szolnok-titeli árkos süllyedék vonzották. A süllyedő és egyben feltöltődő területekhez kapcsolódó meanderező folyómeder azóta is sokat változtatta helyét a VÁSÁRHELYI-féle folyószabályozásig. Erről tanúskodik a mikrodomborzatban gazdag, holt medrekkel felsabdalt széles, tiszai alföldi lapály (CHOLNOKY J. 1896; SOMOGYI S. 1967; JAKUCS L. 1982; BORSY Z. 1989).



5. kép. A Fehér- és a Fekete-Tisza összefolyása Rahónál. Fotó: SCHWEITZER F.



6. kép. A Huszti-kapu Huszt várából nézve. A Tisza jobb és bal partján a folyó teraszainak szintjei (II/A–VI) helyezkednek el, amelyek az egykori medrek több százezer éves maradványai. Fotó: SCHWEITZER F.



7. kép. A Tisza kettős medrének egyik részlete a folyó bal partján Tiszabura és Kenderes között. Fotó: SCHWEITZER F.

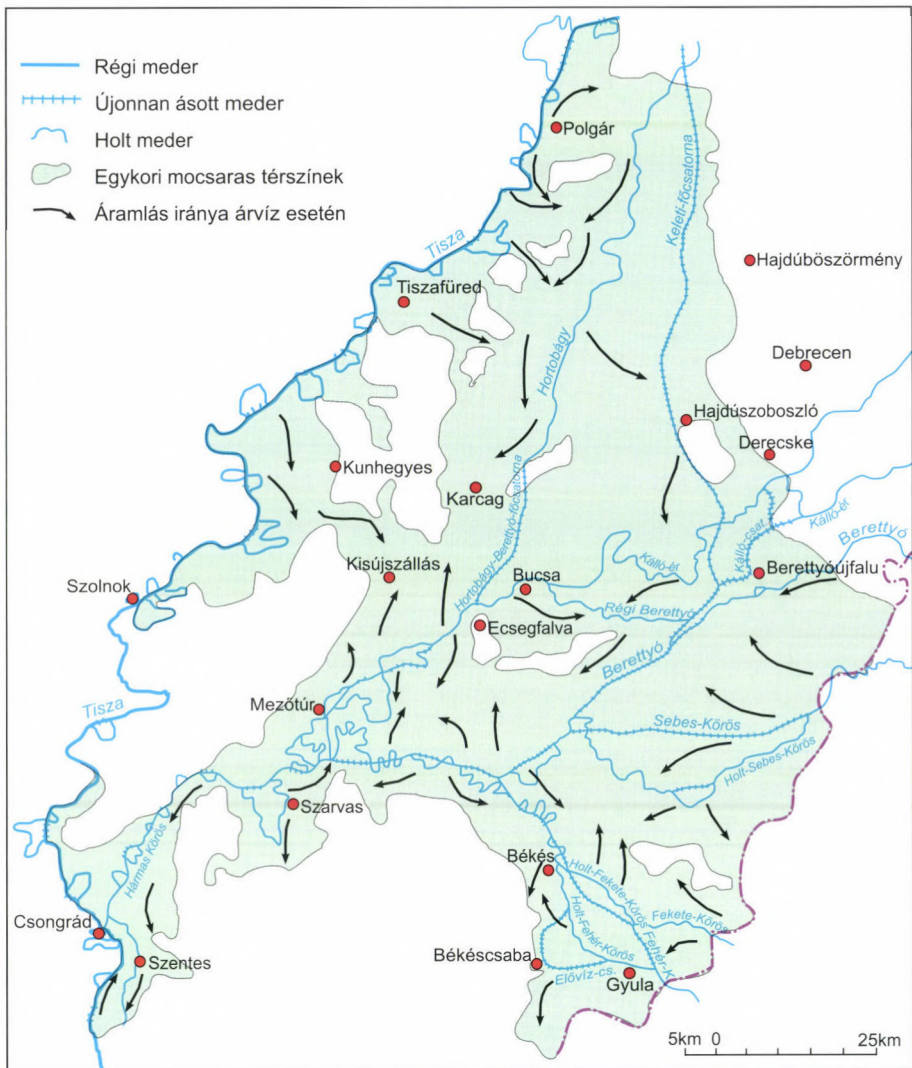
Irodalmi adatok alapján a Tiszadob és Tiszafüred között a bal par-
ton kilépő víztömegek több mocsáron és a Hortobágy folyó közvetítésével a
Berettyó sárrétjébe jutottak 30–35 km hosszan. A 30–40 cm-es víz és a nagy
kiterjedésű, ma is süllyedő mocsárterület csak egy kisebb része volt a Tisza
közös vízrendszere mocsárvilágának. A Hortobágy folyó egy, kb. 10–12 km
széles, agyagos-iszapos üledékekből álló mélyedésben folyik észak–déli irány-
ban egészen a Körösök torkolatáig. A mélyedést 8–10 m vastag folyóvízi-ártéri



2. ábra. Hidrográfiai változások az Alföldön a holocénban az ármentesítésekig (SOMOGYI S. 1997. szerint). – 1 = A Duna óholocén fattyúága; 2 = Az utolsó Duna–Tisza közti átfolyás valószínű iránya; 3 = A Zagyva korábbi torkolati szakasza; 4 = A Tarna korábbi folyásiránya; 5 = Pleisztocén végi Maros-medrek; 6 = A Kurca (Ér-völgyi ősfolyó) maradványa; 7 = Az Ér völgye; 8 = A Berettyó szabályozások előtti folyásiránya; 9–10 = A tiszai árvizek lefolyása a Hortobágyon és a Nagykunságon át; 11 = A Tisza átfolyása a Bodrog medrére; 12 = Mederváltozások a Szatmári-síkon; 13 = A Sajó-Hernád összefolyásának területi eltolódása

üledék tölti ki. Ez a völgy a Nagykunság és a Hortobágy mélyebb övezete, amely már feliszapolódott, és az egykori nagy tiszai árvizek lefolyási útvonalai a hajdani Tisza kettős-hármas medrei voltak (3. ábra.)

A határon túli hegységi területek vízgyűjtőjéről lezúduló és a síkságon megrekedő csapadékvizek rendkívül súlyossá teszik az Alföld helyzetét,

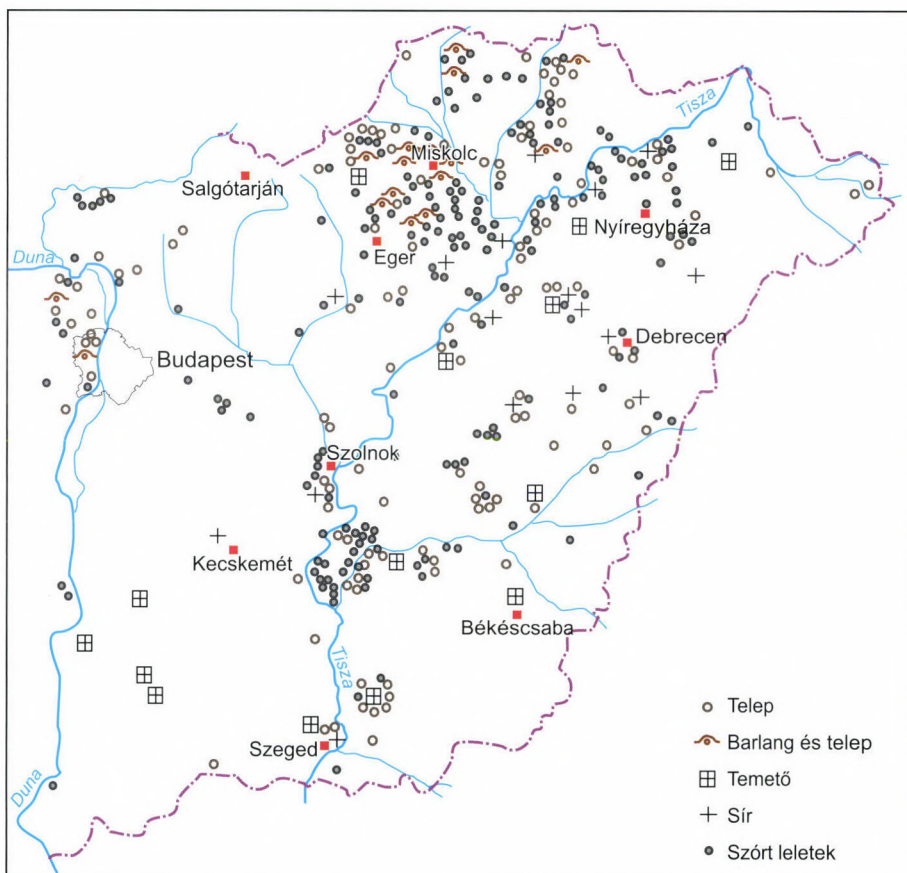


3. ábra. A Tisza és mellékfolyóinak árvízjárta területei a szabályozások előtt (IHRIG D. 1952 alapján)

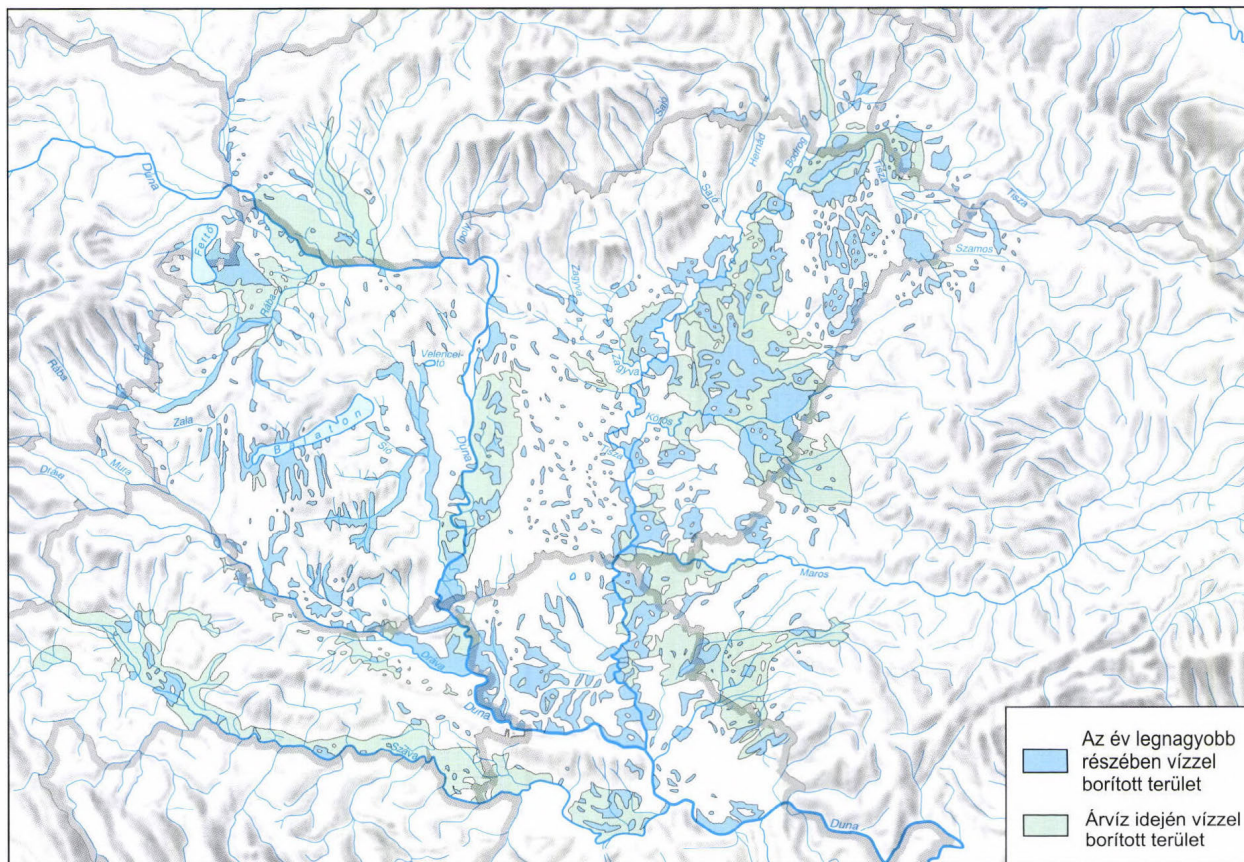
magas és hosszan tartó árvizeket és nagy kiterjedésű belvízi elöntéseket eredményeznek a Tisza kettős-hármas medreivel tagolt tál alakú völgyében. Az alföldi folyók mentén elhelyezkedő települések mindenhol az ún. magasártéri szinteken épültek, amelyek szárazulatok voltak és a legnagyobb árvizek is csak ritkán öntötték el azokat. Ezek a felszínek a szabályozások előtt természetes gáttaként szerepeltek, s ha a víz netán kitörne, természetes gátként, vagy

ideiglenes védművek kiépítését szolgáló területként szerepelnének ma is. A Kárpát-medencében a honfoglalás kori Magyarországon a régészetileg feltárt 148 lelőhely közül 74 magasárterek peremeihez kapcsolódik. Az Árpád-korból feltárt 164 lakóhelyből 84 szintén a magasárterek mellé épült (SZŐKE B. 1962). KOLOSVÁRY G. (1928) adatai szerint a tiszai ártéren 112 település található. (Az árvizek emelkedése miatt ma már lényegesen több a számuk.) A 4. ábra a tiszai Alföld ősi településeit tünteti fel, amelyeket a népesség többek között azért hagyott el, mert a környezetük feltöltődött, vagy más ok miatt az árvízszint túlságosan megemelkedett.

Az ősi Tisza és mellékfolyói az ármentesítések előtt hatalmas területeket árasztottak el az Alföldön, annak jelentős részét igazi „vadvízi országgá” alakították (5. ábra).



4. ábra. A paleolitik, mezolitik és neolitik kultúrák telepei Kelet-Magyarországon.
(Összeáll: SOMOGYI S. 1997)



5. ábra. A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok előtt (Földművelésügyi Minisztérium Vízrajzi Intézete, 1938 alapján)

1.2. Az alacsonyártéri tározás mint az árvízvédelmi biztonság egyik lehetősége

A Tisza szabályozásának igénye már a 15. sz. második felében, Mátyás király idején felmerült; ő ugyanis törvényt alkotott, hogy a Tisza kiöntései ellen töltések emelésével védekezzenek. A szabályozás alapjait azonban I. Ferenc császár teremtette meg 1807-ben a vízrendező, illetve a vízszabályozó társulatokról hozott törvényével.

A Lányi Sámuel vezetésével 1834–1848 között elvégzett tiszai mappáció (térképezés) alapján kitűnt, hogy a tiszai árvizek a történelmi Magyarország területén 18 megye 854 települését veszélyeztetik, ritkán olyanokat is, amelyek magasártéri szinteken települtek és az árvizek által korábban védettek voltak. Ez már arra utal, hogy az ún. alacsonyártér vagy mélyártér feltöltődése is felgyorsult.

A Tisza mentén és a folyó vízgyűjtő területén bekövetkezett, feltehetően a bányászat következtében is megnövekedett erdőirtás, legeltetés, földművelés hatására emelkedett a lefolyás mértéke, az árvízszintek megnövekedtek, a települések veszélyeztetettekké váltak. A települések, a vonalas létesítmények és a mezőgazdasági területek biztonsága, védelme érdekében alakult meg 1846-ban a Tisza-völgyi Társulat, amelynek célja a szabályozási munkák tervezése és kivitelezése lett.

A Duna és a Tisza mellékfolyóinak megépített gátrendszere, mesterséges mederszakaszok megépítése, a meander kanyarulatok átvágása, a *mocsárvilág lecsapolása az akkori Európa legjelentősebb természetátalakító tevékenysége*, egyben hazánk eddigi legnagyobb területfejlesztési programja volt. A beavatkozások akkor megfeleltek a velük szemben támasztott társadalmi és gazdasági követelményeknek.

A Tisza és mellékfolyóinak hordalékszállító képessége mindig nagy volt. Még az ármentesítések előtti alacsony ártéri szintekből szigetszerűen kiemelkedő magasártereken a legősibb településeket is azért öntötte el olykor-olykor az árvíz, mert a környezetükben lévő alacsony árterek feliszapolódtak.

A vízgyűjtő területeken bekövetkezett robbanásszerű urbanizációs változások – pl. bányászati tevékenység, fakitermelés, népességnövekedés és településfejlődés – ezt a természetes hordalékszállítást valószínűleg megnövelték, az árvíz elleni védekezés 150 éve alatt bizonyos szakaszokon a hullámterek feliszapolódása jelentősen megnövekedett, a hullámtér felszínfejlődése, az övzátonyok, parti gátak kialakulása is felgyorsult. Az 1974-ben elkezdett, de abbahagyott tiszai újra térképezés előkészítése során az ún. V.O. kövek állapot felmérése közben kiderült, hogy jelentős részük a feliszapolódás miatt betemetődött (8. kép).

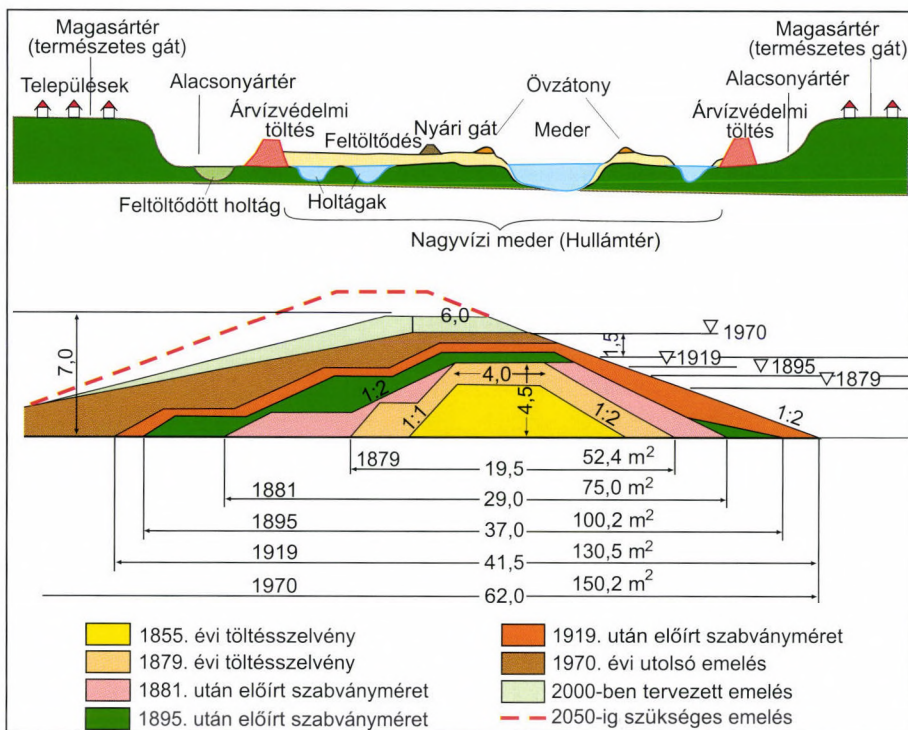
Az árvízvédelmi gátak közötti hullámtéri feltöltődés és azon belül az övzátony (parti gát) képződés az ezredfordulóig nem került az érdeklődés előterébe, bár az övzátonyok iránti folyamatos figyelem nyomán követhető a szakirodalomban. Ez annál is inkább meglepő, mert ez a VÁSÁRHELYI-féle kon-



8. kép. Feltöltött hullámtérbe süllyedt ún. V.O. kő Rákóczi falvánál. Fotó: BALOGH J. 2002. (A V.O. kövek a főbb folyók partján egymástól 2–3 km-re kijelölt nyilvántartási szelvények végpontjain a mederfelvételek céljából elhelyezett vízszintes és függőleges értelmű geodéziai alappontok. Nevüket onnan kapták, hogy az 1890-es években folyóink térképezésekor az egykori Vízhajó Osztály helyezte el őket.)

cepció tervvitájának is egyik kulcskérdése volt. Számoltak ugyan azzal, hogy a tervezett szűk ártéren az árvizek magassága emelkedni fog, de a hordaléklerakódás mértékét nem tartották jelentősnek. Meglepő, hogy a Kínai-alföldön kanyargó Sárga-folyó (Huang-Ho) hatalmas méretű gátját látva CHOLNOKY Jenőben nem merült fel az a gondolat, hogy ez a Tisza és jelentősebb síkvidéki területeken folyó vizek esetében is kialakulhat (CHOLNOKY J. 1907). A hullámtéri feltöltődés szerepe az árvizek kialakulása szempontjából pedig igen jelentős (SCHWEITZER F. 2000). Ez oda vezetett, hogy a gátakat időszakonként – feltehetően a feliszapolódás és az övzátonyok képződésének hatására – magasítani kellett, mégpedig 1850 óta 5–7 alkalommal, és ha minden így marad, továbbra is magasítani kell majd (1. táblázat, 6. ábra).

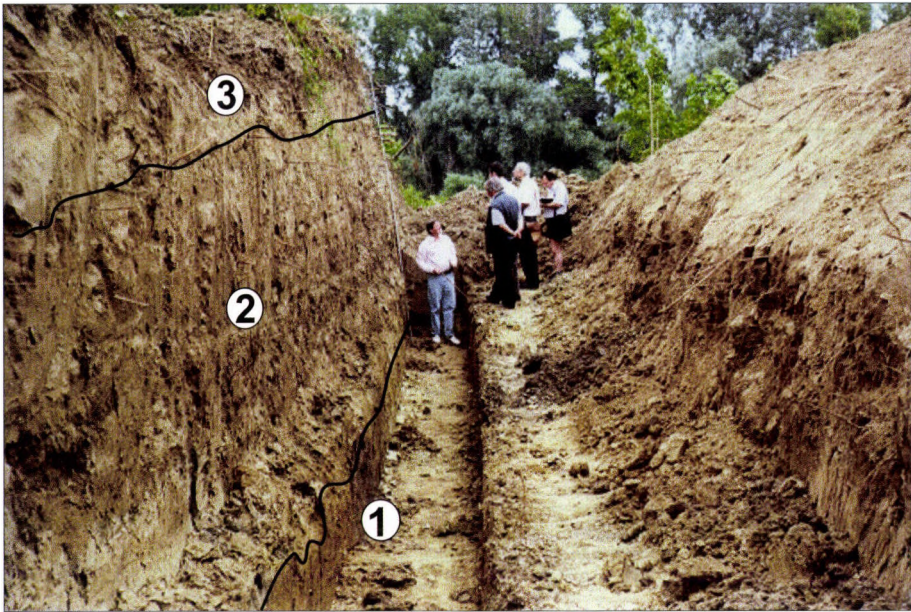
Az ármentesítést követően a Tisza hullámtere Szolnok térségében egyes területeken 200–240 cm (9. kép), az Alsó-Tisza völgyben, a Körös hullámtere Békésszentandrás térségében az ármentesítést követően 140–160 cm vastagságban iszapoltódott fel; jól felismerhetőek az utóbbi évek, évtizedek egy-egy árvizének 5–10–13 cm vastag üledékei. Ezen üledékek nem a kubikgörök üledék felhalmozódásai (BORSY Z. 1989; BRAUN M.–DEZSŐ Z.–HADADY



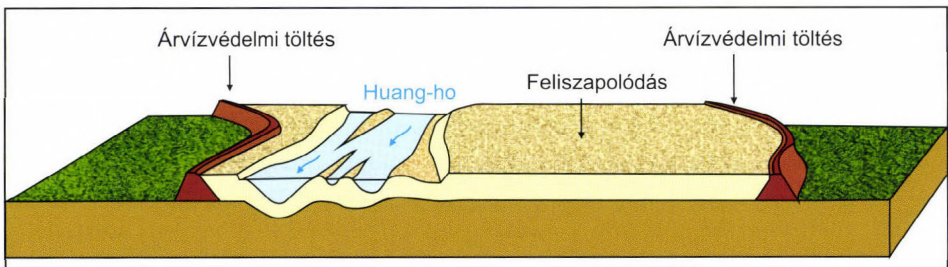
6. ábra. Az árvízvédelmi töltések magasságának növekedése Szolnoknál és a Közép-Tisza vidéken. A feliszapolódás miatt a 2000-re tervezett emelést 2050-ig további lehetséges emelésnek kell követnie. (VÁGÁS I. alapján szerk.: SCHWEITZER F. 2001)

Gy. 2001; NAGY I.–SCHWEITZER F.–ALFÖLDI L. 2001; SCHWEITZER F. 2001). A Tisza 1976 és 1983 közötti árvizei során Kisköre és Szeged között átlagosan 30 cm-rel magasította hullámterét (VITUKI 1983; LACZAY I. 1982), annak ellenére, hogy a Kiskörei tároló igen jelentős mennyiségű hordalékanyagot ülepít le. A folyó a 2000. évi árvíz idején Szolnok felett egyes helyeken 14 cm vastag hordalékot rakott le (NAGY I. mérései, 2002 ex verbis). Ez a folyamat oda vezet, hogy a folyó a hullámter állandó feliszapolódásának hatására magasabban fog folyni, mint az ármentesítés előtti alacsony árterének szintje, amely az árvizek során vízborítás alatt állott.

Így a Tisza medre tehát nem a legmélyebb térszínen, az alacsonyártéri szinten, hanem az általa feliszapolott, felmagasítódott hullámteren fog folyni, és a víz már nem tud visszafolyni a magasabban lévő medrébe, illetve hullámterébe, s úgy tűnik, előbb-utóbb a Tisza és nagyobb mellékfolyói, amelyek az alföldi szakaszon folynak, a Huang-Ho vagy az olaszországi Pó folyó sorsára jutnak (7. ábra, 10. kép).



9. kép. A 2000. évi tiszai árvíz után a Szolnok melletti Alcsi-szigeten a hullámtéren a feliszapolódás mértékének vizsgálata céljából mélyített kutatóárok szelvénye. A hullámtéri átvágásban megfigyelhető a folyó ármentesítés előtti felszínére (1) települt, itt megjelenő 200–230 cm vastag feltöltődés anyaga (2). A feltárás legfelső 30–35 cm-es része (3) az 1986-os csernobili katasztrófa óta halmozódott fel. Fotó: SCHWEITZER F.



7. ábra. A Huang-ho begátolódásának szomorú következményeit feltűntető tömbszelvény (CHOLNOKY J. 1900 alapján). Az árvízvédelmi töltések eredeti magassága 14 m, a közöttük lévő árteret a folyó 11,5 m magasán feltöltötte. Az árvízvédelmi töltések távolsága itt 11 km.

A Tisza-völgy árvízvédelme *nemzetbiztonsági kérdés* is, mert közel 1,5 millió ember létbiztonságát érinti. Az árvízszintek állandó emelkedésének ellensúlyozására az árvízvédelmi töltéseket erősíteni, annak magasságát időszakonként emelni kellett. Mint ahogy azt az 1999. és 2000. évi tiszai árvíz esetén láttuk, rend-

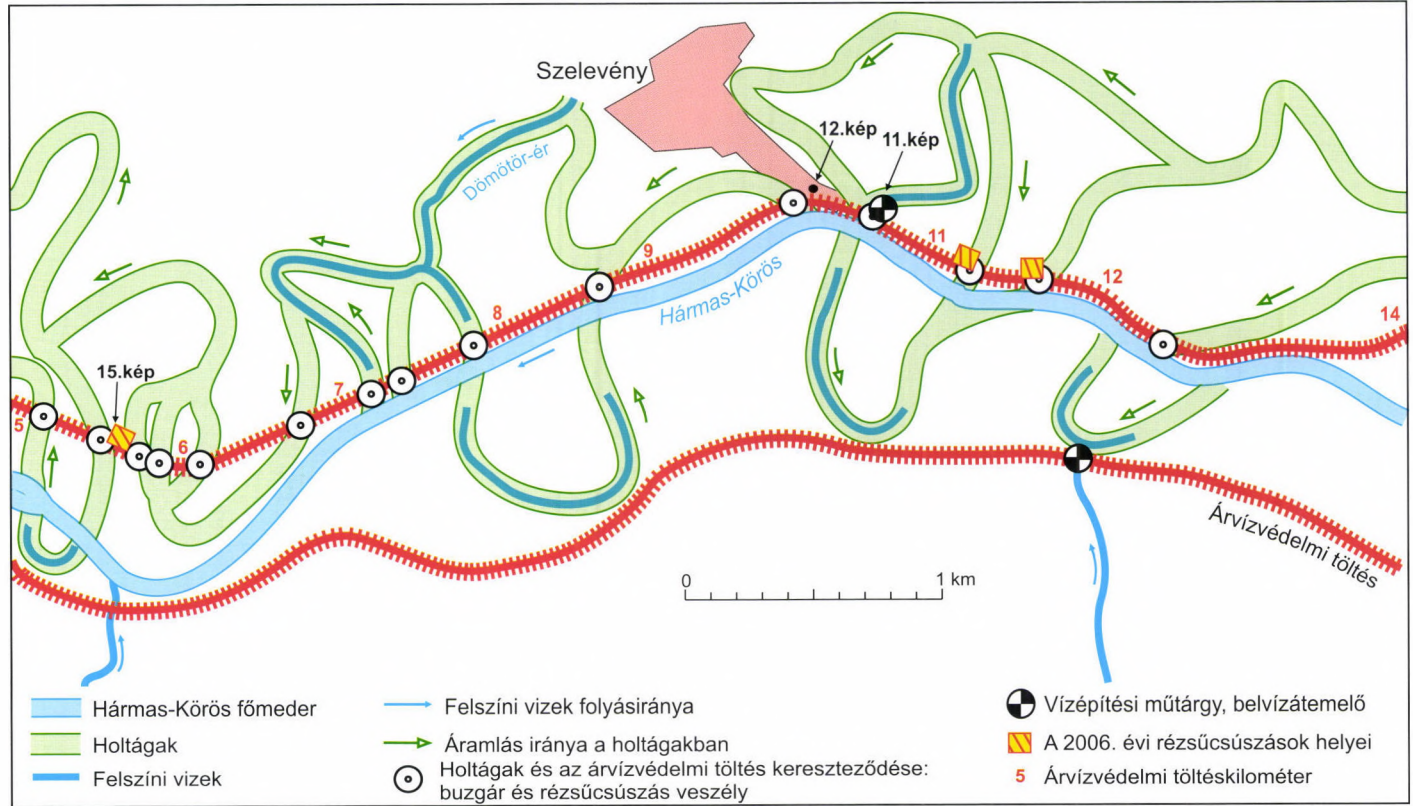


10. kép. Erőteljes mederfeltöltődés következtében a Pó többször (5–7 alkalommal) megemelt árvízvédelmi töltése Ferraránál. Fotó: BALOGH J.

kívüli anyagi és emberi erőfeszítések árán javítgatjuk a több mint egy évszázados rendszert. A Tisza völgyében a védművek kiépítettségének aránya a jelenlegi előírásokhoz képest alig több mint 50%. Hangsúlyoznunk kell, hogy a jelenlegi előírások szerint kiépített árvízvédelmi létesítmények már ma sem nyújtanak megfelelő védelmet és védőképességet az árvízszintek emelkedése és egyéb okok miatt a jövőben tovább fog csökkenni. Ennek ellenére nem merjük feltenni a kérdést, hogy mindez megfelel-e a jövő évszázadok követelményeinek?

A gátépítésekkel kapcsolatos vízügyi beruházások évszázados hatásúak, kicserélésük rendkívül költséges és lassú. A Körösökön – mint ahogy arra ALFÖLDI L. (2000) is rámutatott – a 19. század végén igen keskeny, mintegy 50–70 m széles hullámteret építettek. Ehhez a szűk hullámtérhez az erdélyi oldalról 150–200 m széles hullámterek kapcsolódnak, emiatt ezeken a szakaszokon a tölcészerű szűkület miatt víztorlódás következik be. A Körösök mentén így szinte minden jelentősebb árvíznél fenn áll a rézsúcsúszás, a gátszakadás és a buzgárveszély (8. ábra, 11., 12. kép).

Ennek a veszélynek az elhárítása, a hullámtér magyarországi szakaszának a kiszélesítését, az alacsonyártéri víztározást, az árvízvédelmi gátak áthelyezését igényelné. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése alapján (VÁRADI J.–NAGY I. 2003.)



8. ábra. A szabályozások során levágott medrek és az árvédelmi töltések rézsúcsúszás- és buzgárveszélyes kereszteződései a Hármas-Körös mentén (Szelevény) a 11., 12. és 15. kép készítési helyszíneivel. (A KÖTIVIZIG adatai alapján szerk.: SCHWEITZER F. 2006)



11. kép. A Körösöknél a viszonylag szűk magyarországi hullámtérhez az erdélyi oldalról jóval szélesebb csatlakozik, így a tölcsérszerű szűkület miatt a Hármas-Körös környezete Szelevénynél különösen árvízveszélyes területté válik. A Tisza egyidejű árvízének visszaduzzasztó hatása tovább ronthatja a kialakult helyzetet. Fotó: BALOGH J.

az árvízcsúcsok csökkentése érdekében, az árhullámok egy részének alacsony ártéren történő elhelyezése, a kiépítésre javasolt tározókban valósulna meg.

Egy további lehetőség azonban a hullámterek már említett bővítése az alacsonyártereken, az egyes helyeken természetes gátakat képező magasártéri szintekig. Ez a lehetőség szolgálná az árvízvédelem biztonságát. Egy-egy ilyen hullámtérbővítést nagyon gondos hatékonysági számításoknak, a helyi lakossággal való egyeztetéseknek és politikai döntéseknek kell megelőzniük, ha a mentett alacsonyártéri oldalon integrált hasznosítású, holt medreket is magába foglaló tározó rendszereket hoznak létre. Ezek a környezetükbe szervesen illeszkedő tározók (pl. Bodrogszig, Köröszig, Ecsedi-láp) átvehetik a 19. század mocsarainak ökológiai szerepét. A tervek megvalósítása nagy felelősséget jelent a tudományos kutatásnak.

Ebben az esetben is több száz évre kell előre gondolkodni, hogy milyen elképzelés is valósuljon meg. 150 évvel ezelőtt VÁSÁRHELYI Pál és az őt követő mérnökök a kor tudományos színvonalán készítették el terveiket, de megvalósítani csak az akkori finanszírozók és döntéshozók által elfogadott megoldásokat tudták. Tudjuk, hogy örökségünk milyen sok megoldandó problémával terhelt.



12. kép. Rézsűcsúszás és buzgár elleni védekezés 2006-ban a Hármas-Körös árvédelmi töltésén Szelevénynél, ahol a lakosságot kitelepítették és a község csak "Isten kegyelmének" köszönhetően menekült meg az elöntéstől. Fotó: SCHWEITZER F.

Az általuk kialakított rendszer még ma is működő képes lenne, ha az elmúlt fél évszázadban nem gyarapítjuk a problémák sokaságával örökségünket.

A Tisza vízgyűjtőjén az 1970-es évek után és az ezredforduló közeli években 1998–2006. között sorozatban következtek be a rekord nagyságú árhullámok, amelyek kialakulását elősegítheti a *feltételezett klímaváltozás*, de az eseményeket főként az *antropogén beavatkozások határozzák meg*. Emiatt a föld- és társtudományoknak a VVT koncepció mellett sok feladatot kell még elvégezniük, hogy hosszú távra oldják meg az árvízi biztonságot, stratégiát dolgozzanak ki, hogy elkerüljük a katasztrófát. A sok feladat közül néhány fontosabb:

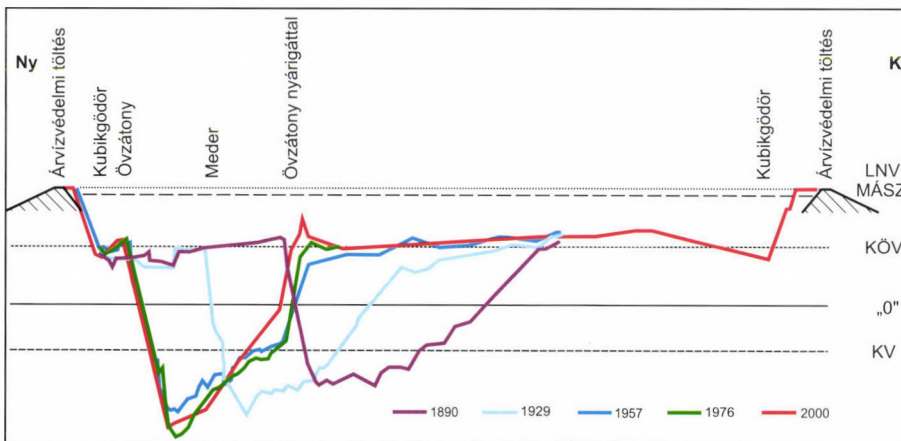
– A Tisza árvízvédelmi töltésekkel védett árterei mintegy tízezer éves fejlődésének feltárása, benne az élő és eltemetett, feltöltődött medrek kereszt-

teződéseinek feltérképezése, mert ezek a kereszteződések buzgár-hajlamos térségek is (13. kép).

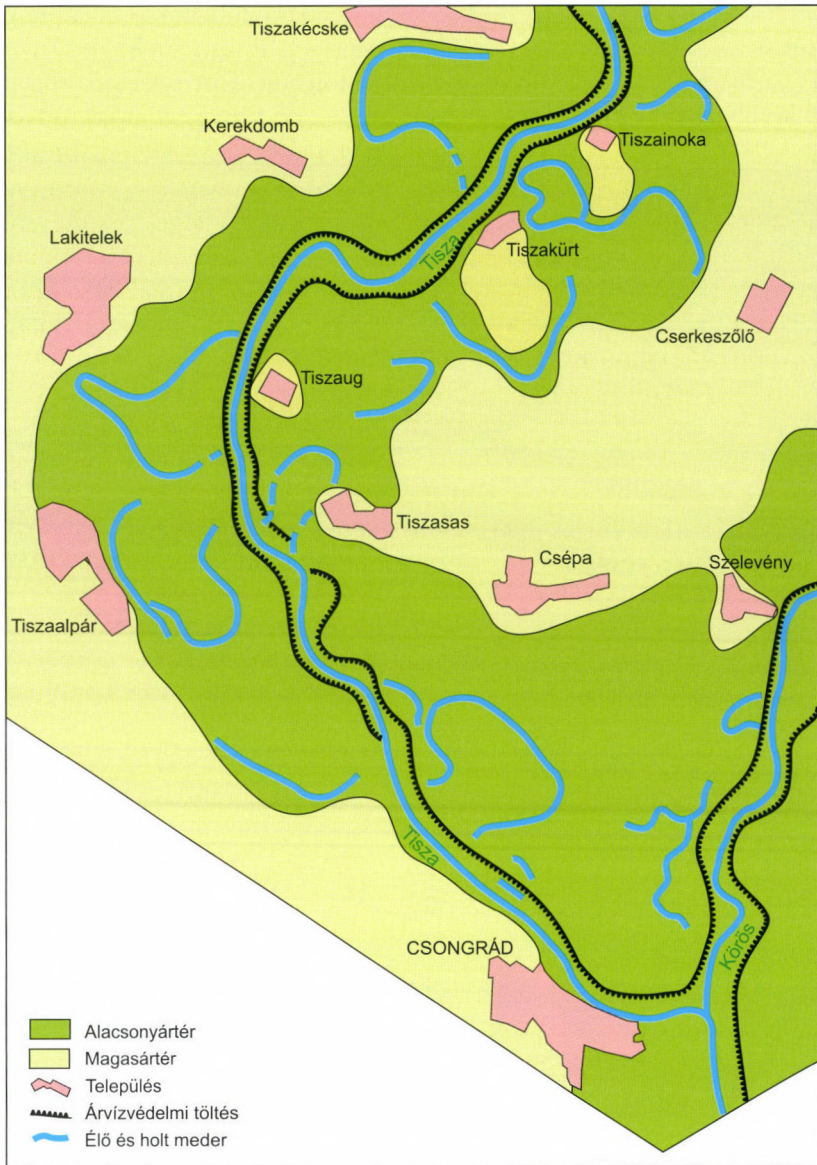
– A Tiszára ható, a folyót nyugatra toló ún. Coriolis-erő jelenlegi és annak jövőbeli hatásának vizsgálata a folyó jobb parti gátjainak biztonsága szempontjából, illetve a jobb parti hullámtér szűkülése miatt (9., 10. ábra).



13. kép. Közép-Európa legnagyobb buzgárja Tiszasasnál 2000 áprilisában. A buzgár a Tisza bal partján a mentett oldalon, a töltés lábától 4 m-re alakult ki. Fotó: KÖTIVIZIG



9. ábra. A Tisza árvízi medrének jellemzői és annak nyugat felé tolódása a Coriolis-erő hatására Tiszafüred és Csongrád szelvényeiben, 1890–2000 között. (A KÖTIVIZIG adatai alapján szerk.: SCHWEITZER F.) LNV = Legnagyobb víz; MÁSZ = Mértékadó árvízszint; KÖV = Középvíz; KV = Kisvíz



10. ábra. Térképábrázolás a Tiszkécske és Csongrád közötti Tisza-szakaszról. A Tisza menti árvédelmi töltések környezetét a legtöbb helyen széles alacsonyártér és keskeny hullámtér jellemzi. A magasártéri szintek mint természetes gátak között elhelyezkedő alacsonyártéri szintek alkalmas térszínei a lehetséges árvíztározásnak (SCHWEITZER F. 2001). A Tiszazug alacsony ártéri felszíne árvízi vésztározás szempontjából kiemelt terület, amely alkalmas a Körös és a Tisza nagy árvizeinek tárolására. (Az 1970-es évekig a Csongrádi-vízlépcsőt is ezen a területen kívánták megépíteni.)

– A hullámtér feliszapolódásának vizsgálata és mérése, különös tekintettel a szabályozások óta bekövetkezett változásokra; a vízgyűjtő területről a hullámtérre érkező és ott felhalmozódott szennyező anyagok felmérése. Részletesen vizsgálni kellene a hullámtér feltöltődésének mértékét, továbbá a gátak közötti távolság és a feltöltődés mértéke közötti kapcsolatot is.

– A magasártéri szint és a gátak futásának vizsgálata, ami magában foglalja az alacsonyártéri terület (hullámtéri rész) esetleges növelésének lehetőségét, azon gátak esetenkénti-helyenkénti megszüntetését, amelyeket a jövőben a magasártér helyettesíthet. Fel kell tární új, távolabbi gátak építésének lehetőségét, és el kell végezni a tervezett megnövelt ártéri (hullámtéri) területek várható tározóképességének vizsgálatát.

– Geoökológiai-geomorfológiai kutatások az ártéren és a hullámtéren az árvizek gyors levezetése és az árvízi tározás szempontjai alapján.

– Át kell tekinteni az övzátónyok (parti gátak) kialakulásának és fejlődésének kérdéseit, fel kell deríteni kapcsolatukat a hullámtér feliszapolódásával.

– A hullámtérben az elburjánzott vegetációból fakadó gondok ésszerű kezelése. A kialakult (kialakuló) sűrű bozóton az árvíz áramlása jelentősen lelassul, a hullámtér feltöltődése viszont felgyorsul. A hullámtérnek az árvízi vízhozamok, a hordalék, a jég hozamok biztonságos levezetését kell biztosítani a hullámtér teljes keresztmetszetében. Emiatt a hullámtér növényborítottsága, a feliszapolódás nagysága meghatározó módon befolyásolja az árvízlevezetés hatékonyságát.

– Gazdaság- és településföldrajzi vizsgálatok.

1.3. Szeged és térségének árvízi kockázata

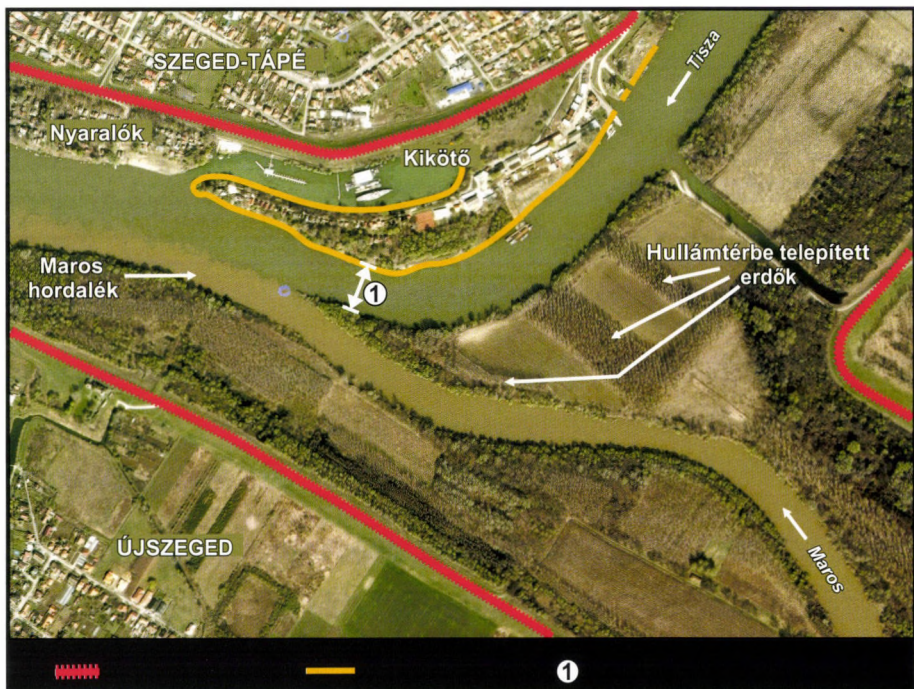
A Tisza-völgyi árvízvédelemnek közel két évszázada egyik kritikus szakasza Szeged és közvetlen környéke. Szeged városa előbb következetesen megakadályozta, hogy a Tisza árvizei a várostól nyugatra is lefolyhassanak, majd a Tisza és a Maros menti töltések építésével hatalmas területeket zártak ki a hullámtérből, emelve ezzel Szeged térségében az árvízszintet (NAGY I. 2011).

Szeged 1816. évi árvízi katasztrófája után (1000-nél több ház pusztult el) napirendre került a Maros torok Szeged alá helyezése. Hazai és külföldi szakemberek javaslata ellenére Szeged városa Bécsben elérte, hogy a Maros torkolata a város fölött maradjon. Így a Tisza és az összes mellékfolyó vízhozama Szegeden folyik át. 1856-ban úgy épült meg a Szeged–Temesvár vasútvonal, hogy a bal parton lezárta az ár hullámok levonulási útját, a Szőregi út alatt meglévő, összesen 728 m széles hidak nem tudtak többé az árvizek levezetésében részt venni. (Az 1830. évi árvízkor a vízhozam 55,9%-a még itt folyt le). Ezzel kialakult a Tisza mentén a legszűkebb nagyvízi meder, mely visszaduzzasztva az ár hullámokat, jelentős vízszintemelkedést idéz elő a fő-

lőtte lévő szakaszon (NAGY I. 2011). Szeged 1879 évi újabb katasztrófája után, a környező árvízvédelmi töltéseket jelentősen megemelték, megerősítették, befejezték a jobb parti városrészt védő körtöltés építését.

1950 után Szeged városa sorozatosan olyan építéseteket hajtott végre, amelyekkel tovább szűkítette az árvízi medret, ezzel rontotta saját árvízi biztonságát. Ilyen például a tápéi kikötő megépítése és a kikötő alatti üdülőtelep kialakítása a jobb parton (11. ábra), vagy a két közúti híd között a bal parti hullámtér jóléti célra való igénybevétele, a medencés kikötő megépítése, a hullámtér fásítása és a növényzet terjedése és még lehetne sorolni tovább, amelyekkel az eredeti hullámterek keresztmetszetét és áteresztő képességét jelentős mértékben lecsökkentették. Mindez az árvizek magasabb tetőzését és lassabb levonulását eredményezi (NAGY I. 2011).

Szeged városa bizony számíthat árvízi helyzetének rontásában a Maros folyóra. Köztudomású, hogy a Maros jelentős volumenű hordalékot szállít a Tiszába, amely a 11. ábra műholdfelvételén is kitűnően látszik. Mikor a Maros vize egyesül a Tiszáéval, a víz sebessége rendszerint jelentősen lecsökken, ezért a



11. ábra. A tápéi kikötő megépítése és a kikötő alatti üdülőtelep kialakítása következtében jelentősen lecsökkent a hullámtér keresztmetszete a Maros torkolatánál. Az eredeti keresztmetszetet a fővédvonalak adják. (A Google Maps műholdfelvétele alapján szerk.: NAGY I.–SCHWEITZER F.–SZEBERÉNYI J. 2011)

hordalék jelentős része a szegedi, illetve az alatta lévő szakaszon kiülepedik. Ha a kiülepedett hordalékot a növényzet átszövi, azt a következő árvíz már nem tudja tovább vinni, ezért a középvízi meder egyes részei, de különösen a hullámtéri területek folyamatosan töltődnek. 1970 után a bal parton a magyar-szerb határ alatt lévő nyárigátat az eddigi legnagyobb árvízszint fölé magasították, ezzel a szegedi szűkület hosszát mintegy hat km-rel megnövelték. E mellett egyes szakaszokon szűkítették a hullámteret, amivel tovább növelték a visszaduzzasztást, és ezzel emelték az árvizek szintjét. Ehhez hozzájárult a tiszabecsi duzzasztógát építése, amely vízszintnövelő hatását Szegedig érezteti (12. ábra).

A Tisza szerbiai és a Duna Titel alatti szakaszán megvalósított beavatkozások rontották a Tisza Szeged alatti lefolyási viszonyait. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a Tiszán és a Maroson érkező árhullámok lassabban és magasabb szinten folynak át Szegeden és a magyar-szerb határon, jelentősen megemelve a Szeged fölötti folyó szakaszok árvizeinek szintjét (NAGY I. 2011). További kedvezőtlen hatás, hogy a felülről érkező újabb és újabb árhullámok a Szeged és Tiszafüred közötti szakaszon utolérik egymást, egymásra torlódnak, és ezzel egyre magasabb vízszintet idéznek elő. Az előbbieket miatt Szeged város térségében az árvízi biztonság lényegesen csökkent, katasztrófát okozó árvízszintek kialakulásának valószínűsége jelentősen megemelkedett, az árvízi kockázat megnőtt.

A Tisza völgyében az első- és másodrendű árvízvédelmi töltések hossza 1320 km, amelyhez 119 km magasparti szakasz is tartozik. Így szorosan véve a Tisza mellett a védvonal hossza 1439 km. A folyószabályozások során a Tisza teljes hossza 1420 km-ről 966 km-re csökkent. A magyarországi 585 km hosszú folyószakaszon a védvonalak jelenlegi hossza a folyó két partján 1085 km. Ha a gátak koronamagasságának emelése kerül majd előtérbe, az intenzív feliszapolódás következtében a védvonalak magasítását feltehetően rövidebb időszakonként kell majd megtenni, mint eddig. A gátak emelésével egyidejűleg a betorkoló folyók és csatornák töltéseit is emelni szükséges, aminek igen nagy a költségigénye.

1.4. Gátmagasítás és/vagy a hullámterek bővítése

Az 1879-ben Petresnél bekövetkezett gátszakadás Szeged számára katasztrófális következménnyel járt. A város majdnem teljesen elpusztult. 6350 házból mindössze 417 maradt épen, kb. százezer lakos vált hajléktalanná, 151 ember halt meg (IHRIG D. 1973). E tragédia után mégis éveket kellett várni arra, hogy megszülessenek a szükséges törvények és a képviselők megszavazzák az elfogadott törvényekben szereplő fejlesztések megvalósításának fedezetét. E törvényekben szentesített koncepció tulajdonképpen máig tart. Az árvízszintek emelkedése miatt a töltések magasságát ismételten emelni kellett,



12. ábra. A Tisza hullámterének szűkülése a szerbek által kiépített nyárigát hatására. (A Google Maps műholdfelvétele alapján szerk.: NAGY I.–SCHWEITZER F.–SZEBERÉNYI J. 2011)

5–7 alkalommal is (150 év alatt 20–25 évenként) (6. *ábra*). Érdekes módon a kutatók és a döntéshozók ennek valós okaira, többek között a hullámtér erőteljes feliszapolódására és a feliszapolódás miatt a nagyvízi mederben lévő árhullám levonulása és a gátak emelése közötti kapcsolatra kevés kivétellel nem figyeltek oda.

A nagyobb árvizeket követően voltak mérések a feliszapolódás mértékéről, mint pl. 1976 és 1983 között a Tisza Kisköre és Szeged közötti szakaszán. A VITUKI adatai szerint az árvizek 30 cm-rel magasították a hullámtereket, de ezeket a megfigyeléseket nem hozták összefüggésbe a hullámtéri feliszapolódással és a gátak emelésével. (CHOLNOKY J. 1898; JAKUCS L. 1982; BORSY Z. 1989.)

Az utóbbi évtizedben a földrajztudomány is sokat tett, hogy sokoldalú kutatómunkájával feltárja a mai helyzet kialakulásának hidrogeográfiai-geomorfológiai gyökereit, rámutatva az alföldi folyók egyre magasabb feltöltésének alapvető felszínfejlődésének okaira (SZLÁVIK L. 1983; SCHWEITZER F. 2000; NAGY I.–LIGETVÁRI F.–SCHWEITZER F. 2010). NAGY István kezdeményezésére és vezetésével 2000–2003 között részletesen vizsgálták a Közép-Tiszán az árvízszintet emelő okokat, ezen belül a hullámtér és a középvízi meder feltöltődését.

A Tisza vízgyűjtőjén 2006-ban ismét folytatódott az ezredforduló környékétől számolt, rekord nagyságú árvíz hullámok sorozata:

- Az 1998–1999. évek csapadékos időjárása következtében jelentősen megnövekedtek a belvizek és megemelkedett a talajvízszint.

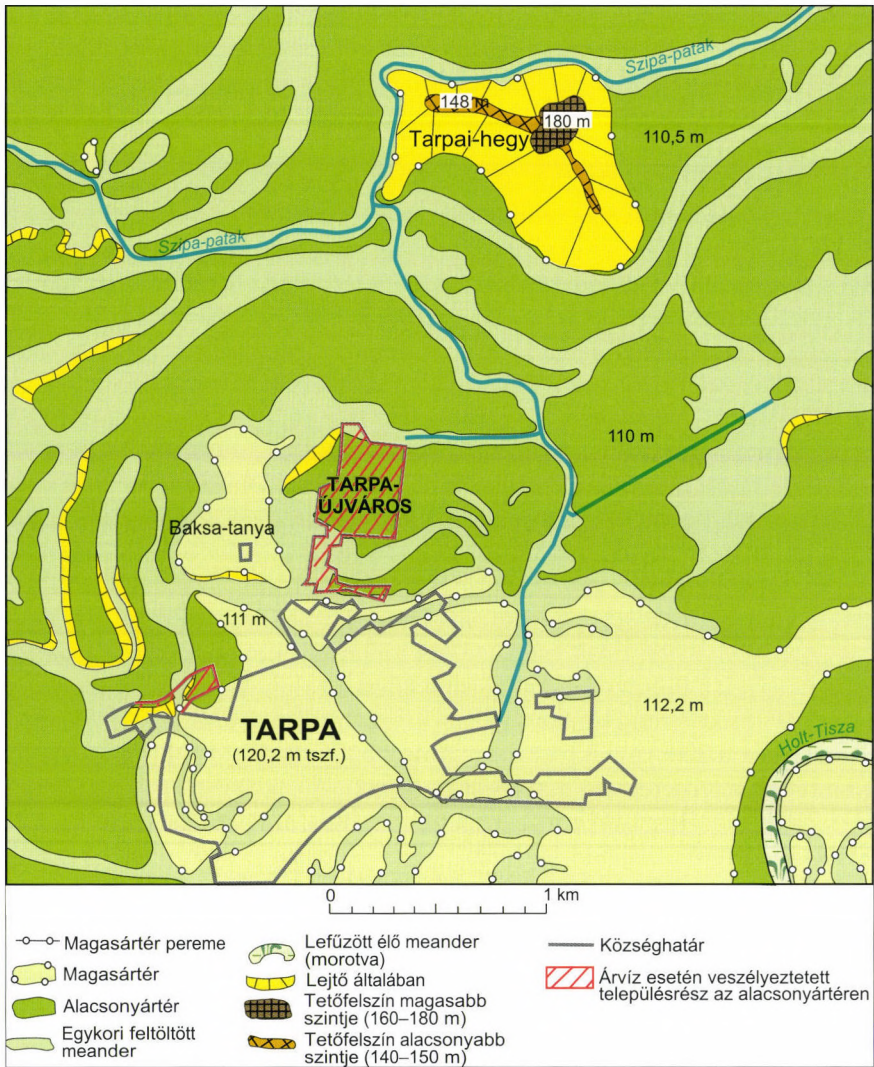
- 1998 akkor még „az évszázad árvizének” minősített árhullámát az 1999. évi, majd a 2000. évi követte, mely utóbbi Szolnoknál 1041 cm-en tetőzött még nagyobb árvízi fenyegetettséget okozva

- 2001. március 6-án Tarpa térségében röviddel egymás után két töltésszakadás is történt (13. *ábra*, 14. *kép*).

- 2006-ban a Közép-Tisza völgyében a Tisza hosszú időn keresztül 1000 cm-es vízállással tetőzött Szolnoknál, a Tisza alsó szakaszán Szegednél rekord magasságú árvízszint ellen védekeztek. A Körös és a Tisza együttes áradása következtében a Hármaskörös alsó szakaszán katasztrofális árvízi helyzet alakult ki, amely során Szelevény lakosságát ki kellett telepíteni. Itt a töltések magasságát meghaladó árvízszint mellett sorozatos rézsúcsúszások (összesen 6) ellen is védekezni kellett, amelyekből kettő a 6 m-es magasságot is megközelítette (14. *ábra*, 15. *kép*).

- 2010-ben a Sajón és a Hernádon rekord magasságon lefolyó és töltésszakadásokat előidéző árhullám a Tisza közepes nagyságú árhullámával egyesülve ismét kritikus helyzetet és rekord közeli vízállást eredményezett. Az árvíz szintje az előírt töltéskorona szintje alatt 40 cm-rel volt, amikor megnyitották a tiszaroffi árvízi tározót, és ezzel megakadályozták a vízszint további emelkedését.

2006 és 2010, továbbá a korábbi évtized katasztrofális árvizeket hozó évei bebizonyították, hogy a „Tisza völgyében” megváltoztak az emberi elvárások az árvízbiztonsággal és a vízgazdálkodás jövőbeni fejlesztésével szemben.



13. ábra. Tarpa környezetének mértékgeomorfológiai térképe. A 2001. március 6-i töltésszakadás hatalmas károkat okozott a beépített alacsonyártéri térszíneken (BALOGH J. 2001. után)

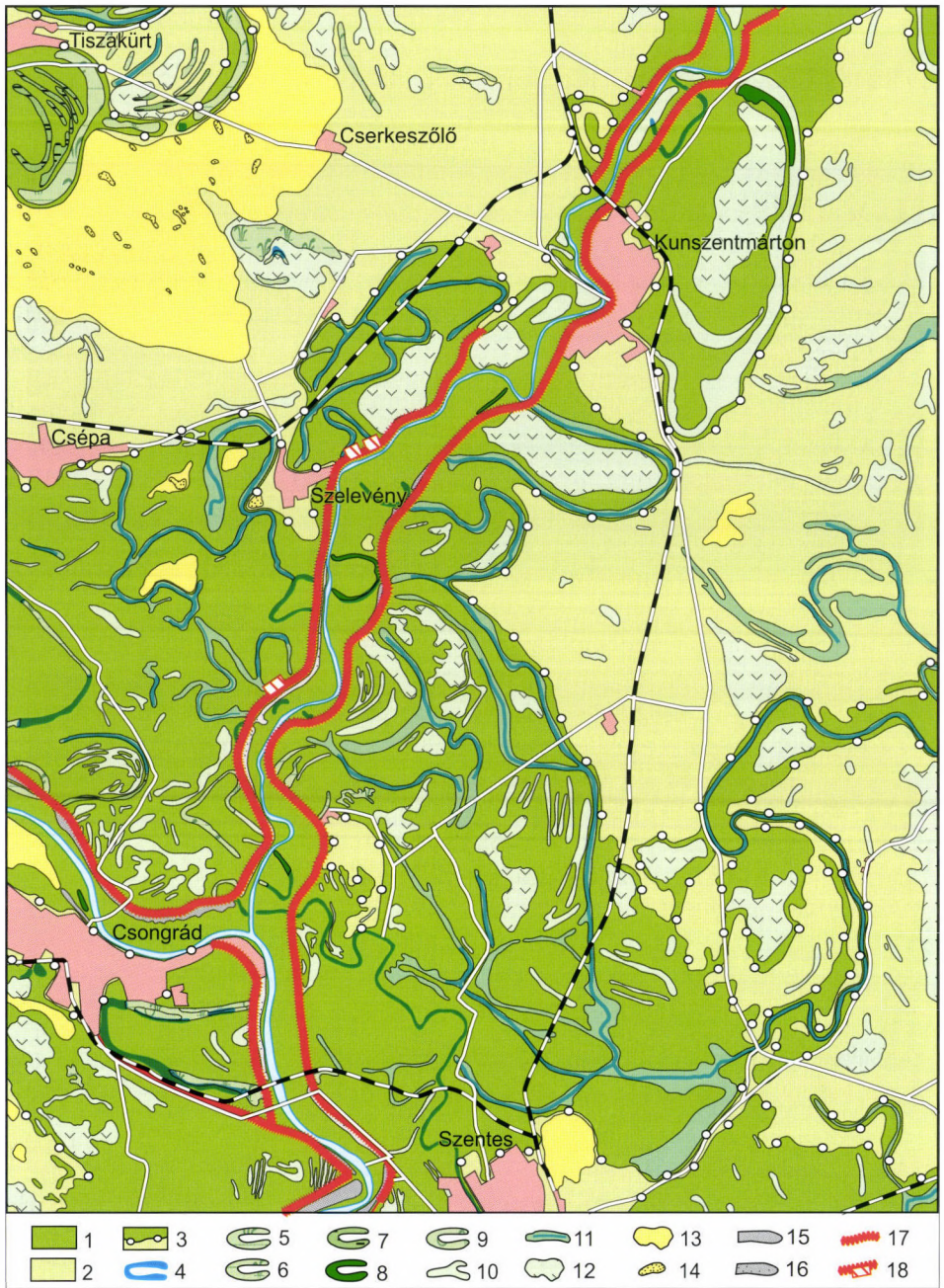
Az ezredfordulóig a szakemberek többsége a sorozatos és növekvő vízszintű tiszai árvizek okának azt tartotta, hogy a tiszai árvizek egyre gyorsuló vízszintnövekedésének a határainkon túli vízgyűjtőn végbement emberi beavatkozások (antropogén tevékenység, völgy szabályozás, stb.) következménye. Ezért alakult ki az a vélemény is, hogy az árvízszintek növekedését a külföldi vízgyűjtőkön építendő tározókkal lehet célszerűen befolyásolni.



14. kép. Gátszakadás Tarpánál 2001 márciusában. Fotó: FETIVIZIG



15. kép. 2006-ban Szelevény mellett a Tiszazugban katasztrófa közeli rézsúcsúszás alakult ki, amit a Katasztrófavédelem irányításával a helyi lakosság emberfeletti munkával hártott el. Fotó: SCHWEITZER F.



A történelmi Magyarország területén ezt már KVASSAY J.(1875), JANKÓ-BREZOVAI M. (1939), a Felső-Tisza kárpátaljai (1939–1944) és észak-erdélyi (1940–1944) vízgyűjtőjének Magyarországhoz történő visszacsatolása során MOSONYI Emil (1943) vetette fel és készítet rá tanulmánytervet.

A Szovjetunió a II. világháború után magyar tervek alapján építette meg a – Talabor és Nagygagy folyókat összekötő – Tereblja-Rika vízierőművet és a hozzá kapcsolódó 20 millió m³-es égermezői tározót.

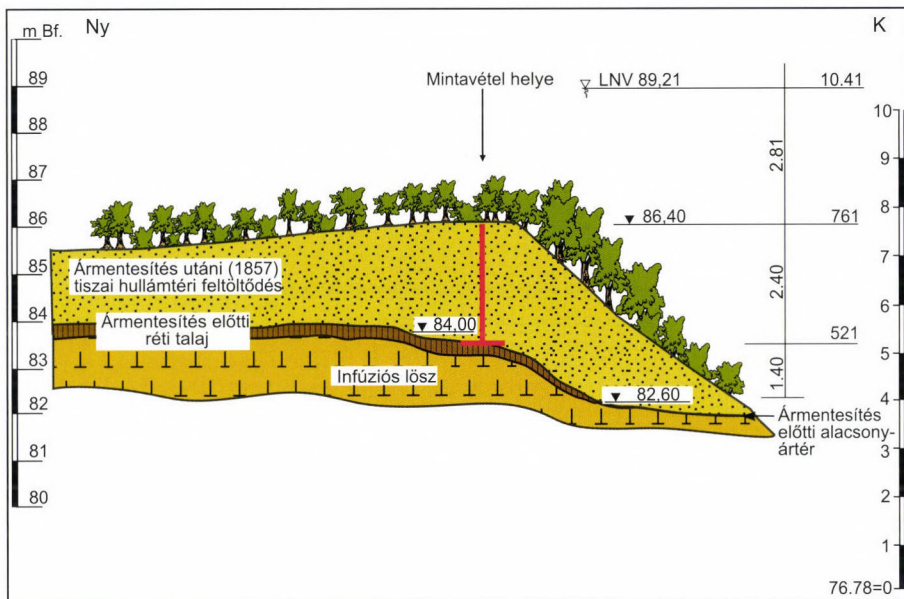
Valamilyen okból a vízügyi kutatók nagy része nem tartotta reálisnak a magyarországi Tisza-szakaszon az alacsonyártéri tározás lehetőségeit, bár a Körösök mentén ez már eredményes gyakorlat volt. A Tisza és mellékfolyóinak vízgyűjtőjéről hatalmas mennyiségű iszap, iszapos finomhomok érkezik és halmozódik fel a hullámtérbe, amely az esetleges klímaváltozások hatására csak növekedhet. Ezért nem lehet csak az árvízvédelmi gátak további emelését számba venni, hanem más lehetőségeket is vizsgálni kell, hiszen 20–30 év után újra esedékes lenne, miután a hullámtér 20 év alatt (1986 Csernobil és 2000 között) 30–35 cm-t emelkedett (15., 16. ábra).

Emiatt kiemelt szerepet kaphat a síkvidéki tározás, amelynek egyik lehetőségét az új Vásárhelyi Terv keretében dolgozták ki. Az elmúlt években a VTT keretében tervezett tározók közül kettő elkészült, kettő építése folyamatban van. A másik kiegészítő megoldás lehet az arra alkalmas területeken az alacsonyártéri víztározás, a meglévő árvízvédelmi töltések és a magas ártéri szintek, illetve a magas ártéren épített új töltések között. Mélyártéri víztározásra alkalmas például a Tisza és a Sajó találkozásánál lévő inerhádi terület.

A Tisza és a Körös torkolata között, a Köröstől északra lévő terület, ma már csak kiegészítő töltések építésével tehető alkalmassá árvízi tározásra. Ennek oka, hogy a települések az utóbbi évszázadban részben a mélyártéren építkeztek, továbbá, hogy az utóbbi nagy árvizek vízszintje meghaladta a magasártér szintjét. Ezeket és további, az árvizek tározására alkalmas területeket

←

14. ábra. A Körös torkolatvidéke és tágabb környezetének mérnökgeomorfológiai térképe. A térkép tartalma az alacsonyártéri víztározás – de nem a véstározás! – lehetőségére kínál példát, amivel az árvízi veszélyt lehetne csökkenteni. (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 2001). – 1 = Alacsonyártér; 2 = Magasártér; 3 = Alacsony- és magasártér pereme, az alacsonyártéri víztározás természetes határa; 4 = Lefűzött hajdani meander, fattyúág, állandó vízborítással; 5 = Lefűzött hajdani meander állandó vízzel, nád-sással borítva; 6 = Lefűzött hajdani feltöltött meander időszakos vízborítással, nád-sás vegetációval; 7 = Hajdani feltöltött meander időszakos vízborítással; 8 = Hajdani feltöltött meander ártéri erdőben; 9 = Hajdani feltöltött meander ártéri erdőben, időszakos vízborítással; 10 = Hajdani feltöltött meander, szántóföldi művelésben; 11 = Hajdani feltöltött meander, csatornázva; 12 = Szikesbelvizes lapos; 13 = Futóhomok felszín; 14 = Futóhomok bucka; 15 = Ásott kubikgödör-sorok a hullámtéren; 16 = Ásott kubikgödör-sorok hullámtéri erdővel fedve; 17 = Árvédelmi töltés; 18 = 2006-ban bekövetkezett rézsúcsúszások helyei



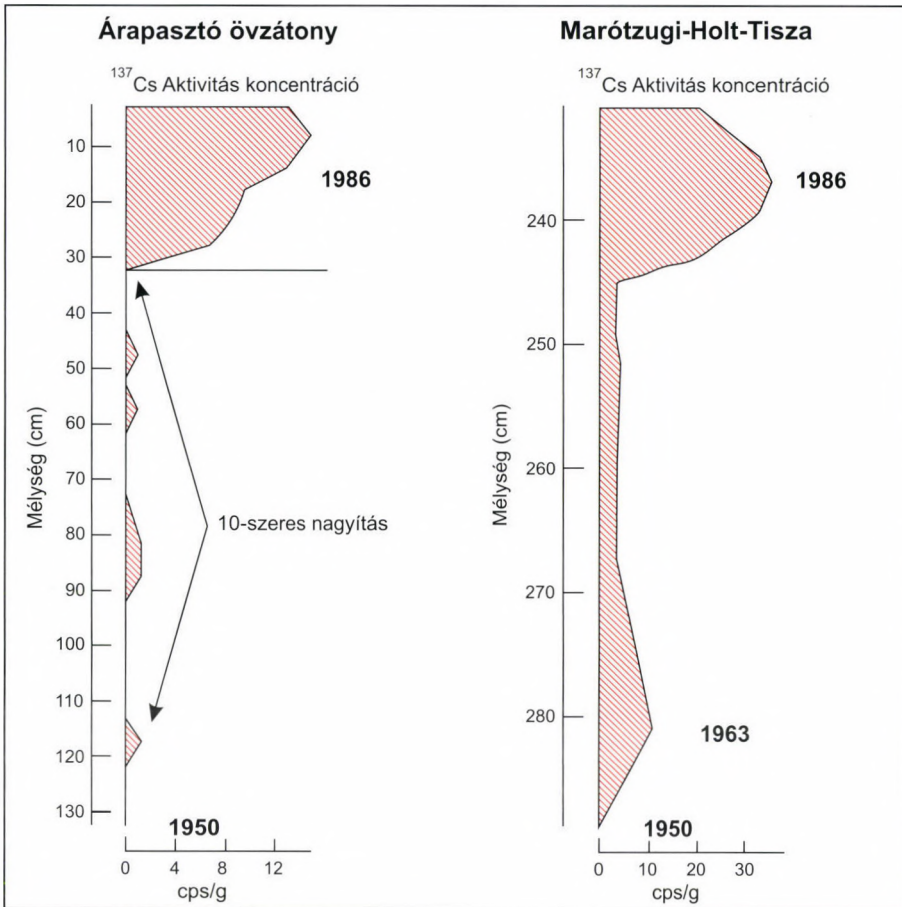
15. ábra. Hullámtéri feliszapolódott szelvény Szolnoktól délre (Szerk.: NAGY I.–SCHWEITZER F. 2001). LNV = Legnagyobb víz

a területrendezési tervekben árvízi tározás céljára ki kellene jelölni, azonnal építési tilalom alá kellene vonni és az ország *árvízvédelmi stratégiája érdekében a földvásárlást és a területek hasznosítását szabályozni kellene*. Erre intő példa az árvízvédelemmel és a nemzet érdekében szembeni közönyt mutató gondolkodás, mint pl. az Adonyi-öblöt kettévágó M6-os autópálya nyomvonala is, amely jelentős árvízi víztározásra lett volna alkalmas (17. ábra).

Az *árvízveszélyt az alacsonyártéri víztározással lehetne csökkenteni, mert Husztól Titelig a Tisza árvízhozamaihoz mérhető nagyságú öblözetek még megvannak és a tározást nemzetközi együttműködés keretében – a közeljövőben Szerbia is EU tag lehet – meg lehet valósítani*. A trianoni békediktátum által kijelölt országhatárok miatt a Tisza vízgyűjtőterületének közel 70%-a országhatáron túlra került. 25–30%-a hazai területek dombsági és hegységi térszínei, de itt nincsenek jelentős vízfolyások, és innen nagyobb tömegű vízutánpótlás sem származik.

A magyar árvízvédelem jövőbeni célja – a meghozandó törvény által előírt – *árvízvédelmi biztonság megteremtése kell, hogy legyen*. A Tisza-völgy, valamint a többi folyó árterének megvédése nemzetstratégiai kérdés.

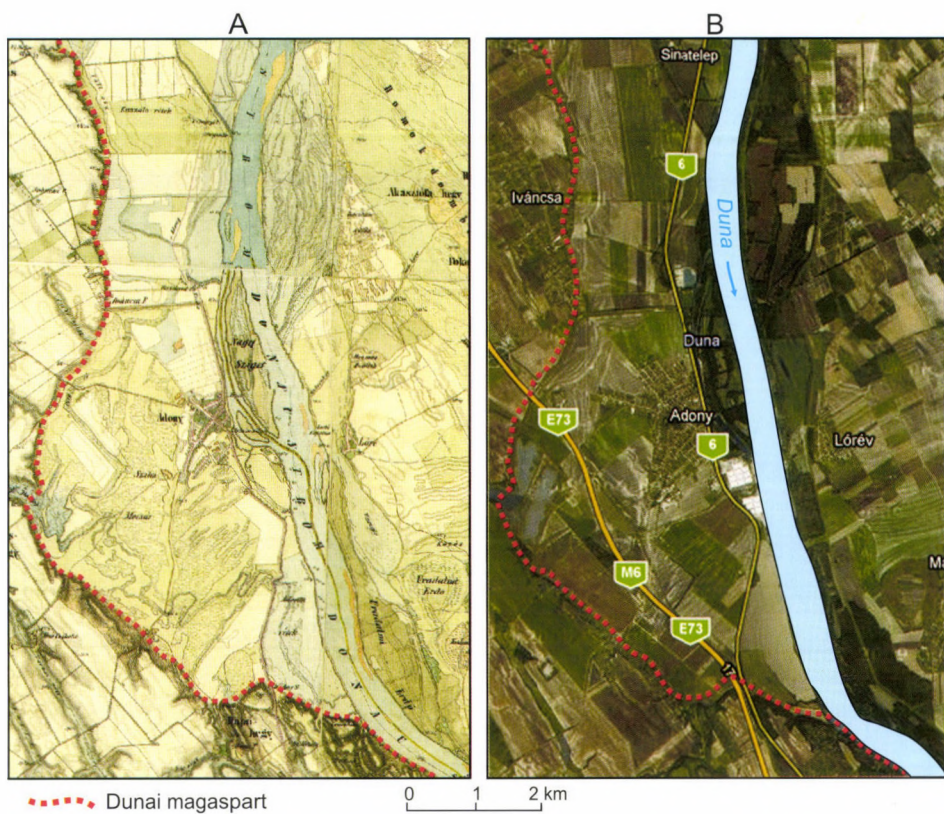
A magyar árvízvédelem megújítása, új árvízvédelmi koncepció, doktrína kialakítása elengedhetetlen szakmai, de elsősorban politikai feladat. Az új koncepció figyelembe vételével a Tisza-völgy, valamint a többi folyó védett



16. ábra. ¹³⁷Cs eloszlása a szolnoki (árapasztó) övzátóny és a Marótzugi-Holt-Tisza üledékében. (BRAUN M.–DEZSŐ Z.–HADADY Gy. 2001 alapján)

ártereinek árvízvédelmi biztonságát hosszú távon, reális feltételekkel biztosító program kidolgozása szükséges a döntéshozók, az érdekeltek és az érintett lakosság hiteles tájékoztatása, valamint a rendelkezésre álló források célszerű felhasználása érdekében. Az új program feladata, hogy az árvízi biztonság lényeges javítása mellett gondoskodjék az érintett lakosság életminőségének javításáról, vízkészletei növeléséről, a természeti értékek megőrzéséről és a célszerű árvízi kockázatkezelésről.

Magyarországnak az 1830-as és 40-es évekhez hasonló feladatot kell felvállalnia. Száz-százötven évre szóló stratégiai döntést kell hozni folyóvölgyeink és védett ártereink népességének biztonsága érdekében.



17. ábra. Az Adonyi-öblözet a terület 2. katonai felméréseinek (1858) idején (A térkép), és napjainkban a Google Maps műholdfelvételén (B térkép). Utóbbin látható az árvízvédelmi töltésen vezetett 6. sz. főút, a piros pontozott vonallal jelzett Adonyi-öblözet magaspártja, amely természetes árvízvédelmi védvonal, illetve az új M6-os autópálya, amely lehetetlenné teszi az esetleges alacsonyártéri víztározást Ercsi és Kulcs között

2. CIANID- ÉS NEHÉZFÉM-SZENNYEZÉS A TISZA VÍZGYŰJTŐJÉN

A 2010. október 4-én történt ajkai vörösiszap-katasztrófa nem az egyetlen olyan eset volt Magyarország életében, amikor nagy mennyiségű, erősen mérgező ipari melléktermék jutott felszíni vizeinkbe. Folyóink jelentős része jelenlegi határainkon túl ered, így Magyarország ki van téve olyan katasztrófa-helyzeteknek is, amelyek megelőzése érdekében semmit nem tudunk tenni, esetleges következményeit azonban viselnünk kell (KIRÁLY I.–SCHWEITZER F. 2002).

A Tisza vízgyűjtőjén számos ipari létesítmény található, amelyek nehézipari nyersanyagok feldolgozásával foglalkoznak (18. ábra). A technológiák során olyan eljárásokat alkalmaznak, amelyek esetén a késztermék mellett erősen mérgező anyagok is keletkeznek. Ezek semlegesítése legtöbbször nincs



18. ábra. Potenciális magas kockázatú ipari szennyező-források a Tisza vízrendszerén.
 Forrás: ICPDR-ZINKE 2000.

megoldva, így a természeti környezetben létrehozott zagyártározókban, ülepítő-medencékben kell azokat tárolni. Az ilyen zagyártározók azonban különösen nagy kockázatot jelentenek a felszíni és a felszín alatti vizekre, hiszen természeti csapásból vagy emberi gondatlanságból eredő baleset lehetőségét hordozzák magukban. Ez pedig a vizek katasztrófális mértékű elszennyezését okozhatja.

A zagyártározó üzemeltetése az azt használó üzemegység feladata. A folyamatos üzemeltetés egy működtetési szabályzat alapján történik, amely előírja többek között a meddőzagy bevezetésének módját, a gátak és a túlfolyószűrők fejlődéssel összhangban történő emelését, az ülepítő-medence felülete és a száraz sáv közötti arányt, valamint az ülepítő-medence mélységét. Ha a szabályzatban foglaltakat betartják, akkor a zagyártározó működtetése biztonságos, az ökológiai kockázat csekély. Ha viszont szervezési hiányosságokból vagy gazdasági okokból kifolyólag a szabályzat előírásait nem tartják be, a következmények katasztrófálisak lehetnek. Példaként felsorolható néhány nemzetközileg is ismert baleset: a németországi Aberfan (1966), az egyesült államokbeli Buffalo Creek (1973), az olaszországi Stava-Tesero (1985), vagy a bulgáriai Zgorigrad (1996). Ezek mellett ide tartoznak az előző évtizedben Nagybánya és Borsabánya térségében bekövetkező, a Tisza élővilágát is megtehető cianid- és nehézfém-tartalmú szennyezések is.

A Tiszán és vízrendszerén 2000-ben tehát két jelentős szennyezés-hullám vonult végig, nagy csapást mérve a Tisza-völgy ökológiai rendszerére. Ez károsan hatott az ott élő emberekre gazdasági és lelki szempontból is. Mindkét alkalommal tervezési, engedélyezési, működtetési hibákról és az alapvető környezetvédelmi, illetve biztonsági követelmények semmibe vételéről beszélhetünk. A katasztrófák kiváltó okai között mindenképpen megemlítenők a szélsőséges időjárási körülmények is, bár hozzá kell tennünk, hogy a helyi viszonyokhoz képest egyik esemény sem volt extrém.

A romániai Nagybányai Baleset Felmérésére Alakult Munkacsoport Jelentése (a továbbiakban N.B.F.A.M.J. 2000.) alapján az első szennyezési hullám a romániai Nagybánya (Baia Mare) térségében működő vállalat ülepítő-jéből (Nagybozintai-tározó), a 17 m magas gát átszakadásának következtében indult el 2000. január 30-án. A tározó (16. kép) Nagybányától délnyugatra, Nagybozinta (Bozânta Mare) település külterületén, közvetlenül a Zazar- és a Lápos-patak egyesült magasárterén fekszik.

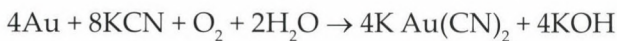
A 2000. novemberében készült Nagybányai Bányavidék Bányaredetű Zagyártározóiról írt szaktanulmány (a továbbiakban: N.B.B.Z. 2000.) adatai alapján tudjuk, hogy a tározó alapterülete 36,47 ha, térfogata $\approx 6\,564\,000\text{ m}^3$. A tározóban lévő zagy a szilárd részekben és a nehézfémeken kívül ≈ 100 tonna kálium-cianidot is tartalmazott.

A bányavállalat 1999-ben kezdte meg a korábban lerakott meddő feldolgozását, hogy abból magas cianid-tartalmú víz hozzáadásával további

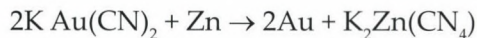


16. kép. A Nagybozintai-tározó gátjának látképe a hidrociklonokkal és a lejtős parttal. Forrás: N.B.B.Z. 2000.

aranyat és ezüstöt nyerjenek ki. Ez az érckilúgozásos technológia már 1890 óta ismert. Az eljárás során először a porrá tört érc tartalmú meddőt kálium-cianid (KCN) oldattal kezelik, aminek hatására az arany tartalom arany-ciano-komplex formájában oldatba kerül:



Ebből az oldatból cinkpor (Zn) hozzáadásával csapják ki a szilárd aranyat:



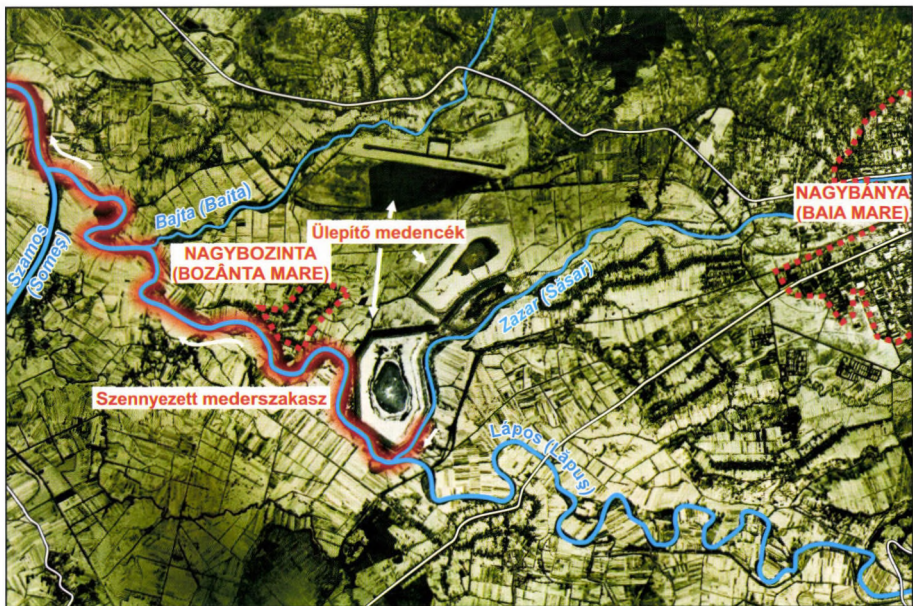
A szennyvíz tehát elsősorban kálium-cianidot (KCN), illetve más különböző fém-cianid-komplexeket tartalmazott (N.B.F.A.M.J. 2000; N.B.B.Z. 2000). Ezek a vegyületek vízben jól oldódnak és a felszíni vizeket jellemző kémiai körülmények között stabilak, vagyis hosszabb távon változatlanul maradnak a vízben. A meddő atmoszára után keletkezett zagy a Nagybozintai ülepítő-medencébe került (N.B.F.A.M.J. 2000). Ennek gátja szakadt át a fent

megjelölt időpontban, ily módon kb. 100–120 ezer m³, cianidval és nehézfém-mel rendkívüli mértékben terhelt szennyvíz került a Zazar- és Lápos-patakokba, ahonnan a Szamoson keresztül a Tiszába jutott (19. ábra).

A katasztrófa igen sok tényezője az emberi mulasztásnak és a nem kellő körültekintésnek tudható be. Többek között annak, hogy a vállalatnál nem volt havária esetén használandó kárelhárítási terv, illetve a katasztrófa bekövetkeztekor nem történt semmilyen kísérlet a szennyezés tovaterjedésének megakadályozására.

Emellett a mérgezés enyhítésére nátrium-hipoklorit (NaOCl) adagolásával utólag ugyan történtek próbálkozások, ez azonban ekkor már hatástalannak bizonyult. A szennyező forrás megszüntetése csak másnap (január 31-én) történt meg. A szennyezés mértékére jellemző, hogy a szennyvízben a cianvegyületek koncentrációja (N.B.B.Z. 2000; N.B.F.A.M.J. 2000; BREWER, P.A. *et al.* 2002 alapján):

- a derítőben (nem mért feltételezett adat): 400 mg/l,
- a Magyarországra belépő Szamoson 32,6 mg/l,
- a Tiszán a Szamos torkolatnál (több ponton mért átlag) 13,5 mg/l,
- a legdélebbi magyar szelvényben, Tizsaszigetnél 1,49 mg/l volt. (Utóbbi érték több, mint 500 km megtétele után, a mellékfolyókák hígító hatása ellenére adódott!)



19. ábra. A Nagybányai ülepítő-medencék környezete és a szennyezés útvonala (pirossal jelölve) a Tisza felé. (A Google Maps műholdfelvétele alapján szerk.: SCHWEITZER F.–SZEBERÉNYI J. 2011)

Amikor a cianid szennyezés a Szamos határszelvényéhez érkezett, a Szamost összefüggő jég borította. Ugyanígy nagyrészt összefüggő jég fedte a Tiszát is – egészen Tokajig. A pánik akkor tört ki, amikor Tokajnál a jég alól kiúszott a hatalmas tömegű elpusztult és vergődő hal. A ciánszennyezés elleni védelemre Magyarországon korábban nem készültek tervek, és nem állt rendelkezésre semmiféle kidolgozott eljárás a károk enyhítésére (NAGY I.–BENCSIK J. 2000).

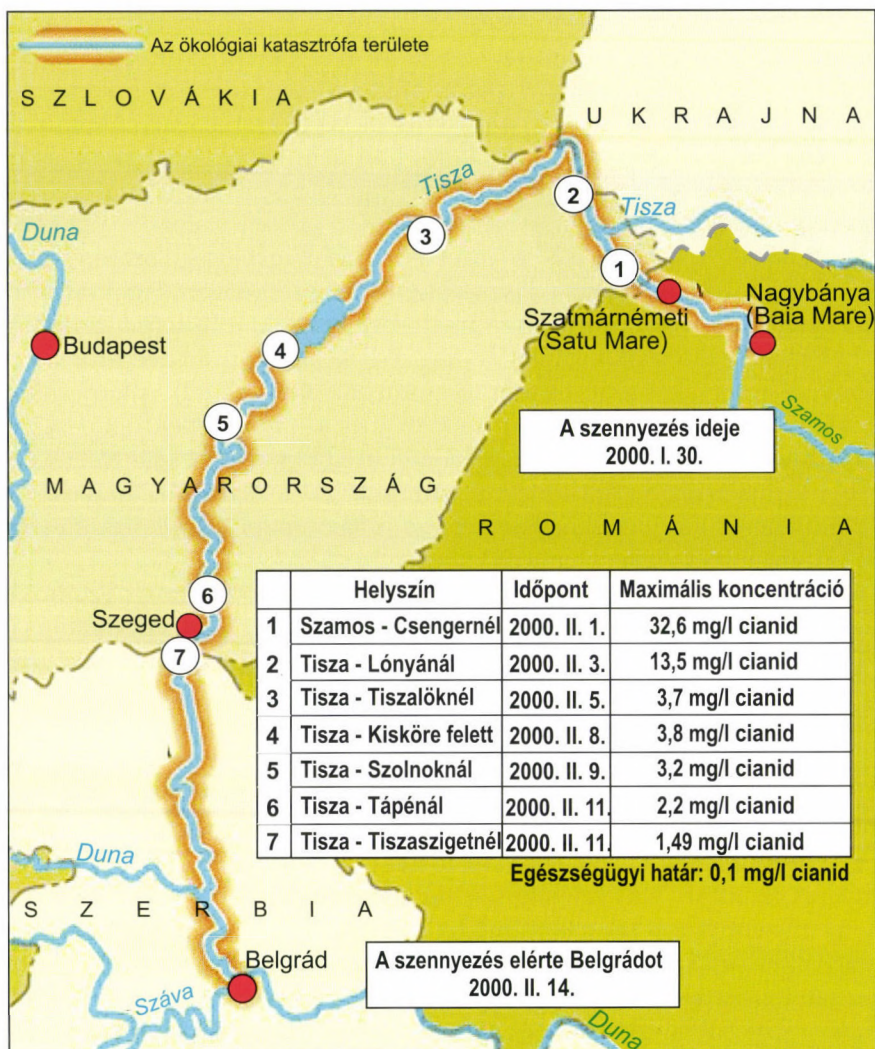
A Közép-Tisza vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség Eseménynaptára (2000) alapján tudjuk, hogy a Tisza-völgyi vízügyi igazgatóságok arra törekedtek, hogy a károkozást a Tisza medrében tartsák, a hullámtéri holtágak és a betorkoló csatornák élővilágát megvédjék (például a Keleti-főcsatorna, valamint a holtágakat töltő és leürítő csatornák elzárásával). A koncentráció már a levonulás során a Tisza hígító hatása és a többi mellékfolyó – köztük a Bodrog – aktuálisan nagy vízhozamának eredményeként jelentősen javult. További koncentráció csökkenést eredményezett a Tiszalöki-duzzasztómű fölött előzetesen tárolt víztömeg, később a Sajó, majd a Kiskörei-tározóból hozzáadott többlet vízkészlet is (20. ábra).

Az események megértéséhez feltétlenül tudni kell, hogy Szolnok városának ivóvízellátását csak és kizárólag a Tiszából nyert víz tisztításával lehet maradéktalanul megoldani. A Vízmű szakemberei szerint, ha a vízben a cianid-koncentráció nem haladja meg a 2 mg/l értéket, akkor az 1999-ben üzembe helyezett technológia segítségével a Tisza vizét ivóvíz minőségűre meg lehet tisztítani és azt a hálózatba lehet vezetni.

A Kiskörei-tározóban tehát a cianidos vizet anélkül kellett levezetni, hogy az a mederből kilépjen, de a szolnoki vízminőség érdekében a hígítás, a lehető legjobb hatásfokkal történjen meg. A Közép-Tisza-vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség Eseménynaptára (2000) alapján tudjuk azt is, hogy a szennyvizet sikerült a mederben tartani, és annak hígítása is megtörtént, azonban Szolnokig a kívánt 2 mg/l alatti koncentráció helyett, csak 2,92–3,60 mg/l értéket értek el. Ennek következményeként Szolnokon és a víz-hálózatba kapcsolt környező településeken a vízellátás artézi kutakból történt, amelyet kiegészítettek lajtos kocsikból történő ellátással és zacskós vízzel. A nyersvíz-kivétel a vezetékes hálózat számára csak néhány nap múlva, 2010. február 9-én indult meg, amikor a cianid szennyezés 1 mg/l alá csökkent.

A cianid egészen a Tisza-torkolatig (Titel) fejtette ki hatását, sőt a Duna-deltában is észlelték a szennyezést. A szennyezett vízcsóva Magyarország területét végül február 12-én hagyta el, óriási pusztítást hagyva maga után (17. kép).

A katasztrófavédelmi, rendészeti, állategészségügyi és egészségügyi szervezeteknek váratlan feladatot jelentett a nagytömegű elpusztult hal lehálászása, ártalmatlanítása, továbbá a vergődő halak kifogásának és elfogyasztásának megakadályozása.



20. ábra. A folyó állapota tíz nappal a katasztrófa után. Forrás: MTI sajtóadatbank (a környezetvédelmi felügyelőségek adatai alapján)

A második tiszai szennyezést az okozta, hogy 2000. március 10-én délelőtt átszakadt a Borsabánya (Băile Borșa) közelében működő bányavállalat völgyzárógátas szennyvíz ülepítőjének gátja. A baleset a hirtelen történt hóolvadás miatt bekövetkező jelentős vízszint emelkedés hatására következett be, és a becslések szerint mintegy 100 ezer m³ szennyezett víz és 20 ezer m³, nehézfémekkel terhelt iszap került a tározó alatti völgybe (18. kép) (N.B.F.A.M.J. 2000; BREWER, P.A. et al. 2002).



17. kép. Halászok vontatják partra a cianid szennyeződés hatására elpusztult halak tetemeit Kiskörénél 2000. február 10-én. Fotó: H. Szabó S., MTI

Az esőzések hatására ez az iszap folyamatosan mosódott be az itt folyó Novac-patakba, ahonnan az erősen mérgező ipari melléktermék a Visó folyón keresztül több hullámban jutott a Tiszába (21. ábra.).

A szennyeződés első hulláma kb. 200 km megtétele után, március 11-én az esti órákban érte el a Tisza magyarországi szakaszát Tiszabecsnél. Ezt követte a második hullám március 15-én hajnalban, míg ugyanaznap dél előtt megérkezett egy harmadik is. Ez az újabb katasztrófa már a Tisza év eleji cianid-szennyezés által érintetlen – Szamos feletti – szakaszát is sújtotta. A szennyeződés március hónapban egyre kisebb csúcsokkal jelentkezett, az utolsó hullám pedig április elején hagyta el az országot. Mivel a mérgező anyag ez esetben áradással érkezett, tehát ebben az időben a Tisza hullámtere víz alatt volt, ezért a szennyvíz, valamint a kiülepedett szennyvíziszap a teljes hullámterei élővilágot is veszélyeztette, ideértve a természetvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű holtmedreket és kubikgödröket is.

A tározóból a szennyezőanyag kiömlését csak március 11-én sikerült mérsékelni, de a gátszakadás és szivárgás megszüntetése csak napok múlva fejeződött be. A vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a szennyezett iszapban legnagyobb mértékben az ólom, réz és cink volt jelen, többnyire lebegőanyaghoz kötött állapotban. A legnagyobb, vízben oldott nehézfém koncentrációk Tiszabecsnél: ólom (2,9 mg/l), réz (0,86 mg/l), cink (2,9 mg/l).



18. kép. Látkép a borsabányai főgát tetejéről a gát alatt lerakódott zaggal. Forrás: N.B.F.A.M.J. 2000.

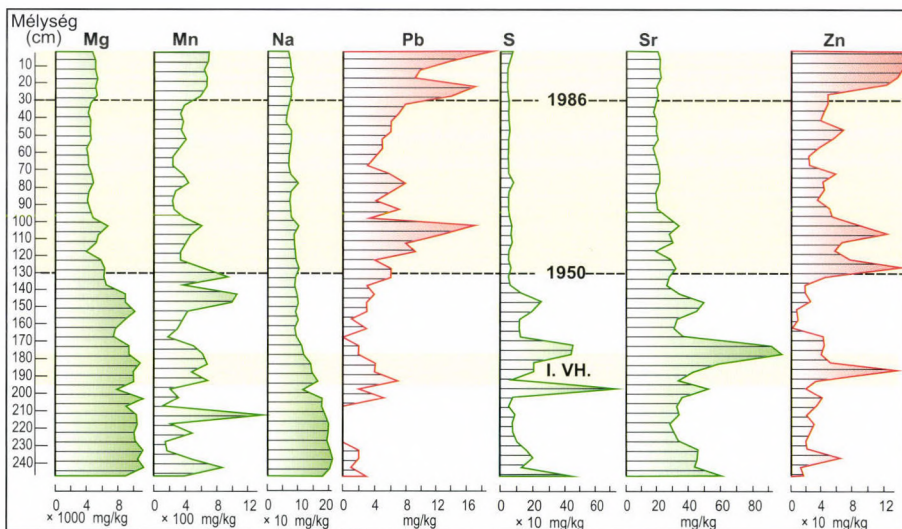


21. ábra. A borsabányai ülepitő tó környezete és a szennyezés útvonala (pirossal jelölve) a Tisza felé. (A Google Maps műholdfelvétele alapján szerk.: SCHWEITZER F.–SZEBERÉNYI J. 2011)

Ezek jelentősen (az ólom és a cink értékei egy nagyságrenddel) meghaladták az V. osztályú, "erősen szennyezett" felszíni vizekre megadott határértékeket. A hullámtéren kiülepedő lebegtetett hordalékon megkötött fém tartalom ennek az értéknek akár több ezerszeresét is elérhette.

A hullámterek feliszapolódásáról e könyv korábbi fejezetében már részletesen beszámoltunk. Most csak a 16. ábrára utalunk, ahol a szolnoki árapasztó övzátanyon – BRAUN M.–DEZSŐ Z.–HADADY GY. (2001) munkája alapján – a ^{137}Cs vizsgálatával megállapítható volt a feliszapolódás mértéke. E szerint az 1986. évi csernobili baleset 30 cm körüli mélységet jelöl, az 1950-es években induló atomkísérleteinek kiülepedett ^{137}Cs szennyeződése pedig csak a 120–130 cm mélység feletti tartományban található meg. Ugyanezen kutatás keretei között a szolnoki árapasztó övzátony üledékeiben kimutatták a nehézfémek felhalmozódását is (22. ábra).

Az ábrán látható, hogy az ólom és a cink felhalmozódása már az 1950-es évek elejétől jelentős kiugrást mutat, a többi vizsgált nehézfém stagnáló értéke mellett, de ugyanez igaz egyébként a rézre és a cinkkel együtt mozgó kadmiumra is. A borsabányai baleset alkalmával kibocsátott zagyból is elsősorban ezek a fémek szennyezték el a Tiszát és okoztak jelentős károkat annak élővilágában.



22. ábra. Nehézfémek lerakódása a szolnoki (árapasztó) övzátony üledékében, különös tekintettel az ólom (Pb) és cink (Zn) felhalmozódására, amelyek a borsabányai baleset során is komoly problémát jelentettek. Az 1950-es és az 1986-os időpontok a ^{137}Cs kiülepedésének alapján (lásd 16. ábra) lettek bejelölve. A 180–190 cm-en található kiugrás az I. világháborúra készülő Osztrák–Magyar Monarchia megnövekedett nehézfém-kitermeléséhez köthető.

Forrás: BRAUN M.–DEZSŐ Z.–HADADY GY. 2001.

A nem kellő körültekintéssel történő bányaművelést kiválóan mutatja, hogy a 2000-ben bekövetkezett baleset óta a bányavidéken folyó tevékenység kisebb mértékben már többször is elszennyezte a felszíni vizeket. Általában a gátak kisebb mértékű szakadásai (2008. július), vagy főnyomócső-törések (2009. április) következtében. A lebegő anyaghoz kötött nehézfémek a felszíni vizek kémiai körülményei között gyakorlatilag nem oldódnak, viszont az áramlási sebesség csökkenésével a hordozó ásvány eltérő fajsúlyai szerint kiülepednek. A nehézfém-szennyezés iszapban való felhalmozódását a folyó fenekén élő halak (pl: harcsák) pusztulása illusztrálja a legjobban (19. kép).



19. kép. A 2000-ben bekövetkezett borsabányai baleset miatt elpusztult harcsatetek a Tisza-parton. Forrás: www.imv.hu

2.1. A szennyezések környezetre gyakorolt hatása

Figyelembe véve a környezetvédelmi felügyelőségek biológiai vizsgálatainak eredményeit, a szennyezés komoly károkat okozott az élővilágban. Az árvaszúnyog-lárvák és a planktonikus élőlények jelentős arányban pusztultak el, de ezektől eltekintve a gerinctelen faunát nem érte komoly károsodás. A Tisza és a Szamos halállománya azonban, amely a mérgezésre leginkább

érzékeny, komoly veszteséget szenvedett el: az összes elhullás mennyisége 1241 tonna volt. Ennek 33,8%-a ragadozó hal, 13,5%-a ponty (*Cyprinus carpio*), 8,1%-a kecsge (*Acipenser ruthenus*), 44,6% növényevő és egyéb hal volt. Az elpusztult haszonhalak becsült és számított értéke 874 millió Ft (NAGY I.–BENCsik J. 2000).

A szennyezést követő kórbonctani és kórszövettani vizsgálatok bebizonyították, hogy a pusztulást heveny cian- és nehézfém-mérgezés okozta. A cianmérgezésre utalt továbbá a vizsgált halak kopolyúinak, és magának a vérnek a cseresznyepiros színe is, melyet elsősorban az oxigénnel való telítettség, az élénk vörös cianmethemoglobin képződése okoz.

A szennyeződéskor tapasztalt cianid-koncentrációk ismeretében nagy biztonsággal kijelenthető, hogy a Szamos, illetve a Tisza érintett szakaszán előforduló 58 halfaj (ezekből 10 védett) állománya sérült. A balesetek hosszú távú hatásai még ismeretlenek, de valószínűleg nem csak a ciánnal, hanem a Tisza ökoszisztémájába bekerült, a hordalékban lerakódott nehézfémekkel is kapcsolatosak lesznek. Sajnálatos módon a szennyezéseknél felmerült sok kérdést a mai napig nem tisztáztak. Ezek közül a legfontosabbak (NAGY I.–BENCsik J. 2000 alapján):

- Létezik-e használható kémiai eljárás a károk csökkentésére?
- Szennyezés esetén a vízgyűjtőn meglévő víztározókat miként lehet igénybe venni a hígító víz biztosítására? Milyen eredmény várható tározók ürítése esetén?

- Mi a teendő a védekezésben résztvevő dolgozók egészségvédelme tekintetében? (NAGY István a KÖTIVIZIG akkori igazgatója a szennyezés ismertté válása után azonnal kérte az illetékes minisztérium ilyen irányú segítségét, amire több hét múlva – amikor a szennyező hullám már régen elhagyta az országot – kapott választ, hogy a kérdést kiadták kutatóintézetnek. A kutatás eredménye a mai napig nem ismert. A Tisza fölött olyan erős volt a ciánszag, hogy a kiskörei duzzasztóművön, csak rövid ideig lehetett tartózkodni. A folyóból vízmintát vevők egészsége különösen veszélyeztetett volt.

- Mik az elpusztult halak lehalászásának, elhelyezésének egészségügyi, technikai, jogi, pénzügyi feltételei?

- Hogyan méretezték a cianidos víz tározóit? A szabad kapacitások meghatározásánál hogyan vették figyelembe az átlagost lényegesen meghaladó éves csapadékmennyiséget? (A gátszakadást megelőző évben az átlagosnál lényegesen nagyobb volt a csapadék mennyisége, erősen meghaladva a párolgás mértékét. Előbbiek miatt a tározó szintje megemelkedett és töltésszakadást idézett elő.)

Ismereteink szerint még mindig nagymennyiségű cianiddal szennyezett vizet tároznak Nagybánya térségében, és *cianidos technológiát terveznek a Maros vízgyűjtőjén (Verespatakon) is*, ezért az előbbi kérdésekre célszerű volna mielőbb választ adni.

2.2. A lehetőség még nem katasztrófa

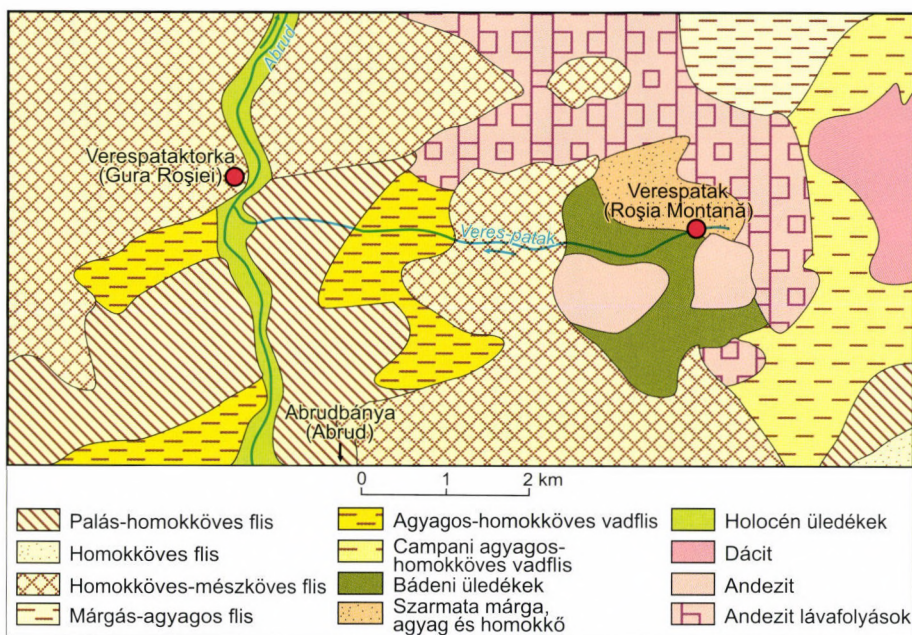
Verespatak (Roşia Montană) az Erdélyi-középhegységben, az aranyosfői (Scărişoara) jégbarlangot is magában foglaló „Nyugati-Szigethegység Naturpark” (Parcul Natural Apuseni) közelében fekszik. Maga Verespatak gyakorlatilag az Erdélyi-érchegység (az Erdélyi-középhegység déli része) szabadtéri Bányászati Múzeuma, melynek műemlékvédelmi zónáját 317 ingatlan alkotja. Bár ebből csak 35 a műemlék, de a település történelmi központja egészében szerepel a kulturális minisztérium építettörökség-védelmi listáján (KIRÁLY I.–SCHWEITZER F. 2002).

A kis (1880-ban 3439, 2002-ben 1369 lakosú) település Magyarország történelméből is ismert „Arany négyszög” északnyugati részén található. Nevét onnan kapta, hogy a vidék legfontosabb bányái egy szabálytalan négyszög alakú területet rajzolnak ki, melynek csúcsait Aranyosbánya (Baia de Arieş), Zalatna (Zlatna), Nagygág (Săcărâmb) és Abrudbánya (Abrud) alkotják (23. ábra). Ez Európa egyik leggazdagabb arany- és ezüstérc lelőhelye. Verespatak és a környezetében lévő nemesfém-tartalmú vulkáni kőzetek Abrudbányától 6–7 km-re északkeletre találhatóak (24. ábra).

Verespatakot „Alburnus maior” néven (20. kép), Kr. u. 131-ben említik először a történelmi források. Arany- és ezüstérc-telepeit már a dákok és a rómaiak is bányászták, majd a későbbiek során a történelmi Magyarország területén kifejldő bányáipar fejlettebb technológiákkal fokozatosan letermelte a nemesfém könnyen hozzáférhető részét (KIRÁLY I.–SCHWEITZER F. 2002) (25. ábra).



23. ábra Az „Arany négyszög” bányavidék és a Tisza vízrajzi kapcsolata (Szerk.: SZEBERÉNYI J. 2011)



24. ábra. Verespatak környezetének geológiai térképe (BORDEA, S. et al. 1979 alapján)



20. kép. A római kori Alburnus maior régészeti feltárás részlete.
 Forrás: <http://www.123romania.ro/castele-cetati/cetea-alburnus-maior>



25. ábra. A történelmi Magyarország fontosabb arany-, ezüst- és egyéb színesérc-lelőhelyei (Fülöp J. 1984 alapján)

Verespatakon 1752-ben 12 érczúda működött és mintegy 100 kis duzzasztóban mostak aranyat. A 19. században csak a kis település térségében már 300-nál több bányásztársulatot és közel 800 érczúzó malmot tartottak nyilván. A falu lakosai valamennyi elismert felekezetnek templomot építettek (21. kép).

Napjainkra azonban a bányák hagyományos műveléssel kinyerhető arany- és ezüstkészletei kimerültek, a bányászat veszteséges lett. Kőzeteinek kitermelése csak külszíni fejtéssel zajlik, amely jelentősen rontja a táj természeti képét (22. kép).

Az arany kitermelése jelentős mértékű és változatos környezetszennyezéssel is jár, melyek közül az egyik leglátványosabb az ún. savas szivárgás (*Acid Main Drainage, AMD*). Ez a jelenség akkor lép fel, amikor az 1%-nál magasabb kéntartalmú anyagok vízzel érintkezve savvá válnak. A folyamat



21. kép. A verespataki műemlék templomok egyike. Forrás: <http://3.bp.blogspot.com>



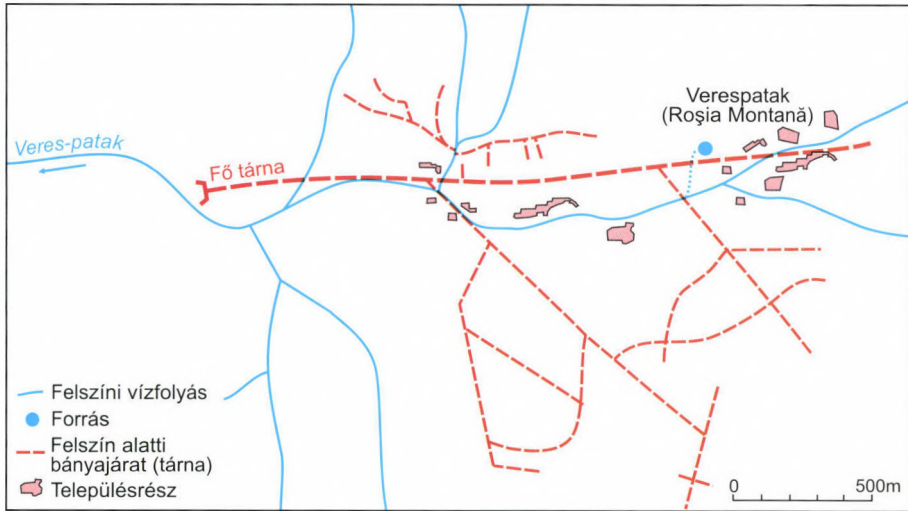
22. kép. A külszíni fejtések által megcsonkított táj Verespatak környezetében. Fotó: MTI

során a szulfidásványok a felszíni környezetben vízzel és levegővel érintkezve instabillá válnak, és gyenge kénessavvá alakulnak. Ennek következtében a szulfidokból felszabaduló fémek megjelennek a felszíni vizekben. A fémszulfidok – mint például a pirit (FeS_2), a pirrhotin (FeS), vagy az ólom-, a kadmium-, a réz- és a cinkszulfidok stb. – a leggyakoribb savképző ásványok. Ezek komoly károkat okoznak a vízi környezetben és veszélyesek a szennyezett vizet fogyasztó állatok és emberek egészségére is. Mindenképpen tudni kell, hogy a vizsgálatok alapján a Verespatak környéki kőzetek kéntartalma 1,9%, vagyis a savas szivárgás alapfeltétele adott (KIRÁLY I.–SCHWEITZER F. 2002; FORRAY F.L. 2003).

Nyilvánvaló az is, hogy a felszíni bányaművelés által lecsupasztott felszínre lehulló csapadék (eső, hó) közvetlen kapcsolatba kerül a kőzetekkel, majd a régi tárnákba szivárog (26. ábra). A külszíni fejtéssel lekopasztott felszín, illetve a bányák járatainak és üregeinek kőzetei tehát állandó utánpótlást nyújtanak a savas szivárgás folyamatának.

A föld mélyéről ezután a szennyezett víz újra felszínre lép és a kőzetekből kioldott mérgező anyagokat a patakokba juttatja, valamint a vas-hidroxid által vörösré színezi azok vizét (23. kép). Feltételezések szerint egyébként már a rómaiak általi bányaművelések előtt is alacsony volt a helyi vizek pH-ja, hiszen település későbbi neve is a patak vashidroxid- tartalmára utal.

Bár a rendelkezésre álló adatok alapján nem lehet pontos választ adni arra, hogy a jelen lévő szennyezésnek hány százaléka a természetes (eredeti) és mennyi az antropogén eredetű, de a 23. képen látható szürreálisnak ható vi-



26. ábra. Verespatak házainak, felszíni vízfolyásainak és a környék bányajáratainak viszonya. (FORRAY F.L. 2003 alapján)



23. kép. A bányásztelepülésnek nevet adó Veres-patak vizét a belekerült vas-hidroxid – $\text{Fe}(\text{OH})_3$ – színezi. Forrás: www.erdely-szep.hu/verespatak

szonyokat elnézve ez a kérdés okafogyottá válik. A bányavidéken a környezet-szennyezés fő forrásai a felszínre jutó bányavizek mellett, az ércet feldolgozó üzemek és ülepítők, amelyek további vegyi anyagokkal és fémekkel terhelik a felszíni és a talajvizet.

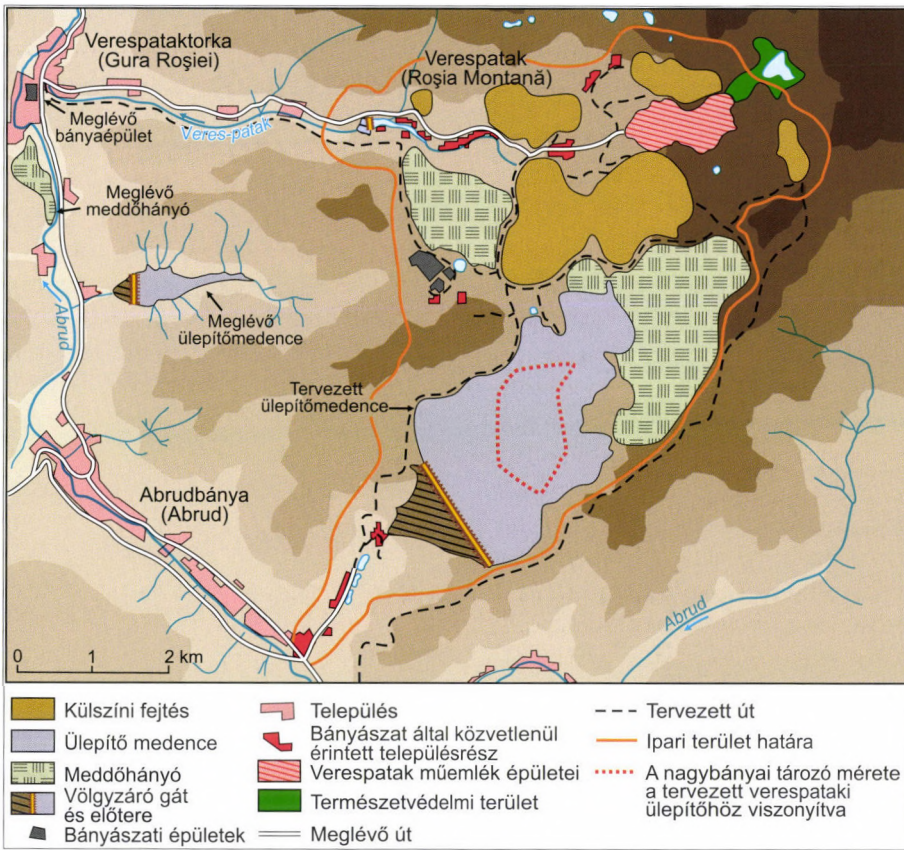
A Veres-patak és az Abrud-patak vizének vizsgálatát FORRAY Ferenc Lázár (2003) végezte el. A tanulmányában megjelenő eredmények alapján elmondható, hogy a patakok a nehézfémeket oldott formában, valamint lebegő vas-hidroxid agglomerátumokhoz szorpció által kötődött nehézfémekként szállítja. A patakok medrébe lerakódott vas-hidroxidok/vas-hidroxid-szulfátok azonban csak átmenetileg képesek a nehézfémeket megkötni. FORRAY (2003) emellett kimutatta, hogy a patakok pH értéke 1,8–6,9 között, elektromos vezetőképessége 213–6230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között, redoxpotenciálja +296 – +556 mV között változik. Az adatokból is következtethető, de a tanulmányban is szerepel, hogy az érintett vizek élővilága kipusztult.

A hagyományos bányaművelés mára veszteséges lett. A korábban kiaknázott meddőt és a még helyükön lévő aranytartalmú anyagövetet ciántechnológiával szeretné átdolgozni egy 1993-ban a térségbe érkezett kanadai-román vegyesvállalat. Feltehetően igen jelentős mennyiségű tiszta arany és ezüst nyerhető ki. A bányavállalat tervei szerint a cianiddal átítatott zagy tárolását, Abrudbányától 2 km-re északkeletre, egy völgyzárógáttal (ún. „módosított felvízoldali modell” konstrukcióval) elrekesztett ülepítő medencében kívánják megvalósítani (WACK CH. 2009) (27. ábra).

Ha a kitermelhető ércközetből, a nemesfém-tartalom kinyeréséhez évente felhasználásra kerülő nagy mennyiségű cianidból, és az ahhoz szükséges vízből előállított zagy mennyiségével számolunk, akkor egy esetleges nagybányaihoz hasonló baleset bekövetkeztekor beláthatatlan károokra lehet számítani. A lehetséges katasztrófa mértékének kiszámításához nem állnak rendelkezésünkre a szükséges adatok, így ezt meghatározni még csak megközelítőleg sem lehet, de van néhány összehasonlító adat – a nagybányai megtörtént cianid-katasztrófa alapján – amely láttatni engedi a katasztrófa veszélyét.

A 27. ábrán viszonyítási alapként vázlatosan megjelenítettük a gátszakadás következtében 100–120 ezer m^3 zagyot kibocsátó nagybányai tározó alaprajzát is. Ezen jól látható, hogy a tervezett verespataki ülepítő-medence alapterülete annak kb. 3–4-szerese. Egy esetleges baleseti kibocsátás esetén ez komoly problémát jelenthet elsősorban Dél-Erdély számára (28. ábra), de a szennyezés rendkívüli állapotokat idézne elő Magyarország és Szerbia területén is, illetve tovább Orsován és Szörényváron (Turnu Severin) át egészen a Duna-deltáig.

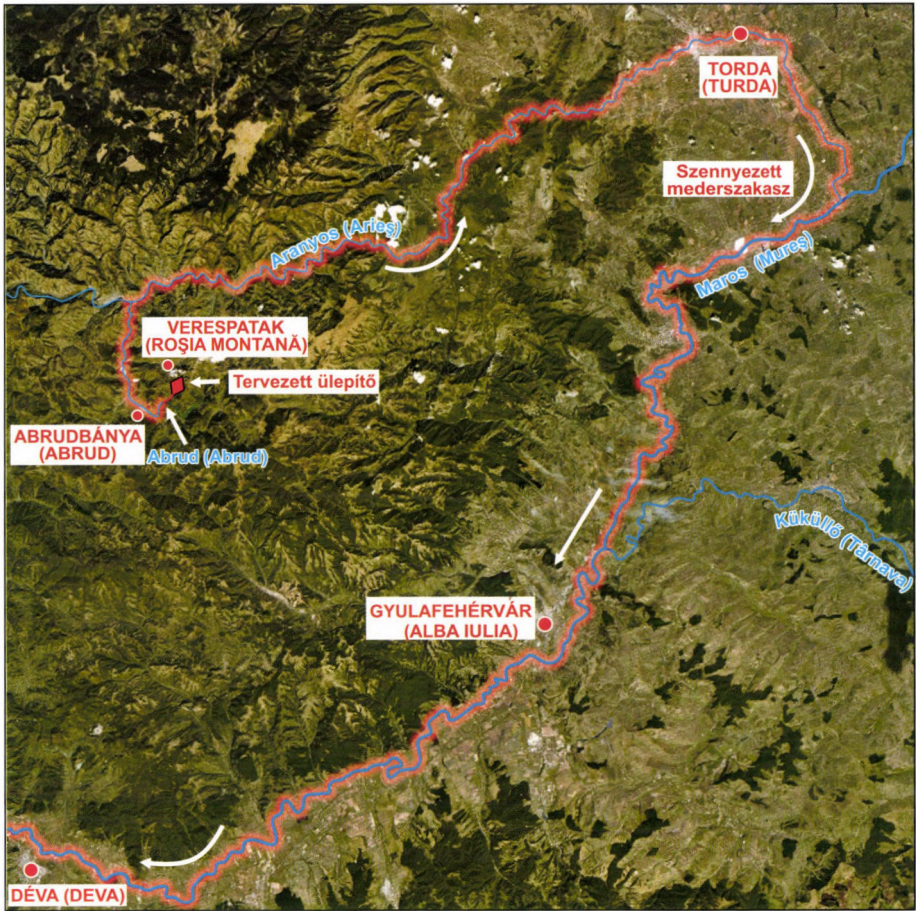
Az ökológiai katasztrófa lehetősége Magyarország számára egyáltalán nem közömbös, hiszen az esetlegesen a Maros vízrendszerébe kerülő erősen mérgező anyag a 23. ábrán látható módon (Abrud-patak–Aranyos–Maros vízi-



27. ábra. Verespatak és Abrudbánya környezetében tervezett bányászati létesítmények. (WAACK, CH. 2009 alapján)

úton) Szeged fölött érkezne meg a Tiszába. A nagybányai cianidos szennyezés esetén a Lápos-patakba került anyag Szegedig kb. 635 km-t tett meg. A Tisza számos mellékfolyójának, és a Kiskörei-tározó víztöbbletének hígító hatása is csak 2,2 mg/l (egészségügyi határérték: 0,1 mg/l) értékig volt képes csökkenteni a koncentrációt.

A verespataki tározó esetében Szegedig 610 km-en keresztül folyhatna a mérgező anyag, tehát hasonló távolságot tenne meg, mint a nagybányai szennyeződés. Ugyanakkor figyelembe kell venni a vízrajzi viszonyokat is. Ezek alapján kijelenthető, hogy a szennyező anyagnak a Maros esetében jóval kisebb mértékben van lehetősége hígulni, hiszen egyrészt sokkal kisebb a folyó vízhozama (így töményebb a koncentráció), másrészt a Küküllő az egyetlen komolyabb mellékfolyó, amely útközben hígítani tudná. Nem beszélve arról, hogy a tervezett verespataki tározóból kitóduló anyag mennyisége jóval



28. ábra. Egy esetleges baleset esetén bekövetkező szennyezés terjedése a Maros vízgyűjtőjén. (A Google Maps műholdfelvétele alapján szerk.: SCHWEITZER F.–SZEBERÉNYI J. 2011)

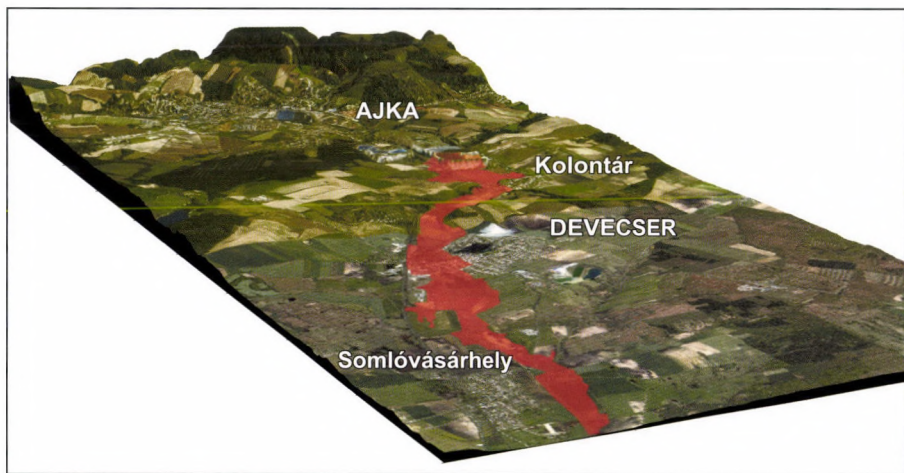
meghaladná a nagybányai kibocsátást. Ezek alapján valószínűsíthető, hogy a Verespatak irányából Szegedhez érkező esetleges szennyhullám nagyságrendekkel meghaladná a 2,2 mg/l értéket.

Az 1993 óta indulatokat gerjesztő verespataki tervekkel kapcsolatos aggodalmak között szerepelnek a kulturális örökség és a régészeti emlékek védelme, a műemlékvédelem, a helyi lakosok sorsa, a tájkép felismerhetlenségig való megcsonkítása, a műszaki megoldások (pl. völgyzárógáták) felülvizsgálata és az erősen mérgező anyagok természetbe szivárgása.

3. MAGYARORSZÁGI VÖRÖSISZAP-TÁROZÓK MINT POTENCIÁLIS KÖRNYEZETI VESZÉLYFORRÁSOK

2010. október 4-én az ajkai X. számú vörösiszap-zagytározó gátjának északnyugati része átszakadt és közel 1 millió m³ erősen lúgos, vízzel kevert vörösiszap zúdult le a Torna-patak völgyében (29. ábra). A maró vörös zagy elöntötte Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely völgytalpi településrészeit, majd a Marcalon keresztül rövidesen elérte a Dunát.

Az iszapár mintegy 1000 ha területet borított be különböző vastagságban, 10 halálos áldozatot követelt, 123 fő sérült meg, 259 ház vált lakhatatlanná és jelentős ökológiai károk keletkeztek. E környezeti katasztrófa szomorú aktualitássá tette a hazai vörösiszap-tározók szűkebb és tágabb környezetét vizsgáló, mérnöki szempontú geomorfológiai kutatásokat, tematikus térképezéseket és elemző környezeti vizsgálatokat. A fejezet keretein belül rövid összefoglalást adunk a magyarországi vörösiszap-tározók (Ajka, Almásfüzitő, Neszmély, Mosonmagyaróvár) környezeti viszonyairól, a lehetséges veszélyforrásokról és a vörösiszap potenciális szennyező hatásairól.



29. ábra. A vörösiszap katasztrófa által érintett terület domborzatmodelljére feszített műholdfelvétel perspektivikus képe északnyugati rálátással (Szerk.: VARGA Gy. 2010). 1: 10 000 ma. topográfiai térkép szintvonalainak digitalizálásával előállított, x; y; z koordinátákat tartalmazó adatbázis feldolgozása SURFER 8.0 interpoláló, szintvonalzó és háromdimenziós térképkészítő programmal történt. A digitális domborzatmodell 5,5-szeres túlmagasítással ábrázolja a 144 km²-es területet, melyre a Google Maps-ből származó műholdfelvételt feszítettük. A vörösiszappal elárasztott területet az IKONOS műhold felvételei alapján határoltuk le

3.1. A vörösiszap mint veszélyes hulladék

A vörösiszap a timföldgyártás mellékterméke. A Bayer-eljárás során a bauxit magas hőmérsékleten és nyomáson történő lúgos – általában nátrium-hidroxidos (NaOH) – feltárásának eredményeként keletkezik. Az erősen lúgos (pH 12–13), maró anyagot a hazai tározókba híg zagyként, hidraulikus úton, csővezetéken szállították. Összetételét a felhasznált bauxit és a gyártás során hozzáadott anyagok határozzák meg. Vörös színét a vas-oxidok adják, tartalmaz még alumíniumot, titánt, szilíciumot, kalciumot és magnéziumot (2. táblázat). Egy százalék alatti mennyiségben gallium-, vanádium- és ritkaföldfém-oxidok is találhatóak benne. A vörösiszap nehézfém-tartalma az átlagos hazai talajokénak mintegy 7-szerese, a radioaktív elemek aránya pedig a talajokénak 10–20-szorosa.

A vörösiszap 2001-ig a 102/1996 (VII. 12.) kormányrendelet alapján a II. osztályú (fokozottan) veszélyes hulladék kategóriába tartozott. Az uniós jogharmonizáció során ez az anyag kikerült a veszélyes hulladékok köréből, mivel az Európai Hulladékkatalógus (EWC) nem tartja számon e kategóriában, tekintve, hogy nehézfém tartalma a határértékek alatt van. A vörösiszap veszélyességét és potenciális szennyező hatását elsősorban az erősen lúgos kémhatása képezi. Az ajkai katasztrófa során kiömlő zagy pH-ja a mérések szerint 13 felett volt. A 91/689/EGK irányelv alapján mint maró anyag, a Bázeli Egyezmény alapján mint 11,6-nál magasabb pH-jú anyag azonban veszélyes hulladéknak minősül. Az ajkai katasztrófát követően felmerült a szabályozás felülvizsgálatának szükségessége, melynek eredményeként a vörösiszap újra a veszélyes hulladékok közé kerülhet.

A vörösiszap nehézfém tartalma jelentős (3. táblázat), de annak koncentrációja jellemzően alatta marad a szennyvíziszapokra vonatkozó határértékeknek. A nehézfémek a vörösiszapban szerencsére nehezen mobilizálható formában vannak jelen, így azokat az élő szervezetek csak nehezen tudják felvenni.

2. táblázat. A vörösiszap kémiai összetétele és néhány anyagjellemzője

Fő komponensek	Tömeg, %	Fő komponensek	Tömeg, %
Fe ₂ O ₃	33–40	Al ₂ O ₃	15–19
SiO ₂	10–15	Na ₂ O	7–11
TiO ₂	4–6	CaO	3–9
V ₂ O ₅	0,2–0,4	P ₂ O ₅	0,5–1,0
CO ₂	2–3	SO ₃	0,8–1,5
MgO	0,3–1,0	F	0,1–0,15
C	0,15–0,20	Egyéb (ritkaföld)fémek	1 >
Anyagjellemzők			
Hézagterefogat	1,16	Szivárgási tényező (k)	10 ⁻⁷ – 5 × 10 ⁻⁸ m/s

Forrás: vorosiszap.bm.hu

3. táblázat. A vörösiszap fémtartalma száraz anyagra

Vörösiszap minták	Fémirtalom (szárazanyag, mg/kg)						
	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
MTA KK AKI 2010.10.05. A gátszakadástól 100 m-re	135–144	n.m.	632–677	1,64–8,59	192–219	189–195	47,9–56,7
MTA KK AKI 2010.10.05. Kolontártól 1 km-re nyugatra	33,4–35,7	n.m.	83,4–85,8	n.m.	64,3–73,1	43,2–53,9	36,8–43,6
Bálint Analitika 2010.10.05. A gátszakadástól 30 m-re	43,6–44,5	2,30–2,42	689–721	0,54–0,67	281–289	80,9–83,2	142–155
Bálint Analitika 2010.10.05. A gátszakadástól 50 m-re	27,9–32,3	0,24–0,34	57,6–74,5	0,18–0,28	26,3–36,4	7,52–11,8	64,2–77,9
MÁFI 2010.10.06. Kolontár/Devecser térsége 10 minta adatai (határértékek)	81,6–131	0,82–1,44	360–694	0,61–2,83	143–322	96,2–177	108–172
MH HAVÁRIA 2010.10.05. Kolontári és devecseri minta átlaga	69–176	-	-	-	112–259	51–125	35–96
Határérték szennyvíziszapra 12	75	10	1000	10	200	750	2500

Megjegyzés: n.m. nem mérhető, - nem mért elem. Forrás: vörösizsap.bm.hu

3.2. A vörösiszap radioaktív tulajdonságai

A vörösiszap toxikus fémeket és természetes radioaktív elemeket tartalmaz, amelyek a technológiai műveletek során ebben a melléktermékben dúsulnak fel. A vörösiszap radioaktív tulajdonságaira vonatkozóan Almásfüzitőről rendelkezünk mérési eredményekkel (KANYÁR B. és SCHWEITZER F. (1991) részéről). Almásfüzitőn az I–II. sz. kazetta területén felszíni és fúrásból gyűjtött vörösiszap mintákat 1991-ben az Országos Frédéric Joliot-Curie Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézetben (OSSKI) vizsgálták meg. A gamma-spektrometriai analízis eredményei szerint a vörösiszapban a radioaktív elemek koncentrációja a tipikus hazai talajokra jellemző értékekhez képest 10–20-szoros dúsulást mutat (4. táblázat).

Megjegyezzük, hogy a hazai talajok átlagos U-sor aktivitása 25–50 Bq/kg. A hőerőműi salaké viszont 1000 Bq/kg értéknél is nagyobb lehet a bányaművelés és az erőmű földrajzi elhelyezkedésének a függvényében. Ehhez képest a mintázott vörösiszap kisebb koncentrációban tartalmazza az urán- és tórium-sorok elemeit (KANYÁR B.–UGRON Á. 1991).

4. táblázat. Almásfüzitő környékén felhalmozott vörösiszap minták radioaktivitása

Mutató		I. sz. vörösiszap-tározó 10–15 cm	II. sz. vörösiszap-tározó 50–55 cm
U-sor	²⁴³ Th	290 ± 14%	–
	²²⁶ Ra	410 ± 12%	504 ± 8%
	²¹⁴ Pb	260 ± 3%	368 ± 3%
	²¹⁴ Bi	250 ± 3%	360 ± 3%
Th-sor	²²⁸ Ac	270 ± 5%	351 ± 4,5%
	²¹² Pb	230 ± 4%	314 ± 3%
	²¹² Bi	290 ± 14%	420 ± 12%
	²⁰⁸ Tl	270 ± 5%	366 ± 4%
⁴⁰ K	< 2	80 ± 50%	
¹³⁴ Cs	< 2	< 0,6	
¹³⁷ Cs	12 ± 26%	3,5 ± 76%	
^{234m} Pa	600 ± 55%	1040 ± 43%	

Tipikus hazai talaj: U-sor: 25–50, Th-sor: 30–50.

UGRON Á. 1991. OSSKI Számítás- és Méréstechnikai Osztály elemzése. Gamma-spektrometriai analízis eredményei (Akt. konc. Bq/kg). In: SCHWEITZER F.–TINER T. 1996. Nagyberuházások és veszélyes hulladékok telephely-kiválasztásának földrajzi feltétel-rendszere. MTA FKI, Budapest, pp. 14–89.¹

A bauxitbányászat az 1970-es évekből 2 millió tonnáról a 2010-es évek elejére 1 millió tonna alá esett. A külszíni bányafejtések nagyrészt befejeződtek, a bányagödröket visszatöltötték, és a rekultiválásukat, ahol lehetséges volt, már elvégezték. A Magyarországon kitermelt bauxit mennyiségének egyharmada meddő, emiatt a Balaton-felvidék bauxitbányái körül 100 millió m³ nagyságrendű meddőanyag halmozódott fel a hányókon. A Halimbai II., III., Deák, Kozmatag és Nyírespuszta körüli meddőhányók közelében végzett mérések gamma dózisteljesítmény értékek 70–190 nSv/h értéktartományba estek (JUHÁSZ L.–SZERBIN P. 2001).

A hatalmas mennyiségben keletkező vörösiszap a timföldgyártás mellékterméke. Timföldgyártás hazánkban nagyobb volumenben már csak Ajkán, és kisebb részben Mosonmagyaróváron folyik. Ajkán évente 300–400 ezer tonna, Mosonmagyaróváron 100 ezer tonna timföldet állítanak elő. A Magyar Bauxit és Alumínium Rt.-hez tartozó Ajkai Timföldgyár hazai, valamint Horvátországból és Boszniából származó importbauxitot is felhasznál. Az eddig kibocsátott 20 millió tonna, 200 ha-on elhelyezett vörösiszapot fokozatosan rekultiválják. Lefedésére az Ajkai Erőmű salakját, pernyéjét is felhasználják. Mind a felhasználandó bauxitra, mind a kibocsátandó vörösiszapra rendelkezünk mérési eredményekkel (5. táblázat)².

¹ A méréshez Ge (Li) félvezető detektort és 400 csatornás analizátort (ORTEC ACE-2k) használtak. A határfok kalibráció OMH-MIX etalonnal történt.

² Az OSSKI fenti méréseihez (4. táblázat) a begyűjtött szilárd mintákat szárítószekrényben

5. táblázat. Az egyes TENORM területek mintáinak gamma-spektrometriai méréseiből számolt radionuklid aktivitás-koncentrációk (Bq·kg⁻¹)

Minta származása	²³⁵ U	²³⁴ Th	^{234m} Pa	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb	²¹⁰ Pb	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	²¹⁰ Pb	²²⁸ Ac	²¹⁰ Pb	²¹² Pb	²¹² Bi	²⁰⁸ Tl	⁴⁰ K
Halimba III. bauxitbánya lejtakna 5.	5,9	140	–	120	115	170	112	190	210	98	170	98	90	90	<7
Deáki II–III. bauxitbánya lejtakna	3,0	70	–	70	67	90	68	190	210	17	90	15	14	13	<7
MAL Rt. timföld	10	220	200	200	195	210	190	320	308	320	210	304	316	316	33
Ajka, bauxit	7,2	155	160	130	125	160	130	148	140	148	160	140	140	140	<30
MOTIM vörösiszap	16,2	360	390	250	235	340	230	350	350	350	340	336	332	332	75
MOTIM saját timföld	<0,2	<3	<5	<3	<0,5	<5	<0,6	<1	<5	<1	<5	<1,5	<0,7	<0,7	<7
Neszmélyi vörösiszap	7	150	–	250	250	290	250	400	290	400	290	385	370	370	33

Forrás: JUHÁSZ L.–SZERBIN P. 2001

Az Almásfüzitői Timföldgyár már megszüntette termelését, s itt a gyár közelében 12 millió tonna, míg Neszmélyben 5 millió tonna vörösiszapot helyeztek el. Az izzaptároló felett a gamma dózisteljesítmény a 200–400 nSv/h érték között változott.

Az OSSKI-ban végzett kutatás (4–5. táblázat) arra a megállapításra jutott, hogy a vörösiszapokban mért viszonylag magas radionuklid-koncentráció annak köszönhető, hogy a bauxit-feldolgozás során a lúgos feltárással a radionuklidok oldhatósága jelentősen lecsökken, így azok a vörösiszapban koncentrálnak (JUHÁSZ L.–SZERBIN P. 2001, 2003, 2005).

105 °C-on szárították, majd őrlés és homogenizálás következett, amelynek során egyenletes, 100 µm alatti szemcseméretet biztosítottak. A mintákat speciális Marinelli-edényekben hermetikusan lezárták a ²²⁶Ra és ²²²Rn közötti radioaktív egyensúly biztosításához. Lezárás után legalább 2 hét kivárással kezdték meg az analitikai vizsgálatokat. A minták radionuklid-összetételének vizsgálatára akkreditált félvezető detektoros gamma-spektrometriai módszert alkalmaztak. A mérőegység ólomárnyékolással körülvett, cseppfolyós N₂ hűtéssel ellátott Canberra gyártmányú, nagy tisztaságú HPGe félvezető detektorból, EMG NUC gyártmányú elektronikából (NIM-keret, HV, spektroszkópiai erősítő) és Oxford PCA-38k csatornás analízátor kártyából tevődött össze. A megfelelő árnyékolás, a Marinelli-edényes mérési geometria és az alkalmazott 20–50 ezer másodperces mérési idő együttes megfelelő érzékenységgű meghatározást biztosított a természetes gamma-sugárzó nuklidok többségére. A spektrumok kvalitatív és kvantitatív kiértékeléséhez Oxford GammaTrack szoftvercsomagot használták. Általános esetben a következő radionuklidok meghatározását tudták elvégezni: a ²³⁸U bomlási sorozatból a ²³⁴Th, ^{234m}Pa, ²²⁶Ra, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi és ²¹⁰Pb, a ²³²Th sorozatból a ²⁸⁷Ac, ²¹²Pb és ²⁰⁸Tl, valamint a ²³⁵U és ⁴⁰K. Ezek közül meghatározták mindazokat, amelyek a spektrumon kiértékelhető fotócsúccsal jelentkeztek.

A vörösiszappal összefüggésben kismértékben megfigyelhető a radontól és a tóriumtól eredő sugárterhelés, ami a benne található magas ^{226}Ra - és ^{232}Th -szintnek köszönhető. Az almásfüzitői tározók közelében fekvő lakásokban is folytattunk radon méréseket a Rad Laborral (TÓTH E.–HÁMORI K.) együttműködve 2002–2003-ban³. A VII. sz. tározótól pár 100 m-re nyugatra fekvő Béke utcában 10 lakásban telepítettünk radon mérő nyomdetektorokat.

A radonnak és a bomlása során keletkező leányelemeinek nagy jelentősége van radiológiai szempontból, mert ezek a levegőben lévő aeroszol-részecskékhez tapadva a tüdőbe juthatnak. Ha a radont vagy leányelemeit belelegezzük, azok igen mélyen lerakódhatnak a tüdőben. A bomlás során a hörgők és a tüdő belső felületét borító hámsejteket közvetlenül α -részecskékkel sugározzák be, ami fibrózist, tüdőrákot és tüdőtágulást okozhat (SZERBIN P. 1994).

A lakóterei radon tekintetében a nemzetközi sugárvédelmi ajánlások 200 és 600 Bq/m³ között adják meg a cselekvési szintet. Az USA-ban ez 150 Bq/m³, Németországban, Oroszországban, Angliában, Csehországban és Szlovákiában 200, Svédországban 400 Bq/m³ a határérték. Magyarországon sajnálatos módon még nincs törvényileg meghatározott dóziskorlát a lakóterei radonra (HÁMORI K. 2002).

Almásfüzitőn a Béke utcában az egyes lakásokban az éves átlagértékek a következők voltak: 80, 93, 109, 117, 136, 145, 145, 171, 200, 297 Bq/m³ (TÓTH E.–HÁMORI K. Rad Laborban végzett mérései). A mérések szerint vörösiszap-tározókból a talajvízzel a házak alá szállított radioaktív anyagok nem okoznak jelentősebb radioaktív többletterhelést. Erre utal a Béke utcában lévő kutakból

³ A szilárdtest-nyomdetektoros módszer alapelve, hogy a radon bomlása során keletkező α -részecskék a detektorba csapódva, annak molekuláris szerkezetében sérülést okoznak. A sérülések száma egyenesen arányos a besugárzás idejével és a detektor közelében lévő minta aktivitás-koncentrációjával. A detektoron létrejövő sérülések (nyomok) számát ismerve következtetni lehet a minta aktivitására, illetve aktivitás-koncentrációjára. A detektorlemezt, amely esetünkben CR39 nevű polikarbonátból készül, egy zárt műanyag doboz belsejébe rögzítik. A detektorokat általában földszintes házakban, lehetőleg hálósobákban, a földtől kb. 1 m-re helyezik el 3 hónapos időszakokra. A műanyag detektor felületének hosszú szénlánc-molekuláiban az α -részecskék kémiai kötéseket szakítanak fel, és így mikroszkóppal sem látható, ún. látens nyomokat hoznak létre. Hogy a nyomokat láthatóvá tegyék, kb. 4 órán keresztül 20 tömeg%-os, 92 °C hőmérsékletű NaOH-oldatban maratják a lemezeket. A károsított felületeken a maradási sebesség nagyobb, mint a lemez más részein, így ott idővel már optikai mikroszkóppal is látható nyom alakul ki. A detektort 2%-os ecetsavba, majd desztillált vízbe teszik és így kerülhet a nyomszámláló berendezésbe. A berendezés része egy CCD kamerával felszerelt mikroszkóp, amely egy számítógéppel van összekötve. A detektorlemezeket alulról megvilágítva a maratás során kialakult nyomgörök láthatóvá válnak. A nyom olyan fekete foltok látszik, amelynek közepén világos foltocska található. A számítógép alakfelismerő programja megszámlálja a nyomokat, ezek száma alapján pedig meghatározhatóvá válik a mért szobára jellemző aktivitáskoncentráció (HÁMORI K. 2002).

begyűjtött vízminták vizsgálata is. Az ELTE atomfizikai laboratóriumában HÁMORI K. mérései alacsony (3,1 és 3,5 Bq/l) aktivitást mutattak.

A különböző radon-értékek sokkal inkább a házak különböző minőségű építőanyagaival és szigetelésével és a lakók eltérő életvitelével (például a szellőztetés gyakorisága) lehetnek összefüggésben. Az értékek átlagosan meghaladják a magyarországi átlagértékeket, néhány ház esetében magasnak mondhatók, de ilyen értékek mellett speciális radon-mentesítésre nincsen szükség, csak a gyakoribb szellőztetésre kell fölhívni a lakók figyelmét. A 200 Bq/m³ érték felettieknél talajszigetelés alkalmazását is szokták javasolni.

A vörösiszap radioaktív-anyagtartalmából adódó közvetlen sugárzás elhanyagolható az anyag alacsony aktivitása miatt. A *vörösiszap radiológiai veszélye leginkább a szél útján szállított és a tüdőbe jutó sugárzó anyagok tekintetében jelentkezik.*

3.3. Magyarországi vörösiszap-tározók

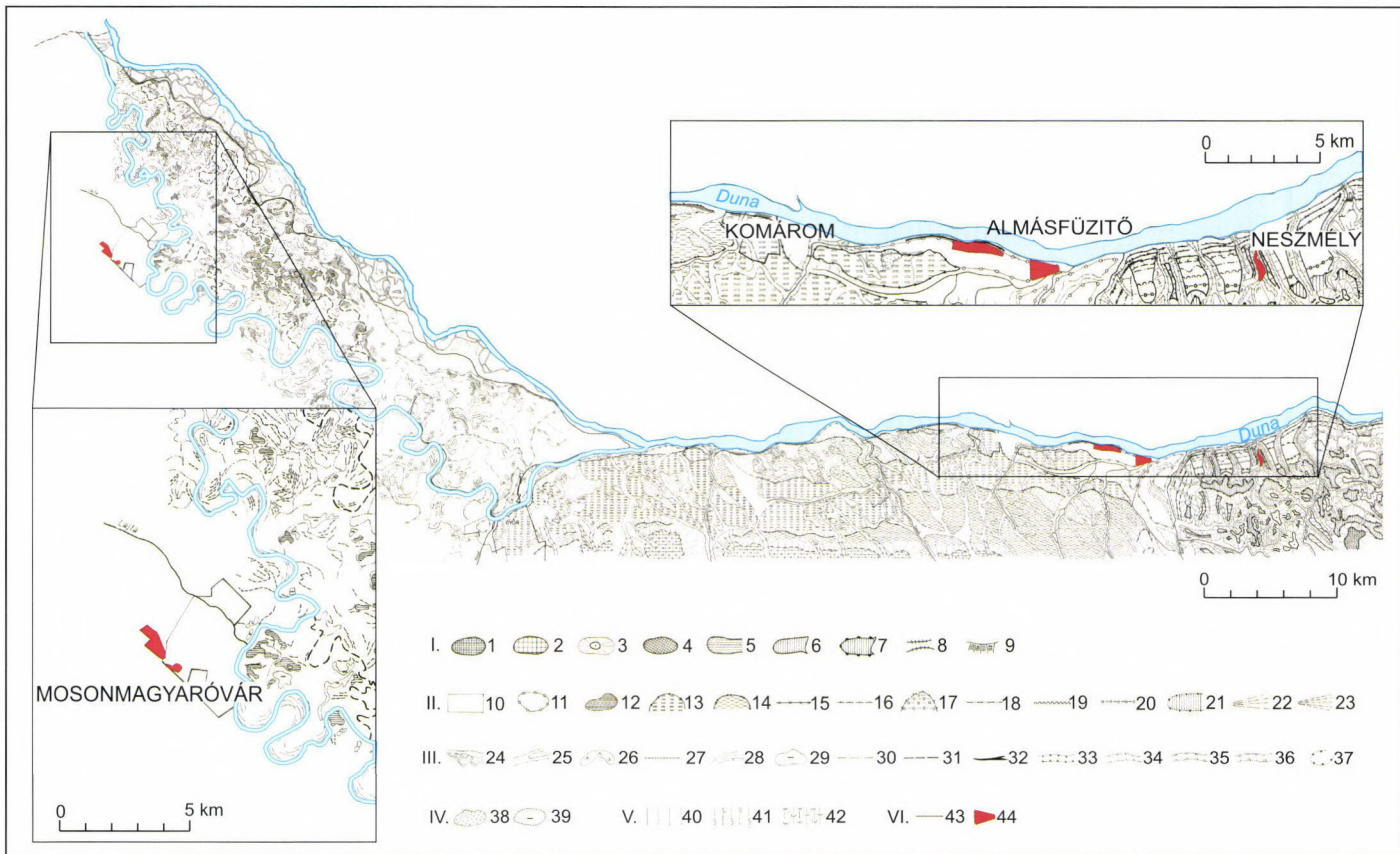
Magyarországon három timföldgyár épült. A *mosonmagyaróvári* 1934-ben kezdte meg termelését, az *ajkai* 1942-óta üzemel, az *almásfüzitői* 1950-től 1996-ig működött (30. ábra). Mosonmagyaróváron a gyár közelében, Ajkán a Torna-patak völgyében találjuk a vörösiszap-tározókat. Az almásfüzitői gyárból kikerülő vörösiszapot 1986-ig a gyár közvetlen közelében a Duna mellett, 1986 és 1996 között a *neszmélyi* Kántorkerti-patak völgyében helyezték el, melynek völgyzáró gátja a Dunától 600 m-re helyezkedik el.

3.3.1. Az ajkai vörösiszap-tározók

Az ajkai timföldgyár termelése évtizedekig a bakonyi és vértesi bauxitvagyonon alapult, de 2000 után egyre több külföldi (boszniai, részben montenegrói) alapanyagot használnak fel. A timföldgyártás melléktermékeként keletkező 50 millió m³ szürke- és 30 millió m³ vörösiszapot 10 zagytározó kazettában helyezték el a várostól délnyugatra fekvő Torna-patak völgyében.

A 2010. október 4-én bekövetkezett, hatalmas károkat okozó katasztrófa során a Torna-patak völgyében zúdult le a vörösiszapos áradat, előntve Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely völgytalpi településrészeit, majd rövid idő alatt a Marcalon keresztül elérte a Dunát (24., 25. kép).

A katasztrófa által leginkább érintett területen (31. ábra) két kistáj osztozik, az Észak-Bakony és a Marcal-medence. A vizsgált terület átmeneti jellegű, geomorfológiai képét hegységperemi mezozóos sasbércek sorozatai, a hegységperemhez csatlakozó eróziós völgyekkel felszabdalt hegyláb felszínnek és hegységperemi hordalékkúpok határozzák meg (32. ábra, 32a. és 32b. ábra).



A Veszprém–Devecseri-árok tengelyében a Torna-patak vezeti le a Bakony karsztos kőzeteiből és a hegyláb felszín pannon homokos, kavicsos rétegeibe beszivárgó és lefolyó vizeket. Az általunk vizsgált területen jobb oldalról a Csigere-patak és a Széles-víz, balról a Csinger-patak és a Padragi-víz torkollik bele. Emellett kisebb vízfolyások, források, felszín és felszín alatti vizek is táplálják.

A Torna-patak terjedelmes hordalékkúpja Ajkától nyugat-délnyugatra legyezőszerűen szélesedik ki. A hordalékkúp felszínén felismerhetjük a patak holocén és pleisztocén végi mederváltozásainak és hordalék áthalmozó tevékenységének nyomait. A Széles-víz és a Csigere-patak mai völgye is az Ős-Torna-patak egykori óholocén időszakai medrei voltak.

A közelmúlt patakmeder változásainak kutatásánál felhasználtuk a területet ábrázoló archív térképeket és a katonai felmérések térképlapjait is. Az 1852-es II. katonai felmérés térképe szemléletesen ábrázolja a hordalékkúp felszínének mélyebb fekvésű területeit és az abba vágódó völgyeket. Ajkától északnyugatra is látható egy ilyen depressziós terület (31. ábra), amelyhez ma a Széles-víz és a Csigere-patak vizei igazodnak. Ezt a területet a mai Torna-patak völgyétől csak egy keskeny, pár m-re felmagasodó hordalékkúp felszín választja el (SCHWEITZER F. 2010).

←

30. ábra. Duna menti vörösiszap-tározók, és azok környezetének geomorfológiai térképe. Egy esetleges tározói baleset esetén a Dunát és árterületeit komoly szennyeződés érné és a Duna-menti települések fő vízbázisát is érintené (Szerk.: SCHWEITZER F. 1983). – I. Általános domborzati formák: 1 = Magas fennsík, hegytető; 2 = Alacsony fennsík; 3 = Sasbérc; 4 = Hegygerinc; 5 = Hegyhát; 6 = Lejtőpihenő; 7 = Hegyláb lépcső; 8 = Domborzati nyereg; 9 = Sziklafal. II. Folyóvízi akkumulációs formák általában: 10 = Alacsonyártér; 11 = Magasártér; 12 = Magasártéri övzátony; 13 = II/a. terasz; 14 = II/b. terasz; 15 = III. terasz; 16 = IV. terasz; 17 = Hordalékkúp terasz; 18 = V. terasz; 19 = VI. terasz; 20 = VII. terasz; 21 = Patak menti terasz; 22 = Medencetalpi törmelékkúp; 23 = Lejtőoldali törmelékkúp. III. Folyóvízi eróziós formák (medrek, völgyek): 24 = Élő meder, élő mellékág és meander; 25 = Kis patakok elhagyott medrei; 26 = Morotva időszakos vízborítással; 27 = Lefűzött meder (meander) maradvány (általában 1 m-nél mélyebb); 28 = Lefűzött meder (meander) maradvány (általában 1 m-nél sekélyebb); 29 = Elgátolt mélyedés; 30 = Lefűzött meder (meander), egykori kanyargós folyómeder; 31 = Lefűzött meder (meander), egykori kanyargós folyómeder (csatornázott, ill. állandó vízű); 32 = Eróziós vízmosás; 33 = Eróziós árok; 34 = Eróziós völgy; 35 = Deráziós völgy; 36 = Eróziós-deráziós völgy; 37 = Deráziós fülke. IV. Homokformák: 38 = Futóhomok formák általában; 39 = Deflációs mélyedés. V. Lejtők állaga: 40 = Lejtő általában (főleg egyensúlyi lejtő); 41 = Időszakosan egyensúlyi lejtő; 42 = Csuszamlásos lejtő.

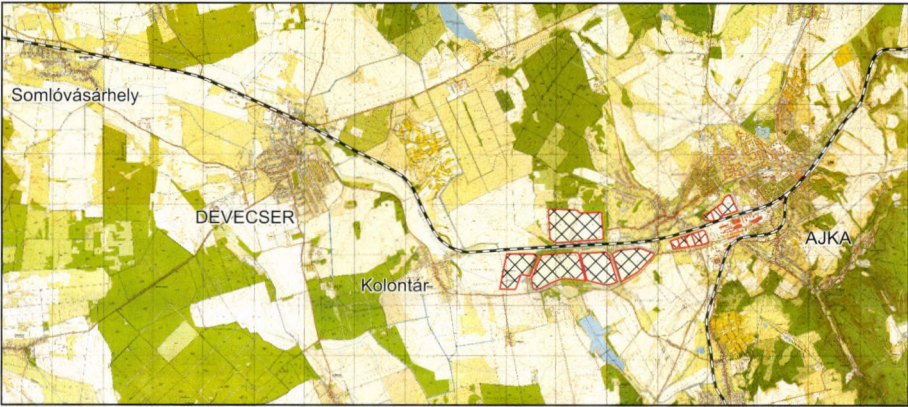
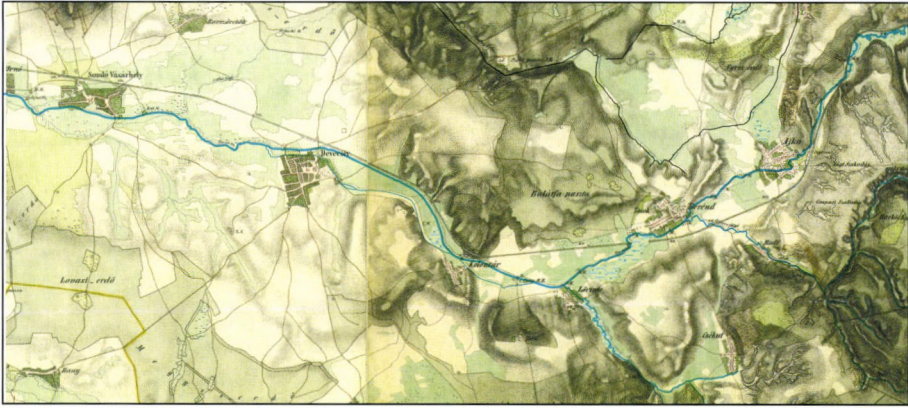
VI. Műtárgyak: 43 = Árvédelmi töltés; 44 = Vörösiszap-zagytározó



24. kép. Az ajkai vörösiszap-tározók és a X. sz. kazetta sérült gátja. Fotó: VARGA Gy., MTI



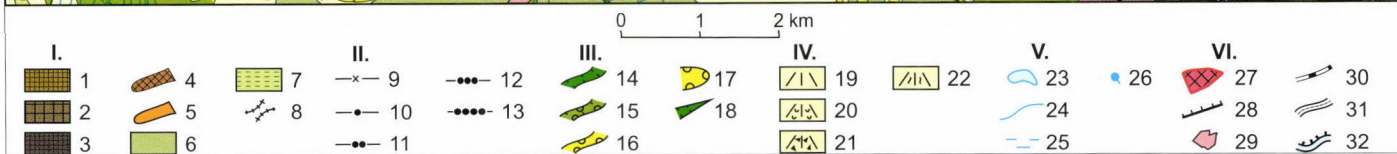
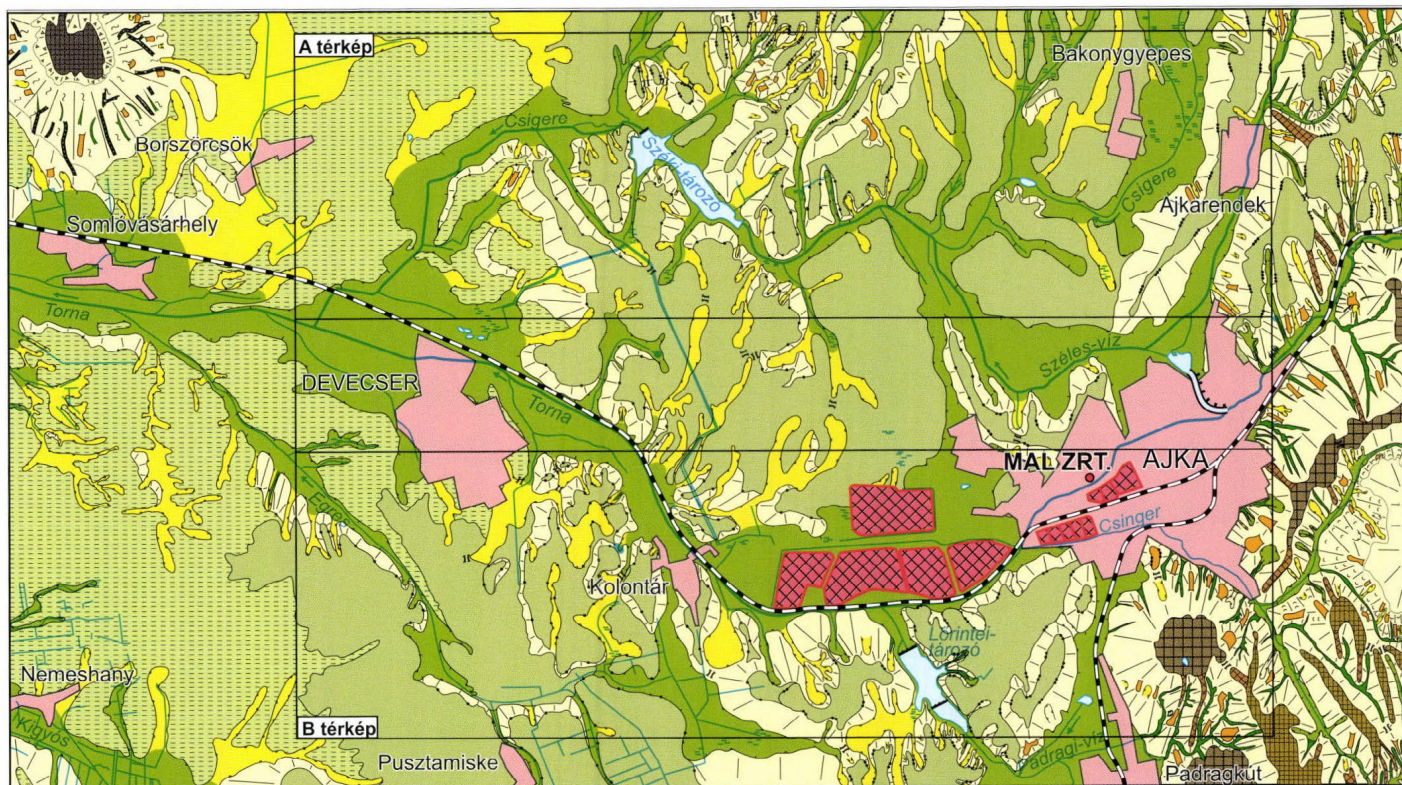
25. kép. A X. sz. kazetta sérült gátja és a vörösiszappal elöntött területek. Fotó: H. SZABÓ S., MTI



31. ábra. Ajka tágabb környezete a vörösiszap-tározók megépítése előtt a 2. katonai felmérés (1852) térképén (fent) és a mai topográfiai térképen (lent). A vörösiszap-tározók (piros vonalakkal lehatárolva) a Torna-patak alacsonyárterére épültek (Szerk.: SZEBERÉNYI J. 2010).

3.3.1.1. Vízrajzi viszonyok az ajkai tározók környezetében, javaslat a vízrendezésre

Ajka város területe, az ipari üzemek és a vörösiszap-tározók a Torna-patak helyenként 1–3 km széles eróziós völgyében található (33. ábra). A patak Ajka alatt jobbra szabályozott mederben folyik, természetes medre eredetileg a VIII.–X. sz. vörösiszap-tározók alatti területen volt (31. ábra), amit a tározók építése során az 1990-es években tereltek el. Széles völgytalpán természetes körülmények között vizenyős, mocsaras laposok alakultak ki. Ilyen területre épült a megsérült X. sz. tározó gátja is.



A zagytárolók közvetlen környezetéből a csurgalékvizeket árokrendszer vezeti be a Torna-patakba. Az erősen lúgos csurgalékvizek (26. kép) már igen régóta rontják a felszíni vizek minőségét. Az övások erősen szennyezett környezetében általános a növényzet degradációja. A Torna-patak alluviumából a zagytárolók több helyen 15 m-t meghaladó magassággal piramisszerűen emelkednek ki. A rézsúoldalak stabilitását az eróziós folyamatok is gyengíthetik, amelyeket egy extrém csapadékos periódus felgyorsíthat.

A gátszakadás pontos okának megállapítása nem tisztünk, kialakulásában egyrészt természeti adottságok és folyamatok, másrészt műszaki és emberi tényezők együttes hatása játszhatott szerepet. A víznek – értjük ez alatt a tározók és környezetük felszíni és felszín alatti vizeit – alapvető szerepe kellett, hogy legyen a gát állékonyságára nézve. A víz egyrészt a gátat gyengítheti meg, másrészt a gát alatti üledékeket áztathatja át, amin a tározó nagy tömege megroskadhat és megcsúszhat.

A katasztrófát megelőzően a gátak mögötti tér közel színültig volt töltve vörösiszappal. A tározókban lévő vörösiszap magas víztartalma alapvetően a gyártási technológiából adódik. A katasztrófa előtti időszak különösen csapadékos volt, ami további 20 cm-rel emelte a tározótér vízszintjét.

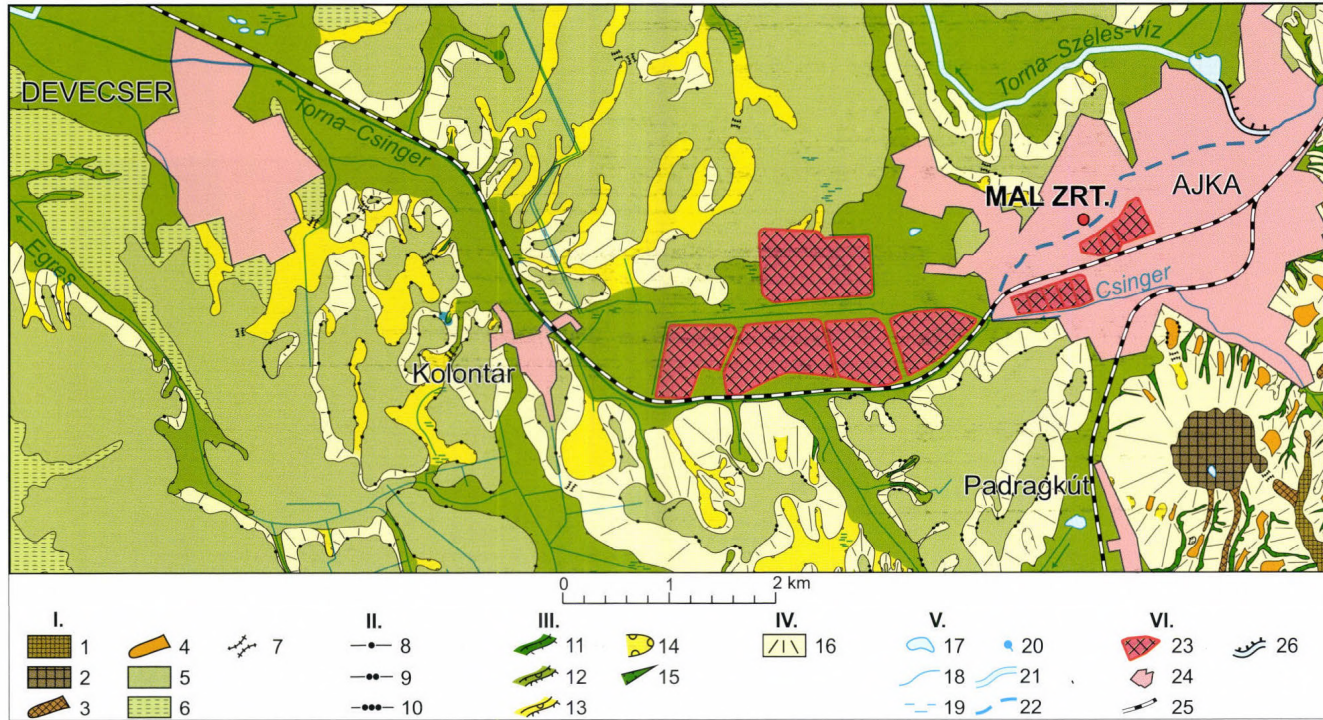
A tározók gátjai alatt a Torna-patak egykori mederágai húzódnak, a völgytalpat a patak folyóvízi üledékei töltik ki. A tározók közvetlen közelében résfal-rendszert alakítottak ki, hogy a vörösiszaptól szennyezett felszín alatti vizek terjedését megakadályozzák. A résfal azonban visszaduzzasztotta a vizeket, ami megváltoztatta a felszín alatti nyomásviszonyokat és átáztatta a gátak alatti folyóvízi üledékeket. A katasztrófát szenvedett X. sz. tározótól 1–1,5 km-re alakították ki a Padragi-víz völgyzárógátas felduzzasztásával a Lőrintei-tavat (32. ábra). A tó víztükre és a zagytárolót megtámasztó gát rézsútalpa között 30 m-es szintkülönbség is előfordulhat, amely hatással van a felszínalatti vizek hidrosztatikai nyomására a vörösiszap-tározók környezetében.

←

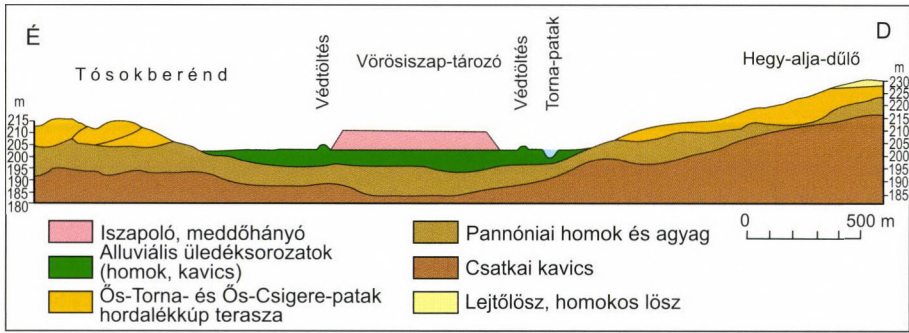
32. ábra. Az Ajkai vörösiszap-zagytárolók tágabb környezetének geomorfológiai térképe. (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 2010). – I. Komplex formák: 1 = Tetőfelszín 300–350 m a tszf; 2 = Tetőfelszín 350 m tszf-i magasság felett; 3 = Bazalt tanúhegy tetőfelszíne; 4 = Völgyközi hát; 5 = Lejtőpihenő; 6 = Köztes helyzetű glaciális hordalékkúp felszín; 7 = Alacsony helyzetű glaciális hordalékkúp felszín; 8 = Nyereg. II. Geomorfológiai szintek: 9 = 170–180 m a tszf; 10 = 180–220 m a tszf; 11 = 220–240 m a tszf; 12 = 240–270 m a tszf; 13 = 270 m tszf-i magasság felett. III. Völgyek: 14 = Eróziós völgy; 15 = Eróziós-deráziós völgy; 16 = Deráziós völgy; 17 = Deráziós fülke; 18 = Vízmosás, szurdokvölgy. IV. Lejtők: 19 = Lejtők általában; 20 = Csuszamlás-veszélyes lejtők; 21 = Meredek (35%-nál nagyobb) kő- és törmeléklejtők; 22 = Árkos erózióval veszélyeztetett lejtők. V. Vizek: 23 = Tó; 24 = Patak, belvízelvezető csatorna; 25 = Belvizes terület; 26 = Forrás. VI. Antropogén formák: 27 = Iszaptározó kazetták; 28 = Völgyzáró gát; 29 = Település; 30 = Vasútvonal; 31 = Löszmélyút; 32 = Tervezett vízepítési műtárgy, a Torna-patak átvezetésének lehetséges nyomvonala



32a. ábra. (a 32. ábra „A” jelzésű kivágata) A tervezett vízmegosztás utáni állapot (Szerk.: SCHWEITZER F. 2010). – I. Komplex formák: 1 = Lejtőpihenő; 2 = Köztes helyzetű glaciális hordalékkúp felszín; 3 = Alacsony helyzetű glaciális hordalékkúp felszín; 4 = Nyereg. II. Geomorfológiai szintek: 5 = 180–220 m a tszf; 6 = 220–240 m a tszf; 7 = 240–270 m a tszf. III. Völgyek: 8 = Eróziós völgy; 9 = Eróziós-deráziós völgy; 10 = Deráziós völgy; 11 = Deráziós fülke; 12 = Vízmosás, szurdokvölgy. IV. Lejtők: 13 = Lejtők általában. V. Vizek: 14 = Tó; 15 = Patak, belvízelvezető csatorna; 16 = Belvizes terület; 17 = Forrás. VI. Antropogén formák: 18 = A patak-elterelés lehetséges nyomvonala; 19 = A Torna-patak víztelenített medre; 20 = Település; 21 = Vasútvonala; 22 = Tervezett vízépítési műtárgy, a Torna-patak átvezetésének lehetséges nyomvonala



32b. ábra. (a 32. ábra „B” jelzésű kivágata) A tervezett vízmegosztás utáni állapot (Szerk.: SCHWEITZER F. 2010). – I. Komplex formák: 1 = Tetőfelszín 350 m tszf-i magasság felett; 2 = Tetőfelszín 300–350 m a tszf; 3 = Völgyközi hát; 4 = Lejtőpihenő; 5 = Köztes helyzetű glaciális hordalékkúp felszín; 6 = Alacsony helyzetű glaciális hordalékkúp felszín; 7 = Nyereg. II. Geomorfológiai szintek: 8 = 180–220 m a tszf; 9 = 220–240 m a tszf; 10 = 240–270 m a tszf. III. Völgyek: 11 = Eróziós völgy; 12 = Eróziós-deráziós völgy; 13 = Deráziós völgy; 14 = Deráziós fülke; 15 = Vízmosás, szurdokvölgy. IV. Lejtők: 16 = Lejtők általában. V. Vizek: 17 = Tó; 18 = Patak, belvízelvezető csatorna; 19 = Belvizes terület; 20 = Forrás. VI. Antropogén formák: 21 = A patak-elterelés lehetséges nyomvonala; 22 = A Torna-patak víztelenített medre; 23 = Iszaptározó kazetták; 24 = Település; 25 = Vasútvonala; 26 = Tervezett vízépítési műtárgy, a Torna-patak átvezetésének lehetséges nyomvonala



33. ábra. Meddőhányók, zagytározók helyzete Ajka és Tószokberénd között a Torna-patak alluviumán. (Szerk.: JUHÁSZ Á. 2003).



26. kép. Vörösiszappal szennyezett vízű védárok a X. tározó alatt. Fotó: JUHÁSZ Á. 2003.

A gátak állékonyságát a karsztforrások is kedvezőtlenül befolyásolhatják. Az 1950-es évektől mintegy négy évtizeden keresztül a Dunántúli-középhegység karsztvízszintjét a mélyművelésű szén- és bauxitbányák biztonsága érdekében lesüllyesztették. A karsztvízszint süllyedése Ajka közelében 60–80 m-t tett ki az 1990-es évek elején. Azóta az ilyen bányaművelési technikával felhagytak és a karsztvízrendszer fokozatos feltöltődése megkezdődött. A karsztvízszint emelkedésével újra feltörnek az évtizedekkel ezelőtt elapadt források. Ilyen forráskilépéseket figyelhettünk meg terepbejárásaink során a tározók közvetlen közelében, például a Csigere-patak völgyoldalában (27. kép).

Mint láthattuk, a terület felszíni és felszín alatti vizeibe jelentősen beavatkoztak az elmúlt évtizedekben, a vízrendszer sokirányú változását mint a tározók biztonságát befolyásoló tényezőt feltétlenül figyelembe kell venni.

3.3.1.2. Javaslat a terület víztelenítésére és vízrendezésére a tározók biztonsága céljából

A domborzati, földtani, talajtani és hidrogeológia adottságok nehezen változtathatók meg a tározók környezetében, ezzel szemben a víz mint az egyik



27. kép. A Csigere-patak völgyoldalában újra feltörő karsztforrás, amely 1–3 cm vastag, szivacsos szerkezetű édesvízi mészkövet rak le. Fotó: Kovács I. 2010.

legfontosabb természeti tényező szabályozható. A Torna-patak és mellékvizei jelentős tájformáló tényezők Ajka és Devecser környezetében, ami nagy hatással van a felszíni és felszínalatti vizek rendszerére is. A tározók jelenlegi és jövőbeli biztonsága érdekében a terület környezeti állapotának javítására és rendezése céljából az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet javaslatot fogalmazott meg a terület felszíni vizeinek szabályozására (SCHWEITZER F⁴, 2010). A javasolt megoldási lehetőség megvédi, illetve jelentősen csökkenti a további károktól a területet, gazdaságos és hosszú távra időt biztosít a leendő műszaki beavatkozások kidolgozásához. A Torna-patak e szakaszának az alábbiakban javasolt áthelyezése nem okoz visszafordíthatatlan változásokat, a terület rehabilitációját követően az eredeti folyásirány helyreállítható.

Ajka várostól északra, a Széles-víz és Csigere-patak völgyében – a Torna-patak pleisztocén végi medrében – a patak mai vízhozamai levezethetők egy rövid mederáthelyezési vízügyi beruházás megvalósításával. A javasolt mederátvágás helye a város belterületére esik (32. ábra). A Széles-vízen keresztül a Csigere-patak völgyén levezetett Torna-patak vize javítaná a Széki-tározó vízminőségét, növelné a víztározási lehetőségeit és alkalmas az extrém csapadékok által okozott árvizek biztonságos levezetésére is. Az egyesített Torna- és a Csigere-patak vize Somlóvásárhely és Devecser között csatlakozna vissza régi medrébe. A patak így elkerülné a vörösiszap-tározókat és kedvezőbbé tenné a vízviszonyokat gátjaik környezetében.

A vörösiszap-tározók közvetlen közelében lévő mai patak szakasz tehát megszűnne, ami a tározók biztonságára hatást gyakorló hidrológiai körülményeket javítaná. Lehetőséget adna az összes kazetta biztonságos helyreállítására, javítására, kizárítására. További előnye lenne e patakszakasz kiiktatásának, hogy az üzemi területek és a vörösiszap-tározók felől érkező szennyezett csurgalékvizeket össze lehetne gyűjteni az elhagyott mederben és megfelelő módon kezelve a vízminőséget javítani lehetne. A medreket a patak elterelése után is karban kell tartani és meg kell akadályozni azok hulladékkal való feltöltését.

A vízfolyás-szabályozás célkitűzései az ajkai vörösiszap-tározókat magába foglaló terület környezeti állapotának javítása mellett magukban foglalják az új mederbe érkező víz, jég és hordalék levezetését, a vízhasználatok biztosítását, az árvízvédelmet, vízmegosztást, az élőhelyek védelmét és megteremtését, a tájba illesztését és a patakszabályozás során felmerülő speciális helyi igényeket is.

⁴ SCHWEITZER F. az MTA elnökének kérésére részt vett a vörösiszap katasztrófa körülményeit vizsgáló tudományos tanács munkájában. Már 2010 őszén felhívta a figyelmet a Torna-patak Ajka–Devecser–Somlóvásárhely közötti szakasza szabályozásának, a terület felszíni vizei áthelyezésének, továbbá a vörösiszap-kazettákkal beépített terület víztelenítésének szükségességére.

3.3.2. Az almásfüzitői vörösiszap-tározók

Almásfüzitőn a timföldgyár közelében több mint 12 millió t vörösiszapot helyeztek el a Duna árterén, síkvidéki körgátas zagytározókban 200 ha területen, hét kazettában (34. ábra). A tározók gátjai mintegy 10 km-es szakaszon egyben a Duna árvízvédelmi töltéseit is képezik.

A tározókat a folyó jó vízvezető tulajdonságú ártéri üledékekből álló felszínén alakították ki, az I.–VI. tározók anyagát vízszigetelés kialakítása nélkül rakták le. A megfelelő műszaki védelem nélkül épült lerakókból a szennyezett vizek komolyabb akadály nélkül keverednek a talajvízzel és jutnak a Dunába.

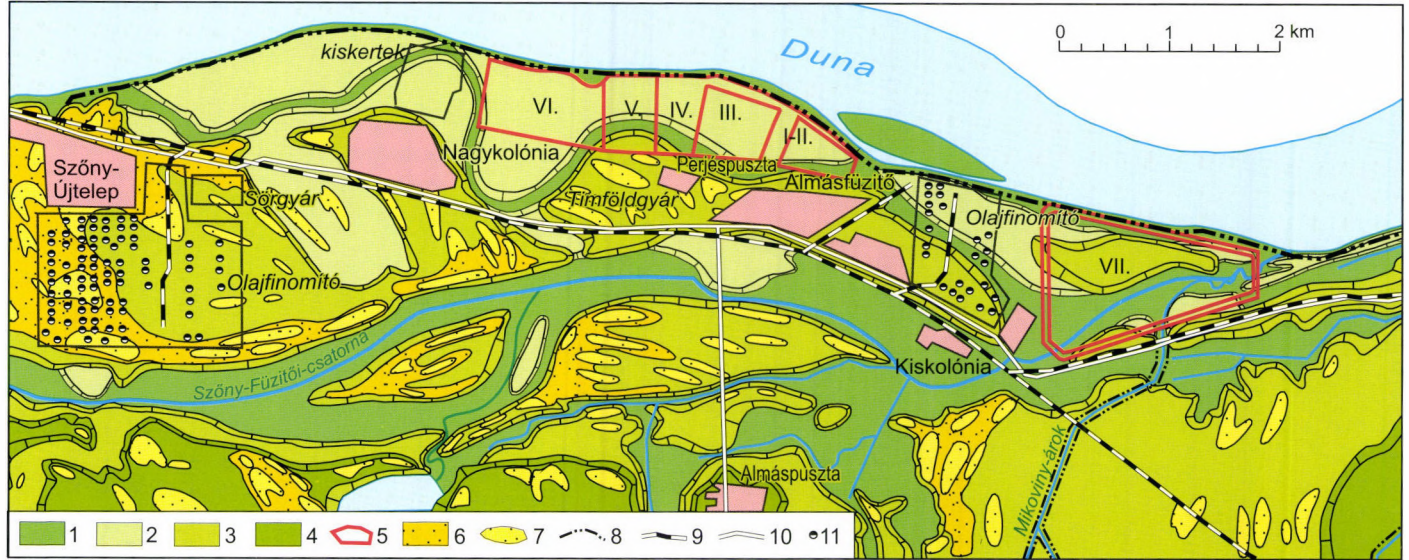
Almásfüzitő a Győr–Tatai-teraszvidék kistáj gyengén tagolt hordalék-kúp-síkságán helyezkedik el. A vörösiszap-tározók közvetlen környezetében a Duna II/b. sz. és II/a. sz. teraszát, illetve magas- és alacsonyártéri szintjeit különböztethetjük meg (34. ábra). Az utóbbihoz tartoznak a Duna vastag iszapréteggel kibélelt, elhagyott óholocén folyómedrei is. Ilyen óholocén Duna-meder húzódik a tározóktól délre, illetve a VII. sz. tározó alatt. Almásfüzitő tágabb környezetét, a Tata, Ó-Szőny és Dunaalmás által határolt területet a vízrendezési munkálatok előtt mocsarak borították, amikből csak a jelenlegi és az óholocén Duna-medrek által határolt teraszszigetek és a magasabban fekvő teraszfelszínek emelkedtek ki.

Minden tározó alatt korábban mocsaras területek, egykori vízfolyások medrei húzódnak. A VII. sz. kazetta alatt a Duna egykori feltöltődött medre van, amely ma is a talajvíz fő áramlási vonalát képezi. A tározók gátjainak különösen sérülékeny szakaszait ott találjuk, ahol azok az egykori medreket keresztezik. Több évtizedes rendszeres megfigyeléseink során gyakorta észleltünk ezeken a szakaszokon több tíz méteres csúszásokat, rogyásokat (28. kép).

Ezek a tömegmozgásos folyamatok nem fenyegettek gátszakadással, de a hasonló jelenségek folyamatos megfigyelése és az érzékeny gátszakaszok rendszeres kijavítása elengedhetetlen. A medrekhez köthető talajvízáramlást bizonyítják a zagytározók gátjainak Duna felé nyíló részein megjelenő fakadó források is (29. kép).

A VII. kazettát délről határoló csatorna vize gyakorta vöröses, kisvíz idején a Duna mederoldalában vörös színeződésű vizet adó források láthatók (30. kép). A tározóból szivárgó szennyezett felszín alatti vizek az év nagy részében a Duna felé áramlanak. Árvízkor a Szőny–Füzitői-csatorna visszaduzzad (31. kép), és a VII. sz. tározó szigetként áll ki a Dunából (32. kép).

A különböző ártéri üledékekből felépülő felszín, a tározók átázó gátjai és a felszín közeli talajvíztől és az árvizektől képlékennyé váló vörösiszap veszélyeket hordozhat magában a tározók gátjainak állékonyságára nézve. Kedvező körülmény, hogy a tározók gátjainak magassága lényegesen alacsonyabb az ajkaiaknál, itt csupán 10–15 m. A vörösiszap is elvesztette nedveségtartalmának nagy részét a több évtizedes tárolás során.



34. ábra. Az almásfűzitői vörösiszap-tározók környezetének geomorfológiai térképe (Szerk.: VICZIÁN I. 2004). – 1 = Alacsonyártér; 2 = Magasártér; 3 = II/a. terasz; 4 = II/b. terasz; 5 = Vörösiszap-zagytározó; 6 = Futóhomokkal megemelt felszín; 7 = Futóhomok formák; 8 = Árvízvédelmi töltés; 9 = Vasút; 10 = Közút; 11 = Olajtartály



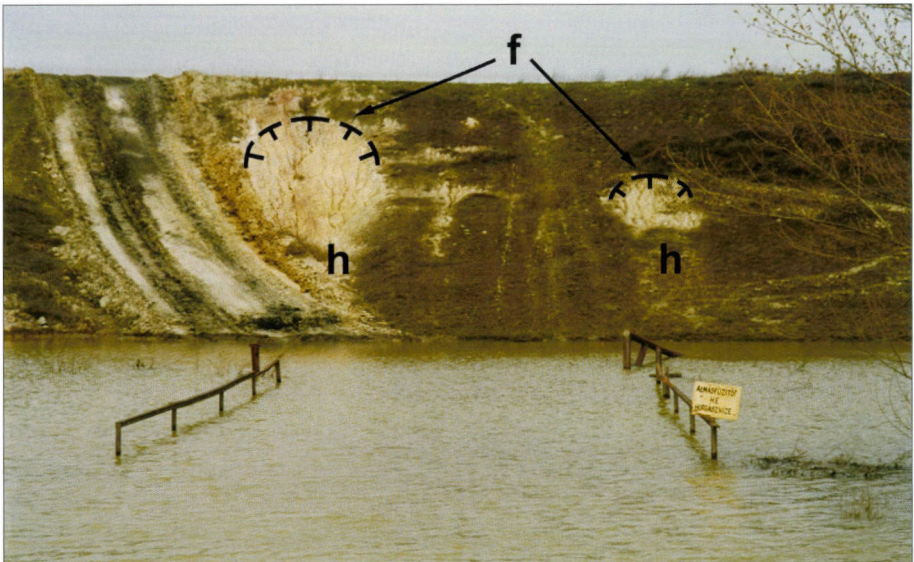
28. kép. Szakadáskaréj és csuszamláshalmaz az almásfüzitői VII. sz. vörösiszap-tározó gátján. Fotó: VICZIÁN I. 2000.



29. kép. Az almásfüzitői VII. sz. kazetta gátjának részűjén fakadó forrás. Fotó: SCHWEITZER F. 2000.



30. kép. A Duna meder oldalában fakadó vörösiszapos források, az almásfüzitői VII. sz. kazettától északra, téli kisvíz idején. – f = vörösiszapos szivárgó vizek. Fotó: Viczián I. 2005.



31. kép. A VII. sz. kazetta déli irányból. Árvizek idején a Szőny–Füzitői-csatorna vize visszaduzzad, és a tározó szigetként emelkedik ki a Dunából. A tározó oldalán csuszamlások szakadásfrontjai (f), csuszamlások halmai (h) és eróziós árkok alakulnak ki. Fotó: VICZIÁN I. 2006.



32. kép. A VII. sz. kazetta kelet felől a 2006. márciusi árvíz idején, amikor majdnem teljesen körbevette a víz. Fotó: VICZIÁN I. 2006.

A Komárom–Móri övezet Magyarország leginkább földrengésveszélyes területe. Az övezet egyik központjának számító Komáromban számos pusztító földrengést jegyeztek fel a történeti források. A VII. sz. vörösiszap-zagytározó közepén az egykori római segédcsapati tábor, *Azaum* területén, a *castellum* helyén épült középkori templomot az 1763. június 28-i földrengés annyira tönkretette, hogy azt már nem építették újjá, hanem lebontották.

Az I–VI. sz. kazetták ma már nagyrészt fedettek. A VII. sz. kazetta 60%-a még fedetlen, kiszáradt felszínéről a szél kifújhatja a vörösiszap porszerű anyagát. (33. kép). Ennek rekultiválása folyamatban van. Itt a lefedés a különböző veszélyes hulladékok és maradványaik és mocsártalaj keverékével történik.

A tározókban a vörösiszapon kívül sok ezer tonna más veszélyes hulladékot helyeztek el, illetve építettek be gátjaikba azok kialakítása, magasítása során. Pl.: salakpernye, kőolajszármazékok, ipari szennyvizek és iszapok, bórgyári cserzőanyagok, különböző vegyszerek, kommunális szemét, pernye, galvániszap és egyéb különböző veszélyes hulladékok és maradványaik (Észak-dunántúli Környezetvédelmi Főfelügyelőség). A hulladékok keverése növeli, és kiszámíthatatlanná teszi a hulladéklerakó szennyező hatását és megnehezíti a vörösiszap esetleges későbbi ipari nyersanyagként való hasznosítását.

Az emberi hanyagság vagy természeti katasztrófa (földrengés, pusztító árvíz) komoly környezeti katasztrófához vezetne. Egy nagyobb baleseti esemény során a folyóba jutó vörösiszappal szennyezett vizek jelentős pusztítást



33. kép. Almásfüzitő Nagykolónia és a nem megfelelően rekultivált I–VI. sz. vörösiszap-tározók sorozatának részlete. A szél szabadon viheti a vörösiszapos port a településre.

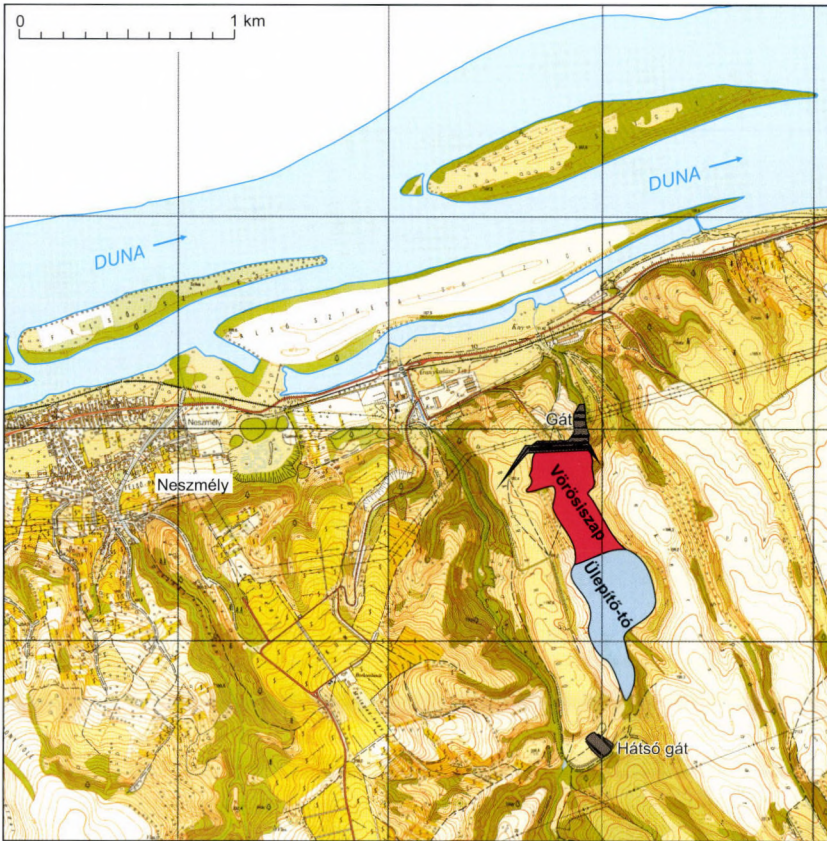
Fotó: SCHWEITZER F. 2000.

okozhatnak a folyó élővilágában, és a nagy távolságra eljutó lebegőanyagok a folyóparti települések ivóvízbázisát is elszennyezhetik.

3.3.3. A neszmélyi vörösiszap-tározók

Almásfüzitőtől 5 km-re keletre a *Neszmély* és *Süttő* között fekvő Kántorkerti-patak völgyében épített völgyzárógát mögött 1986 és 1997 között 5 millió tonna vörösiszapot halmoztak fel 33 ha területen (35. ábra, 34., 35. kép). A tározó gátjának koronaszintje 1986-ban 170 m volt a tszf., amit 1990-ben 10 m-rel emeltek meg. A gát 54 m magas, 600 m-re fekszik a Dunától. A meredek lefutású völgy az Alsó-szigettől délre futó – ma már gáttal elrekesztett – Duna-holtágba torkollik.

A vörösiszapot hidraulikus úton szállították az almásfüzitői timföldgyárból a 12 km-re fekvő zagytározóba. A gát mögötti tározótér nincs az eredetileg tervezett szintig feltöltve. A vörösiszap víztartalma még jelentős, a tározó mögött kialakított ülepítő tó nagy mennyiségű, lúgos vizet tartalmaz. A tározó megépítése előtt a Kántorkerti-völgyben folyó Telekesi-vízfolyás vizét a patak felső szakaszán megépített gáttal a szomszédos Páphegyaljai-vízfolyás (vagy Téglagyári-patak) völgyébe vezették. A Téglagyári-patak, amely természetes körülmények között időszakos vízfolyás volt, állandó vízfolyássá vált. A Kántorkerti-völgyben folyó patak vízgyűjtőterülete a gát megépítését



35. ábra. A neszmélyi vörösiszap zagytározók a Kántorkerti-völgyben. A piros szín a vörösiszap-tározót, a kék az üleptető tavat jelzi. (Szerk: MÉLYÉPTERV Kultúrmérnöki Kft. kéziratos térképe térképe ny. sz. 98-3252)

követően erősen lecsökkent, így az csak kevés vizet vezet a zagytérre. A gát építésekor a tározótér területén a talajt 1–3 m vastagságban eltávolították és a völgyfeneket szivárgást gátló agyagpaplannal fedték be (VERECZKEI Zs. 1991). E munkálatok idején a völgy irányára merőlegesen kialakult egykori csúszások nyomait figyelhettük meg a deráziós völgyekben (36. ábra).

A tározó alatt lévő jó vízvezető képességű rétegek vízzáró rétegekkel váltakoznak. A vörösiszap-tározók környezetében két fő rétegvíz-áramlási szint található. A felszín alatti vizek áramlásának e két egymással kapcsolatban álló rétege egyrészt a szomszédos völgyek másrészt a Duna alacsony teraszai felé szállítja a tározóból kikerülő szennyezett vizet, ahol az a talajvízzel keveredve a folyó felé áramlik. A tározókból elszivárgó víz mennyiségét 1986 és 1999 közötti időszakban 832 ezer m³-re becsülik (VERECZKEI Zs. 1991).



34. kép. A neszmélyi vörösiszap-tározó, háttérben az ülepítőt a völgyzáró gátról fényképezve. Bal oldalon a csuszamlásveszélyes völgyoldal, amelyet később lépcsőzetesre alakítottak ki. Fotó: SCHWEITZER F. 2000.

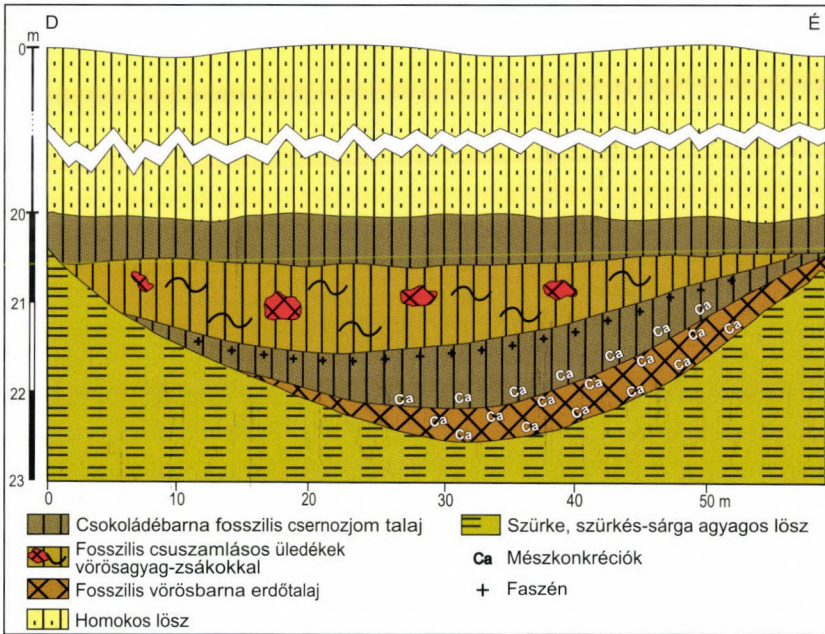


35. kép. A neszmélyi vörösiszap-tározó, háttérben a Duna. Fotó: VICZIÁN I. 2006.

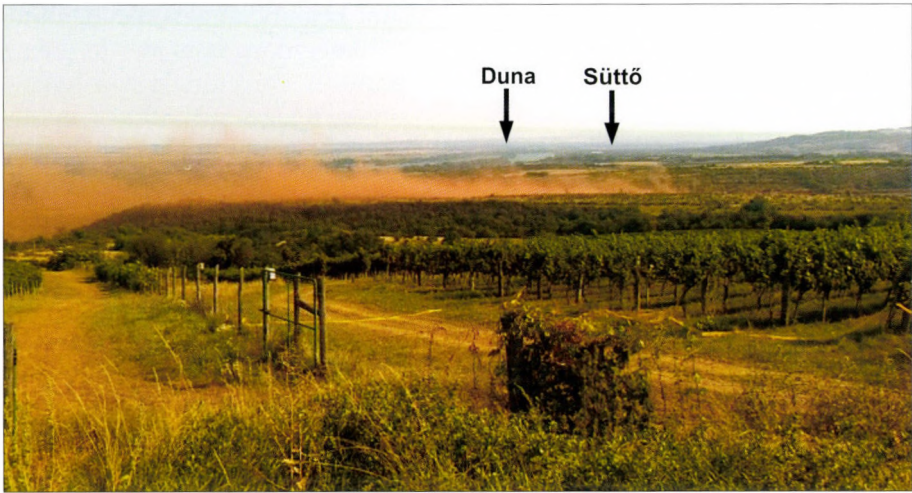
A Gerecse peremi teraszvidék arculatát különböző genetikájú, tömegmozgásos folyamatok teszik változatossá. A tömegmozgással járó felszínformálódás különösen a pleisztocén során volt aktív, de jelenleg is folyik. Az eltérő vízgazdálkodású agyagos, homokos pannon rétegek egymásra települése kedvező feltételeket biztosít a tömegmozgásos folyamatok létrejöttéhez. Az agyagos rétegek a felületükön áramló rétegvizek hatására átáznak, képlékennyé válnak és a rajtuk lévő rétegek súlya alatt csúszópályák alakulhatnak ki bennük veszélyeztetve a tározók stabilitását. Ilyen folyamatok alakulhatnak ki a tározók oldalában elhelyezkedő csuszamlásveszélyes lejtőkön is (36. ábra, 36. kép).

A magas víztartalmú vörösiszapból a tározókat körbevevő üledékekben elszivárgó vizek átztatják az agyagos rétegeket. A megnövekedett mennyiségű és folyamatosan jelenlévő vizek az időszakosan nyugalomban lévő csuszamlások újbóli feléledését eredményezhetik.

A tározó környékéről származó, főként lösz és löszszerű üledékekből épített gát felülete erősen erózió-érzékeny, oldalán több eróziós árkot és rogyásokat lehet megfigyelni. 1994-ben a gát mentett Duna felőli oldalán az 1991-ben épített második szinten 350–400 m hosszban, 20 m szélességben szakaszosan omlás és omlásos csuszamlás volt látható. A megmozdult föld térfogata kb. 4000–6000 m³



36. ábra. A neszmélyi vörösiszap-zagyártározó alatti terület a tározó kialakításának idején felvett Kántorkerti-völgy szelvénye a nyugati völgyoldalon, a gáttól kb. 400 m-re. A völgy futására merőleges egykori csuszamlások és szárazvölgyek nyomai rajzolódnak ki, amelyek magukban hordozzák a csuszamlásos folyamatokat (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1985)



36. kép. A neszmélyi vörösiszap-tározók fedetlen felszínéről felszálló por 2011. szeptember 18-án. Fotó: ZWARGER N.

volt. A gátak teherbíró képességének növelése és felszín lepusztulási ütemének csökkentése érdekében a gátat lépcsőzetesre alakították át.

Neszmély környéke közismerten földrengésveszélyes terület, történelmi feljegyzések több száz házat leromboló pusztításokról számolnak be erről a területről. 1815-ben a szomszédos Dunaalmás házait rombolta le egy nagy erejű földrengés és a neszmélyi Vár-hegyen lévő vár is elpusztult. Egy földrengés esetén a tározó gátja és a hozzá tartozó műtárgyak is károsodnának. A tározó gátján és a meredek lejtős völgy oldalán csuszamlások alakulnának ki. Szerencsétlen esetben a sérült gátszakaszokon áttörve sok százezer m³ erősen lúgos víz és a képlékeny-folyós vörösiszap zúdulna a Dunába.

A tározók felszíne fedetlen, így a szél a kiszáradó felületekről a szennyeződéseket nagy távolságra viheti. A tározó felszíne az év nagy részében nedves, ezen időszak alatt a tározó környezetét nem éri a határérték feletti porterhelés. A nyári hónapokban az iszaptér felszíne kiszárad, ilyenkor a szélerózió munkája révén alkalmanként nagy porterhelés éri a kazetta környezetét, főként Süttő és Neszmély területét (36. kép). Jelenleg nem tesznek semmit a por terjedése ellen. A tározók lefedése és gátjaik állapotának folyamatos ellenőrzése, karbantartása, és talajvíz-szennyeződést vizsgáló monitoring rendszer működtetése szükséges.

3.3.4. A mosonmagyaróvári vörösiszap-tározók

Hazánkban elsőként 1934-ben, *Magyaróváron* építettek timföldgyárat. A gyár szomszédtságában, attól északnyugatra összesen 8,75 millió tonna vörösisza-

pot helyeztek el 6 tározóban, 73 ha területen (37. *ábra*). 1934 és az 1960-as évek között a timföldgyár területén kialakított, I. sz. tározóban rakták le a vörösiszapot.

Ebben az időben még nem hidraulikus módon szállították ki az anyagot. A kazetta kialakításánál fenékszigetelést nem alkalmaztak, úgy ahogy a később épült II. és III. sz. tározóknál sem. A fennmaradt dokumentumok szerint ezekben a kazettákban igen jelentős volt a tározók fenekén elszivárgó, vörösiszappal szennyezett víz mennyisége. A II. és III. tározók építésénél felhasználták a gyárban alkalmazott széntüzelés során keletkezett salakot és pernyét is. Ennek mennyisége a vörösiszaphoz képest elenyésző, de mint másodlagos szennyezőforrást figyelembe kell venni.

A IV. sz. tározó üzemeltetését 1986-ban kezdték meg. A tározó gátjainak és aljzatának kialakítását tömörített agyag felhasználásával végezték el és a meglévő monitoring-rendszert további talajvízfigyelő kutakkal egészítették ki.

A III. és a IV. sz. tározó közötti területen kialakított V/1. sz. tározó üzemeltetése 2000-ben indult meg. Az akkor hatályos veszélyes hulladékokra vonatkozó 102/1996 (VII. 12.) kormányrendeletnek megfelelően a fokozottan veszélyes kategóriába eső vörösiszapot megfelelő aljzatszigeteléssel látták el. Mivel az altalaj, a tározók alatti üledékek nem rendelkeztek megfelelő szigetelőképesseggel és vastagsággal, így megfelelő műszaki védelem is kialakításra került (CONSOLID ásványi szigetelőrendszer, HDPE fólia, a HDPE fólia megfelelőségét vizsgáló geofizikai érzékelő rendszer). Az aljzatszigeteléssel és szivárgóval ellátott tározók esetében az ülepedés során keletkező szivárgó vizeket a kazetták körül kialakított burkolt árokban vezették és vezetik vissza a gyár területére (SULYOK Z. 2002).

A kiszáradó tározó vörösiszap kiporzásának megakadályozására az 1990-es években a már nem üzemelő tározóttereket lefedték. Jelenleg csak a III/b és az V/1 jelű kazetták vannak használatban.

A tározók a Mosoni-síkság magasártéri helyzetű hordalékkúp síkságán helyezkednek el, alattuk mintegy kb. 250 m vastagságú, jó vízvezető tulajdonságú ivóvízbázist jelentő folyóvízi üledékösszlet található. A terület vízföldrajzi viszonyait és a felszín alatti vizek áramlását a Szigetköz alacsonyártéri helyzetű hordalékkúp síksága, árvízveszélyes, mély fekvésű területei, továbbá a Mosoni-Duna, illetve a Lajta határozzák meg (38. *ábra*).

A mosonmagyaróvári tározók környezeti vizsgálata során kiemelt szerepet kell kapnia a speciális geomorfológiai térképezési módszereknek. Az ilyen kutatásoknak komoly előzményei vannak már. A Szigetköz homokos kavicsból épült hordalékkúp felszínein a domborzati formák és azokon kialakult ártéri talajtípusok térképezése során morfometriai alapon határozható meg, hogy egy esetleges extrém időjárási esemény, vagy műszaki baleseti kibocsátás következtében mekkora felszínek termőhelyek károsodhatnak a mosonmagyaróvári vörösiszap-tározók tágabb környezetében. Olyan további adatokat kell gyűjteni



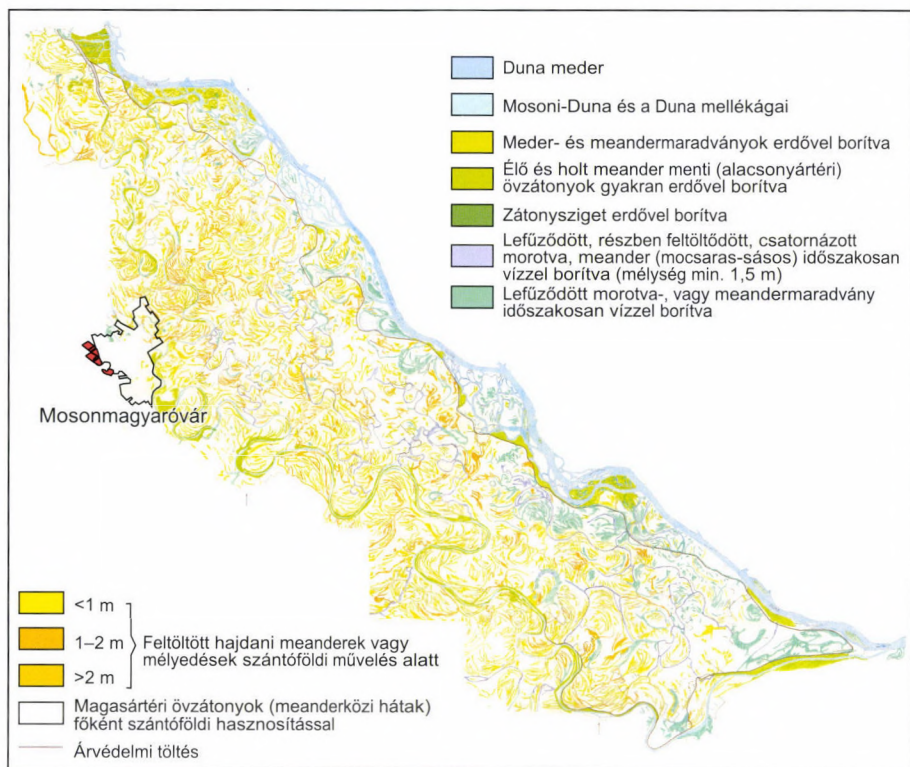
37. ábra. A mosonmagyaróvári vörösiszap-tározók elhelyezkedése a várostól nyugatra.
(Szerk.: SZEBERÉNYI J. 2010).

a kisformák anyagának vízgazdálkodási tulajdonságairól, amelyek a változatos, bonyolult térbeli szerkezetben megjelenő geomorfológiai fáciesek mindegyikét – a lehetőségek szerint – domborzattípusonként vizsgálja.

A hagyományos geomorfológiai térképezést ezen a területen megnehezíti, hogy a hordalékkúpon magas- és alacsonyártér alig különíthető el. A jellemzően árvízmentes magasártereknek csupán a településeket hordozó, magasított hordalékfelszínek tekinthetők, de a katasztrófális árvizek idején e területek közülük is sok víz alá került.

A dunai vízierőmű és a dunacsúni (Čunovo) létesítmény megépítésével a Szigetköz területén számottevő környezetátalakulás zajlik. Az Öreg-Dunában bekövetkezett vízszintváltozás átalakítja a Szigetköz talajvíz áramlási viszonyait. A természetes uralkodó áramlási irány a főmedertől a Mosoni-Duna felé tart, az Öreg-Duna átlagos vízszintsüllyedésének hatására azonban talajvízmozgás iránya megváltozhat.

A vörösiszap-tározók környezetében felszín közeli holocén homok- és kavicsrétegek és az alattuk közvetlenül megtalálható pleisztocén kavicsréteg



38. ábra. A mosonmagyaróvári vörösiszap-tározók helyzete és a Szigetköz geomorfológiai térképe. (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1983)

között folyamatos vízzáró réteg nincs. Ezért a holocén rétegben lévő talajvíz és a pleisztocén rétegben lévő rétegvíz jó közelítéssel összefüggőnek tekinthető, amely körülménynek a vízminőség védelem vonatkozásában fokozott jelentőséget kell kapnia. A holocén és pleisztocén kori kavicsréteg összetételének vastagságára vonatkozóan a mosonmagyaróvári és lipóti mélyfúrások szolgálnak bizonyosággal, ez az előző esetében 246,5 m, Lipóton 410,5 m, majd kelet felé újból elvékonyodik. A pleisztocén kori kavicsrétegben tárolt, rétegvíznek tekinthető édesvízkészletet 5,5 km³-re becsülik, amely hazánk igen jelentős természeti erőforrásainak egyike. Ugyancsak jelentős védendő természeti erőforrás a mosonmagyaróvári mélyfúrású hévízkút, amely 1300 l/perc vízhozammal 76 °C-os melegvizet szolgáltat.

A vörösiszap-tározók környezetében talajvédelmi monitoring-rendszer és talajvíz-monitoring rendszer működik. A vizsgált területen a határértékekhez viszonyítva talajszennyezés nem tapasztalható. A vörösiszap-tározók szennyező hatása leginkább a felszín alatti vizekben mutatható ki elsősorban

a Bayer-eljárás során használt nátronlúg okozta pH-emelkedés formájában (SULYOK Z. 2002).

A vörösiszap veszélyes hulladék, biztonságos kezeléséhez, tárolásához speciális feltételeknek kell teljesülni. Az ajkai katasztrófa megmutatta, hogy a geomorfológiai, földtani, talajtani, vízföldrajzi és éghajlattani tényezőknek milyen alapvető fontossága van a mérnöki létesítmények biztonságára nézve.

A többi hazai vörösiszap-tároló is környezeti szempontból érzékeny területen létesült. Az ajkaihoz hasonló katasztrófális balesetek elkerülése érdekében fontos lenne a földrajzi adottságok és a változó természeti folyamatok pontosabb megismerésére és nyomon követésére. A hazai hulladéktárolók, ipari létesítmények komplex szemléletű mérnök- és környezetgeomorfológiai értékelése feltárhatja a lehetséges veszélyforrásokat és meghatározhatja, hogy hol lehet szükség megelőző vagy pótlólagos mérnöki beavatkozásokra.

4. FELSZÍNMOZGÁSOS FOLYAMATOK A DUNA GÖNYŰ–MOHÁCS KÖZÖTTI MAGASPARTI SZAKASZAIN

Az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetben (FKI) az alapítástól kezdve széleskörű kutatások folytak a felszínmozgásos területek vizsgálata és mérnökgeomorfológiai térképezése céljából (PÉCSI M. 1959; PÉCSI M.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1976; ÁDÁM L.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F.–SZILÁRD J. 1976; SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1984; SCHWEITZER F. 1989, 1999, 2001; BALOGH J. 1989; SCHEUER GY. 1993). A felszínmozgásokkal foglalkozó kutatások fontos tényezője a magaspartok állékonyságának vizsgálata (FODOR T.–NÉ–HORVÁTH ZS.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1981, 1983).

A tematikus geomorfológiai térképezéseket és a magaspartok földtani, litosztratigráfiai, kronológiai és tömegmozgásos folyamatainak kutatását az 1964-es nagy dunaujvárosi földcsuszamlás okozta események gyorsították fel.

Napjainkban a partvédelem szükségességét mutatják azok a tömegmozgásos folyamatok, amelyek Dunaújvárosban és tágabb környezetében (Kulcson, Rácalmás, Dunaszekcsőn) az elmúlt években aktivizálódtak. 2004-ben a Belügyminisztérium úgy döntött, hogy a Duna-mentén és Balaton környékén az omlásveszélyes magaspartokkal rendelkező települések értékeinek védelme érdekében egy komplex, hosszú távú beavatkozási program alapján kezdi meg a tömegmozgásokkal veszélyeztetett magaspartok védelmét.

A fenti feltételek biztosítása és a feladatok megvalósítása érdekében az MTA FKI a gyakorlati szempontok elvárásainak figyelembe vételével kutatási téma szintjére emelte a dunai magaspartok tömegmozgásos folyamatainak vizsgálatát.

Ebben az FKI partnere volt számos egyetem (Budapesti Műszaki Egyetem, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi Tanszéke, a pécsi Janus Pannonius Tudományegyetem Földrajzi Intézete és a Miskolci Egyetem Földrajzi Intézete), a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI), valamint a Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat (FTV) is. Elkészült a Duna csuszamlásveszélyes magaspartjainak településkörnyezeti hatásvizsgálata (KLEB B.–SCHWEITZER F. 2001).

2004-től az ország számos településének környezetében új lehetőségek nyíltak a mozgásveszélyes partfalak rehabilitációjára is. A II. Nemzeti Fejlesztési Terv határozatai alapján pályázati elbírálások során európai uniós forrásokhoz juthattak az önkormányzatok.

A földtudományokkal foglalkozó szakemberek feladata, hogy olyan tájba illeszkedő és a geomorfológiai adottságokat figyelembe vevő tervek valósuljanak meg műszakilag viszonylag jól kezelhető módszerek alkalmazásával, amelyek során a katasztrófák megelőzésével életeket és milliárdos értékeket lehet megvédeni.

4.1. A dunai magaspart kialakulása

A magyarországi felső-dunai magaspart szakasz mai geomorfológiai arculatának kialakításában, a különböző korú dunai üledékek elterjedésében, magassági viszonyaikban és a felső pannóniai felszín mélységi elhelyezkedésében a fiatalkorú (felső pleisztocén–holocén) mozgásoknak jelentős szerepük volt.

Az alföldi dunai magaspart litológiai felépítését tekintve laza üledéksorozatok együtteséből áll. Alapzatát felsőpannóniai homok és vörösgyag képződmények építik fel, amelyekre 40–50 m vastag negyedidőszaki, paleotalajokkal osztott lösz és löszszerű üledéksorozatok, illetve lejtőüledékek következnek. Jelentős szerepük van a felszín litológiai felépítésében a folyóvízi üledéksorozatoknak is. A Duna-völgy keresztmetszetében 5–15 m vastag kavics-, homok-, iszap- és agyagképződmények a fő domborzatalkotó kőzetek.

A mai morfológiai arculat kialakulása a holocén felszínformálódás eredménye. A nedves klímaperiódusokban a Duna oldalazó eróziója, valamint a partomlások és csuszamlások voltak a főbb térszínalakító tényezők, míg a szárazabb időszakokban a platókon és magasártereken elsősorban futóhomok képződés volt a jellemző.

A Duna-völgy természetes fejlődése az ármentesítéssel és a folyósza-bályozással új fejlődési irányt vett. A települések, az ipari létesítmények, az utak-vasutak védelmét szolgáló partvédelmi művek és gátak bizonyos mértékig leszűkítették a folyó hatásövezetét. A Duna elsősorban mindenkori víz-állásával és árhullámaival összefüggő talajvízszint-változásokkal határozza meg a magaspart dinamikus fejlődését.

4.2. A klíma hatása a magaspartok fejlődésére

A csapadék mennyisége, tér- és időbeli eloszlása a domborzat állapotváltozásának fő tényezői és okai, amelyek gyorsíthatják vagy lassíthatják a tömegmozgások folyamatokat. Különösen érvényes ez a laza üledékből épült folyóvízi erózióval formált magaspartok esetében. A csapadék éves átlaga a magaspartok környezetében uralkodóan 550–600 mm között ingadozik, tehát az ország más felszínmozgásos területeihez viszonyítva kevesebb csapadékban részesül és egyenetlen területi eloszlású. Az éves átlagot jóval meghaladó 3–4 éves csapadékos ciklusok így meghatározó jelentőségűek a csuszamlások kialakulásában.

A csapadékösszegek éves, az átlagtól való eltéréseit a középhegységi csapadékadottságokat tükröző esztergomi mérésorozat, valamint a leghosszabb idősort képviselő budapesti és a kontinentális határokat mutató dunaföldvári, paksi állomások elemzése alapján ismertetjük. A nagy intenzitású szezonális, illetve kiugróan magas havi csapadékesemények kiemelten

fontosak a magaspartok fejlődésében. A Duna árvizei által visszaduzzasztott talajvizek és a Duna partalámosásos eróziója jelentős mértékben hozzájárultak a csuszamlások kialakulásához.

4.3. Litológiai felépítés és hidrogeológiai sajátosságok

A Duna menti magaspartokat földtani (EGRI GY.–PÁRDÁNYI J. 1968), vízföldtani (KÉZDI A. 1978; SCHEUER GY. 1979) és geomorfológiai (PÉCSI M.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1976) felépítésük alapján csoportosítottuk.

Azok a magaspartok, amelyek teljes szelvényét negyedidőszaki – főként löszös – képződmények építik fel, elsősorban nem csuszamlás-, hanem omlásveszélyesek. Idesoroljuk azokat a magaspart szakaszokat is, ahol a vizsgálatok eredményei szerint egyes helyeken a Duna szintje alatt 30–35 m mélységig még szintén pleisztocén rétegek települtek a felsőpannóniai alapzatra. Ilyen esetekben a negyedidőszaki üledékek össz-vastagsága meghaladhatja a 80 m-t is, ezek löszfeltárások az utolsó 1–1,5 millió év jégkorszaki éghajlatváltozásainak a képeskönyve (37. kép).



37. kép. A paksi lösz partfal magassága a 6. sz. főút felett több mint 50 m. A képen vörös és barna színnel jelzett rétegek fosszilis talajok a meleg csapadékos időszak alatt képződtek, a sárga színű rétegek löszüledékek, amelyek hideg száraz éghajlati szakaszokat jelölnek.

Fotó: SCHWEITZER F. 1971.

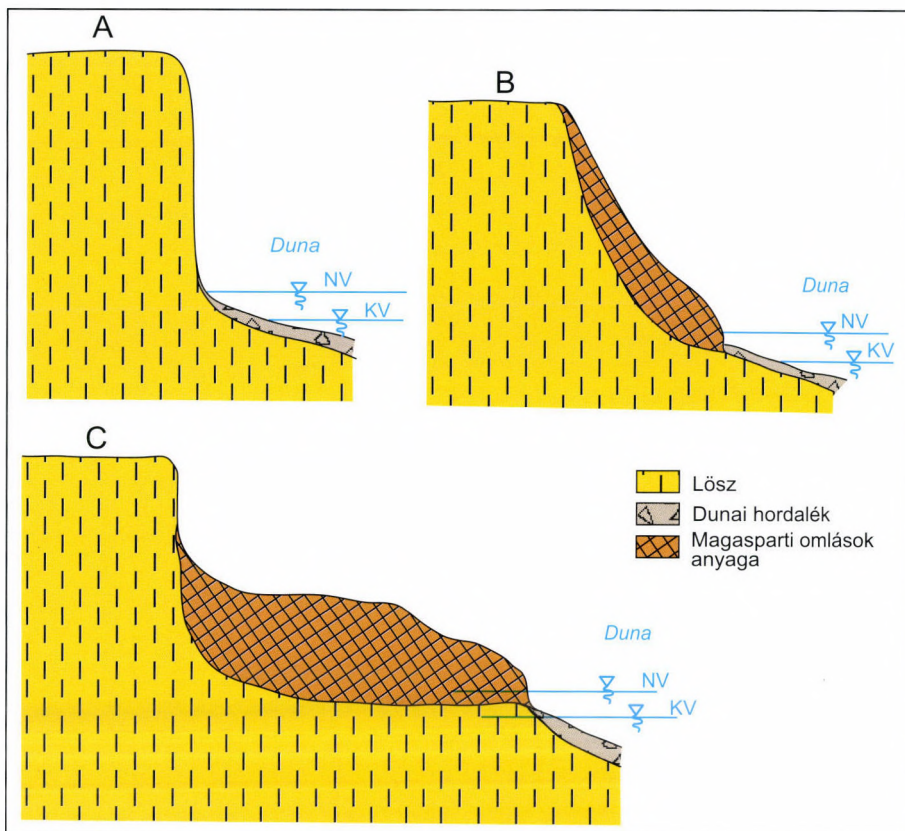
A fúrások alapján ilyen felépítésű rövid magaspart szakaszok pl. a dunaszekcsői Vár-hegynél, Pakshoz tartozó Dunakömlődnél és a dunaföldvári Alsó-Öreghegynél vannak. Az előbbtől eltérően vannak olyan szakaszok is, amelyek *teljes egészükben felsőpannóniai* rétegösszletből állnak. Ezt a típust képviseli többek között az érdi magaspart is, amelynek 40 m hosszú, meredek lejtője eléggé állékony, rajta csak kisebb tömegmozgások észlelhetők. A nagyobb földcsuszamlások azokon a magaspart szakaszokon a leggyakoribbak, ahol a szelvények földtani felépítésében a *felsőpannóniai* és *negyedidőszaki* rétegek egyaránt részt vesznek. Ilyen partszakaszok Kulcsnál, Rácalmásnál és Dunaújvárosnál ismeretesek. E típus fő meghatározója, hogy a felsőpannóniai rétegek a Duna középvízi szintje fölött is kibukkannak. A csuszamlások nyíródási felszíne azonban a Duna középvízi szintjénél mélyebb rétegben is létrejöhet. A földcsuszamlások keletkezési helye gyakran összefüggésben áll a felsőpannóniai felszín *tektonikus*, illetve *eróziós folyamatok* általi *differenciált-ságával*. Ez kisebb „horsz-” és „völgyrendszerben”, illetve lépcsős törésekben nyilvánul meg. Ezt a folyamatot a geológiai és geomorfológiai viszonyok és a Duna vízállása együttesen határoznak meg.

A Duna a térség fő erózióbázisa, így ennek szerepe az eróziós tevékenység és vízszintingadozás révén is jelentős. Az eróziós tevékenység alapján KARÁCSONYI S. és SCHEUER GY. (1972) három fő parttípust különítettek el (39. ábra):

– „A” típus: A magaspartok első vízföldtani típusát a *közvetlenül erodálódó mozgásveszélyes magaspartok* képviselik. A csuszamlást okozó, képlékennyé váló agyagos üledéksorozatok átnedvesedéséért a Duna 8–10 m-es vízszintingadozása, árvíz alkalmával réteg- és talajvíz visszaduzzasztó hatása, hosszú idejű tartós árhullámok, valamint a pannóniai agyag- és homokrétegekből kilépő rétegvizek felelnek.

– „B” típus: *Előtérrel, folyóvízi üledékkel védett mozgásmentes partok*. Az olyan magaspart szakaszokon, ahol a Duna oldalazó eróziója elhordja a lejtőlábi omladékot, a forrásvizek szabadon távoznak és nem nedvesítik át a magaspart löszös üledékeit. A természetes támaszték a partfal időleges stabilitását hosszabb ideig fenntartja. Ezek védett, gyakorlatilag mozgásmentes partszakaszok. A legtöbb dunai magaspart szakasznál a nagyobb csuszamlásos üledéktől mentes partfal tövében források és hosszú szakaszokban a szivárgó vizek általában 90–104 m-rel a tszf. fakadnak.

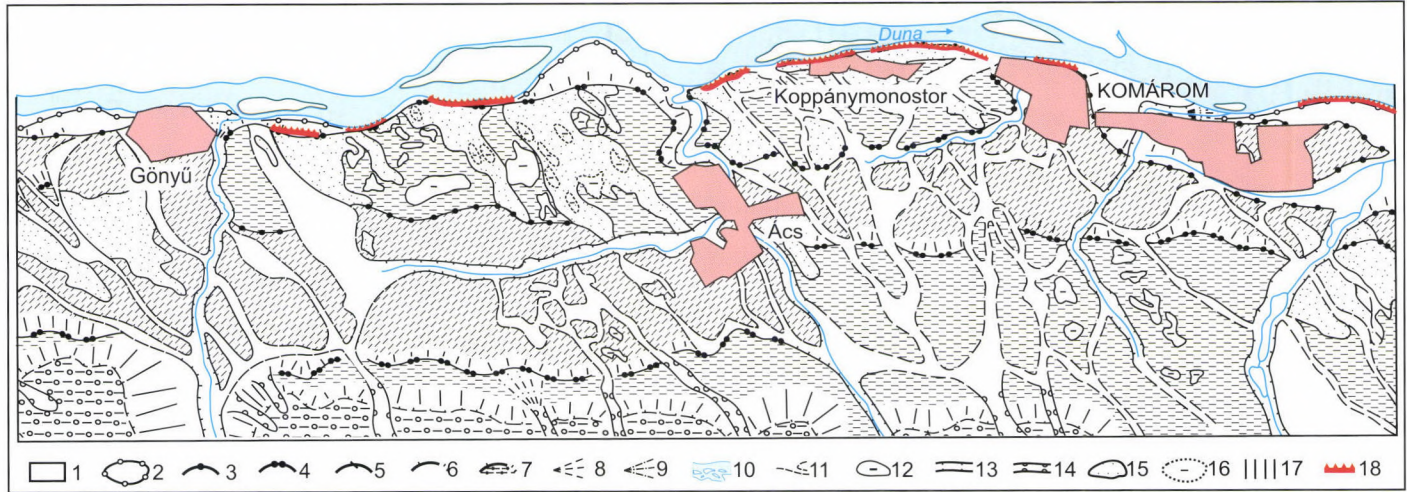
– „C” típus: *Előtérrel és csuszamlásos üledékekkel rendelkező partok*. Máshol, a Duna-meder és a magaspart közötti széles sávban csuszamlásos földhalmaz fordul elő. Ez ugyan hosszabb időre védelmet nyújt a Duna oldalazó eróziója ellen és a földhalmaz mint ellensúly támasztja a magaspartot, azonban a magaspartból kilépő forrásvizeket fel is duzzasztja, ezáltal gátolja és döntően befolyásolja a források, szivárgó vizek szabad felszínre lépését. A magaspart előtti földhalmazokban is megnövekszik a víz nyomása, emiatt a víz a felette lévő löszös réteget is átnedvesíti.



39. ábra. A Duna eróziós tevékenysége és vízszíntingadozása alapján elkülöníthető három fő parttípus (Szerk.: KARÁCSONYI S.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1972). A = Közvetlenül erodálódó mozgásveszélyes magaspart; B = Előtérrel, folyóvízi üledékekkel védett mozgásmentes part; C = Előtérrel és csuszamlásos üledékekkel rendelkező part; NV = Nagyvíz; KV = Kisvíz

4.4. A Duna magasparti szakaszai

A következőkben az eltérő domborzati adottságú magaspartok főbb tömegmozgásos folyamatait és formáit mutatjuk be. Legidősebbek a fosszilis csuszamlások és suvadások. Jelenkoriak a recens csuszamlásveszélyes és időlegesen nyugalomban levő lejtők valamint az aktív csuszamlások. A magaspartok pusztításában jelentős szerepük van a partomlásoknak és rogyásoknak, továbbá a féktelen árkos és felületi erózióknak. Hegységi területeken pedig a kőfolyás és a törmelékmozgás okoz jelentős károkat.

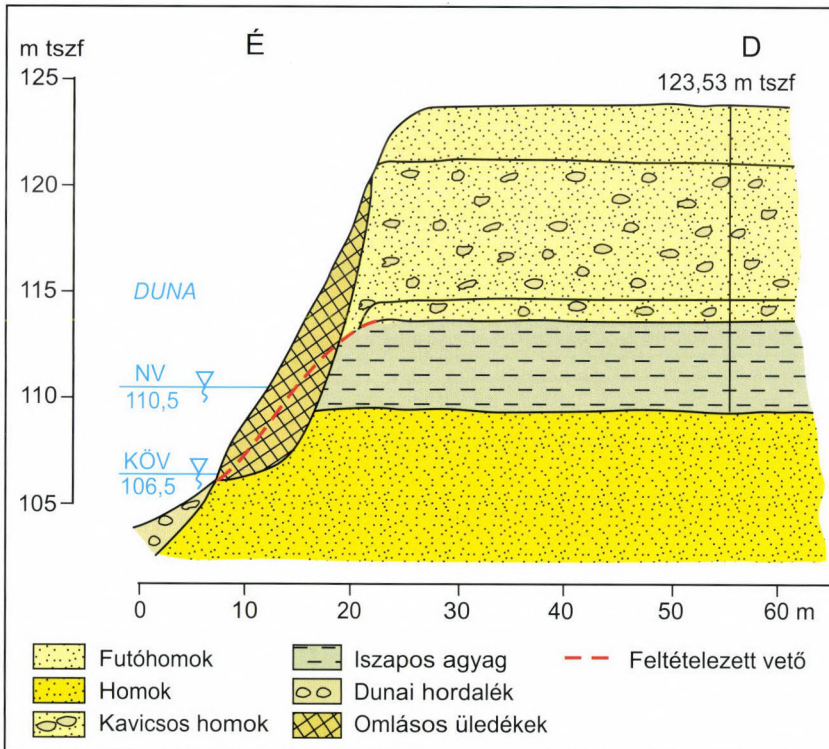


40. ábra. A Gönyű és Komárom közötti terület geomorfológiai térképe és a mozgásveszélyes partfalak helyei (Szerk.: PÉCSI M.–SCHWEITZER F. 1983). – 1 = Alacsonyártér; 2 = Magasártér; 3 = II/a. terasz; 4 = II/b. terasz; 5 = III. terasz; 6 = IV. terasz; 7 = Hordalékkúp terasz; 8 = Medencetalpi törmelékkúp; 9 = Lejtőoldali törmelékkúp; 10 = Élő meder, élő mellékág és meander; 11 = Kis patakok elhagyott medrei; 12 = Elgátolt mélyedés; 13 = Eróziós völgy; 14 = Deráziós völgy; 15 = Futóhomokformák általában; 16 = Deflációs mélyedés; 17 = Lejtők általában; 18 = Omlás- és csuszamlásveszélyes magaspart

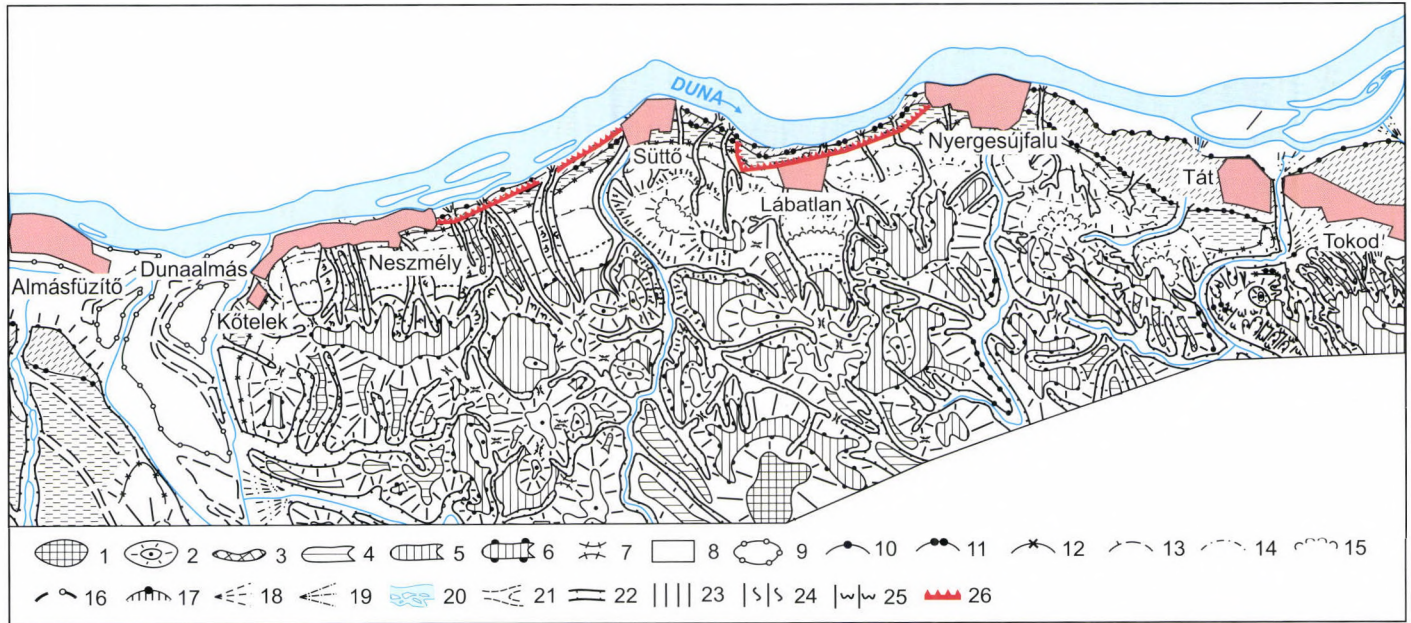
4.4.1. A dunai teraszvidék magaspartjai

Győrtől keletre, Gönyűnél a folyó jobb partján kezdődő magasparti szakasz a Komáromi-öblözetig követhető (40. ábra). A területet két vízfolyás, a Bakony-ér és a Concó-patak völgyei tagolják kisebb egységekre. A magaspart felszíne 115–127 m tszf.-i magasság között váltakozik, és 6–18 m-rel emelkedik a folyó középvízi medre fölé.

Gönyűtől nyugatra széles sávban megtalálható a Dunának az alacsony és magasártéri szintje, amelyből meredek peremmel emelkedik ki a gönyűi magaspart. Felszínén kimutatható a Duna II/a. teraszanyaga, amely közvetlenül a felsőpannóniai üledékösszletre települ. A Gönyű–Komárom közötti magaspart kialakításában a folyó eróziós tevékenysége mellett a szerkezeti vonalak mentén bekövetkezett emelkedő mozgások is jelentősen közrejátszottak (41. ábra).



41. ábra. Komárom dunai magasparti szakaszának földtani szelvénye a vasúti hídnál. (Szerk.: SCHEUER Gy.–SCHWEITZER F. 1983). – Dunai vízállások: NV = Nagyvíz; KÖV = Középvíz

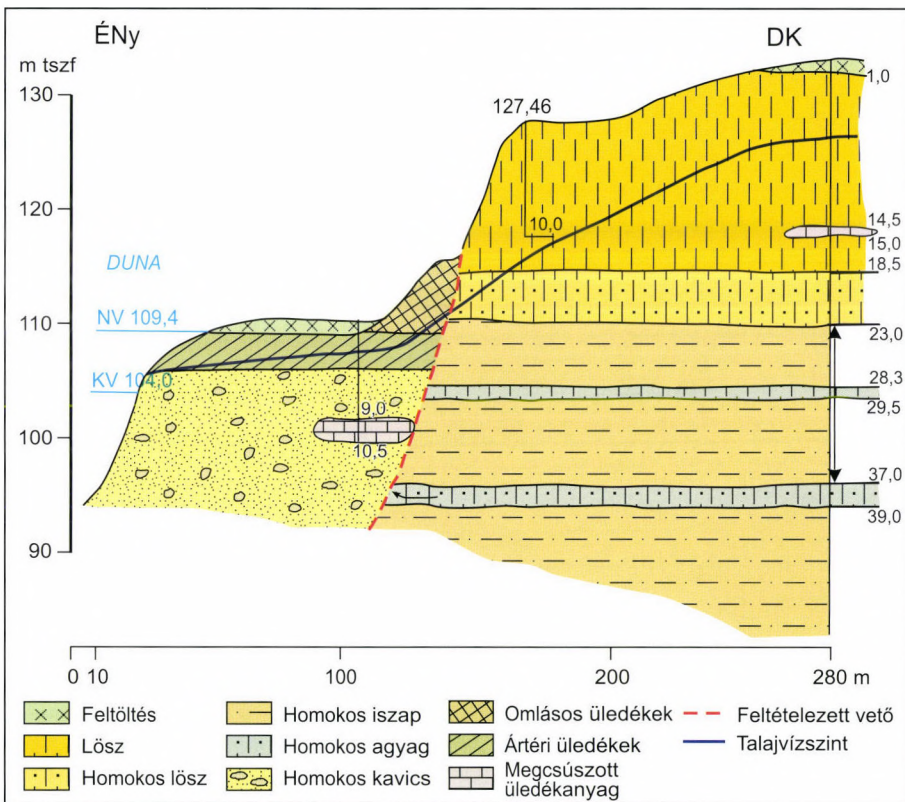


42. ábra. Az Almásfüzitő és Tokod közötti terület geomorfológiai térképe és a mozgásveszélyes partfalak helyei (Szerk.: SCHWEITZER F. 1983). – 1 = Magas fennsík; 2 = Sasbérc; 3 = Hegygerinc; 4 = Hegyhát; 5 = Lejtőpihenő; 6 = Hegyláblépcső; 7 = Domborzati nyereg; 8 = Alacsonyártér; 9 = Magasártér; 10 = II/a. terasz; 11 = II/b. terasz; 12 = III. terasz; 13 = IV. terasz; 14 = V. terasz; 15 = VI. terasz; 16 = VII. terasz; 17 = Patak menti terasz; 18 = Medencetalpi törmelékkúp; 19 = Lejtőoldali törmelékkúp; 20 = Élő meder, élő mellékág és meander; 21 = Kis patakok elhagyott medrei; 22 = Eróziós-deráziós völgy; 23 = Lejtők általában; 24 = Időszakosan egyensúlyban levő lejtő; 25 = Csuszamlásveszélyes lejtő; 26 = Omlás- és csuszamlásveszélyes magaspárt

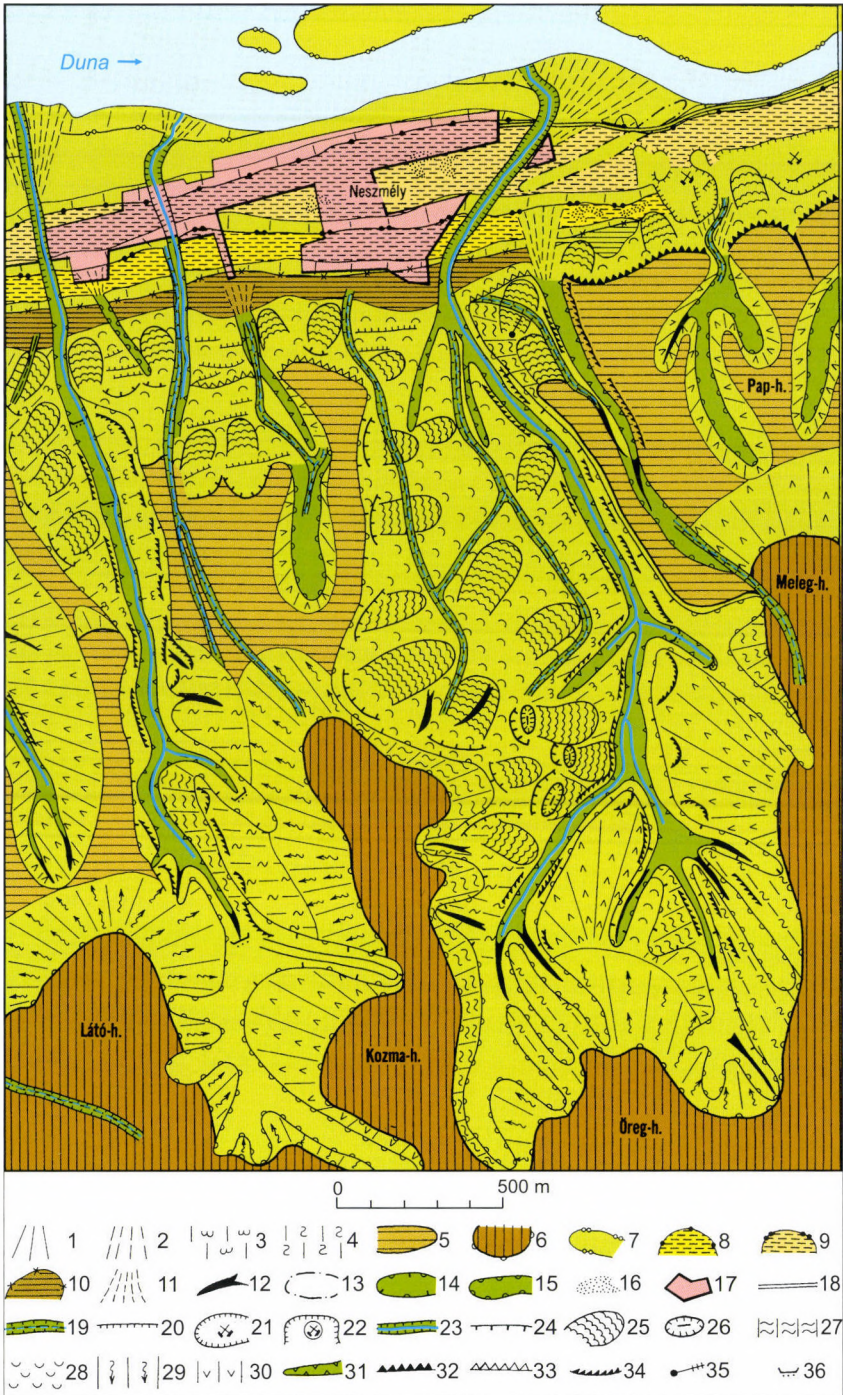
4.4.2. Gerecsei magaspartok

Ezen a területen a magaspart szakaszok relatív magassága 30–60 m között váltakozik. Az egyes szakaszokat egymástól a hegységéből a Dunába ömlő észak–déli irányú szerkezeti vonalak mentén kialakult vízfolyások választják el (42. ábra.). Az emberi beavatkozások, a nagyfokú beépítettség, az út- és vasútépítések, valamint a folyószabályozási tevékenység jelentősen megváltoztatták a terület természetes felszíni viszonyait (FODOR T.-NÉ-SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. 1983).

Neszmély községnél a Duna kissé eltávolodik a magasparttól, és annak előterében 300–400 m szélességben található meg az ártéri szintek, illetve azok lerakódásai (43., 44. ábra).



43. ábra. A dunai magaspart földtani szelvénye Dunaalmás és Neszmély között. (Szerk.: SCHUEER GY.–SCHWEITZER F. 1983). – Dunai vízállások: NV = Nagyvíz; KÖV = Középvíz



Neszmély és Süttő között a Duna határozott északkelet irányú medre mentén 40–60 m magas mesterségesen lerészűzött part meredeken (50–60°) emelkedik a folyó fölé. E részen a folyó természetes (út- és vasútépítés előtti) állapotok mellett közvetlenül erodálta a magaspartot (SCHWEITZER F. 1972). *Süttő* községnél a magaspartok előterében kb. 500–700 m szélességben található a folyó által szállított homokos-kavicsos üledékek. A Duna-parti ipar-telepítéshez kapcsolódóan (cementgyár, papírgyár, eternitgyár) nagyarányú feltöltési és tereprendezési munkálatokat is végeztek.

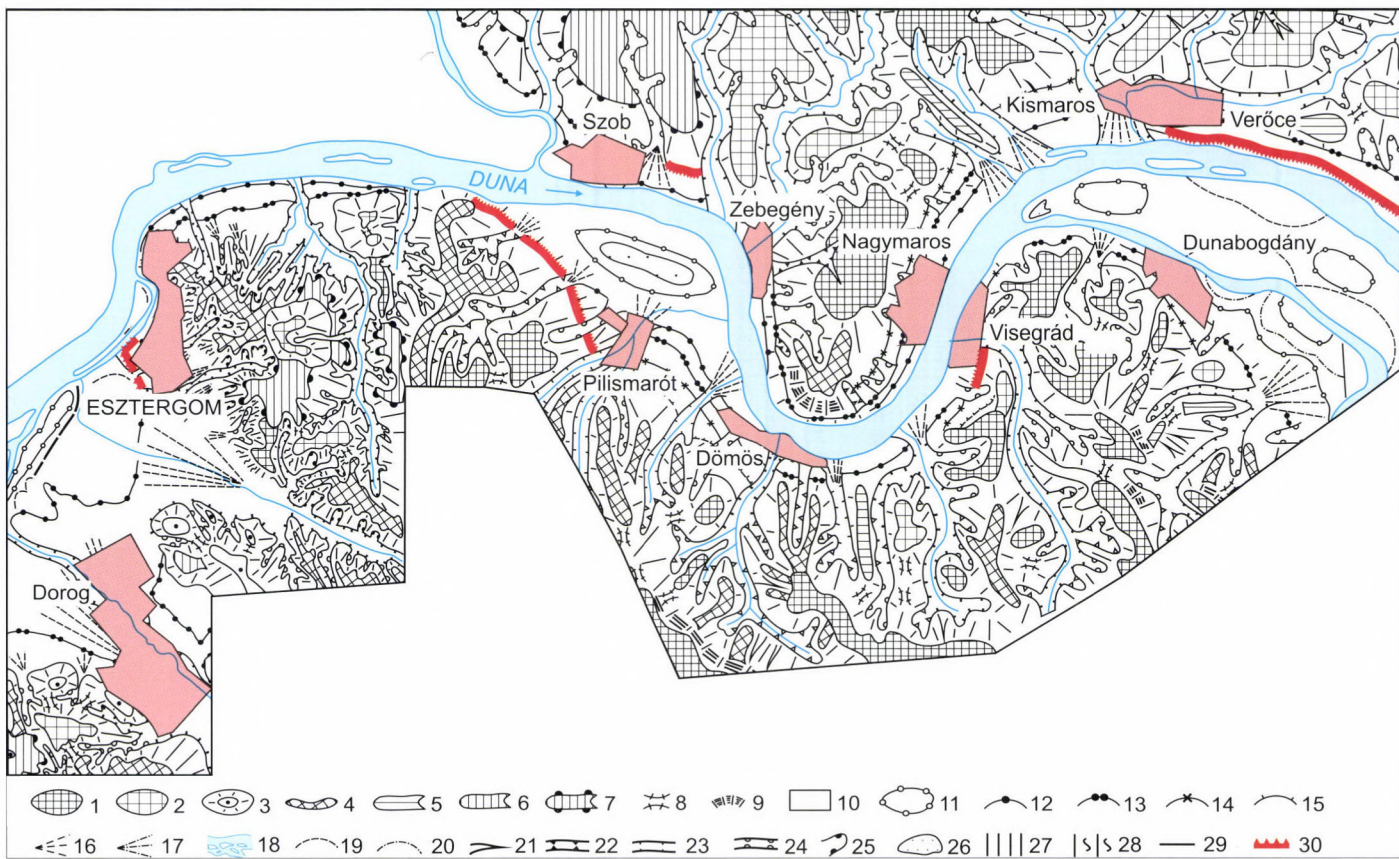
Nyergesújfalunál a Sánc-hegynél egykor a Duna közvetlenül a magaspart lábát erodálta. Az útépítéssel ez az állapot megszűnt. A felszínmozgás általában a Duna-meder mellett lévő partfalszakaszokon a kőzet feletti törmelékes és feltöltéses összletben a leggyakoribb, de előfordul a szabadon álló sziklafalak aprózódása miatti pergés is. Lábatlannál a magaspartok helyenként felsőpanóniai homok alkotja kisebb vastagságú negyedidőszaki üledékekkel letakarva.

A Duna a dorogi süllyedék után *Esztergomnál* éri el a Visegrádi-hegységet (45. ábra). E folyamszakaszon az első igazán jellegzetes magaspart az esztergomi Vár-hegy, amely kb. 40 m-rel emelkedik ki a folyó fölé, közel függőleges falakkal. Előterében megtalálhatók a különböző magasságú ártéri teraszok is.

A Hidegtelek-kereszt után a magaspart délkeleti irányba fordul, és több km-re eltávolodik a Dunától. *Pilismarót* és a hozzá tartozó Basaharc településrész között az országút hegység felőli oldalán találunk meredek lejtőjű területrészeket. Visegrádnál és *Dunabogdány*nál andezites lávaanyag alkotja a magaspartot. *Szentendrénél* a lávaanyag hiányzik, és a magaspartoknál igen változatos összetételű tufaféleségek ismeretesek. A hegység peremi területein gyakori a mozgásokra hajlamos löszfelszín.

←

44. ábra. Dunaalmás környezetének geomorfológiai térképe (Szerk.: SCHWEITZER F. 1985). – A lejtők állaga: 1 = Stabil lejtő; 2 = Instabil, csuszamlásveszélyes lejtő; 3 = Aktív csuszamlásveszélyes lejtő; 4 = Csuszamlásveszélyes lejtő. Hegyidomtani formák: 5 = Völgyközi hát; 6 = Hegylábfelszín; 7 = I/b. terasz; 8 = II/a. terasz; 9 = II/b. terasz; 10 = III. terasz; 11 = Törmelékkúp. Meredek völgyek: 12 = Eróziós vízmosások; 13 = Kisebb vízfolyások elhagyott medrei; 14 = Eróziós-deráziós völgy; 15 = Deráziós völgy. Homokformák: 16 = Parti dűne. Antropogén formák: 17 = Település; 18 = Közút; 19 = Löszmélyút; 20 = Álterasz, tereplépcső; 21 = Felhagyott külszíni bánya; 22 = Feltöltött külszíni bánya; 23 = Csatorna. Felszínmozgásos formák: 24 = Szeletes földcsuszamlás szakadásfrontja; 25 = Szeletes földcsuszamlás halmaza; 26 = Csuszamlás és suvadások közötti kis mélyedések; 27 = Ideiglenesen nyugalomban levő csuszamlásveszélyes lejtő; 28 = Régi csuszamlásos, hullámos lejtő; 29 = Lejtőleemosás; 30 = Barázdás erózió; 31 = Löszszurdok, horhos; 32 = Labilis meredek partfal; 33 = Stabil meredek partfal; 34 = Omlásveszélyes meredek partfal. Tömegmozgások által károkat szenvedett létesítmények: 35 = Épületkárok; 36 = Károsodott gátak, partvédő művek



4.4.3. Magaspartok Szob és Vác között

A Duna bal parti része is változatos morfológiájú és földtani felépítésű. A magaspartok csak egyes szakaszokon találhatóak, illetve a folyótól kisebb-nagyobb távolságra húzódnak és fejlődésüket ma már a nagyfokú beépítettség, út, vasút, folyamszabályozás miatt antropogén hatások befolyásolják.

Szob területén a domborzatot nagy vastagságban, néhol típusos, roskadásra hajlamos, néhol pedig áthalmazott negyedidőszaki lösz fedí. A károsodások a 12. sz. főút mellett, illetve korábban az ősi településmaçon belül a Duna teraszai mentén partfalomlásként jelentek meg.

Nagymaros belterületén a hosszán elnyúló, meredek lejtőket a Dunára merőlegesen futó eróziós völgyek tagolják, ezek mindegyike beépített terület. A városban az utóbbi években mind a mellékvölgyekben, mind a teraszos lejtőkön évente több partfalomlás, sárfolyás történt. A nyári záporokat követően az önkormányzatnak szinte minden évben súlyos károsodásokkal kell szembenéznie. A mellékvölgyek löszmélyút-szerű képződményeinél rendszeresek az omlások és az alámosások.

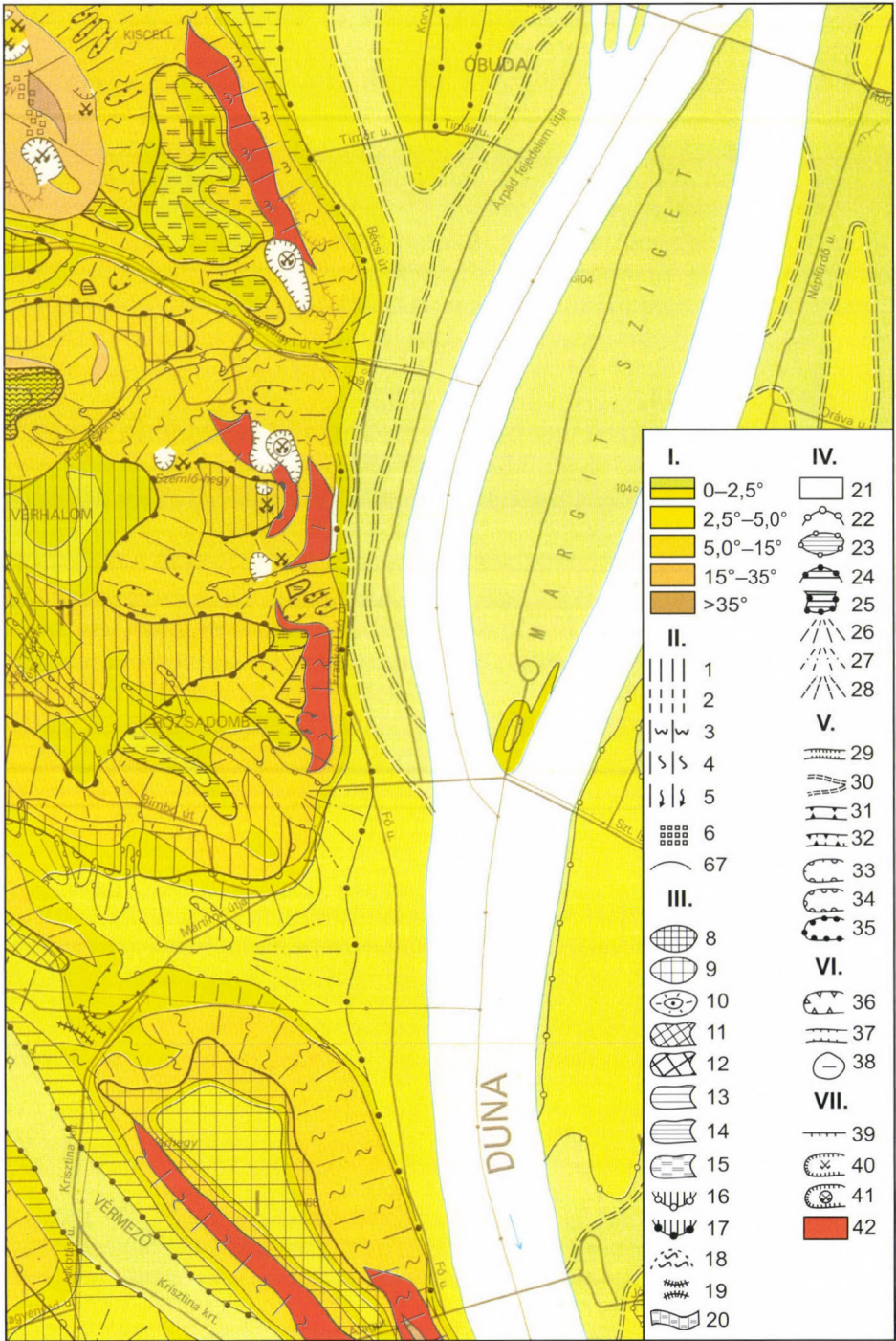
Verőcétől Vácig a Duna közvetlenül a meredek, helyenként függőleges löszperemet mossa alá, ezért itt az ártéri szintek csak az előtérben található szigeteken fejtődtek ki (pl. a Kompkötő-sziget). Verőce belterületén több olyan partfal található, amely a dunai magaspart-vonulat része, illetve a morfológiai adottságok bonyolultabbak, mint a legtöbb Duna menti településen. A partfalak egy része a vasútvonalat követi, amelyek a Dunával közel párhuzamosak.

4.4.4. Felszínmozgásos területek Budapesten a Duna jobb partján

A Duna térszínformáló hatása a folyó szikla- és hordalékkúp-teraszainak kialakulásával kezdődött, amely különböző intenzitással mindmáig tart. A Duna

←

45. ábra. A Dorog és Dunabogdány közötti terület geomorfológiai térképe és a mozgásveszélyes partfalak helyei. (Szerk.: BALOGH J.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1983). 1 = Magas fennsík; 2 = Alacsony fennsík; 3 = Sasbérc; 4 = Hegygerinc; 5 = Hegyhát; 6 = Lejtőpihenő; 7 = Hegyláblépcső; 8 = Domborzati nyereg; 9 = Sziklafal; 10 = Alacsonyártér; 11 = Magasártér; 12 = II/a. terasz; 13 = II/b terasz; 14 = III. terasz; 15 = IV. terasz; 16 = Medencetalpi törmelékkúp; 17 = Lejtőoldali törmelékkúp; 18 = Élő meder, élő mellékág és meander; 19 = Lefűződött meander-maradvány (1 m-nél mélyebb); 20 = Lefűződött meander-maradvány (1 m-nél sekélyebb); 21 = Eróziós vízmosás; 22 = Eróziós völgy; 23 = Eróziós árok; 24 = Deráziós völgy; 25 = Deráziós fülke; 26 = Futóhomok formák általában; 27 = Lejtők általában; 28 = Időszakosan egyensúlyi lejtő; 29 = Árvízvédelmi töltés; 30 = Omlás- és csuszamlásveszélyes magaspart



jobb parti részei (46. ábra) geomorfológiailag középhegységi és erre merőleges csapású, árkos és medence-sorokkal tagolt triász sasbércekből állnak, amelyeket medenceüledéki felső eocén mészkő, agyag, oligocén hárshegyi homokkő, kiscelli agyag, pannóniai-pleisztocén édesvízi mészkőtakarók, negyedidőszaki lejtőüledékek építenek fel.

A folyó domborzatformáló tevékenységével alakította ki síksági hordalékkúp-teraszait középhegység menti, nyugati süllyedékében. Erózióbázisa alacsonyabb helyzetbe került, így irányította a hegységközi medencék kitakarítását (Ördög-árok). A Duna eredeti „táblás” magaspartot nem formált, ma a sasbércek peremén fellelhető teraszmaradványok tanúskodnak korábbi geomorfológiai helyzetéről (Várhegy, Rózsadomb).

A csuszamlásos folyamatok a sasbércek laza üledék palástjain tapasztalhatók, túlnyomórészt többszintes házakkal beépített felszínnek, genetikailag teraszszigetnek (Várhegy). Különösen az átlagot meghaladó csapadékok válhatnak ki súlyos mozgásokat Buda harmadidőszaki márgából, agyagból, homokból, negyedidőszaki löszből és lösszerű üledékekből, lejtőüledékekből épült lejtős felszínein. Ezeken a területeken gyakoriak a tömegmozgások, csuszamlásos folyamatok és formatípusok. A Logodi u. 61–63. sz. házakat érintette az 1936-ban bekövetkezett síkcsúszás. A Várhegy oldalán, a Várkert, Logodi és Toldi Ferenc u. által határolt terület mozgásaira a mésztufa blokkok elmozdulásai és a Rózsadomb oldalán a Kavics utcai mozgások utalnak.

Lehetséges, hogy a Rózsadomb nyugati lejtőin bekövetkezett épületkárok okát is a térfogatváltozó agyag tulajdonságaira lehet visszavezetni,

←

46. ábra. Tömegmozgások folyamatokkal veszélyeztetett felszín Budapest budai oldalán. (Szerk.: LEÉL-ÖSSY S.–SCHWEITZER F. 1980). I. Lejtőkategóriák. II. Lejtők állaga: 1 = Stabil lejtő; 2 = Instabil lejtő általában; 3 = Labilis, jelenleg is mozgásban lévő csuszamlásos lejtő; 4 = Csuszamlásveszélyes lejtő; 5 = Barázdás eróziós lejtő; 6 = Törmelékmozgásos lejtő; 7 = Határozott lejtőszög változás. III. Általános domborzati formák: 8 = Fennsík; 9 = Alacsony fennsík; 10 = Sasbérc; 11 = Hegygerinc; 12 = Alacsony gerinc; 13 = Hegyhát; 14 = Alacsony hát, völgyközi hát; 15 = Lejtőpihenő; 16 = Hegylábfelszín, hegylábfej; 17 = Hegyláblépcső és felszíne; 18 = Erodált síkok enyhén hullámos felszíne; 19 = Nyereg; 20 = Sziklafal. IV. Akkumulációs formák általában: 21 = Ártéri sík (általában); 22 = Ártérnél magasabb síksági felszín (általában); 23 = Alacsony teraszok; 24 = II/a sz. terasz; 25 = Patakmenti teraszok, terepszintek maradványai; 26 = Lejtőalji törmelékkúp; 27 = Medencetalpi hordalékkúp; 28 = Lejtőoldali törmelékkúp. V. Medrek, völgyek: 29 = Meredek partú patakmeder; 30 = Jelenkori holt Duna-ág; 31 = Mély eróziós völgy; 32 = Közepes mélységű eróziós völgy; 33 = Eróziós-deráziós völgy; 34 = Deráziós völgy; 35 = Deráziós fülke, deráziós függővölgy. VI. Karsztos formák: 36 = Szárazvölgy, aszóvölgy; 37 = Szurdokvölgy; 38 = Korróziós mélyedés. VII. Antropogén formák: 39 = Áltéraszok; 40 = Külszíni bánya, felhagyott; 41 = Feltöltött bányák; 42 = Tömegmozgások folyamatokkal veszélyeztetett felszín



amely a lassú kúszó mozgást okozza (SZILVÁGYI I. 1968). Ma is mozgó felszín figyelhető meg a régi Bécsi úti téglagyárak felett.

Itt fosszilis tömegmozgásokat bizonyít a Testvérhegy keleti előterében a régészetek által feltárt római kori, ún. Testvérhegyi villa deformálódott záró fala (38. kép). A mára már nagyrészt beépített területek rekultiváltak és támfalakkal védettek.

38. kép. Fosszilis tömegmozgásokkal érintett Testvérhegyi villa deformálódott zárófala. Fotó: LÁNG O.

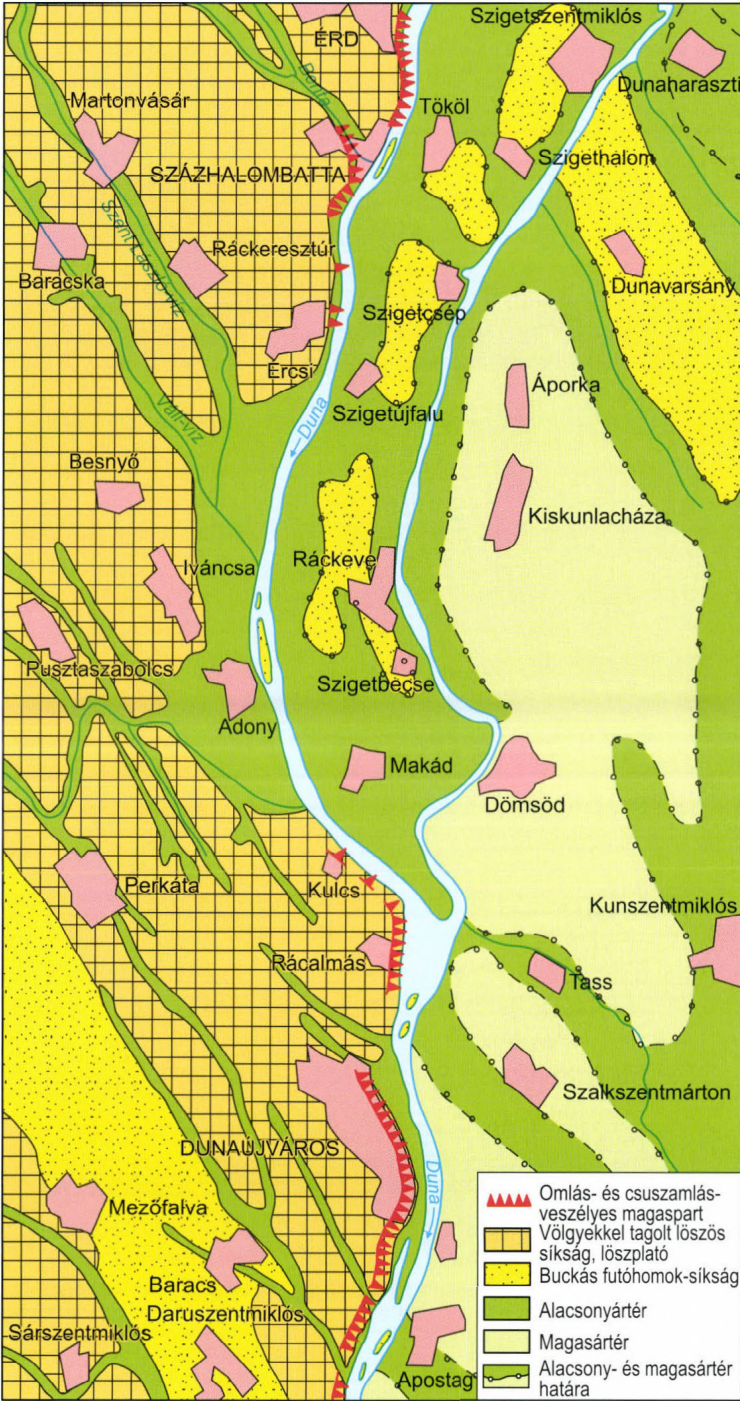
4.4.5. Az alföldi Duna mente magaspartjai

A Duna észak–déli irányú szakasza ezen a területen közel 100 ezer évvel ezelőtt jelent meg. Akkor még vize jóval keletebbre folyt, mint ma, a Duna–Tisza köze nyugati peremét pusztítva és szabdalva. Ez idő alatt hatalmas kiterjedésű, a jelenlegi mezőföldi területekről átnyúló magaspart szakasz pusztult el. A pusztulásból szigetszerűen kimaradt a dunaföldvári magaspart roncsa, a Solti-halom, és a Tétel-halom, amelyek egyaránt látványos formák.

Az alföldi Duna-völgy jobb parti szakaszán a domborzati adottságok alapján az alábbiakban részletezett 4 különálló magaspart szakasz különíthető el.

4.4.5.1. Az Érd és Ercsi közötti magaspart szakasz

Érd város a Mezőföldhöz tartozó Érd–Ercsi-hátság kistáj területén található (47. ábra). A magaspart pannon időszerű agyagos, szilt rétegekből épült, amire pliocén korú agyagos-homok és kavics, valamint lejtőtörmelék rakódott. Az

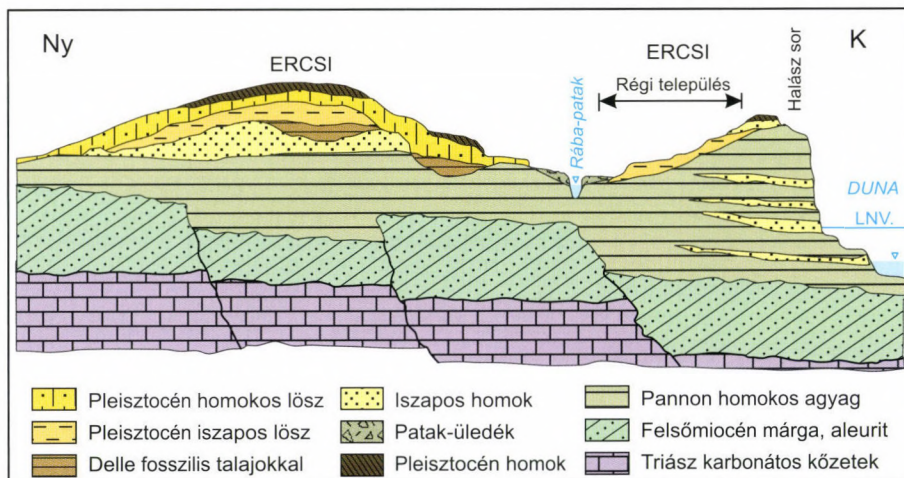


47. ábra. Az Érd és Dunaujváros közötti terület geomorfológiai térképe és a mozgásveszélyes partfalak helyei. (Szerk.: BALOGH J.-SCHWEITZER F. 2010).

épületek többsége erre a földtani rétegösszletre épült, itt található a mozgásveszélyes magaspárt-vonulat (39. kép). Belterületi partfal mozgások elsősorban Érd-Ófalu területén történtek, legutóbb 2005-ben, Százhalombattán 2010 június 8-án voltak épületkárokat okozó földtömeg-mozgások (OSZVALD T. 2011).



39. kép. Érd omladékos, suvadásos dunai magaspártja. Fotó: KUBASSEK J.



48. ábra. Ercsi dunai magaspárti szakaszának vázlatos földtani szelvénye. Forrás: FTV, 1984.
LNV = Legnagyobb vízállás

A csuszamlásveszélyes magaspart vonulat *Ercsi* belterületétől (Panoráma utca) kezdődik és a Százhalombatta déli részén elhelyezkedő Dunai Finomítóig húzódik. Ercsiben a partfal problémákat a Duna-menti partfalsávban (48. ábra) a magasparti omladék rétegvíz-visszaduzzasztó hatása okozza, mely nagy kiterjedésű suvadást okozott 1938-ban, 1999-ben és 2000-ben. A folyamatos partmozgások részben földtani, részben a dunai eróziós, részben urbanizációs hatások miatt következtek be.

4.4.5.2. A Kulcs és Dunaújváros közötti magaspart szakasz

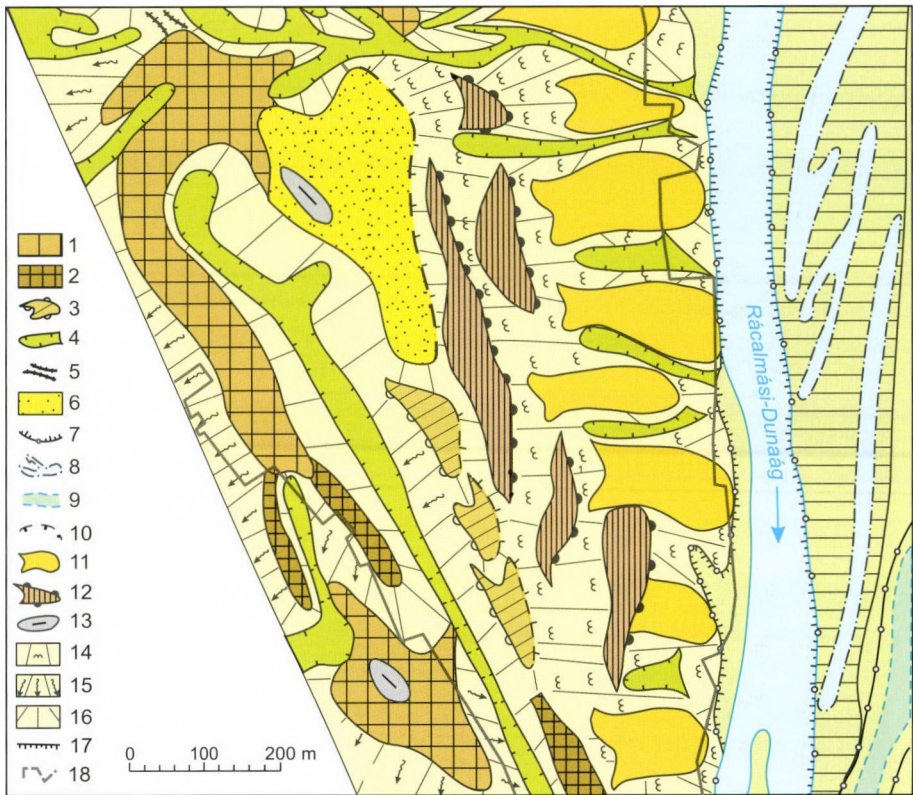
A terület mintegy 20–25 km hosszú (47. ábra). A pannóniai korú tengeri agyagon 40–50 m vastag lösztakaró van. A magaspart a Duna medrétől kb. 200–300 m-re helyezkedik el, közbenső területét régi és új csuszamlásos halmazok foglalják el. *Kulcs*on a tömegmozgásos folyamatok az ezredforduló után aktivizálódtak és szinte kiszámíthatóan a partfal műszaki rehabilitációjának hiányában katasztrófális méreteket öltöttek (OSZVALD T. 2011) (40. kép).



40. kép. 2011. január 17-én földtömegmozgások következtében megrongálódott út Kulcson a dunai magasparton. Fotó: BALOGH J. 2011.

A problémát a Mezőföld felől nyomás alatt érkező rétegvizek hegylábi omladékban történő feltorlódása okozza, a korábbi nagy tektonikai mozgások aktív zónájában. A teljes Duna-parti sáv, illetve a szakadóparttal lezökken magasparti szakasz a mozgásokkal veszélyeztetett területhez tartozik a kisebb mellékvölgyekkel együtt. A problémákat fokozza a szennyvízcsatorna hiányosságai. Kulcsa a Vörös-domb szelvényében megfigyelhetők a Duna medréig alámetsző csúszólapok.

Rácalmás ófalui része a partomlások nagy földtömegein épült fel (49. ábra). A felszínmozgásos területen a mozgások 1964 decemberében kezdődtek, és napjainkig nehezítik az itt élő és üdülő lakosság életét. Az 1966-os és



49. ábra. Rácalmás geomorfológiai térképe (Szerk.: SCHWEITZER F. 1983). – 1 = Lösshát; 2 = Derázio által alakított völgyközi hát; 3 = Derázio lépcső; 4 = Derázio völgy; 5 = Derázio nyereg; 6 = Kötött futóhomok; 7 = Magasártéri szint pereme; 8 = Duna-meder maradvány; 9 = Óholocén Duna-meder; 10 = Csúszási szakadásfront; 11 = Nem mozgó terület; 12 = Csúszási felszín; 13 = Szuffóziós mélyedés; 14 = Mozcás veszélyes lejtő; 15 = Erózió által veszélyeztetett lejtő; 16 = Stabil lejtő; 17 = Természetes és mesterséges tereplépcső; 18 = Rácalmás határa

1977-es felszínmozgásokat követően a Központi Földtani Hivatal megbízásából az FTV, az MTA FKI és később a BME széleskörű vizsgálatokat készített Kulcs és Rácalmás ófalui részének löszös partfalszakaszairól és környezetükről.

A löszből és löszszerű üledékekből felépült felszín sajátos morfológiai elemei a meredek partfalak, amelyek 5–35 m magasak. Előterükben a tömegmozgások okozta formatípusok számos változata megtalálható, amelyek közül a fosszilis földcsuszamlások és suvadások jellemzik a felszínt.

A felszeletelődött fosszilis csuszamláshalmazon belül több lokális mozgás is történt. A mozgások kiváltó oka a feltorlódott rétegvíz, illetve a mozgásveszélyes zónán belüli közműhibák, csőtörések, és szennyvíz-szikkasztások okozta elvizedés. Emellett az eróziós tevékenység folytán kialakult mélyutak partfalai is omlásveszélyesek.

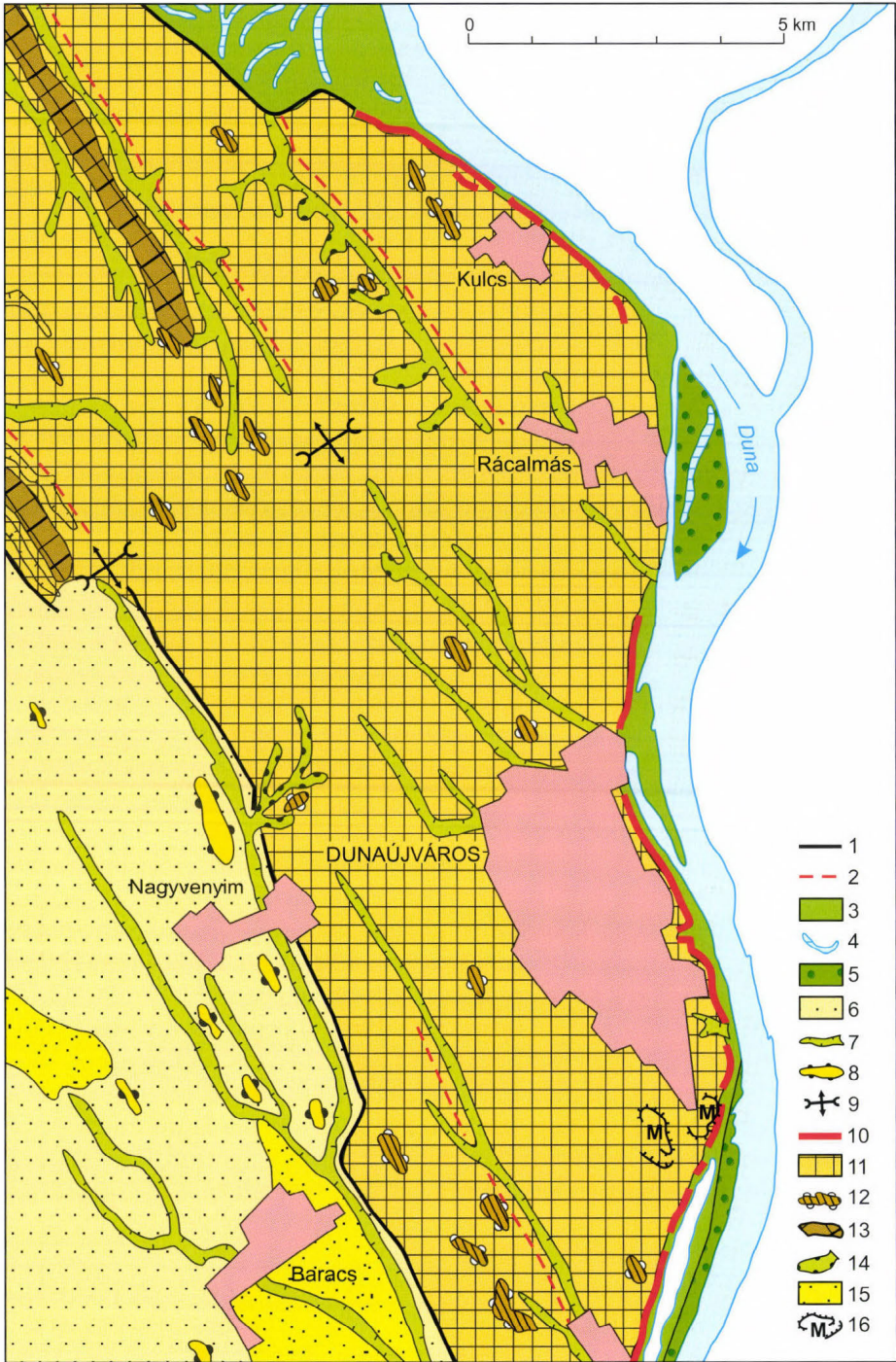
Dunaújváros térségében (50. ábra) a város lakótelepei és gyárai mind a mezőföldi löszös fennsíkra települnek, míg a Duna-völgyi ártér zöldövezetként hasznosult, a Duna ártéri szigetere pedig a kikötő és berendezései épültek. A mezőföldi löszfennsík, a Duna menti ártér, a löszös magaspárt lényegében külön-külön egy-egy geomorfológiai formatípust képvisel.

Dunaújváros környékén a régi történelmi, régészeti adatok, továbbá a különböző időszakokban készült katonai térképek alapján megállapítható volt, hogy a római idők óta napjainkig a magaspárt szakaszosan mintegy 60 m-es eltolódást szenvedett. Ez azt jelenti, hogy a magaspárt pereme évszázadonként mintegy 3–5 m-t tolódott nyugat felé (DOMJÁN J. 1952). Dunaújváros, illetve az egykori Dunapentele lakói is számos régi partmozgásra emlékeznek vissza.

A második világháború alatt és után is több csuszamlásra került sor. Különösen számottevőek voltak az 1943–44-ben és 1947–48-ban végbement magaspárti csuszamlások (51. ábra). Már az újváros és a Dunai Vasmű építésének szakaszában is jelentkeztek mozgások (ÁDÁM L. 1959). A Szalki-szigettel szembeni partszakaszon 1951-ben következtek be jelentős méretű csuszamlások. Ezeket a mozgásokat a kikötő menti holtág kotrásával hozták kapcsolatba. 1960–63 között újabb mozgások voltak észlelhetők, az ún. Radari barakk-tábor épületeinek és a Vasmű I. sz. vízművének környezetében.

A legnagyobb méretű földmozgás 1964. február 29-én ment végbe (41. kép). Mintegy 1300 m hosszú partszakaszon 20–25 m szélességben közel 10 millió m³ anyag csúszott meg a Duna felé. A földmozgás viszonylag gyorsan ment végbe. A megcsúszott partszakasz előterében a Duna mederfenék 3–4 m-rel emelkedett a középvízszint fölé. Szigetek, szigetsorok keletkeztek a mederben. A magaspárt szeletekben, lépcsősen szakadt le. A mozgások szerencsére emberéletben nem okoztak kárt, de a Vasmű vízellátása megszakadt, ezért a termelésben zavarok keletkeztek.

A dunaújvárosi partszakaszon gyors egymásutánban lezajlott mozgások miatt elhatározták a magaspárt védelmét, annak teljes műszaki rendezését. Ennek során igen jelentős földtani és hidrogeológiai felmérés készült (ANDAI



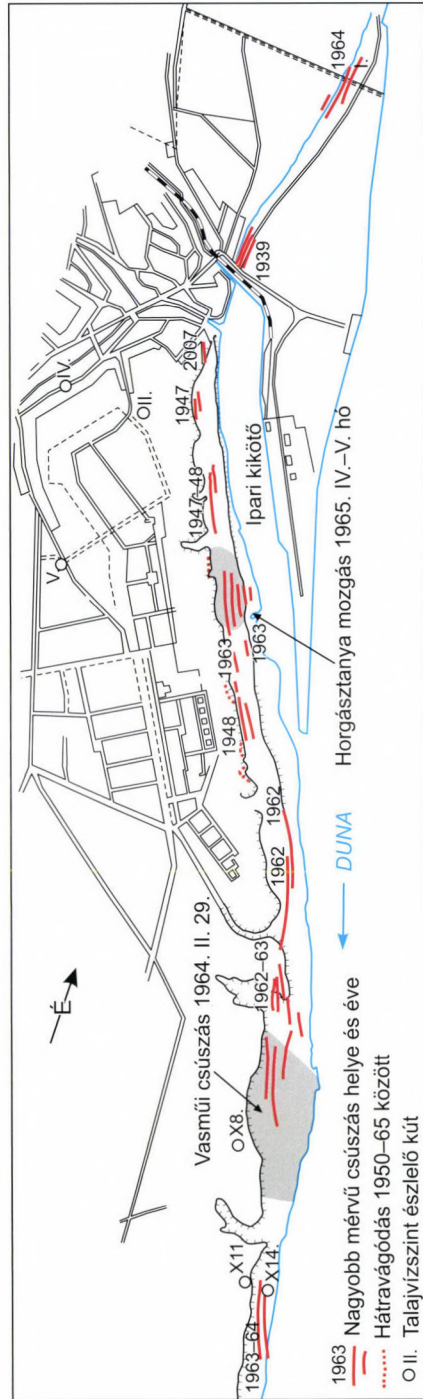
P. 1970; KARÁCSONYI S.–SCHEUER Gy. 1970, 1972, 1979) (42. kép).

KÉZDI Á. (1970) szerint a csuszamlások azokon a területeken következtek be, ahol ún. „talajvíz-dómok” voltak, vagyis a talajvíz gyors emelkedése volt a csuszamlás fő okozója.

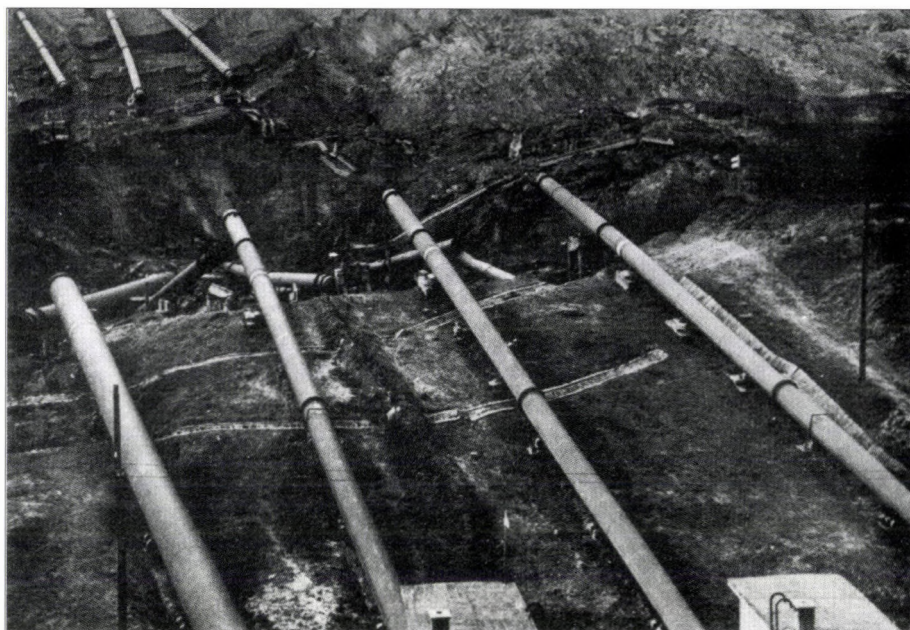
Ezen álláspont szerint a Duna felé szivárgó talajvíz áramlási nyomása annyira növekedett a város alatt, hogy a partfalak labilis egyensúlyi helyzete megbomlott. Úgy gondoljuk, hogy ez a tényező is nagymértékben hozzájárult a csuszamlás tér- és időbeli kiváltásához



50. ábra. Dunaújváros környezetének geomorfológiai térképe. (Szerk.: BALOGH J. 1989). – 1 = Tektonikus árok, medenceperem; 2 = Törésvonal; 3 = Alacsonyártér; 4 = Lefűzött meander; 5 = Zátónysziget erdővel borítva; 6 = Löszös üledékekkel fedett hordalékkúp-síkság; 7 = Eróziós völgy általában; 8 = Futóhomok bucka; 9 = Vízválasztó; 10 = Tömegmozgásokkal veszélyeztetett magaspárt; 11 = Löszplató; 12 = Eróziós-deráziós tanúhegy; 13 = Völgyközi hát; 14 = Deráziós völgy általában; 15 = Futóhomok felszín, 16 = Meddőhányó



51. ábra. A dunaujvárosi magaspárt csuszamlásai 1939–2007 között. – (Szerk.: KÉZDI Á. 1978; NAGY I. 1988; BALOGH J. 2007)



41. kép. Katasztrofális partfalomlás a Dunai Vasmű vízműtelepén a dunai magasparton 1964. február 29-én. Fotó: KÉZDI Á.



42. kép. Dunaújváros magasparti szakaszának lépcsős partvédelme 1960-ban. Fotó: KÉZDI Á.

4.4.5.3. A Dunaföldvár és Dunakömlőd közötti magaspart szakasz

A *Dunaföldvár* és a Pakshoz tartozó *Dunakömlőd* között húzódó partszakasz a folyam egyik legveszélyesebb magasparti része, amelynek helyzete igen kritikus. A magaspart peremén már megjelentek a repedések, amelyek az omlási, illetve csuszamlási folyamatok leendő fészkeire utalnak. A partszakaszt főként lösz építi fel, amelynek vastagsága a fúrásadatok alapján eléri 80–90 m-t.

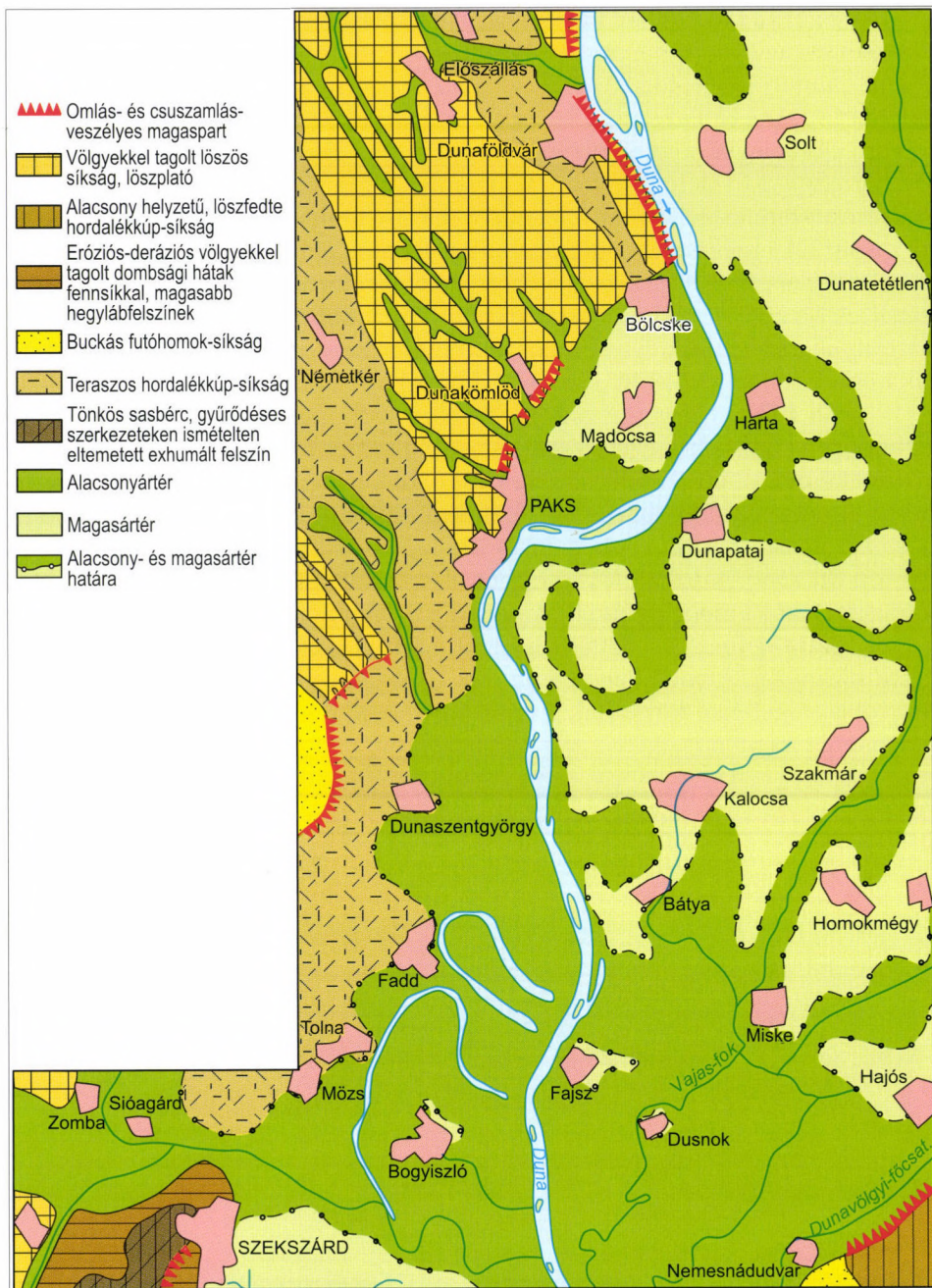
A *dunaföldvári földcsuszamlás* a szeletes földcsuszamlások típusát képviseli. A Mezőföld vastag lösztakarója a Duna jobb partján meredek, magas partfalakban végződik. Az agyagos fekü térbeli helyzete lényegében megegyezik a meredek partfal előtt a Duna szintjével (52. ábra).

Az 1970. év nyara erősen csapadékos volt, és a csuszamlást megelőző 12 hónap csapadékösszege a 600 mm-t is felülmúlta. Dunaföldvár és közvetlen környéke évi átlagban 500–550 mm csapadékot kap. A dunaföldvári Öreghegy, amelynek oldalában – az 1560 fkm táblától délre – a mintegy 700 m hosszú földcsuszamlás végbement, aránylag kis kiterjedésű, tagolt löszfelszín (43. kép, 53. ábra). A dunaföldvári magas löszpartfalban az 1970. szeptember 15-i földcsuszamlást megelőzően ugyanazon a helyen több ízben is volt mozgás.

Az előtérben és a háttérben jól láthatók a fosszilis szeletes földcsuszamlások halmazai. A partközeli Duna meder felgyűrődéseit az árvizek kisebb-nagyobb szigetekké formálták. Emiatt figyelhető meg számos sziget a dunai magaspart mentén.



43. kép. A dunaföldvári löszpartok az 1930-as években. Fotó: BULLA B.



52. ábra. A Dunaföldvár és Szekszárd közötti terület geomorfológiai térképe és a mozgás-veszélyes partfalak helyei. (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 2009).

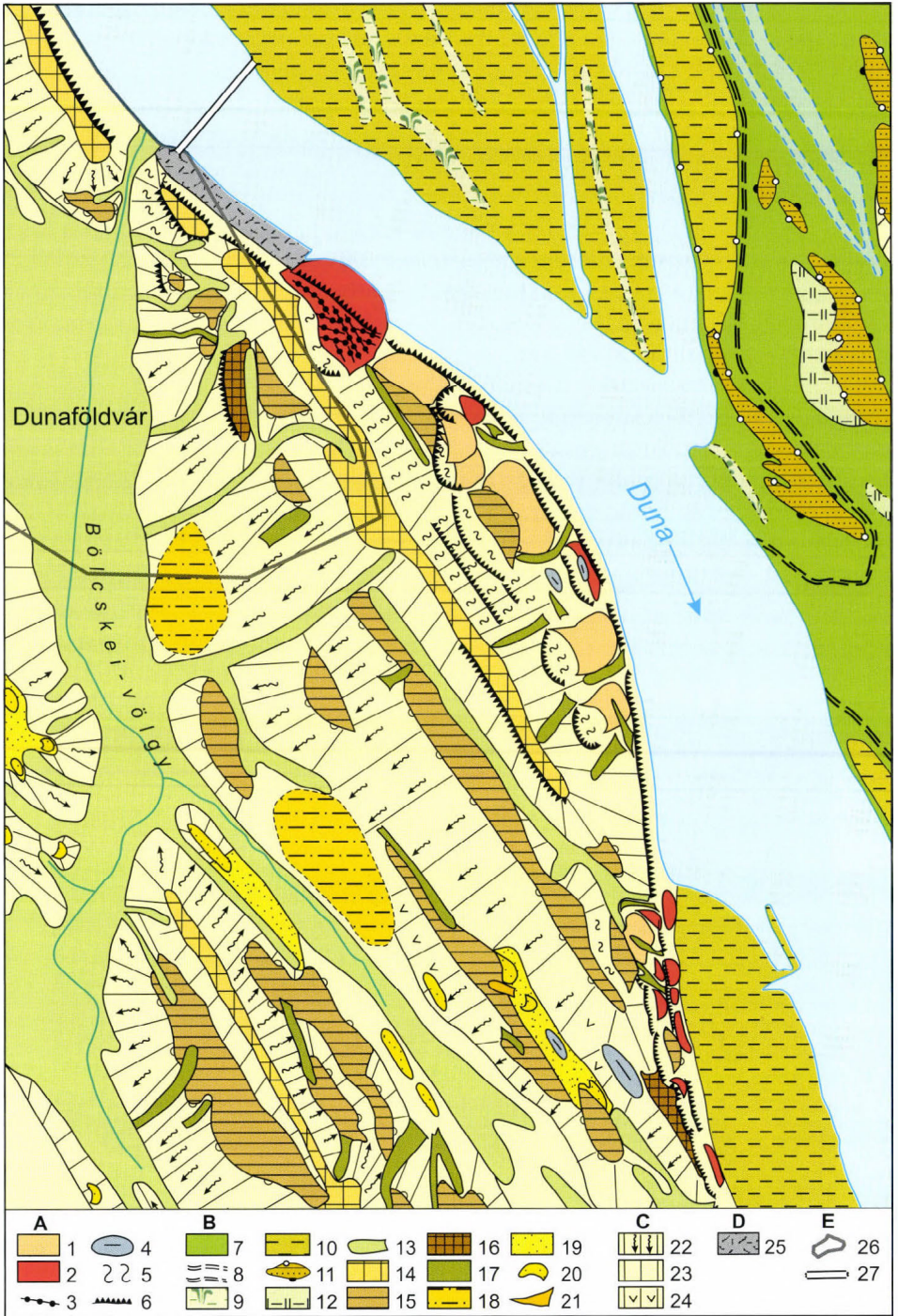
Az 1970-es dunaföldvári csuszamlás szelvényében mélyített 1974-es fúrásban (54. ábra) finoman rétegzett rózsaszínű homokos iszap(szilt)-rétegeket találunk, amelyek a vörösayag-talajok és glejes agyagok összetételére települnek, a csúszólapként is funkcionáló vörös fosszilis talajsorozat a Duna-mederből felgyűrődött (44. kép). A szivárgó vizek szélsőséges felduzzadását természetesen csapadékos évszakok, évjáratok segítik elő, de a magaspart alján a fosszilis csuszamlás halmazok is felduzzasztják.

A 2000. évi partfalmozgások a litológiai sajátosságok alapján a lösz-platók speciális formatípusaiba a *rogyások típusába sorolható*. A mélybe szivárgó csapadékvizek a lösz CaCO_3 -át tartalmát feloldva megváltoztatják a térszínek állékonyságát. A szilárdságát veszített löszfelszíneken rogyásos, horpadásos folyamatok alakulnak ki (45. kép).

Bölcske községben a dunai holtágra, illetve a holtág melletti árvédelmi töltésre néző meredek partfal omlott le többször. Egy lakóutcát le is kellett emiatt bontani. Különös gondot jelent az, hogy a partfalban két szinten is feltorlódik a rétegvíz, mely nyomás alatt áramolva állandó partfal-mozgásokat okoz. A korábbi években egy szakaszon elkészült a partfal-stabilizáció, illetve a Lomb utca felőli vízelvezető ejtő műtárgya. A Dunakömlőd és Paks közötti magaspart felszínmozgásainak mai geomorfológiai arculatát alapvetően a Duna eróziós-akkumulációs síksága, a dinamikusán változó, 30–50 m magas pannóniai üledékekből, pleisztocén lösz-sorozatokból épült magaspartok,



44. kép. A dunaföldvári magaspart szeletes csuszamlása 1970-ben – a mederfenék több száz méter hosszú felgyűrődését okozva – a Duna sodorvonalát és a hajózási útvonalat is megváltoztatta. Fotó: SCHWEITZER F. 1970.





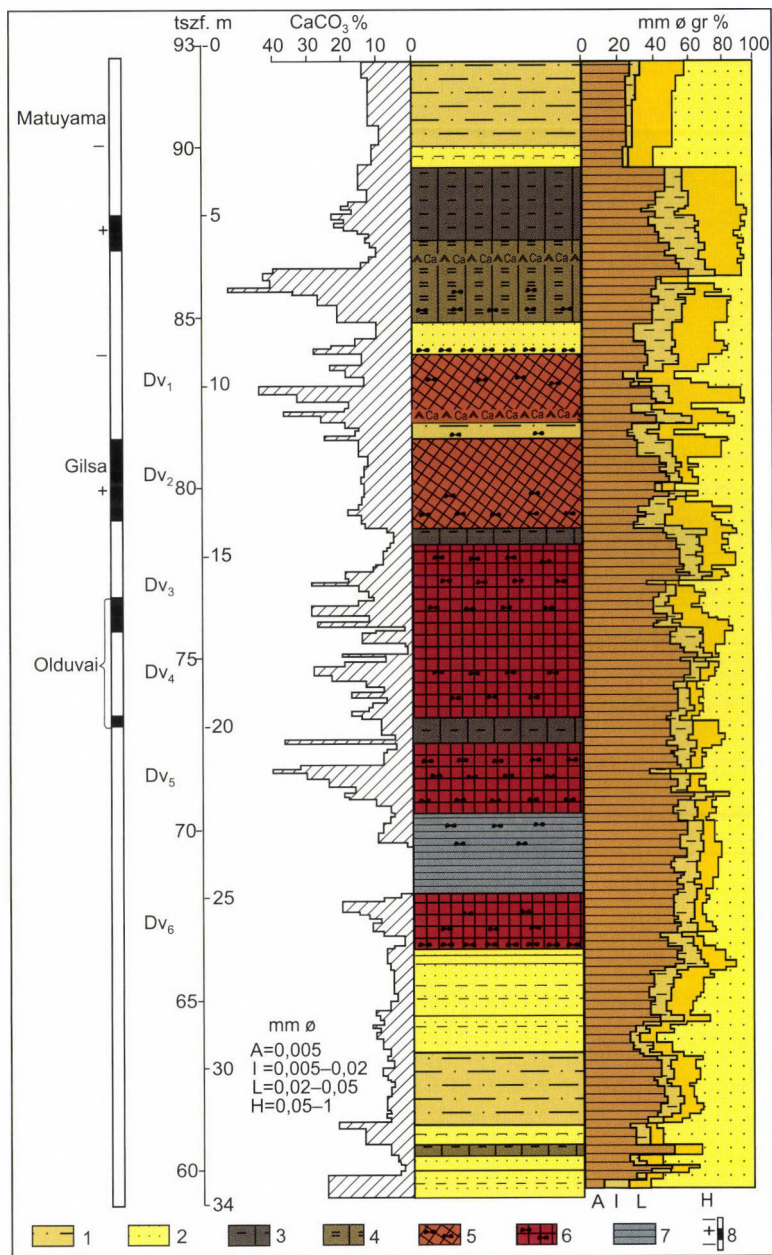
45. kép. A dunaföldvári Vár-domb 2000. évi földtömeg-mozgásának helyszíne, a szakadás frontja és a megkezdett partfal helyreállítási munkák eredményei. Fotó: SCHWEITZER F. 2000.

valamint az eróziós-deráziós völgyekkel osztott löszplatók formátípusai határozzák meg.

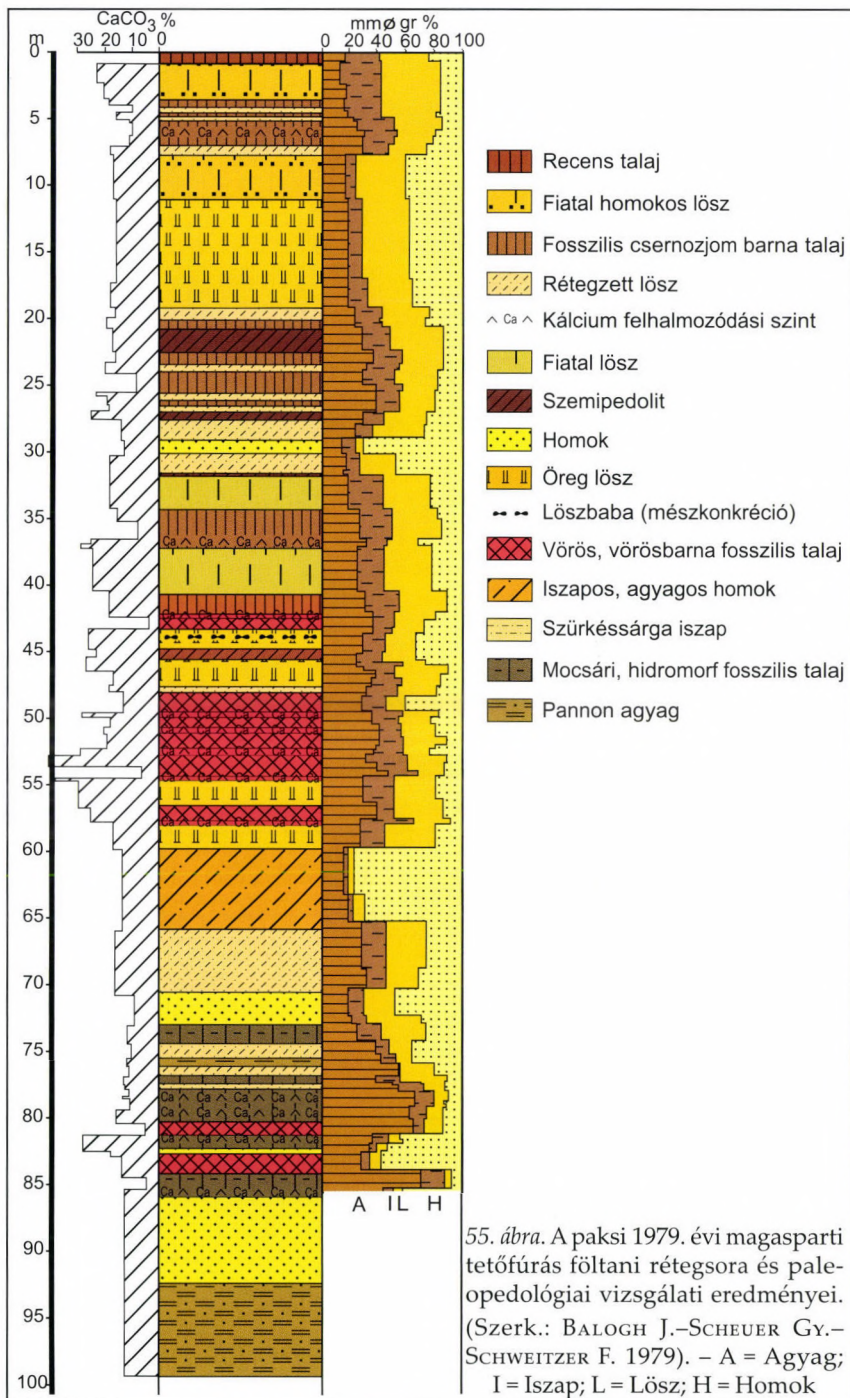
Magaspartok fejlődés-menetéből következik, hogy elsősorban omlásos, csuszamlásos, tömegmozgásos folyamatok jellemzik. A fosszilis csuszamlások területünkön előforduló legeklatánsabb példája a paksi téglagyár bányagödrében táruul fel. A fosszilis talajhorizontokkal osztott negyedidőszaki üledékkomplexum (55. ábra) elvonszolt, a rotációs mozgás miatt kibillent helyzetű talajai jól szemléltetik a mozgások irányát, dinamikáját, továbbá a fosszilis talajokon keresztül a lehetséges mozgások csúszófelületeit. Terjedelmére nézve, kiváltódása idején horizontálisan meghaladta a 300 m-t is (46. kép). Az 50 m magas partfal a 6. sz. főút fölött a paksi vasútállomás közelében a biztonságos közlekedést veszélyezteti.

←

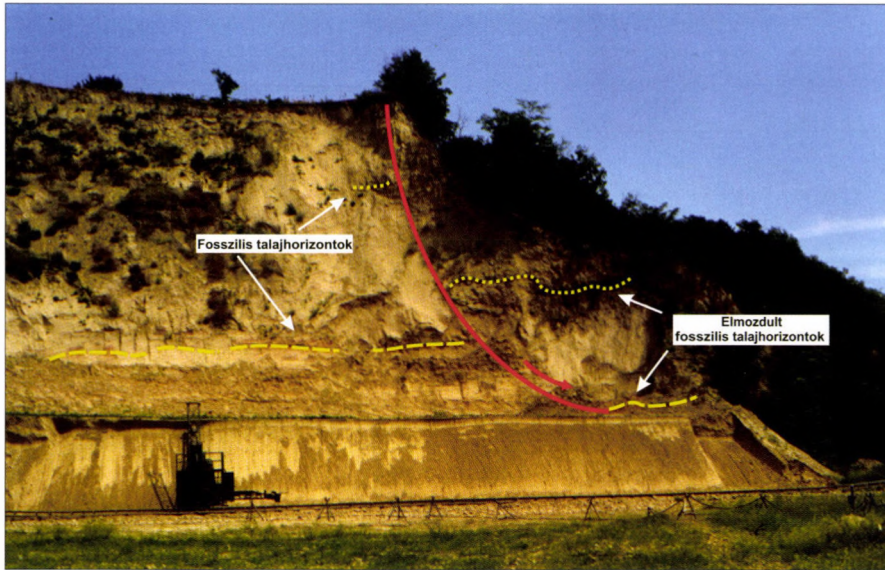
53. ábra. A dunaföldvári Öreg-hegy és környezetének geomorfológiai térképe. (Szerk.: SCHWEITZER F. 1971). – A = Tömegmozgásos formák: 1 = Fosszilis csuszamlás nyelve; 2 = Aktív csuszamlás; 3 = Szeletes földcsuszamlás; 4 = Csuszamláshalmazok közötti mélyedés; 5 = Időlegesen stabil lejtő; 6 = Lössös meredek magaspart. B = Genetikai formák: 7 = Alacsonyártér; 8 = Holocén eleji Duna-ág; 9 = Feltöltött meder időszakos vízborítással; 10 = Holocén teraszsziget; 11 = Holocén teraszsziget futóhomokkal fedve; 12 = Tőzeg és réti agyag; 13 = Eróziós, eróziós-deráziós völgytalp; 14 = Lapos löszhát; 15 = Deráziós lépcső; 16 = Eróziós-deráziós völgyközi hát; 17 = Eróziós völgy, szurdokvölgy; 18 = Lejtős lösz; 19 = Futóhomok felszín; 20 = Bucka; 21 = Szélbarázda. C = Lejtők: 22 = Felületi erózióval formált lejtő; 23 = Árkos erózióval formált lejtő; 24 = Stabil lejtő. D = Antropogén formák: 25 = Mesterséges feltöltés. E = Épített környezet: 26 = Dunaföldvár település határa; 27 = Dunaföldvári híd



54. ábra. A dunaföldvári Öreg-hegy alján a Duna ártéri szintjén mélyített 1974/1. sz. fúrás rétegsora, paleopedológiai és paleomágneses vizsgálati eredményei (Szerk.: BALOGH J.–PÉCSI M.–SCHWEITZER F. 1974). – 1 = Homokos iszap; 2 = Homok; 3 = Mocsári talaj; 4 = Hidromorf talaj; 5 = Vörösbarna löszbabás fosszilis talaj; 6 = Vörös fosszilis agyagtalaj; 7 = Szürke konkreciós agyag; 8 = Paleomágneses értékek; A = Agyag; I = Iszap; L = Löss; H = Homok







46. kép. A paksi téglagyári löszprofil rétegsorozata. A kép jobb oldalán fosszilis csúszás íve a 6. sz. főút mellett, a vasútállomással szemben. Fotó: BALOGH J.

A Paks és Dunakömlőd közötti magaspart (56. ábra) minden részletét csuszamlásveszélyes lejtőnek minősítettük. Az ábrán jól látható, hogy a 19. sz. végén történt folyószabályozások előtt az Imsósi-Duna-ág mosta alá az 50 m-es magaspartot, hatalmas méretű csuszamlásokat előidézve. Jelenleg a partszakasz alatt csak a 6. sz. főút és a vasút számára van hely. A természetes lejtőfejlődés és az antropogén hatások mellett a csuszamlásveszélyes lejtőket a felszíni vizek elégtelen elvezetése, a vízmosásos és árkos erózió fellépése, a talajvíz és annak magaspart irányú áramlása, összességében hidrogeológiai adottságai is veszélyeztetik.

←

56. ábra. A Paks és Dunakömlőd közötti magaspart környezetének geomorfológiai térképe. (Szerk.: BALOGH J.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 2005). – 1 = Időszakos nyugalomban lévő lejtők; 2 = Fossilis csuszamlások és suvadások szakadás frontja; 3 = Fossilis csuszamlások lépcsői; 4 = Recens csuszamlások szakadás frontja; 5 = Csuszamlások repedései; 6 = Recens csuszamlások halmaza; 7 = Lejtők; 8 = Csuszamlásveszélyes területek; 9 = Barázdás erózióval veszélyeztetett területek; 10 = Felületi lemosás; 11 = Eróziós árok; 12 = Szuffóziós rogyások; 13 = Omlásveszélyes függőleges löszfalak, peremek; 14 = Löszplató; 15 = Völgyközi háttak, gerincek; 16 = Erózióval átformált völgyek; 17 = Eróziós völgytalpak határvonala; 18 = Deráziós völgyek; 19 = Deráziós páholyok; 20 = Álteraszok; 21 = Mélyutak; 22 = Patatok omlásveszélyes partfalai; 23 = A Duna elhagyott medrei, meander maradványai; 24 = Alacsonyártér; 25 = Magasártér; 26 = Nagyméretű bányafalak; 27 = Földtani fúrás és éve

Csuszamlásveszélyes lejtők jellemzik a magaspartot tagoló eróziós-deráziós völgyek meredek lejtőrészleteit is. Emberi beavatkozás (terepgyengetés) esetén a lejtőkön csuszamlások képződhetnek.

Az omlásos folyamatokkal jellemzett 3–5 m magasságú löszfalak genetikailag két csoportra különülnek.

a) A laza üledékekből épült lösztérshínek természetes, eróziós völgyfejlődése során területünkön omlásveszélyes meredek löszpartok képződtek.

b) A hátráló erózió formálta völgyajtók túlfejlődése teremtette meg az omlásos folyamatok kialakulásának gravitációs feltételeit.

A folyamatok kiváltódását elősegítik a fagymozgások, fagyrepedések, befolyásolja a csapadékok mennyisége és intenzitása, a löszkomplexum közetfizikai tulajdonságai, továbbá szilárdságát meghatározó CaCO_3 -tartalom. Paks és Dunakömlőd a lezúduló csapadékvizek és iszapáradat hatásait több esetben is tapasztalta. A völgyek tengelyébe települt utcákat, lakóházakat veszélyeztetik az extrém csapadékok iszapáradatai. A káros hatások csak komplex tájrekonstrukció keretében szüntethetők meg (47. kép).

Szekszárd város részben a dunai süllyedéken, részben az egykori Duna-medret kísérő, deráziós árkokkal tagolt magasparton, teraszos folyam-



47. kép. Partfal rehabilitáció Dunakömlőd belterületén. Fotó: BALOGH J. 2003.

völgyoldalon helyezkedik el. Számos mélyút, partfal-terasz, meredek lejtő és függőleges partfal található a belterületen és tagolja a domborzatot, melyek mozgása időről-időre ismétlődik. A löszös partfalak, lejtők suvadása és omlása sok közutat és lakóépületet károsított. A morfológiai adottságok miatt a városban számos helyen részben az önkormányzat, részben a helyi lakosság támfalakat épített.

Súlyos gondot jelent azonban az, hogy a völgyekből lefolyó csapadékvizek időszakos medrei rendezetlenek, így a partfalak erózióját ez kedvezőtlenül befolyásolja. A lakóterületek terjeszkedése révén sok helyen mesterséges bevágások keletkeztek, melyek néhol már károsodtak (suvadások, kúszások). A mélyebben fekvő és hegylábi területeken a magas talajvízszint és a feltorlódott rétegvizek okoznak állékonysági problémákat (pl. a Baktai lakótelep mögötti suvadás).

4.4.5.4. Magaspart a Baranyai-dombság keleti peremén Báta és Dunaszekcső között

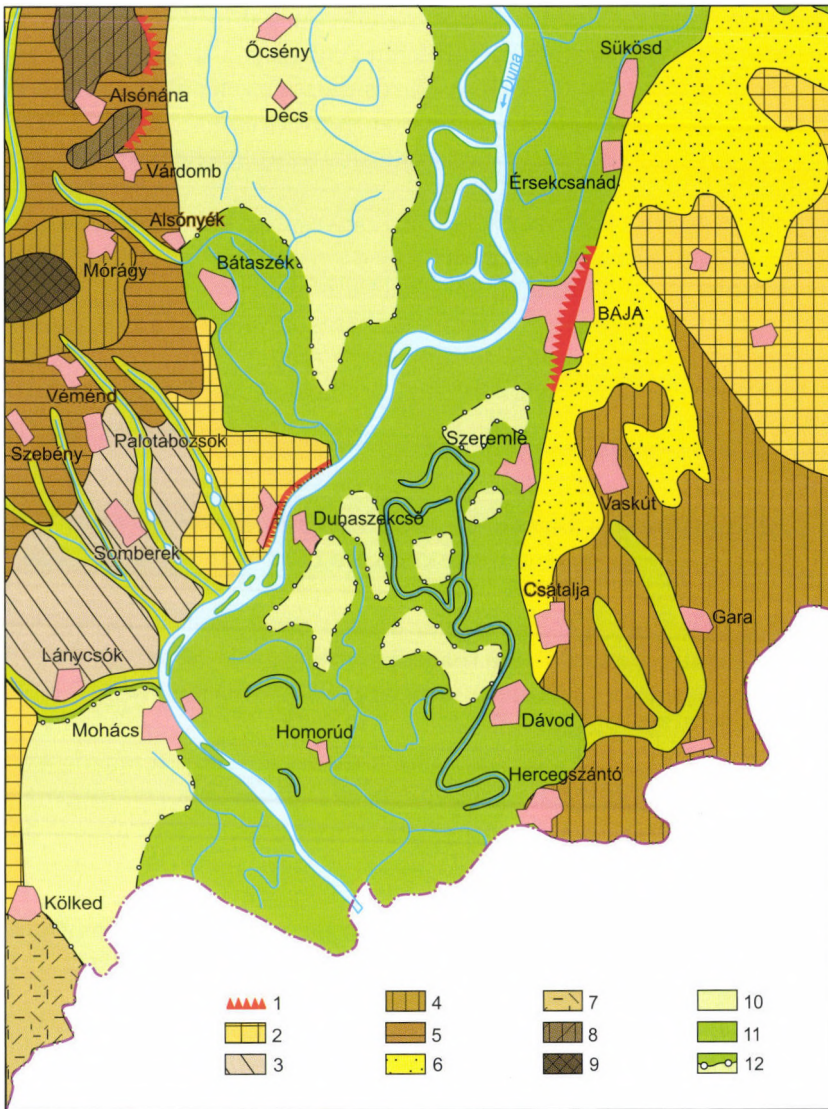
A dunai magaspartnak vannak olyan szakaszai, amelyeket a folyó közvetlenül pusztít, és vannak olyanok, ahol a magaspart csuszamlásos lejtőkkel kapcsolódik a sík ártéri felszínhez (57. ábra). A mozgások a Duna magasparti peremein 2009–2011 között állandósultak.

Várdomb település a hajdani Duna-mederre lefutó teraszos partfalra épült. Több omlás is történt a községben, ezeket az önkormányzat támfal-építéssel stabilizálta. Nagy gondot jelent, hogy az 56. sz. főút töltése a rétegvizeket visszaduzzasztja, emiatt a töltéslábak, partfal-körömvonalak áznak, vizesednek.

Több kisebb mélyút is keletkezett a heves lefolyású domboldalon, a dunai erózió hatására. Ezeket jelenleg közlekedésre használják. Az árok-rendezésekkel a felszíni vizeket gyors ütemben el lehet vezetni a partfalak környezetéből, megakadályozva azok elvizesedését. A település rendelkezik komplex partfal-programmal.

A *Decs* községhez tartozó szőlőhegy lejtős tömegmozgásait a nagyközség görögszói szőlőterületén 1994 februárjában észlelték. A mozgások 1994 márciusában felgyorsultak (48. kép) egy olyan területen, amelyet 1988-ban rekultiváltak, és napjainkban is mozog.

Báta község a Duna egyik holtága mentén fekszik. A falu a valamikori Duna-meder és az arra meredeken lefutó függőleges löszfal-vonulat közötti keskeny sávban, illetve az eróziós völgyvonulatok beépíthető részeire települt. Szinte valamennyi utcában jelentkeztek már kisebb-nagyobb omlások, a legutóbbi a Szent Vér templom alatt 2005 telén. A mellékvölgyekben néhol olyan szűk az út, hogy a partfalak omlása "átesik" az ingatlanokon és az utakat is eléri.



57. ábra. A Baja és Mohács közötti terület geomorfológiai térképe és a mozgásveszélyes magaspártok helyei. (Szerk.: BALOGH J.–SCHWEITZER F. 2009). 1 = Omlás- és csuszamlásveszélyes magaspárt; 2 = Völgyekkel tagolt löszös síkság, löszplató; 3 = Völgyekkel tagolt domb-lábi felszínek; 4 = Alacsony helyzetű, löszfedte hordalékkúp-síkság; 5 = Eróziós-derázis völgyekkel tagolt dombosági háttak fennsíkkal, magasabb hegyláb felszínek; 6 = Buckás futóhomok síkság; 7 = Teraszos hordalékkúp-síkság; 8 = Tönkös sasbérc, gyűrődéses szerkezeteken ismételt exhumált felszín; 9 = Tönkösödött alacsony gránit, gránit sasbércek, ismételt exhumált és exhumált sasbércek; 10 = Magasártér; 11 = Alacsonyártér; 12 = Alacsony- és magasártér határa

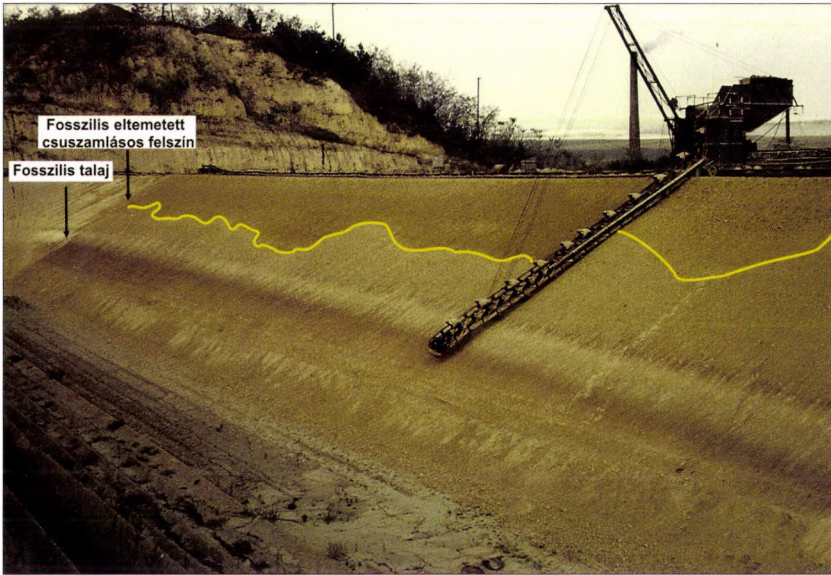


48. kép. Decs-Szőlőhegyen lecsúszott szőlőterasz. Fotó: BALOGH J. 1994.

Dunaszekcsőn a Vár-hegy meredek, csúszás- és omlásveszélyes Duna menti magaspartján az utóbbi évek mozgásainak előjelei már 2001-ben megmutatkoztak. A terület fosszilis mozgásait az egykori téglagyári feltárás szelvényében 1968-ban még meg lehetett figyelni (49. kép). A fokozatosan meg-süllyedt területen az első felszíni repedések 2006 őszén keletkeztek, és 2007 szeptemberében került újra a figyelem középpontjába. Akkor ugyanis a Vár-hegy oldalában az esőzések következtében közel 100 m hosszú repedés miatt veszélybe került a helyi vízellátás és több hétvégi ház.

A megrepedt partfal félmillió m³-es darabja 2008 februárjában leomlott (50. kép), s egy kisebb szigetet alakított ki a folyó partján (51. kép), amely kissé módosította a Duna sodorvonalát. A területen épült hétvégi házak közül egy összedőlt, a többi súlyosan megrongálódott. A Vár-hegy tetején a 2600 fős község egyik víztároló tartályát át kellett helyezni, melynek sérülése is közre-játszhatott a nagymértékű partfalomlás keletkezésében. 2009-ben kismérték-ben ugyan, de a partfalomlások ismét aktivizálódtak.

A partfal kiemelten tömegmozgás-veszélyes terület, amelyre számos történelmi utalás is van (pl. 1860-ban hirtelen megsüllyedt a löszfal jelentős része). KASZÁS F.–KRAFT J. (2009) szerint akkor a 2008 évi közettömegnek a kétszerese, de legalább egymillió m³ szakadt le, majd indult meg a Duna irá-nyába a mintegy 50 m magas löszfalról több mint 300 m-es hosszúságban.



49. kép. Fossilis csuszamlások felszíne Dunaszekcső egykori téglagyári feltárásának fejtésében, felette 20 m lösz és lösszerű üledék, alatta eltemetett fossilis talajok.
Fotó: SCHWEITZER F. 1968.



50. kép. A partfal 2008 februárjában leomlott része. A jól megfigyelhető, hogy a Duna sodrása alámosza a magaspartszakaszt, amely előidéz a földcsuszamlásos folyamatokat.
Fotó: SCHWEITZER F. 2008.



51. kép. A partfal 300 m hosszúságú, a Dunába szeletes földcsuszamlással leomlott része, amely a partszakaszon a Duna medret is felgyűrve a folyam sodorvonalát is megváltoztatta.
Fotó: OSZVALD T. 2008.

Már korábban (1976-ban) szintén megmozdult a löszfal Dunaszekcsőn, akkor csak a Vár-hegy oldalából szakadt ki sok tízezer m³ földtömeg, s szakadt le az előtérre.

A mozgások és a felszínidynamikai állapotok dokumentálására a magaspárt-mozgásokat követően az FTV és az MTA FKI munkatársai számos geomorfológiai vizsgálatot végeztek. A Vár-hegy lejtőjét részben mesterségesen bevágott tereplépcsők, részben törések tagolják. Az egyes lépcsőkön épültek a lakóházak, így a házsorok egy-egy tereplépcsőt követnek.

A vizsgált területen holocén, illetve pleisztocén korú üledékek találhatóak. A holocén üledékek részben mesterséges feltöltések. A folyóvízi eredetű, szürke iszapos, homoklisztes, finomhomokos üledékek a pleisztocénben, illetve a pleisztocén-holocén folyamán rakódtak le. A pleisztocén rétegösszlet fő tömegét a nagy vastagságú lösz összlet alkotja. Fúrások nem érték el a pleisztocén löszrétegsor fekvését, de ezekből a feltárásokból megállapítható, hogy a Duna-menti magaspárt vonulatban a dunaszekcsői Várhegy pleisztocén rétegsora meghaladja a 80 m-t, melyet az 1968-as 2. sz. fúrás 100 m-es rétegsora tárt fel. Ezek alkotják az elmúlt évek katasztrofális nagyságú tömegmozgásainak üledékeit (58. ábra).



52. kép. Baja Sugovica menti védendő dunai magasparti szakasza a Szentháromság térnél, a régi Nemzeti Szálloda mellett. Fotó: BALOGH J. 2010.

A partfalmozgásokat kiváltó tényezők általában a Duna magas víz-állása után a gyors vízszintsüllyedéssel, egy vagy több külső szélsőséges meteorológiai eseménnyel, vagy antropogén tevékenységgel kapcsolatosan jelentkeznek.

Baján a város felszínmozgásokkal veszélyeztetett magaspártja a Kamarás-Duna (közkezdvelt nevén Sugovica) balparti szakaszán helyezkedik el 1300 m hosszú szakaszon a Szentháromság tértől (52. kép) a Part utcai és a Zrínyi utcai ingatlanok alatt. A partfal rehabilitációra a magaspárt szakasz lejtőállékonysági problémáinak fokozódása után az 1996-tól folyamatosan

←

58. ábra. Az 1968-as dunaszekcsői 2. sz. fúrás 100 m-es rétegsora a Vár-hegyen (Szerk.: SCHWEITZER F. 1968). – 1 = Holocén üledékek; 2 = Löss; 3 = Homok, 4 = Fosszilis, vörösbarna erdőmaradványos csernozjom talajok; 5 = Vörösgyag; 6 = Fosszilis, áttelepített mocsári talaj; 7 = Hidromorf mocsári talaj; 8 = Agyagos hidromorf talaj; 9 = Szemipedolit; 10 = Felhalmozódási szint; 11 = Iszap; 12 = Agyag; 13 = Proluvium; 14 = Kálcium, magnézium vagy vas felhalmozódás; 15 = Pannon homokos agyag

műszaki megoldásokat javasoltak. A növényzettel sűrűn benőtt partfalszakasz erózióra fokozottan érzékeny, a partfal-él fokozatosan hátrál.

A magasparti szakaszon az eolikus felszínformálódás és üledékképződés következményeként eltérő a felszín litológiai összetétele. A löszköpenybe burkolt, eltemetett, északnyugat-délkeleti csapású, gyakran 5–10 km hosszú, lapos, 50–100 m széles homokbuckák villásan szétágaznak, majd esetenként össze is záródtak. Ezért a magasparti szakaszon kiemelt figyelemmel kell tervezni a mederszabályozási munkálatokat!

5. A TALAJPUSZTULÁS MINT POTENCIÁLIS KATASZTRÓFAFORRÁS

A talajpusztulás az esetek többségében igen lassú folyamat. A talaj felszínére hulló, majd onnan lejtőirányba lefolyó csapadék megbontja a felszint és többkevesebb talajt magával ragadva a mélyebb térszínek felé szállítja azt. Talajerózióknak a talajfelszín víz, illetve szél általi elszállítását nevezzük, az ezen belüli formák összefoglalását az 6. táblázat mutatja be. E folyamat meglehetősen nagy területeken zajlik, ám általában területegységre vetítve viszonylag csekély mennyiségű talajt érint egyszerre. Az eltávozó, tápanyagokban igen gazdag feltalaj vesztesége komolyan csökkenti a terület termékenységét.

A növénytermesztés fenntartásához ekkor fokozott mennyiségű (mű)trágya-felhasználás válik szükségessé, ami a megnövekvő környezet-terhelés mellett jelentős többletkiadásokat is jelent a földhasznlónak. A lepusztuló talaj azonban nem csak a veszteségi oldalon okoz károkat, hanem a felhalmozódás helyszínén is. Ha a lerakódás még a szántóföldön belül történik meg úgy a kár „csak” az eltemetődő értékes feltalajban, illetve az esetleges betemetett növényzetben nyilvánul meg, ha azonban a hordalék eljut a felszíni vizekbe, ott további problémáknak lehet forrása.

E problémák egyrészt a hordalék feltöltő szerepéből fakadnak, azaz a tavakat, víztározókat elfoglalva kiszorítják onnan a vizet. E folyamat egyik igen komoly veszélyeket rejtő példája a folyók áradásakor lerakott hordalék, mely miatt a gátak közti térben a folyó számára elfoglalható hely folyamatosan szűkül. A feliszapolódó műtárgyak elvesztik funkcióikat, tisztítás nélkül használhatatlanná válnak (SZABÓ J.–LÓKI J.–TÓTH Cs.–SZABÓ G. 2007).

Mintaterületen végzett mérések és számítások alapján egy dombsági vízgyűjtő mezőgazdasági területeiről (48 km²) 30 év alatt kb. 113 750 tonna talaj távozott el. A terhelés nem folyamatosan, hanem – az extrém csapadékokhoz kapcsolódva, jellemzően a vízmosásokon keresztül – hullámokban érkezett. Fontos megjegyezni, hogy e talajmennyiség a viszonylag lapos völgyfenék és a patakot helyenként határoló töltések megléte ellenére belépett az élővizekbe. A megmozdult, de a vízgyűjtőn belül áthalmozott mennyiség ezt az értéket nagyságrendekkel haladja meg. Ugyanezen időszak alatt a vízmosások fejlődése révén 435 086 m³ talaj erodálódott, míg a vízmosásokból lepusztult összes mennyiség meghaladja az 1 198 250 m³-t.

A problémák második csoportja a hordalék magas tápanyag-tartalmához kapcsolódik. Az élővizekbe kerülő tápanyagok hatására az ott élő mikroba populációk robbanásszerű fejlődésnek indulnak, ami a víz eutrofizálódását okozza.

Ennek hatására a befogadó vizek mocsarasodása nagymértékben felgyorsul. A fent vázolt két folyamat eredőjeként az érintett élővizek mind biológiailag, mind fizikailag a teljes pusztulás felé haladnak (pl. a külső-somogi halastavak).

6. táblázat. A főbb vízéróziós jelenségek sematikus csoportosítása a lejtő meredeksége és a felszíni lefolyás mértéke szerint

Lejtés	Eróziós jelenségek					Felhalmozódási jelenségek
meredek	barázda *	sekély vízmosás *	Felárkolt föld			hordalékkúp
			mély vízmosás	nagyon mély vízmosás*	szakadék * (vízmosásos)	
enyhe	barázda ▲	barázda *	sekély vízmosás *	mély vízmosás *	nagyon mély vízmosás *	
nagyon enyhe	lejtőmosás (irányított) x	barázda ▲	fonatos-barázda ▲	széles fonatos-barázda ▲	fonatos barázdás lemosás ▲	kolluvium, lejtőleomosásos felhalmozódás
sík	csepperózió (nem irányított) #	lejtőleomosás (irányított) x	széles fonatos-barázda ▲	lepelelöntéses zóna		lepelszerű felhalmozódás
	alacsony	közepes	nagy	nagyon nagy		csökkenő
	felszíni lefolyás					

Barázdaközi (interrill) erózió: * = uralkodóan csepperózió; lefolyás nem összefüggő mikromélyedésekben; ▲ = uralkodóan lefolyás nem összefüggő mikrocsatornáknban. Más eróziós folyamatok: x = uralkodóan lefolyás összefüggő, de időszakos csatornáknban; # = uralkodóan lefolyás állandó csatornáknban.

A talajerózió tehát jelentős károkat okoz az erdő- és mezőgazdaságnak csakúgy, mint a környezetvédelemnek. Az okozott kár azonban esetenként katasztrófális méreteket is ölthet, ha a talaj pusztulása az épített környezetet is veszélyezteti. Ha a magasabb térszínről lezúduló víztömeg és az általa megmozdított, vagy lerakott talaj utakat, vasútvonalakat, hordalékfogókat, átereszeket, illetve egyéb műtárgyakat rongál meg, vagy tesz tönkre az is meg lehetőségen nagy károkat jelent (53. kép). Ha azonban – amint erre a közelmúltban több példa is volt – a hordalék településekre betörve, lakóházakat áraszt el, rongál meg, esetenként tarol le, akkor e folyamat a károkozás mértékén túl emberi életet is közvetlenül veszélyeztet.

Az erózióval összefüggésbe hozható katasztrófák száma a közelmúltban szignifikánsan megnövekedett (pl. Kőszeg, Somogybabad). E növekedés hazánkban elsősorban a klimatikus feltételek megváltoztatásából adódik. A kutatók egybehangzó állásfoglalása szerint a klímaváltozás



53. kép. Aszfaltúton hömpölygő lefolyás. Fotó: CSEPINSZKY B.

legfőbb ismérve hazánkban az időjárási szélsőségek számának növekedése lehet (BARTHOLY, J.–PONGRÁCZ, R. 2010). Ezek között is első helyen kell említeni az extrém mennyiségű és intenzitású csapadékok kérdését. Meteorológiai mérések igazolják, hogy e roppant heves zivatarok száma az elmúlt 10 év folyamán az ország egész területén növekedett.

2010 tavaszán, nyarán több helyszínen is regisztrálták, hogy órák alatt hullott le a havi csapadékmennyiséget meghaladó eső. Ezen óriási mennyiségű vizet a talaj nem képes magába fogadni, így az a felszínen rekedve, a gravitáció hatására lefolyik a lejtőn. Az ilyen extrém csapadékok okozta talajlemosások egyik legnagyobb veszélye, hogy a megszokott lassú talajpusztulási folyamatok szinte pillanatok alatt játszódhatnak le, hatalmas tömegű anyagok mozgása kíséretében. Ebből eredően a már megindult folyamat ellen gyakorlatilag lehetetlen védekezni, vagyis ebben az esetben is a megelőzésre kell fektetni a hangsúlyt.

Az ilyen típusú eróziós károkozás jellemzően a vonalas erózió folyamatához kötődik. Ekkor a felszínről lefolyó víz összegyülekezik és egy lejtővonal mentén folyik le (54. kép). A megnövekedett tömegű lefolyó víz erőteljesen bevág a felszínbe és mély árkokat, vízmosásokat hoz létre (55., 56. kép). E vízmosásokból nagy mennyiségű hordalék távozik el, ami a vízmosás alsó részén koncentráltan jelenik meg.



54. kép. Hatalmas méretű, 10–12 m mély eróziós árok Somogybabod határában. A vízmosások az erdős-ligetes területeken is elősegítik az intenzív eróziós folyamatokat. Fotó: FÁBIÁN SZ.



55. kép. Vonalas eróziós, szuffóziós és a löszdolinák felszakadása során létrejött vízmosások nagy kiterjedésű, művelhetetlenné vált szántóföldeket hoznak létre Külső-Somogyban. Fotó: JAKAB G.



56. kép. Heves esőzések után vízmosássá vált földút a Somogyi-dombságban. A vízmosások az omlások és a rogyásos-omlásos folyamatok hatására intenzíven tágulnak. Fotó: SZALAI Z.

A vonalas erózió további lényeges tulajdonsága, hogy a vízgyűjtő területről a felszíni lefolyást vízmosásokon keresztül vezeti le (57., 58. kép), így a lehullott csapadék sokkal hamarabb és koncentráltan jelenik meg a vízgyűjtő terület alsóbb részein. A gyorsabban összegyülekező víz – igaz, hogy csak viszonylag rövid időre, de – exponenciálisan növeli meg a vízhozamot (FÁBIÁN, Sz. et al. 2009). A sokszerűen érkező, hordalékkal telített, óriási mennyiségű lefolyás nagyon komoly károkozásra képes (59. kép).



(FÁBIÁN, Sz. et al. 2009). A sokszerűen érkező, hordalékkal telített, óriási mennyiségű lefolyás nagyon komoly károkozásra képes (59. kép).

A kisvízgyűjtőkön napjainkban egyre gyakoribbá váló lökéshullám szerűen érkező, majd nagyon gyorsan levonuló árvizek a nem megfelelő külterületi vízrendezés következményei. A jelenség villám árvíz néven vonult be a szakmai köztudatba. Szántóföldi dominanciájú tájban, magas relief energia értékek között, allúviumon épült létesítmények különösen veszélyeztetettek lehetnek, mert

57. kép. Erdőben, szuffózió hatására kifejlődött vízmosás és 1–3 m mély löszkút. Fotó:

JAKAB G.



58. kép. A kimosott gyökerű fák sorra dőlnek a vízmosásba. Az erózió olyan erős, hogy régen eltemetett fosszilis talajok kerülnek a felszínre. Fotó: FÁBIÁN Sz.



59. kép. A vízgyűjtőről lepusztult talajhordalék Kőszeg belterületén (2009. június 24).
Fotó: SZENDI P. (www.vasnepe.hu)

egyrészt a vízelvezetési rendszerük az esetek egy részében nincs felkészülve az exponenciálisan megnövekedett lefolyás kezelésére, másrészt a szállított hordalék teljes mértékben feliszapolhatja a létesítményt. ÁDÁM L. (1967) mérései szerint a Szekszárdi-dombság egy 2,5 km²-es vízgyűjtőjén 50 év alatt az areális erózió 6 millió m³ hordalékot szállított el. A vonalas erózió által ugyanerről a területről 14 millió m³ anyag pusztult le. A szőlőművelés alatt álló területekről évente átlagosan 2 cm talaj és kőzet lehordódásával számol a szerző.

A katasztrofális kimenetelű talajeróziós eseményeket több környezeti feltétel kedvezőtlen összejátszása váltja ki. Ezek közül a fontosabbak:

1. Csapadék (extrém mennyiség és intenzitás);
2. Domborzat (lejtés);
3. Talajtulajdonságok (Ilyen tulajdonság lehet pl. a talaj gyenge vízbefogadó képessége, mert a csapadék lehullásakor már eleve telített nedvességgel vagy mert lecsökkent a porozitása);
4. Talajművelés (A nem megfelelő domborzati viszonyok között, helytelen nedvességi állapotban, időpontban és magas – 12%-nál nagyobb – lejtőhajlás mellett, valamint lejtőirányban végzett művelés nagyságrendekkel növelheti meg a lepusztuló talajmennyiséget);
5. Felszínborítás (A növényzettel fedett felszínek sokkal jobban ellenállnak a csapadék pusztító hatásának – CENTERI Cs. et al. 2009. A vízzáró

mértékben burkolt (pl. aszfaltozott) felszínekről nagy mennyiségű víz folyik le, amely jelentős mozgási energiája révén komoly romboló erőt képviselhet);

6. A vízvezető rendszer elégtelensége (A terület meredekebb részeiről lefolyó víz szükségszerűen megbontja a felszínt, hacsak nem szabályozott keretek között – méretezett vápák, árkok, csatornák rendszerén keresztül – teszi meg útját. A vápák burkolásával, pl. folyamatos füvesítésével megtörhető a víz energiája, elkerülhető a bevágódás. E rendszer megtervezésén és kiépítésén túl legalább ilyen fontos feladat annak folyamatos karbantartása, illetve működképességének ellenőrzése).

Napjainkban egyre fokozódó mértékű talajeróziós katasztrófákért csak részben tehetőek felelőssé a klímaváltozás hatására módosuló időjárási feltételek. Ezzel párhuzamosan a külterületek vízvezetésének problémája is egyre inkább előtérbe kerül (60. kép).

Az 1980-as évek végéig a települések külterületén is többé-kevésbé komplex szemléletű hidrológiai tervezés folyt. A terület jelentős részén gaz-



60. kép. A hegyoldalról lefolyó vizek nagy mennyiségű, esetenként kemikáliákkal szennyezett hordalékot szállítanak a völgybe, akár lakott területekre is. A megfelelő vízrendezés hiányában az ilyen barázdákból indul ki az árokképződés. Fotó: SZALAI Z. – 1 = A legutóbbi intenzív csapadékesemény során keletkezett barázdá.

dálkodó termelő szövetkezetnek érdeke volt, hogy a dűlőutak és az ezeket szegélyező árkok folyamatos karbantartásával szabályozott keretek között vezesse le a magasabb térszínekről a felszíni lefolyást. Ez a látszólagos többlet-költség sokszorosan megtérült, hiszen ezzel akadályozták meg a vízmosások kialakulását és fejlődését.

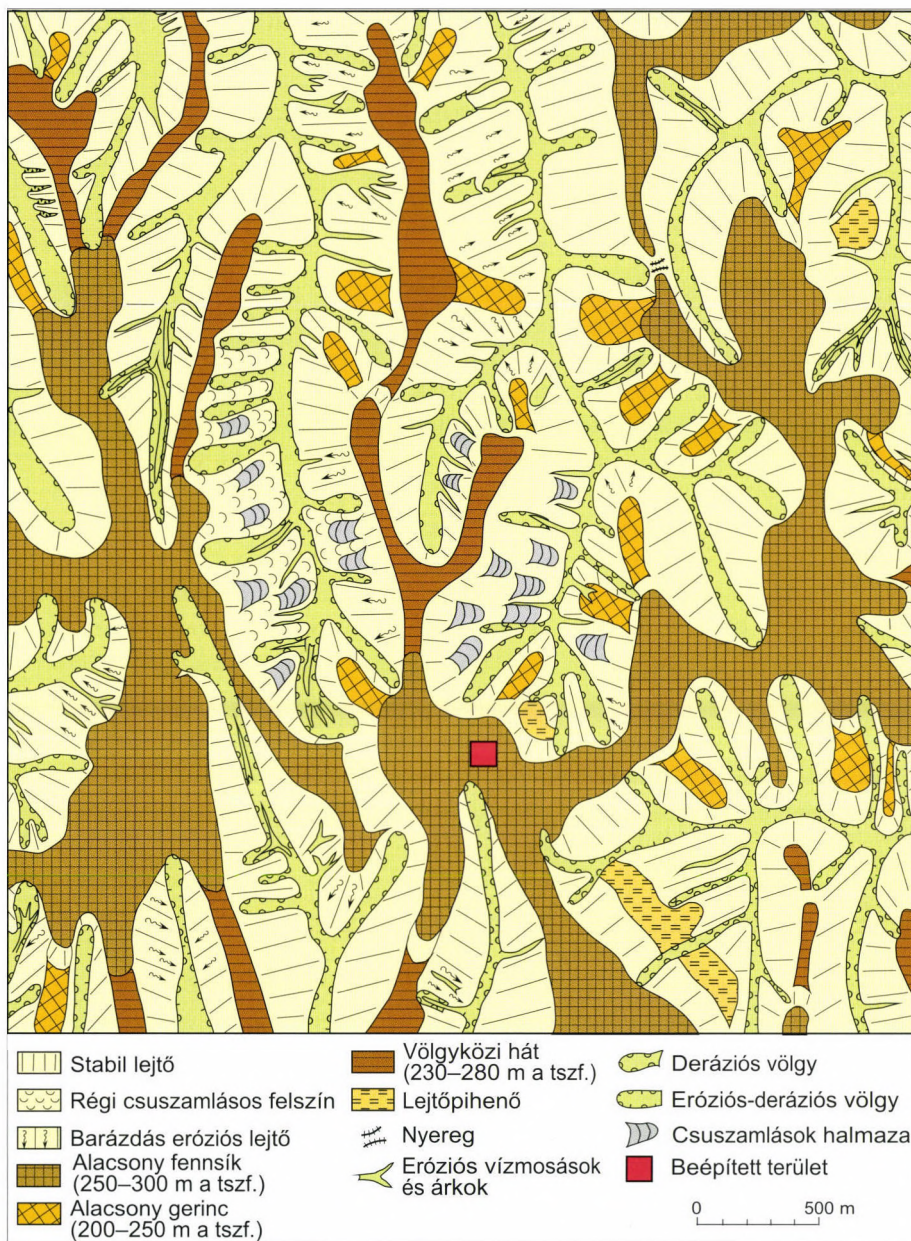
A talajpusztulás tekintetében legkedvezőtlenebb adottságú területeken még a gondos vízevezetés mellett is kialakultak jelentős vonalas eróziós folyamatok. Ezek továbbfejlődését fásítással és a vízmosásokba épített energiatörő gátakkal akadályozták meg.

A privatizáció utáni felaprózódott birtokszerkezet hatására senki sem tekintette feladatának a vízlevezető rendszerek és az utak karbantartását. E feladat részben vagy egészében a helyi vízi társulatokra hárult volna, akik azonban a szűkös költségvetés miatt ezt csak a legkritkább esetben végezték el. Ennek oka lehetett, hogy e beavatkozás – mint minden megelőzés – csak minimális látható eredménnyel jár, az igazi haszna a káresemény kialakulásának meggátlása. A kisparcellákon gazdálkodóknak sem anyagi, sem műszaki lehetőségük nincs e munkák elvégzésére. A nagyobb gazdálkodók környezet iránti elhivatottsága pedig általában kisebb, mint a pillanatnyi gazdaságossági szempontok. Tovább fokozza a problémát, ha a föld használója csak bérlő a kérdéses területet, és erre hivatkozva semmilyen közép vagy hosszú távú befektetést nem végez el.

A már egyszer kialakult vízmosás további fejlődését tehát a felszínről belépő vizek minimalizálásával, vagy teljes megszüntetésével lehet meggátolni. Ezzel azonban a vízmosás nem szűnik meg, tájsebként fennmaradva nehezíti a művelést, szegregál, átjárhatatlanná tesz addig egységesen kezelt területeket. A vízmosások felszámolása igen költséges folyamat, amely kellően hatékony vízrendezés nélkül csak tüneti kezelés. Ha a felszíni lefolyást sikerült eltávolítani a vízmosásból, akkor kezdődhet meg annak feltöltése, leggyakrabban az oldalak bedöntésével.

A közelmúltban alkalmazott gyakorlat e művelési sornak teljesen elmentmond. A vízmosások feltöltése leggyakrabban sittel, sőt háztartási és ipari hulladékkal történik. Mivel ezzel párhuzamosan a vízrendezés kérdése sem megoldott a vízmosás továbbra is összeszedi és levezeti a vízgyűjtőterület felszíni lefolyását, emiatt a hulladékon áthaladó víz szennyeződik és így jut be a településre. A szennyezett víz egyúttal közegészségügyi veszélyeket is hordoz.

2010 szokatlanul csapadékos első félévének eredményeként „Somogyországban” több helyen is (Törökkoppány, Karád, Pusztaszemes és Ecseny, Somogybabod, Andocs) olyan méretű vízmosás alakult ki, hogy arra az országos média is felfigyelt. Ezek közül a legnagyobb Somogybabod határában jött létre. A híradások egy „kráter” kialakulásáról, illetve a „föld meghasadásáról” szóltak. Valójában olyan vízmosásokról van szó, amelyek



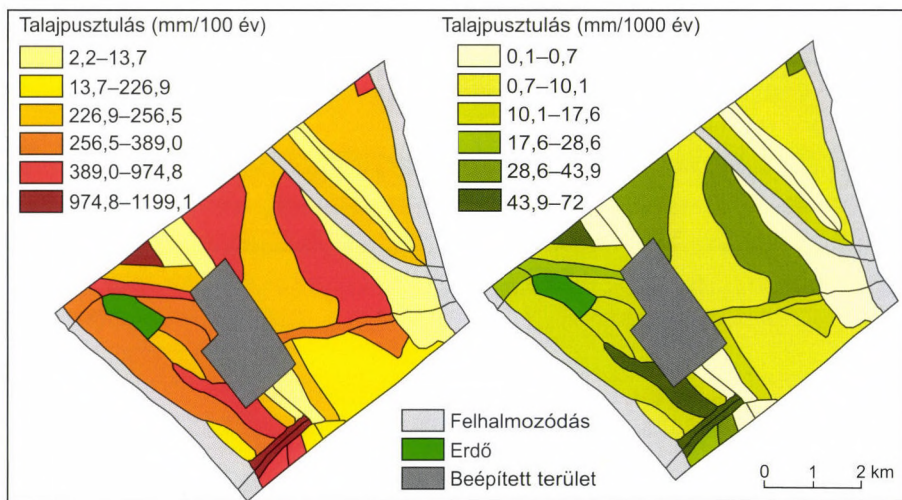
59. ábra. Részlet a Geresdi-dombság geomorfológiai térképéből. A gyengén emelkedő hegységelőteri területen a lösz és lösszerű üledékkel borított térszínen erőteljes a lepusztulás. Ennek hatására a völgyek tágulnak, vízmosások és csuszamlások alakulnak ki, teljesen felszabdalva a területet. Ennek következtében jelentős erdő- és mezőgazdasági területek kerülnek kivonásra. (Szerk.: SCHWEITZER F.–BALOGH J. 1990).

összes hosszúsága a több tíz kilométert is elérheti. A katasztrofális kimenetelű események megelőzéséhez vizsgálni kell a fent említett környezeti tényezők területenkénti felvehető értékeit.

Ennek nagyon hasznos eszköze a geomorfológiai térkép készítése és elemzése. E térképekből a már lejátszódott folyamatok áttekintése mellett jó közelítéssel becsülhető a veszélyeztetettség mértéke (59. ábra). Emellett szükséges a már bekövetkezett károk okainak pontos feltárása és elemzése.

A jövőben bekövetkező káresemények minél pontosabb előrejelzéséhez matematikai erózióbecslő modellek születtek. Ezen összefüggések részben empirikusan, részben a fizika törvényeinek felhasználásával prognosztizálják a vizsgált terület várható erózióval szembeni toleranciáját (60. ábra). Az elfogadható előrejelzés alapja a minél részletesebb, pontosabb és megbízhatóbb bemeneti paraméter megléte (KITKA G. *et al.* 2008). E bemeneti paraméterek a talaj, a domborzat, a növényzet és az éghajlat legfontosabb jellemzői, ezért e paraméterek és a kalibráláshoz szükséges adatok minél szélesebb körű monitorozása és rögzítése alapvető feladat.

A talajpusztulás által okozott *on-site* és *off-site* katasztrofális események kockázatainak pontos becslése a fent említett tényezők országos felmérését igényelné. Magyarországon részletes felmérések csak kisebb területekre készültek (7. táblázat).



60. ábra. Hosszú távú talajerózió becslő (szimulációs) térképek (BALOGH J.–DI GLÉRIA M.–JAKAB G. 2003 alapján). Az erodálódott talajréteg vastagsága 100 év alatt szántóföldi gazdálkodás (bal oldal) és 1000 év alatt legelő gazdálkodás (jobb oldal) esetén

7. táblázat. A lejtő szintű vizsgálatok alapján humuszkarbonát talajra számított eróziós értékek szántóföldön*

Lejtőhossz, m	Lejtés, %	Talajpusztulás	
		t/ha/év	mm
20	0–5	42	2,81
	5–12	124	8,24
	12–25	275	18,36
	25 <	336	22,41
80	0–5	45	2,98
	5–12	131	8,74
	12–25	293	19,48
	25 <	357	23,74
200	0–5	49	3,23
	5–12	142	9,45
	12–25	317	21,15
	25 <	387	25,87
250	0–5	51	3,41
	5–12	149	9,96
	12–25	334	21,15
	25 <	408	27,16

* BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1996 alapján. Esőtényező (R): 147. Növénykultúra: kukorica

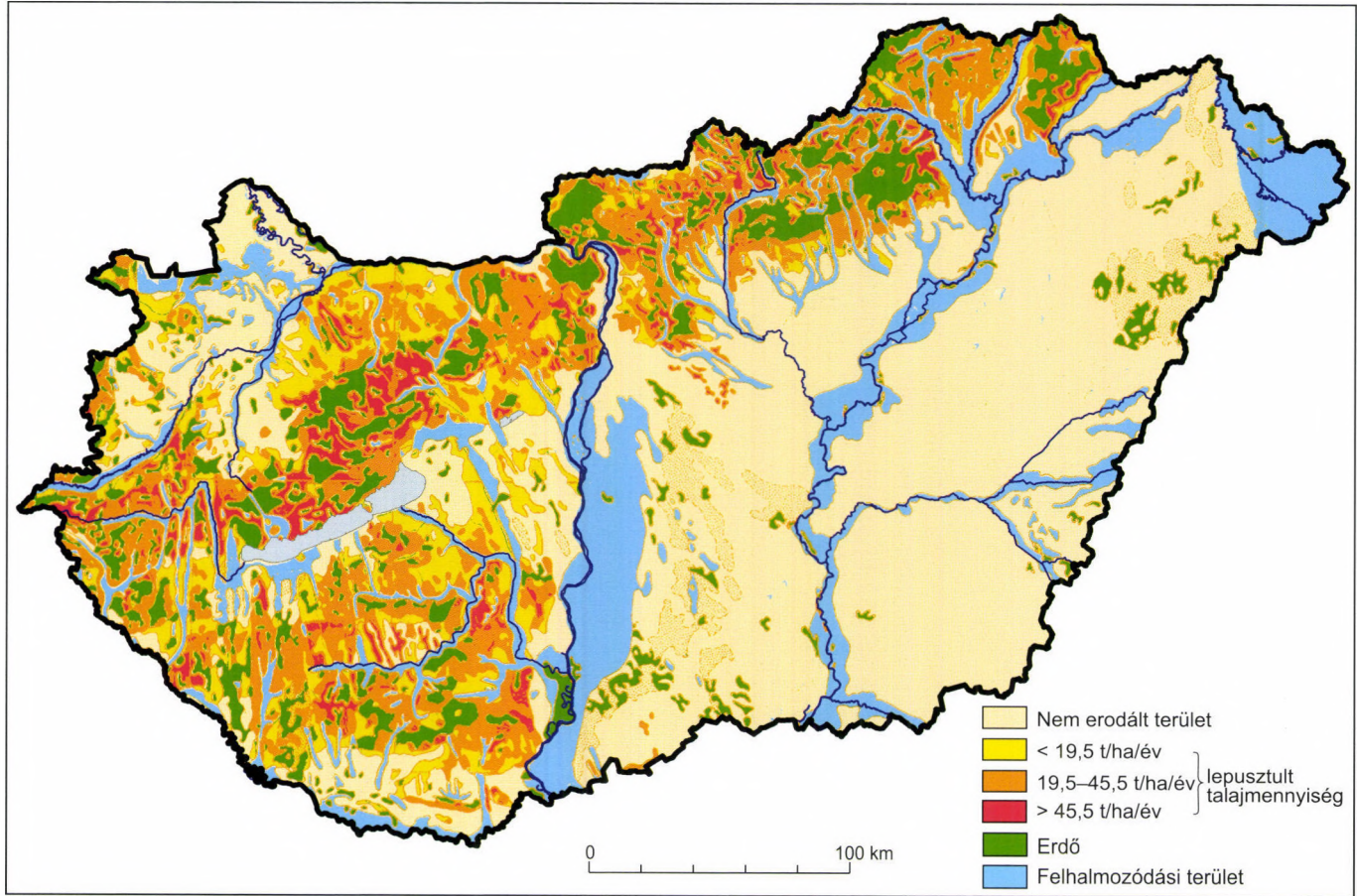
Mérőkeres kísérletek és a modellszámítások alapján, a lejtőhossz függvényében akár hektáronként évi 400 tonnánál is nagyobb mennyiségű talaj pusztulhat le, ami évenként megközelítőleg 3 cm vastagságú talaj elvesztését jelenti.

A nagy területről lehordódó anyag a helyi erózióbázisokon halmozódik fel. Ez a középhegységi és dombvidéki területek völgyeiben (azokon a területeken, ahol a települések is találhatóak) átlagosan akár 30–60 cm hordalék lerakódását eredményezheti.

Amennyiben a talajpusztulás intenzív csapadékeseményhez kötődik, úgy ez az üledékmennyiség akár egy adott alkalommal is lerakódhat! Hirtelen eséscsökkenés, vagy az épített környezet hatására a lerakódás kisebb foltokban az egy méter vastagságot is meghaladhatja.

Az egész országra kiterjedő részletes felmérések hiányában ez a környezeti kockázat csak áttételesen, az egységnyi területről átlagosan lepusztult talajmennyiség alapján becsülhető (61. ábra).

Átlagos értékeket figyelembe véve az ország leginkább veszélyeztetett területei közé azok tartoznak, ahol a talajpusztulás mértéke évenként eléri a 46 t/ha mennyiséget. Ez éves szinten átlagosan 2,8 mm talaj lepusztulását jelenti.



61. ábra. Átlagos talajeróziós értékek Magyarországon. (DUCK T.–STEFANOVITS P. 1989 nyomán aktualizálta SZALAI Z. 2011).

6. VILLÁMÁRVIZEK: A KIS VÍZFOLYÁSOK HIRTELEN ÁRADÁSÁNAK PROBLÉMÁI

A nagy kiterjedésű és jelentős lélekszámmal jellemezhető síkvidéki területeken évszázados probléma a belvizek elvezetése, illetve az ellenük való védekezés (PETRASOVITS I. 1982). Az utóbbi 15–20 évben a vizes (villámárvizes) katasztrófák viszont ismételten ráirányították a figyelmet és a kutatásokat a domb- és hegyvidéki területekre is. Ennek oka az, hogy a korábban áradásokkal nem sújtott területeken, mint kisebb patakokon, vagy akár időszakos vízfolyásokat levezető deráziós völgyekben is kialakultak váratlan, hirtelen árvízi elöntések.

Ezeket az áradásokat az angolszász szakirodalom alapján *villámárvizeknek* (*flash flood*) nevezzük, utalva a folyamat időbeli jellegére (GRUNTFEST, E.–RIPPS, A. 2000; CZIGÁNY Sz. *et al.* 2010). Emellett több szinonimája ismert e fogalomnak (*hirtelen áradás; hegy- és dombvidéki árvíz; vihar kiváltotta árvíz* stb.).

A települések vízgyűjtőire hulló záporcsapadékból keletkező felszíni víz korlátozás nélküli elvezetésének módszerét a települési vízgazdálkodásban (GAYER J.–LIGETVÁRI F. 2007) csapadékcsatornázásnak nevezzük, amennyiben a vízgyűjtő lejtése átlagos összegyülekezést tesz lehetővé az extrém csapadékvizek is levezethetők nagyobb káresemények nélkül. Ha viszont a lejtésviszony miatt ez nem lehetséges, akkor mind a hidrológiai, mind a műszaki megoldási módszerek alkalmazása fokozott óvatosságot igényel a domb- és hegyvidéki települések vízgyűjtőin a havária villámárvizek káresemény csökkentése céljából (FEHÉR F.–HORVÁTH J.–ONDRUSS L. 1986).

A villámárvizek általában természetes folyamatok hatására, többnyire csapadékhullás eredményeként alakulnak ki, de ismertek antropogén befolyásra kialakuló katasztrófák is. Mesterséges gátak, vagy töltések átszakadása ugyanúgy okozhat hirtelen áradást (8. táblázat).

A villámárvizek klasszikus földrajzi területei a száraz, félszáraz éghajlatú vidékek, ahol az évi 50–500 mm közötti csapadékmennyiség jórészt egy-egy esőzés alkalmával zúdul le, egyúttal jelentősen átformálva a domborzatot. E felszínformáló erőnek már a korai kutatások során jelentős szerepet tulajdonítottak, többek közt a pedimentek mint elegyengetett felszínnek kialakulásának magyarázatában (MCGEE, W.J. 1897). E területek jórészt lakatlanok, ahol e természetes villámárvizek sohasem okoztak komoly gazdasági károkat. Az utóbbi negyven évben a klíma ingadozása, valamint bolygónk növekvő népessége miatt sűrűn lakott területeken is megjelentek hasonló folyamatok (VASS P. 1997).

A villámárvizek egyik legfontosabb jellegzetessége az időbeli lefolyás rövidecsége. A maximális vízállás kialakulása – nemzetközi és hazai tapasztalatok alapján – 30 és 360 perc között változik a nagy intenzitású és rövid ideig tartó csapadékeseményhez viszonyítva (GEORGAKAKOS, K.P. 1987). Ez szinte

8. táblázat. Az elmúlt 5 év legnagyobb gátszakadásai a Földön

Hely	Év	Ország, állam	A katasztrófa oka	Halottak száma, fő
Campos Novos-gát	2006	Brazília	Vízvezető alagút beomlása	0
Gusau-gát	2006	Nigéria	Intenzív áradások	40+
Ka Loko-víztározó	2006	USA, Hawaii	Intenzív csapadék és áradások; karbantartás és rendszeres ellenőrzés hiánya; illegális módosítások	7
Delton-tó tározó	2008	USA, Wisconsin	Az USA középnyugati területein kialakult árvizek (2008 jún.)	0
Koshi Barrage-gát	2008	Nepál	Intenzív esőzések	n.a.
Situ Gintung-gát	2009	Indonézia	Karbantartás hiányossága, monszun esők	100+
Kizil-Agash-gát	2010	Kazahsztán	Intenzív esőzések és hóolvadás	43+
Hope Mills-gát	2010	USA, North Carolina	Víznyelő kialakulása következtében a felszín berogyása	0
Delhi-gát	2010	USA, Iowa	Intenzív áradások és esőzések	0
Ajka, vörösiszap-tározó	2010	Magyarország	Timföldgyár iszaptározójának gátszakadása	10
Kenmare Resources iszaptározó	2010	Mozambik	Titánium bánya iszaptározójának gátszakadása	1
Fujinuma-gát	2011	Japán	Töhoku földrengés	12

lehetetlenné teszi az árvíz elleni védekezést, és jelentősen megnehezíti a megfelelő riadótáji rendszer kialakítását és működtetését is.

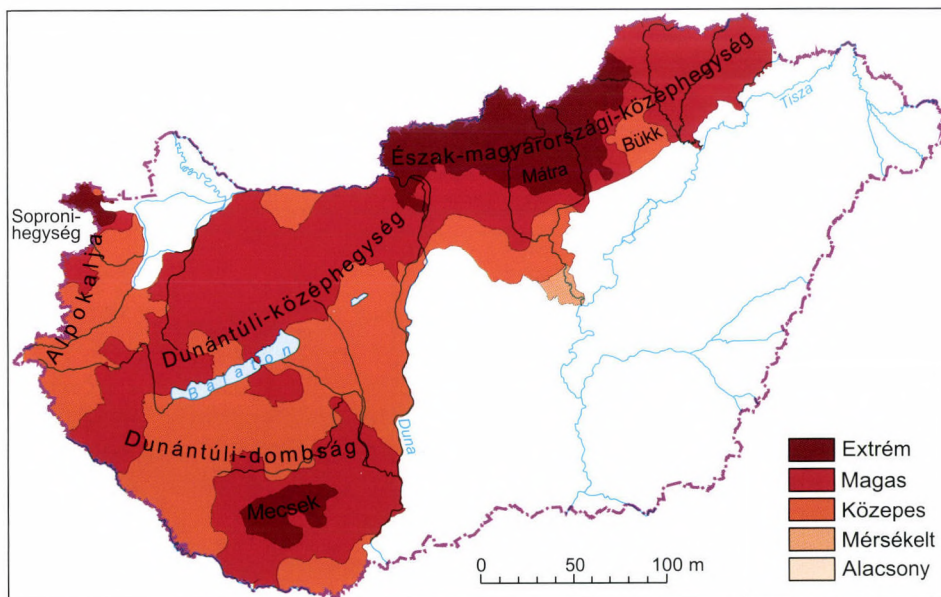
A másik jellemző tulajdonságuk, hogy legtöbbször torrens, szupercellákból származó intenzív csapadékesemények által kiváltott hidrológiai események. Az elmúlt évszázad során Magyarországról is szórva nyosan ismertek voltak az ilyen típusú áradások, főleg a felszabdalt, nagy relatív reliefenergiával rendelkező dombvidékeinken. A legutóbbi években azonban – a hazánk éghajlatát fokozottan jellemző szélsőségekhez igazodva – megnőtt a gyakoriságuk.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) adatai és jelentései alapján hazánk területén az éves átlagos csapadékmennyiség valamelyest csökken és ezzel párhuzamosan csökken a csapadékos napok száma is. Érdekes viszont, hogy ugyanakkor növekszik az egy napra jutó átlagos csapadékmennyiség, azaz egyre gyakoribbá válhatnak az intenzív csapadékesemények. A 20. század első felében az éves lehullott csapadékmennyiség mintegy 20%-át adta a csapadékesemények legintenzívebb 1%-a. Az utób-

bi harminc évben ez az arány kétszeresére kb. 40%-ra emelkedett. A jelentős csapadékmennyiséggel jellemzett napok számának havi eloszlása a korábbi május-június-júliusi dominancia helyett az év többi időszakára is kiterjedt, tehát ma már szinte minden évszakban előfordulhatnak ilyen események (SZALAI S. et al. 2005). A hazánkban eddig mért legnagyobb 60 perces csapadékösszeg 120 mm (Heves, 1988. augusztus 23.) és a legnagyobb becsült napi csapadékösszeg 260 mm (Dad, 1953. június 9.) volt (SZILÁGYI J. 1954). A 100 mm-t meghaladó napi csapadékösszegek az utóbbi harminc évben egyre gyakoribbá váltak.

További fontos, a villámárvizek kialakulását és lefolyását befolyásoló tényezők a felszínborítottság, valamint a geo-, hidro- és pedomorfológiai viszonyok (CZIGÁNY SZ.–PIRKHOFFER E.–GERESDI I. 2009). Ezeket összefoglalóan statikus paramétereknek, míg magát a meteorológiai eseményt dinamikus összetevőnek tekinthetjük azokban a modellekben, amelyek megpróbálják a katasztrófákat rekonstruálni. A kockázati elemzésekben szintén e statikus paramétereket használják fel (CZIGÁNY SZ. et al. 2011) (62. ábra).

A kopár felszínek nyilvánvalóan hatást gyakorolnak a felszíni lefolyás és beszivárgás, valamint az evaporáció arányára és mértékére. A felszínhasználat viszonylag gyors változása miatt e paraméter alakulása nehezen követhető. Egyrészt az évszakok folyamatos változása a természetes vegetációt módosítja.



62. ábra. Magyarország domb- és hegyvidéki (hidrológiai megközelítésű) vízgyűjtőinek generalizált villámárvízi veszélyeztetettségi térképe (Szerk.: PIRKHOFFER E. 2011)

Másrészt hazánk domb- és hegyvidéki (hidrológiai megközelítésű) vízgyűjtőin kb. 29 000 km² terület áll művelés alatt (az erdőgazdálkodás térszíneit leszámítva). E területeken a mezőgazdasági kultúrától függően évszakos jelleggel alakulnak ki nyílt növényzettel alig fedett területek. Mind a mátrakeresztesi (HORVÁTH Á. 2005), mind a nagykovácsi (FÁBIÁN Sz.Á. *et al.* 2009) katasztrófa vizsgálata során egyértelmű összefüggést lehet megállapítani a villámárvizek kialakulása és a felszín hiányos vegetáció-borítottsága között. Előbbi esetben a tavaszi időpont miatt (április 18.) még nem alakult ki zárt lombkorona a hegyvidéki vízgyűjtőn. Utóbbi esetben a kis területű részvízgyűjtő felső szakaszán kukoricát vetettek, ami az esemény időpontjában (május 13.) éppen csak kihajtott (61. kép). Az erdőszült területeken a nem szakszerűen végzett erdőgazdálkodás következtében alakulhatnak ki összefüggő kopár felszínek.

Geomorfológiai szempontból kiemelten veszélyeztetettek a nagy reliefenergiával rendelkező hegyvidéki, és a kisebb reliefenergiával rendelkező, de nagymértékben felszabdalt dombvidéki területek is. Ilyen helyeken a völgyek sokszor nem is rendelkeznek állandó, vagy időszakos vízfolyásokkal, gyakoriak a deráziós és eróziós-deráziós völgytípusok, valamint a mélyutak. Önmagában egy meredek lejtő nem képes árvíz kialakítására, ehhez az szük-



61. kép. A völgyzáró töltésezett mezőgazdasági út mögött felgyűlt egyszeri (max. 30 cm vastag) eróziós talajhordalék és a vízgyűjtő felső szakasza az árvíz másnapján Nagykönyiban.

Fotó: FÁBIÁN Sz. Á.



62. kép. A Baranya-csatornából kilépő vizek 2010. május 17–21. között elöntötték az alacsonyabban fekvő szántóföldeket, utakat és a Pécs–Dombóvár vasútvonalat is.
Forrás: DDKÖVIZIG.

séges, hogy a domborzat meredekségében határozott változás történjen. E változásokat jelölik az inflexiós pontok, melyek valódi veszélyforrások, mert az árvizeket okozó víztömegek itt lassulnak le és torlódnak össze (62. kép).

A laza kőzetanyagú, felszabdalt dombvidéki területek völgyhálózatának jellegzetessége, hogy a völgyek kis esésű, keskenyebb-szélesebb, páholy-szerű, általában völgyközi hát felszínére húzóderáziós völgyfővel indulnak. Ez a villámárvíz kialakulásának esélyét jelentősen növeli, mert amennyiben éppen erre a viszonylag kis területű völgyszakaszra érkezik a csapadék, akkor az a gyors összegyülekezés után egy szűkebb és nagyobb lejtésű völgyszakaszra ér. A szűkebb völgy nagyobb vízszintet, a nagyobb lejtés gyorsabb áramlást és nagyobb munkavégző-képességet, tehát rombolást jelent. A völgyhálózat sűrűségének a növekedése együtt jár a lefolyás növekedésével, tehát egyre növekedik az árvízi veszélyeztetettség.

Az adott terület fizikai talajfélesége és a talaj vastagsága is befolyásolja a beszivárgás, illetve a köztés lefolyás mennyiségét. Minél agyagosabb a talaj, annál inkább csökken a vízáteresztő képessége, nő a csapadék beszivárgás és nő a lefolyás mennyisége is. A talajok vastagságát tekintve ugyanez a helyzet, minél vékonyabb a talajszelvény, annál inkább nő a felszíni lefolyás

mennyisége. Hozzáteve, hogy a villámárvízet kiváltó csapadék esetében a lefolyást befolyásoló beszivárgási vastagság a talajban max. 30 cm (CZIGÁNY, SZ.–PIRKHOFFER, E.–GERESDI, I. 2010).

A fentiek alapján egyértelműen megállapítható, hogy a villámárvizek vizsgálata merőben más megközelítést igényel, mint a hagyományos síkvidéki elöntéseké. Ha kisebb vízgyűjtőket, vagy részvízgyűjtőket vizsgálunk, akkor külön kell foglalkozni az antropogén morfológiai elemekkel – mint például ártéri épületek, út- és vasúti töltések, kis áteresztő képességű hidak stb. –, amelyek sajnos sokszor fokozhatják a kockázatot (FÁBIÁN SZ.Á. *et al.* 2009).

6.1. Villámárvizek Magyarországon

Az utóbbi 10 évben több, jelentős károkozással járó villámárvíz is sújtotta hazánkat (63. kép). Ezek közül kiemelkedő évek voltak 2002 (Nagykónyi), 2005 (Mátrakeresztes, Mád), 2009 (Pécs) és 2010 (Bükkösd, Csikóstóttós és Pécs).

Nagykónyiban 2002. május 13-án a 45 perc alatt lehullott csapadék hatására a Bársony utcán kb. 1 m magasan sáros víz hömpölygött lefelé, mintegy



63. kép. A Baranya-csatornából kilépő vizek a 2010. május 17–20. közötti extrém csapadékos napokon elöntötték Sásd alacsonyabban fekvő részeit. Fotó: CZIGÁNY SZ.

250 m-en felbontva az aszfaltot, és magával ragadva egy ott parkoló autóbuszt. Az árvíz hatására összesen 18 ház sérült meg, amelyek közül egyet le is kellett bontani (64. kép). A csapadék mennyisége pontos adatok hiányában csak becsülhető: 45 perc alatt kb. 50–90 mm hullott (FÁBIÁN Sz. Á. et al. 2009).



64. kép. A Bársony utca Nagykönyiban a villámárvíz másnapján. A ház nem bírta a kb. 1 m magas víz nyomását, és hátsó fala kidőlt. Az épületet (balra a hátsó fal, jobbra a bejárati oldal) később lebontották. Fotó: FÁBIÁN Sz.Á.



65. kép. A 2010. májusi árvizek által okozott károk Pécsen a Vince és a Május 1. utcákban (a, b, c), valamint a Baranya-csatorna mentén (d). Fotók: RONCZYK L. (a, b, c), CZIGÁNY Sz. (d)

Mátraszentlászló mérőállomásán 2005. április 18-án közel két óra alatt 111 mm eső esett. Ezt megelőzően egész áprilisban szinte minden nap hullott csapadék Mátrakeresztes térségében a Csörgő-patak vízgyűjtőjén, tehát a talaj a telítetthez közeli állapotban volt. Továbbá a korai időpontban még gyér növényzet fedte a felszínt. E szerencsétlen véletlenek sorozata oda vezetett, hogy a felszabdalt, nagy esésű nyugat-mátrai kis vízgyűjtőn villámárvíz alakult ki.

A Dél-Dunántúl legpusztítóbb hirtelen árvízi eseményei 2010. május 15–18. között játszódtak le.

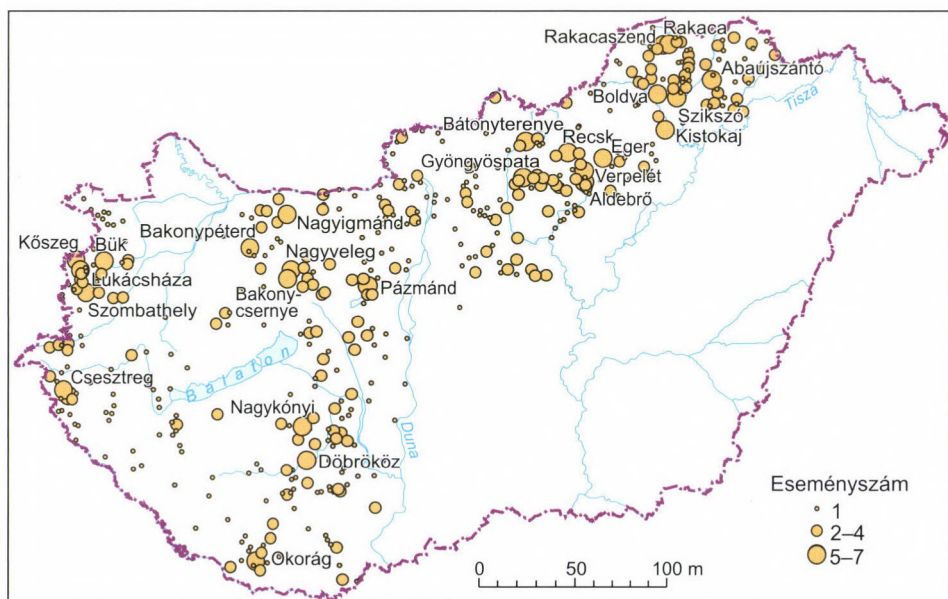
- Május 17-én több pécsi utcán is árvíz vonult le, házakat, autókat és utcát megrongálva (65. kép).

- Csikóstóttősen 65 embert telepítettek ki, a főközlekedési utat több napra lezárták. A Bükkösi-patakon levonuló árhullám több szakaszon réteket, illetve szántóterületet öntött el.

- Királyegyházánál víz a bal parton több helyen is meghaladta a töltés magasságát. A hirtelen áradás ellen a helyiek nyúlgátakkal védekeztek, ám a kertekben így is 1,5 m-es víz állt.

- Bükkösd belterületén 60 m-es szakaszon homokzsákokkal kellett védeni a lakóépületeket.

- Hetvehelyen a sok eső miatt megcsúszott löszfal veszélyeztetett egy lakóházat, amelynek két lakóját ki kellett költöztetni.



63. ábra. A biztosítók által kifizetett helyi vízkár események (Szerk.: PIRKHOFER E. 2011)

Alig egy hónappal később (június 21-én) egy özönvízszerű felhősza-
kadás következményeként csaknem 1 m magas áradat mosta el a Szekszárd
környéki sötétvölgyi gyermektábort, ahonnan tűzoltók mentették ki a gyer-
mekeket.

A biztosítók legutolsó felmérési szerint a május-júniusi események
országosan kb. 100 md Ft kárt okoztak, 3100 lakóház szenvedett valamilyen
sérülést, a mezőgazdasági kár értéke megközelítette a 30 md Ft-ot (63. *ábra*).

6.2. Városi árvizek

A városi árvizek speciális altípusát képezik a villámárvizeknek, mert kialaku-
lásuk az urbanogén térszínek elterjedésének köszönhető. A kényelmes városi
életmód velejárója a megnövekedett beépítés és a természetes felületek arányá-
nak visszaszorulása. Az aszfalt, beton és kövezett felszínek szinte tökéletesen
vízzárrónak tekinthetők. Így a beszivárgás mértéke a nullához közelít, azaz
minden csapadékesemény felszíni lefolyásként realizálódik.

A nem, vagy nem megfelelő méretben kiépített felszíni, vagy fel-
szín alatti vízvezető rendszerek további problémákat generálnak (Pécs,
Szekszárd). Az ilyen rendszerek hiányában az intenzív csapadékesemények
(pl. 2009. és 2010. május) még a síkvidéki városainkban is gondot okoznak.

7. A FÖLDRENGÉSEK ELLENI VÉDEKEZÉS STRATÉGIÁJA

Bár a földrengés Magyarországon nem tartozik a mindennapos élményeink közé, tévedés lenne azt gondolni, hogy hazánkban egyáltalán nem, vagy nagyon ritkán előforduló természeti jelenségről van szó. Az elmúlt másfél évezred során a Kárpát-medencében több mint 20 ezer földrengésről tudunk, melyek jelentős része történeti leírásokból ismert, tehát elég nagy volt ahhoz, hogy az emberek számára érezhető legyen, kisebb-nagyobb károkat okozzon és a feljegyzésekben is említésre kerüljön. A nagyobb rengések komoly anyagi károkat okoztak az épített környezetben, esetenként pedig halálos áldozatokat is követeltek (TÓTH L. 2005). Az 1763. június 28-án Komárom környékén kipattant M 6,3 magnitúdójú földrengés során a város harmada elpusztult, 63-an meghaltak, 120-nál is több volt a sebesült (SZEIDOVITZ Gy. 1990).

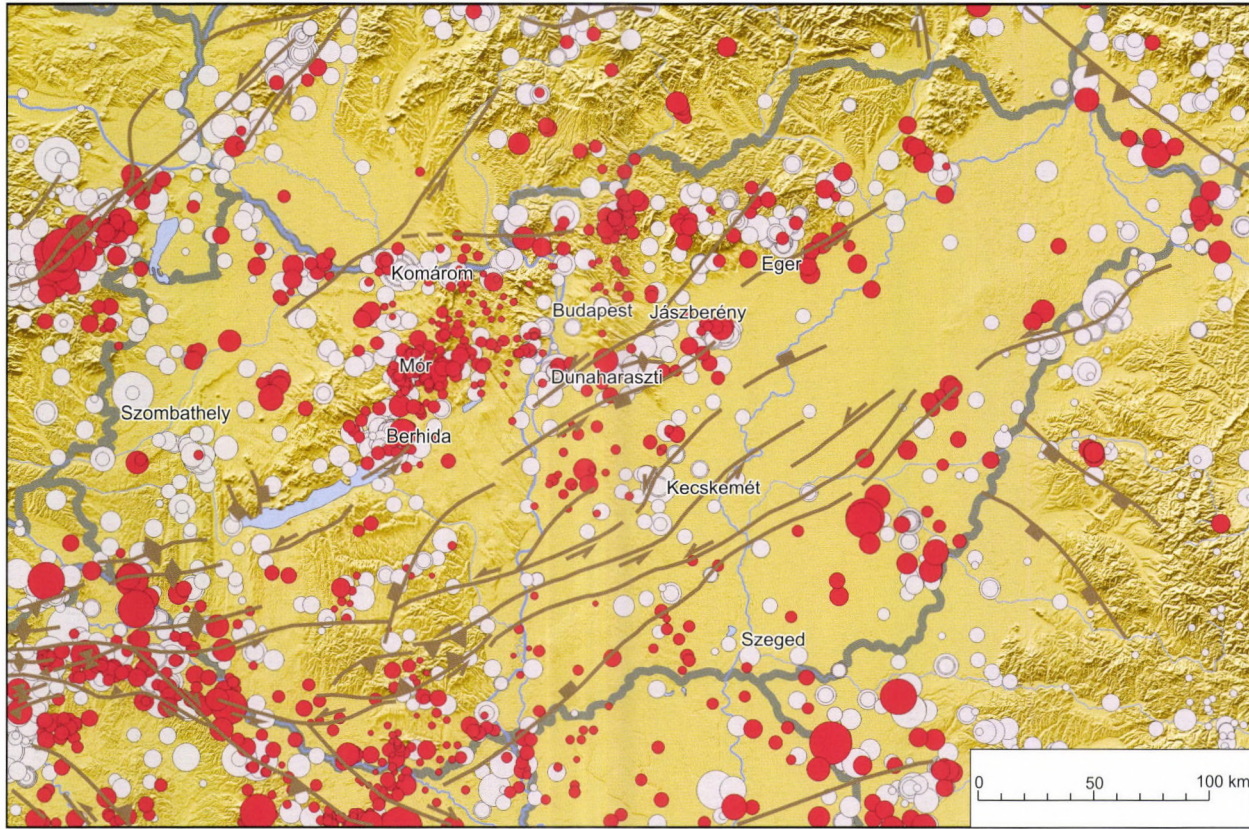
7.1. Magyarország szeizmotektonikai környezete

A Kárpát-medencében és a környező hegységekben napjainkban is aktív tektonikai folyamatok zajlanak (BADA, G. et al. 2006), s e földtani folyamatokat gyakran kísérik földrengések is. A Kárpát-medencére, illetve a kárpáti térségre közepes mértékű földrengés tevékenység jellemző.

A térség szeizmikus szempontból legaktívabb területei az Alpok déli és a Dinaridák északnyugati része, valamint a Kárpát-kanyar (Vrancea-zóna). Jelentős szeizmikus aktivitást mutat a Mura völgyéből induló és a Kis-Kárpátokon át is követhető Mura–Mürz-zóna és számottevő földrengés tevékenységgel találkozhatunk még Kárpátalja, (ezen belül főként Máramaros) területén, és a Bánságban is.

Magyarországon a földrengés-aktivitás a lemezperemi területekhez képest mérsékelt, a rengések epicentrumainak eloszlása pedig első pillantásra rendszertelennek látszik. Nehéz eldönteni, hogy a földrengések izolált területeken, vagy szeizmikusan aktív vonalak mentén keletkeznek. Mindenesetre felismerhető néhány terület, ahol viszonylag gyakran fordult elő a múltban földrengés. Ilyenek például Komárom és Mór környéke, valamint Jászberény, Kecskemét és Dunaharaszti, ahol szintén jelentős volt az aktivitás egy-egy időszakban.

Az alacsony szeizmicitás nem feltétlenül jelenti a földrengések méretének csekélységét: komoly épületkárokat okozó földrengésekről van szó, néhány esetben talajfolyósodást is okozó gyorsulásokkal (pl. 1763 Komárom, M 6,3; 1911 Kecskemét, M 5,6), esetleg a felszínen is megjelenő töréssel (pl. 1834 Érmellék, M 6,5). Ezek a példák azt mutatják, hogy 6,0–6,5 magnitúdójú rengések lehetségesek, de nem gyakoriak Magyarországon (BUS Z.–TÓTH L. 2007) (64. ábra, 9. táblázat).



64. ábra. A földrengések területi eloszlása Magyarországon. A szürke körök a historikus rengéseket (456–1994), a piros körök az utóbbi évek rengéseit (1995–2010), a szürke vonalak a neotektonikai (aktív) szerkezeteket mutatják. Az ismert tektonikai elemek és a földrengések kapcsolata csak egyes esetekben mutatható ki, többnyire azonban ilyen kapcsolat nem ismerhető fel

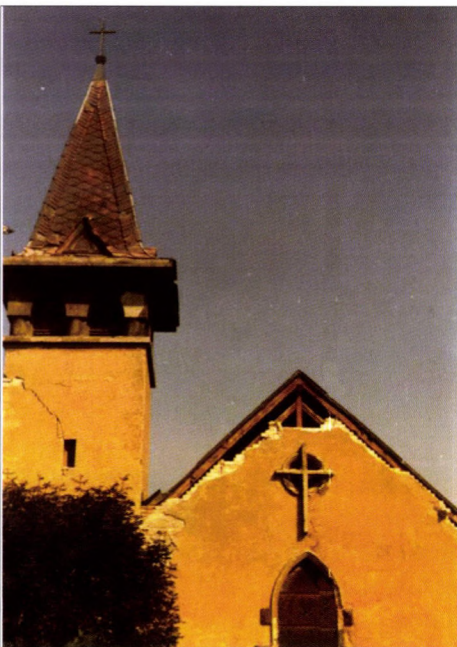
9. táblázat. Nagyobb károkat okozó földrengések a mai Magyarország területén, 456–1985.

Idő	Magnitúdó	Intenzitás	Hely
456. szeptember 7.	6,1	IX	Szombathely környéke
984.	5,5	VIII	valahol Magyarországon
1038. augusztus 15.	5,5	VIII	valahol Magyarországon
1092. július 6.	5,5	VIII	valahol Magyarországon
1100.	5,5	VIII	valahol a Dunántúlon
1287. június 23.	5,5	VIII	valahol Magyarországon
1342.	4,9	VII	valahol Magyarországon
1380.	4,9	VII	valahol Magyarországon
1410.	5,5	VIII	valahol Magyarországon
1444. augusztus 4.	5,5	VIII	Szeged
1556. január 24.	5,6	VIII	valahol Nyugat-Magyarországon
1561. február 12.	5,6	VIII	Pest-Buda
1585. január 1.	5,6	VIII	valahol Nyugat-Magyarországon
1586.	4,9	VII	valahol Nyugat-Magyarországon
1599. október 1.	5,6	VIII	Komárom
1601. szeptember 7.	4,9	VII	valahol Nyugat-Magyarországon
1615. január 5.	4,9	VII	valahol Északnyugat-Magyarországon
1763. június 28.	6,3	IX	Komárom
1783. április 22.	5,2	VII–VIII	Komárom
1810. január 14.	5,4	VIII	Mór
1810. május 27.	4,9	VII	Mór
1851. július 1.	4,9	VII	Komárom
1868. június 21.	4,9	VII	Jászberény
1908. május 28.	4,1	VI–VII	Kecskemét
1911. július 8.	5,6	VIII	Kecskemét
1925. január 31.	5,0	VII–VIII	Eger
1956. január 12.	5,6	VIII	Dunaharaszti
1985. augusztus 15.	4,9	VII	Berhida

7.2. A földrengések gyakorisága

Magyarország egészének szeizmicitása alacsony-közepesnek mondható, megjegyezve, hogy ennek ellenére erős rengések kis számban, de előfordulnak, meglehetősen rendszertelen területi eloszlásban. A szeizmikus aktivitás területi eloszlása nem homogén, vannak az átlagnál egyértelműen aktívabbnak nevezhető területek, pl. Komárom, Móri-árok, Kapos-vonal, Eger, Jászság, Zala megye északi része. Földrengések szempontjából nyugodt területnek nevezhető viszont Somogy déli része, a Mezőföld és az Alföld Tiszától keletre eső része, eltekintve Békés térségétől. Általában elmondható, hogy az ismert tektonikai elemek és a rendelkezésre álló szeizmológiai adatok kapcsolata csak egyes esetekben mutatható ki, többnyire azonban ilyen kapcsolat nem ismerhető fel.

Az érzékeny szeizmológiai hálózat segítségével hazánk területén évente 100–120 kisebb (2,5 magnitúdó alatti erősségű) földrengést regisztrálunk, amelyek nagy része nem éri el az érzékettség határát (Tóth L. *et al.*, 1995–2010). A rengések gyakorisága alapján az ország területén évente négy-öt 2,5–3,0 magnitúdójú, az epicentrum környékén már jól érezhető, de károkat még nem okozó földrengésre kell számítani. Jelentősebb károkat okozó rengés 15–20 évenként, míg erős, nagyon nagy károkat okozó, 5,5–6,0 magnitúdójú földrengés 40–50 éves intervallumban pattan ki (Tóth L. *et al.* 2001, 2002) (66., 67., 68. kép).



66., 67. kép. Az 1985-ös berhidai földrengés ($M = 4,9$) miatt keletkezett épületkárok. Fotók: Túry G. 1985.



68. kép. A 2011. január 29-i oroszlányi földrengés ($M = 4,5$, I_0 VI) során megsérült lakóház Vértessomlón. Fotó: Túry G. 2011.

7.3. A földrengésveszély fogalma, meghatározása

Általánosan elfogadott vélemény a földrengéskutatók körében, hogy a földrengések előrejelzése nem lehetséges (HORVÁTH F.–TÓTH L. 2009). Sokat tudunk a földrengések keletkezési mechanizmusáról, elég jól ismerjük azokat a folyamatokat, amelyek a földrengéseket kiváltják, sok adatunk van arról, hogy a Föld különböző területein mekkora földrengés milyen gyakorisággal keletkezik. Nem tudjuk azonban előre jelezni a földrengések kipattanási idejét, és a belátható jövőben nincs is sok remény ennek megoldására. Nem lehet megfelelő pontossággal prognosztizálni ugyanis, hogy egy lassú, több évtizedig, gyakran évszázadig tartó, mm-cm/év sebességű elmozdulást kísérő feszültség-felhalmozódás hatására mikor következik be a törés az igen változatos, inhomogén földkéregben.

Lehetőség van azonban a földrengésveszély valószínűségi alapú meghatározására, vagyis annak kiszámítására, hogy valamely területen megadott méretű talajrázkódás adott időszak alatt milyen valószínűséggel várható.

Alapvetően két különböző módszer (egy determinisztikus és egy valószínűségi) ismeretes arra vonatkozólag, hogy meghatározzuk valamely specifikus helyen vagy területen – az annak környezetére jellemző földrengés tevékenység esetén – a felszín és a felszínhez közeli rétegek rezgőmozgásának jellemző paramétereit (TÓTH L. *et al.* 2009).

A *determinisztikus módszer* alapja az, hogy jól kell ismerni a specifikus terület nagyobb környezetében azokat a szerkezeteket (általában vetőzónákat), amelyek mentén földrengések keletkeznek, és ismerni kell azt is, hogy milyen méretű lehet az ezen forrázónákhoz kapcsolódó legnagyobb földrengés. A következő lépés az, hogy megkeressük az egyes forrázónáknak a specifikus helyhez legközelebb eső pontjait, és azt tételezzük föl, hogy a forrázónára jellemző legnagyobb földrengés ezeken a helyeken pattan ki. Ez után kiszámítjuk, hogy ezekben a legrosszabb esetekben a földrengések milyen jellegű és mértékű talajrezgést eredményeznek a kérdéses helyen.

A *valószínűségi módszer* szintén a forrázónákon alapul, de nem követeli meg azt, hogy azok tektonikai kapcsolatrendszerét pontosan ismerjük. Ezzel szemben igen fontos az, hogy megbízhatóan tudjuk minden egyes zónában a különböző magnitúdójú rengések gyakoriságát, azaz a $\log N = a - bM$ relációt. Ez a reláció tulajdonképpen megadja a különböző magnitúdójú földrengések bekövetkezésének éves gyakoriságát, illetve ezek karakterisztikus visszatérési időintervallumát. Feltételezzük, hogy egy forrázónán belül a földrengések véletlenszerűen, de minden pontban azonos valószínűséggel keletkeznek. A specifikus hely és a forrázóna közötti úthosszon bekövetkező energiacsökkenést figyelembe véve kiszámítható, hogy a vizsgált helyen milyen mértékű talajmozgás bekövetkezése várható valamely előre meghatározott valószínűségi szinten.

A gyakorlat azt mutatja, hogy a determinisztikus módszert ott célszerű alkalmazni, ahol a szeizmogén szerkezetek és az azok mentén várható maximális rengések jól meghatározhatók, mert a területnek magas a szeizmikus és tektonikai aktivitási szintje. Ez a feltétel elsősorban működő lemezhatárok mentén teljesül. Más, kevésbé szeizmikus területeken inkább a valószínűségi módszert részesítik előnyben. Magyarországon általában mi is ezt választjuk a szeizmikus rizikóanalízis során (TóTH L. *et al.* 2004, 2006).

Ilyen módon – bár a földrengést elhárítani nem lehet – a földrengés-veszély ismeretében előzetes felkészüléssel a földrengés által okozott károk és veszteségek csökkenthetők.

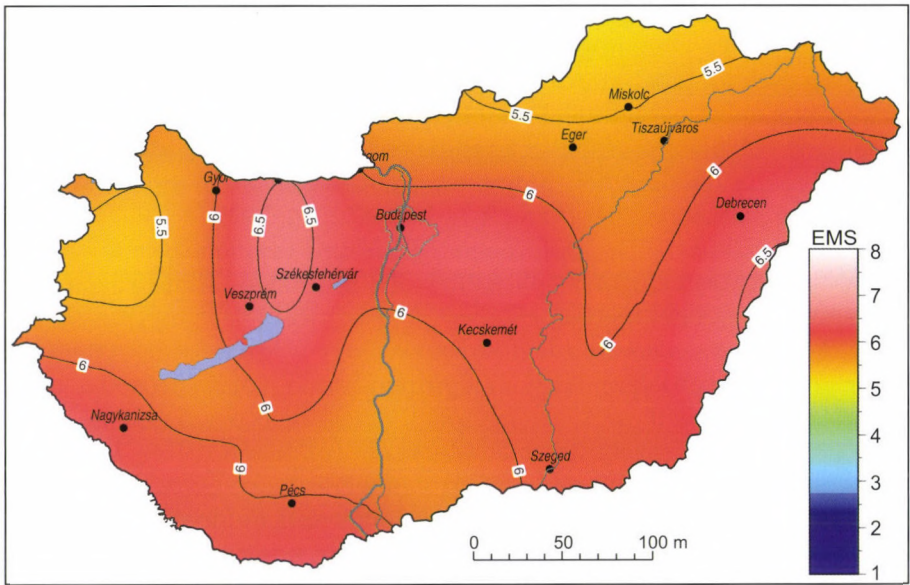
A felkészülés során a legfontosabb, hogy földrengésnek kitett területeken úgy kell építkezni, hogy az építmények nagyobb károsodás nélkül kibírják az ott bekövetkező földrengéseket. Azokban az országokban, ahol az effajta prevenciót hosszabb ideje alkalmazzák (pl. Japán, USA), lényegesen csökkentek a földrengések okozta károk, tízezres nagyságrendű áldozatok inkább a szegénységük, vagy más okok miatt erre nem figyelő országokban fordulnak elő.

A földrengés-veszélyeztetettség megadása történhet intenzitás egységben vagy a rezgés valamilyen fizikai paraméterének, leggyakrabban a gyorsulásnak a mértékegységében. Eleinte főleg az intenzitás alapú veszélyeztetettség prognosztizálása terjedt el. (A biztosító társaságok gyakran ma is ezt használják, hiszen a földrengés intenzitása közvetlenül jellemzi a rengés felszíni hatását az épített környezetre.)

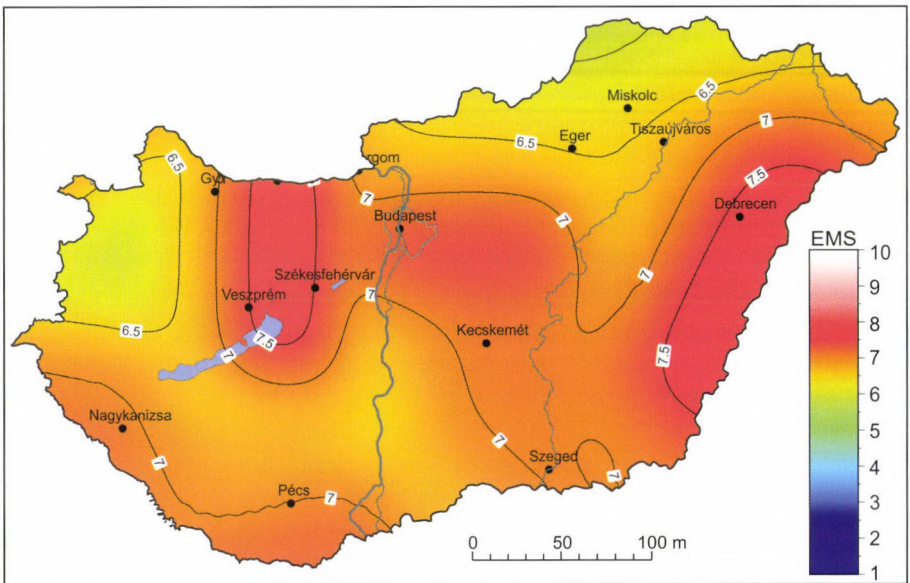
A földrengésállóság mérnöki tervezéséhez inkább a földrengés által keltett rezgés gyorsulása használható fel közvetlenül, ezért a földrengés szabványok (UBC 97 az USA-ban, Eurocode-8 az Európai Unióban) terjedésével az utóbbi években egyre népszerűbb lett a veszélyeztetettség gyorsulás értékben (m/s^2 vagy a g gravitációs gyorsulás törtrészeiben) való számítása.

Nagyon fontos megjegyezni, hogy a földrengések által okozott hatás a rengés tényleges nagysága mellett nagymértékben függ az adott hely geológiai felépítésétől is. Szilárdabb, konszolidáltabb altalaj esetén kisebb, lazább üledékek esetében pedig nagyobb a földrengés romboló hatása. Legnagyobb befolyása a legfelső néhány 10 m-es talajrétegnek van, a szabványok általában a felső 30 m hatásának figyelembe vételét írják elő. Az altalaj mérnök-szeizmológiai jellemzésére leginkább az S-hullám sebessége (v_s) alkalmas, ennek átlagos értéke alapján történik a talajok kategorizálása.

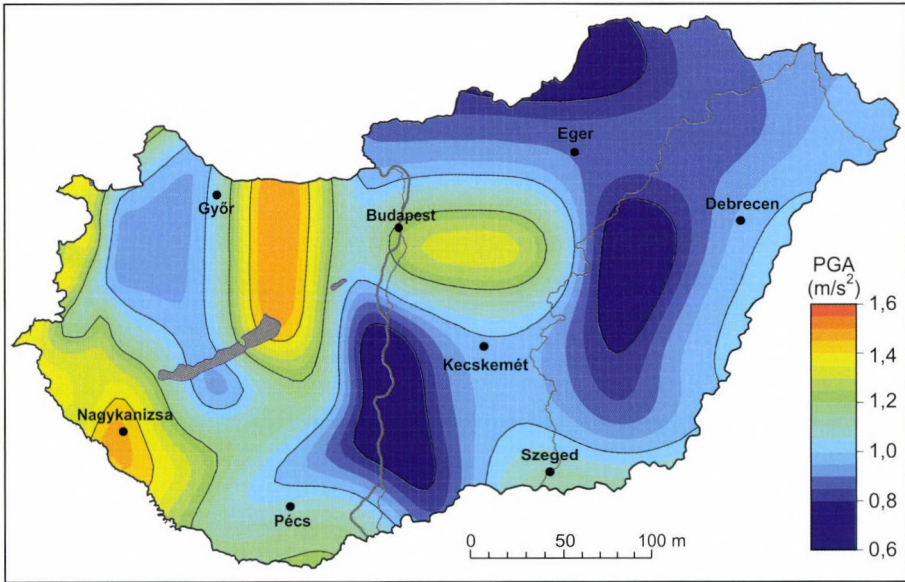
A 65–67. ábrák Magyarország területének földrengés-veszélyeztetettségét mutatják. A különböző valószínűségi szinteken és különböző mértékegységekben meghatározott veszélyeztetettségi térképek természetesen különbözőek, bár jellegükben nagyon hasonlóak. Megállapítható, hogy Magyarország területén a földrengés-veszélyeztetettség mérsékelt és az eloszlása nem nagyon változékony.



65. ábra. 25 év alatt 10% valószínűséggel (1/250 év gyakorisággal) várható földrengés intenzitások Magyarországon átlagos talajadottságok mellett



66. ábra. 150 év alatt 10% valószínűséggel (1/1429 év gyakorisággal) várható földrengés intenzitások Magyarországon átlagos talajadottságok mellett



67. ábra. 50 év alatt 10% valószínűséggel (1/475 év gyakorisággal) várható horizontális gyorsulások az alapkőzeten

A 250 év visszatérési időre (0,4% /év valószínűség) prognosztizált intenzitás térképen a legnagyobb értékek alig haladják meg a 6,5-et, a legalacsonyabbak pedig 5,0–5,5 körüliek. Az ország területének kb. a felén várható 6-nál nagyobb intenzitású megrázottság ezen a valószínűségi szinten. Legjobban veszélyeztetett terület Komárom–Veszprém–Székesfehérvár térsége, illetve az érmelléki földrengésforrásnak köszönhetően a Debrecentől keletre lévő vidék. Ezeken a területeken 6,5-nél nagyobb intenzitás várható 250 év alatt. Az ország középső és délnyugati részén a veszélyeztetettség 6-os intenzitással jellemezhető, míg a többi területen a várható megrázottság ennél 0,5–1 intenzitásfokkal alacsonyabb.

Az 1429 év visszatérési időre (0,07% /év valószínűség) prognosztizált intenzitás térképen a legnagyobb értékek meghaladják a 7,5-öt, a legalacsonyabbak pedig 6,0–6,5 körüliek. Az ország területének kb. a felén várható 7-nél nagyobb intenzitású megrázottság ezen a valószínűségi szinten. A legjobban veszélyeztetett területeken 7,5-nél nagyobb intenzitás várható 1429 év alatt. Magyarország középső és délnyugati részén a veszélyeztetettség 7-es intenzitással jellemezhető, míg a többi területen a várható megrázottság ennél 0,5–1 intenzitásfokkal alacsonyabb.

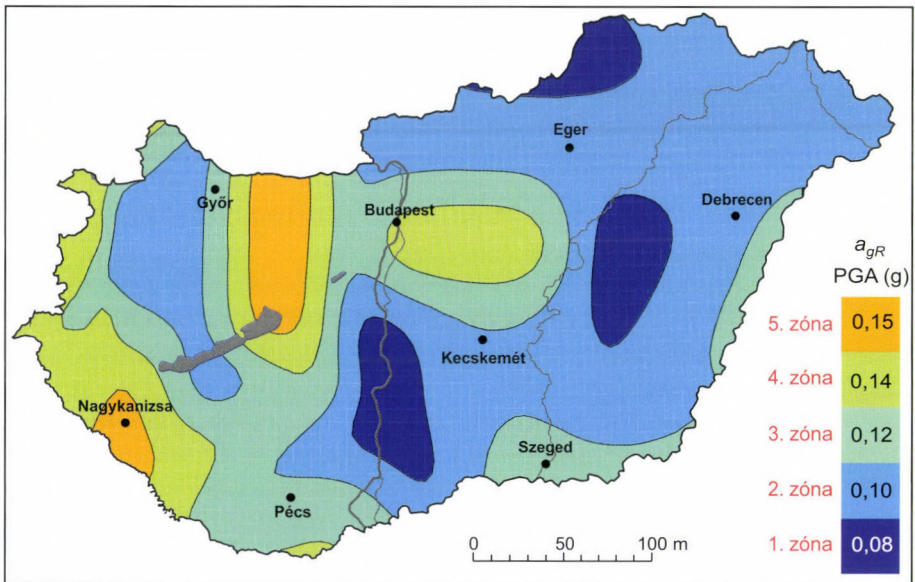
A mérnöki gyakorlatban leggyakrabban használt 475 év visszatérési időre (0,2%/év valószínűség) számított földrengés veszély (maximális horizon-

tális gyorsulás) mértéke Magyarországon a 0,6–1,6 m/s² intervallumban változik. A legmagasabb veszélyeztetettségű területek a Dunántúlon és Budapest környékén fordulnak elő.

7.4. A földrengés elleni védekezés hazai helyzete

Az Európai Unió egységes földrengés szabványt (Eurocode-8) fogadott el, mely részletesen meghatározza a földrengés biztos tervezés módszereit különböző építmények esetében.

Az EU tagországaiként Magyarországon is érvényben van az EU földrengés szabványa az Eurocode-8 (MSZ EN 1998-1). Ez a szabvány egységes tervezési metodikát ír elő az Unió egész területén. Röviden összefoglalva a követelményeket kijelenthető, hogy minden építményt úgy kell tervezni, hogy az élettartama (általában 50 év) alatt 10% valószínűséggel előforduló földrengést komolyabb szerkezeti károsodás, összeomlás nélkül kibírjon. Az egyes országok eltérő földrengés viszonyai miatt minden ország saját Nemzeti Mellékletében adja meg a helyi szeizmikus zónákat, a tervezéshez szükséges alapadatokat (68. ábra).



68. ábra. Magyarország szeizmikus zónatérképe. Az Eurocode-8 földrengés szabvány Nemzeti Melléklete Magyarország területét öt különböző szeizmikus veszélyeztetettségű zónába sorolja. Az egyes zónákban megadott a_{gR} gyorsulás – kiegészítve a helyi talajadottságokkal – képezi a földrengésre való tervezés inputját

Magyarországon az Eurocode-8 bevezetése (2009. január 1.) előtt nem volt olyan építési szabvány, mely a földrengésre való méretezést előírta volna. A tervező mérnökök széles körében élt az a téves nézet, hogy a szél teher úgyis meghaladja a földrengésből származó terhelést, ezért a szélre jól méretezett építmény automatikusan megfelel földrengésre is. Természetesen ez nem így van, hiszen a földrengésből származó erő dinamikus, a frekvencia függvényében más és más, korrekt módon csak az ún. „tervezési válaszspektrum” írja le.

A földrengéshatásra tervező statikusok hamar szembesültek azzal, hogy még a magyarországi mérsékelt szeizmicitás mellett is a földrengésből származó teher meghatározóvá válik bizonyos építmények (pl. hidak) esetében.

A szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény szerint a szabvány „közmegegyezéssel elfogadott dokumentum”. Az Eurocode-8 (MSZ EN 1998-1) szabvány Nemzeti Mellékletét illetően Magyarországon sajnos nem sikerült teljes konszenzusra jutni, mert a földtudományi szakma által javasolt földrengés térkép sértette egy kisebb, de erős érdekérvényesítéssel rendelkező csoport érdekeit. A vasbeton építők úgy gondolták, hogy nagyobb fesztávú csarnokok esetében a földrengésre való méretezés a vasbeton szerkezeteket az acélszerkezetekkel szemben hátrányosabb helyzetbe hozza, ami a vasbeton felhasználásával készülő építmények kivitelezési költségeit jelentősen megdrágítaná. Ezért a szabványügyi törvény értelmében konszenzussal elfogadható szabvány e részét megvették.

Jelenleg (2011) tehát van egy érvényes földrengés szabvány, amelynek nincs teljesen elfogadott melléklete. A „Szeizmikus zónatérkép” szerepel a Nemzeti Mellékletben, de a Magyar Mérnöki Kamara olyan kiegészítő megjegyzésével, hogy ezen értékek 2/3-ának használata is elfogadható.

7.5. Különlegesen veszélyes létesítmények földrengésbiztonsága

Nagyon fontos a földrengésállóság az olyan veszélyes ipari létesítmények esetében, amelyek sérülése a környezetet különlegesen nagymértékben veszélyezteti. Ezek között első helyen a nukleáris létesítmények (atomerőművek, radioaktív hulladéktárolók) vannak. Ezekre az Eurocode-8-nál sokkal szigorúbb előírások vonatkoznak, amelyeket a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ), a hazai Nukleáris Biztonsági Szabályzat (NBSz), továbbá törvények és kormányrendeletek kodifikálnak. Általában jellemző a nukleáris objektumok esetén, hogy a biztonságot nagyon kis valószínűséggel (évente 10^{-4} – 10^{-6}) előforduló földrengésekre is megkövetelik. A kis valószínűség azt jelenti, hogy a csak nagyon ritkán előforduló, nagy magnitúdójú földrengések elviselésére is fel kell készíteni a létesítményt.

Az eredetileg földrengésre nem méretezett Paksi Atomerőműben az 1990-es években egy kiterjedt földrengésbiztonsági projektet folytattak. Ennek keretében a legkorszerűbb mérnök-szeizmológiai módszerekkel, nemzetközi együttműködésben határozták meg a telephely földrengés-veszélyeztetettségét, majd az erőmű építményeit és műszaki berendezéseit megerősítették, hogy a várható földrengéseket kibírják. A megerősítést követően a Paksi Atomerőmű üzemszerű működéssel viselne el egy 10^{-2} /év valószínűséggel előforduló, 0,09 g gyorsulást okozó földrengést. A 10^{-4} /év valószínűséggel előforduló, 0,25 g gyorsulást okozó földrengés esetén pedig biztonságosan leállítható lenne.

8. FÖLDTANI VESZÉLYFORRÁSOK

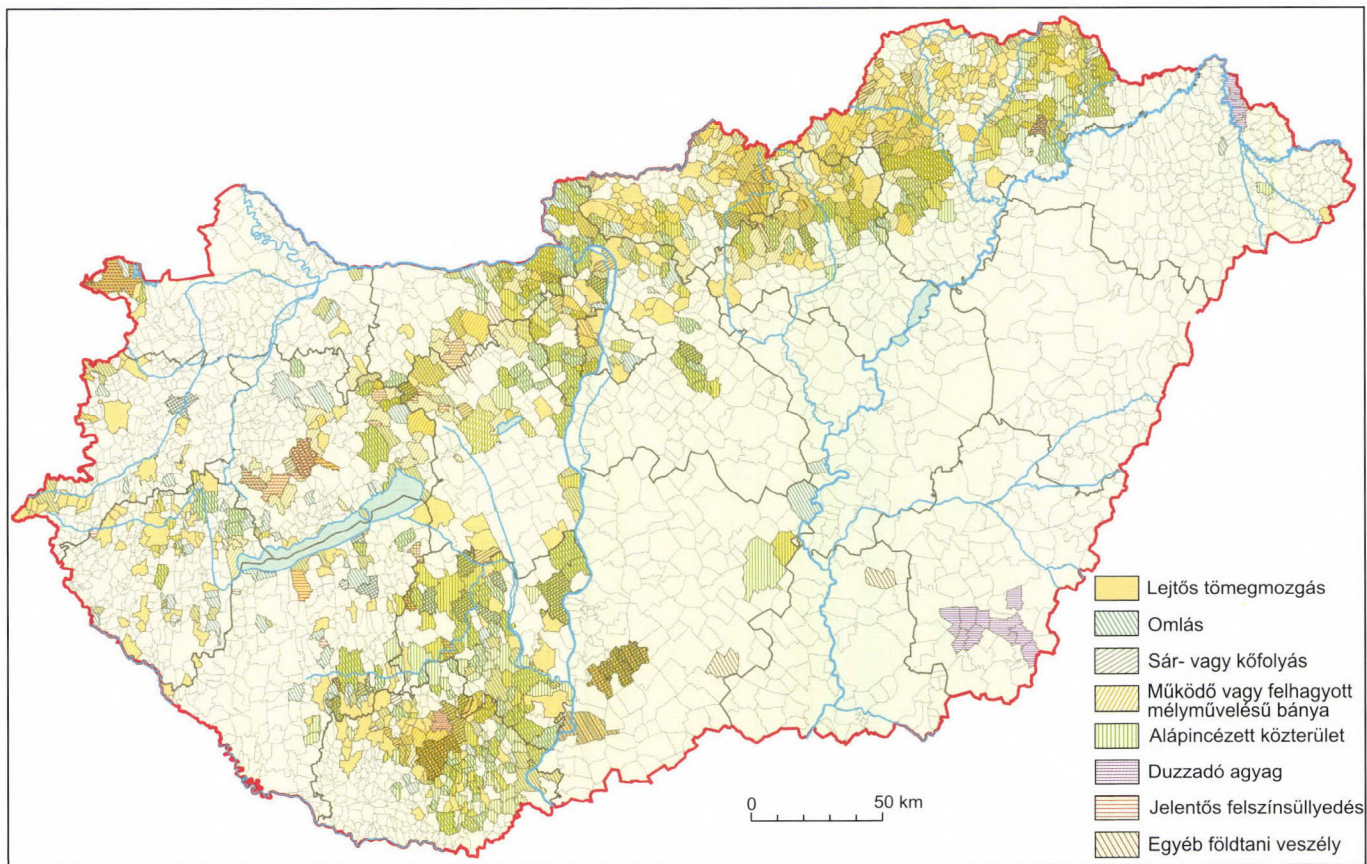
A földfelszín és a felszín alatti rétegek (földtani közeg, litoszféra) természetes állapotának, a rajtuk (bennük) zajló folyamatoknak, továbbá a felszín, a felszín alatti rétegek és más környezeti elemek kölcsönhatásából eredő együttes folyamatoknak a területfelhasználást korlátozó vagy kizáró kockázata van. Vulkánkitörések, földrengések, földcsuszamlások, barlang- vagy üregbeszakadások a Föld története során mindig megfigyelhetők voltak és a Föld felszínfejlődése aktív részeseinek számítottak.

Magyarországon a földtani eredetű veszélyforrások között szerencsére nem szerepelnek a Föld belső erőinek olyan megnyilvánulásai, mint a vulkanikus tevékenységek és a földrengések is viszonylag ritkák országunk területén. Ám a külső erők – Nap, szél, víz, ember – keltette folyamatok is képesek alapvető felszínalakítást, felszínmozgást indukálni. Ezekkel a folyamatokkal azért kell foglalkoznunk, mert az életterünket folyamatosan bővítjük. Olyan területeket is be akarunk építeni, használatba akarunk vonni, melyek valamilyen földtani, földrajzi okból arra nem, vagy csak nagyon korlátozottan alkalmasak, és minden mérnöki lelemény ellenére az építmények károsodnak, vagy tönkre mennek.

8.1. Az alapok

Magyarországon az állam földtani feladatait ellátó önálló szervezetek (1964–1993 között a Központi Földtani Hivatal, KFH; 1993–2007 között a Magyar Geológiai Szolgálat, MGSz; 2007-től a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, MBFH) végezték, illetve végzik a bekövetkezett földtani eredetű károokra vonatkozó adatok gyűjtését és nyilvántartását. Az 1960-as évek csapadékos időszakai nyomán bekövetkezett nagy földcsuszamlások (Dunaújváros, Duna-földvár) és az általuk okozott jelentős károk irányították rá a figyelmet erre a problémára (KÉZDY Á. 1970; PÉCSI M. 1971, 1978). A KFH által 1968-ban elkezdett, majd az MGSz által 1999-ben újraindított kataszterezés, a pince-, partfal- és földcsuszamlásveszély-elhárítási pályázatok, az alábányászott területek és az egyéb forrásból szerzett adatok alapján összesen 942 településen, vagyis a hazai településállomány közel harmadán találkozhatunk a mindennapi életet korlátozó különféle földtani veszélyforrásokkal (69. ábra).

Hangsúlyozni kell, hogy ezek az adatsorok nem tekinthetők véglegesnek, csupán az épített környezet és a felszínfejlődés egy pillanatnyi (2011. augusztus 31-i) állapotát tükrözik (OSZVALD T. 2011). A földtani veszélyforrásokat sokféle módon lehet csoportosítani. Az első ilyen csoportosításra és annak közzétételére az 1980-as években került sor (FODOR T-NÉ-KLEB B. 1984). Az MBFH-nál 2010-ben elfogadott rendszer ennek a csoportosításnak a felhasználásával készült, a ma igényének megfelelő kiegészítésekkel.



69. ábra. Földtani veszélyforrások Magyarországon. Forrás: Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Adattári és Információs Osztály, Földtani Hatósági Osztály és a bányakapitányságok adatai

A Magyarország földtani, geomorfológiai környezetére kialakított 25 földtani veszélyforrás-kategória a következő:

1. *Omlás* – Kőzetek (szilárd összeálló, vagy laza üledékes) nem csúszólap jellegű felület mentén történő az elválása.

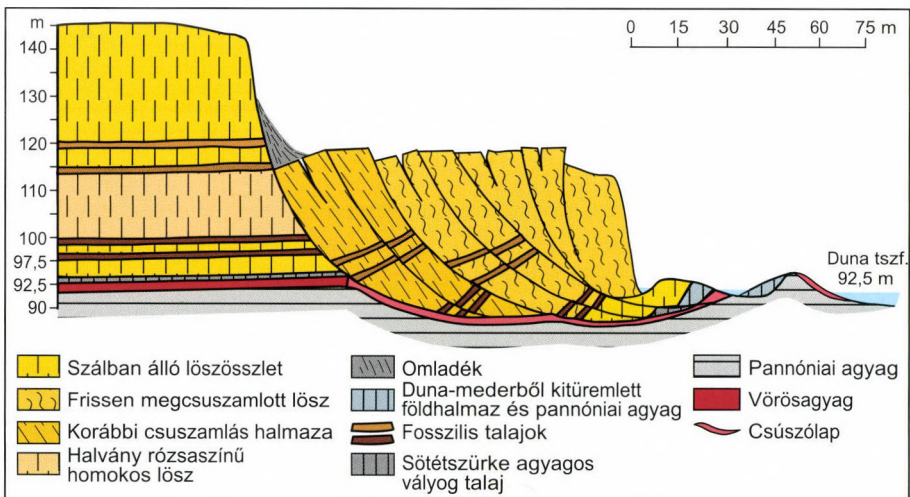
2. *Rétegcsúszás* – Jellemzően 2–7°-os dőlésű, réteghatár(ok) mentén létrejövő, akár több hektár területű, folyamatos, vagy időszakonként felgyorsuló mozgás. A mozgó rétegen belül belső elválási felületek, torlódások ritkán jönnek létre. A mozgás sebessége jellemzően lassú (<10 cm/év), de a legaktívabb szakasz(ok)ban 10 cm/nap sebességű is lehet.

3. *Szeletes földcsuszamlás, rogyás* – 10°-osnál meredekebb átlagdőlésű, hengeres csúszólap mentén, a csúszólapon belül tovább szeletelődő mozgás, melynél a csúszólap alsó szakasza földtanilag preformált felületen (réteghatáron) van. A mozgás sebessége a legaktívabb szakaszban 1 m/órát is meghaladja, de akár „pillanatszerű” is lehet (70. ábra).

4. *Suvadás* – Homogén közettömegben létrejövő, 10°-osnál meredekebb átlagdőlésű, hengeres, vagy parabolikus csúszólap mentén, a csúszólapon belül akár tovább szeletelődő mozgás. A mozgás sebessége a legaktívabb szakaszban 1 m/órát is meghaladja, de akár „pillanatszerű” is lehet (69. kép).

5. *Kúszás* – Talaj, finomszemcsés üledék, áthalmozott réteg (benne akár nagy kőzetdarabokkal) egységes, vagy foltszerű, lassú (<10 cm/év) mozgása lejtőn.

6. *Törmelékcsúszás* – Az átfagyott, fellazult, részben áthalmozott (geli-szoliflukciós) réteg gyors csúszása. (Legjellemzőbb példája a meredek löszfalak felső kb. 1 m-ének olvadást követő gyors lecsúszása.)



70. ábra. Az 1970. évi dunaföldvári szeletes földcsuszamlás földtani szelvénye (Pécsi M. 1970 alapján)



69. kép. Csuszamlás következtében keletkezett épületkár Százhalombattán.

Fotó: OSZVALD T. 2009.

7. *Sárfolyás* – 1 kg/dm^3 -t jelentősen meghaladó térfogatsúlyú szuszpenzió gyors folyása.

8. *Kőfolyás* – jellemzően kavics, vagy annál nagyobb szemnagyságú törmelék meredek lejtőkön történő száraz kúszása.

9. *Térfogat-változtató agyag* – 10%-nál nagyobb lineáris zsugorodással jellemzett agyag van a felszínen, illetve alapozási mélységben.

10. *Tőzeg terület* – tőzeg, magas szerves anyag tartalmú réteg van a felszínen, illetve alapozási mélységben.

11. *Futóhomok* – a felszínen, illetve alapozási mélységben futóhomok van.

12. *Barlang* – természetes mesterséges üregek vannak a felszín alatt.

13. *Regionális süllyedés* – Nagy területet érintő, természetes vagy mesterséges hatásokra bekövetkező felszín-süllyedés.

14. *Regionális emelkedés* – Nagy területet érintő, természetes, vagy mesterséges hatásokra bekövetkező felszínemelkedés.

15. *Gázfeláramlás* – Természetes (pl. tektonikus) okok vagy mesterséges (szénhidrogén átfertőzés) miatti széndioxid-, illetve egyéb gázfeláramlás a légtérbe (pl. radon stb.) (70. kép).

16. *Háttérsugárzás* – Természetes eredetű anomális háttérsugárzás.

17. *Talajfolyósodás* – Földrengés, illetve hidraulikus talajtörés hatására bekövetkező talajfolyósodás.



70. kép. Gázfeltörés Fábiansebestyénben. Fotó: OSZVALD T. 1985.

18. *Vízszintváltozás* – A felszín alatti víz szintjének tartós megváltozása miatt kedvezőtlen mérnökgeológiai adottságok alakulnak ki.

19. *Rézsűhámlás, rézsűcsúszás* – Emberi tevékenység által kialakított lejtős felszín mozgása. Részleteiben hasonló lehet, mint a suvadás, törmelékcsúszás.

20. *Alápincézett terület* – Nem bányászati célú mesterséges üregek vannak a felszín alatt.

21. *Alábányászott terület* – Bányászati célú mesterséges üregek vannak a felszín alatt.

22. *Hányómozgás* – Meddőhányókon jelentkező mozgás, részleteiben hasonló lehet, mint a suvadás, beszakadás stb.

23. *Épített fal omlása* – Földtámaszként szolgáló szerkezet előregedés, mállás, illetve a háttér víztartalmának jelentős megnövekedése miatt bekövetkező omlása, kidőlése (71. kép).



71. kép. Falomlás következtében kialakult útkár Piliscsévben. Fotó: OSZVALD T. 2006.

24. *Feltöltött terület* – Természetes mélyedések, horhosok, bányászati módszerekkel kialakított mélyedések feltöltésével, illetve szemétdombok, hányók lefedésével létrejött mesterséges felszín, mely az egyenetlen tömörödés miatt beépítésre alkalmatlan.

25. *Egyéb emberi tevékenység által kiváltott a földtani környezetet érintő katasztrófák* – CH, vagy erősen gázos vízkutak kitörései, gátszakadások.

Természetesen más földtani környezetben, illetve a hegységekben az idősebb rétegsorokban itthon is lehetnek eltérések a részletekben, illetve az egyes megnevezések további alcsoportra bonthatók.

Az 69. ábrán a 25 kategória külön-külön történő ábrázolása nehezen lett volna megoldható, ezért az ott szereplő 8 összevont földtani veszélyforráscsoportba az alábbi sorszámú veszélyforrás-kategóriák tartoznak:

1. Lejtős tömegmozgások: 2–6. és 19. kategória,
2. Omlás: 1. és 23. kategória,
3. Sár- vagy kőfolyás: 7–8. kategória,
4. Működő vagy felhagyott bánya: 21. kategória,
5. Alápincézett közterület: 20. kategória,
6. Térfogat-változtató agyag: 9. kategória,
7. Jelentős felszínsüllyedés: 13–14. kategória,
8. Egyéb földtani veszély: 10–12., 15–18. és 22–25. kategóriák.

A problémák kezelésére az *ad hoc* intézkedéseken kívül rendszeres formában a pincebeszakadások okozta veszélyek elhárítására szerveződött a veszély-elhárítási munkaprogram. Az első ilyen programokat Balogh Gyula az akkori Építési és Városfejlesztési Minisztérium berkein belül szervezte meg, elsősorban Pécs és Eger problémáinak kezelésére. Az évek során aztán egyre több település kapcsolódott be a veszély-elhárítási programba (GeoTeszt Kft. 1994).

1991-től a Belügyminisztérium lett a program gazdája. A pincékhez kapcsolódó homloklalak, illetve egyéb megtámasztó szerkezetek építése iránt megnövekedett igény miatt, és részben profiltisztításként, 1997-től elindult a *Partfal veszély-elhárítási program* is, majd 2001-től a földcsuszamlások elleni védekezési program is a támogatható veszélyforrás-megszüntető programok közé került. A program elsősorban preventív jellegű, előfinanszírozott, a település költségvetésétől függő önrész vállalását, illetve esetenként a magántulajdonosok anyagi hozzájárulását is lehetővé tette.

A támogatás odaítéléséről döntő tárcaközi bizottság – majd 2001-től a *Pince-, partfal- és földcsuszamlás veszély-elhárítási szakértői bizottság* – részletes nyilvántartást vezetett a programba bekerült egyes pincékről, partfalakról, földcsuszamlásokról. Részletes adatokat, térképeket tartalmazó komplex programot kellett a pályázó önkormányzatoknak benyújtaniuk, bemutatva a település ismert, felmért és kikérdezésen alapuló valószínűsített problémáit, illetve év végén számlákkal igazolt tételes elszámolást kellett készíteniük

A jól működő rendszer 2002-ben megszűnt és a program átkerült a címzett és céltámogatások körébe, ahol fejlesztési célú beruházásokkal kellett „versenyeznie”.

A bekövetkezett káresemények elhárításának finanszírozására viszont megnyílt a *vis maior* keret. Mivel ekkor már az ilyen célú kiadásokról nem a szakértői bizottság felé kellett elszámolni, az 1975-től vezetett adatok folytonossága megszűnt.

A *vis maior* támogatások odaítélése, elszámoltatása teljesen más csatornákon keresztül történt, így az ott elnyert támogatásokról 2005-ig nem készült rendszeres nyilvántartás (és ami fontosabb: az egyes helyszínekről sem!). 2005-től a *vis maior* pályázatok benyújtásához a szakértői bizottság szakvéleményét is csatolni kellett, így a bekövetkezett eseményekről az adatgyűjtés itt is lehetővé vált, de az elkészült munka naturáliák változatlanul hiányoznak.

2006-ban és 2007-ben bár szűkített kerettel, de újból volt központi prevenciós pályázat, illetve a szakértői bizottság szakvéleménye kellett a bekövetkezett pince-, partfal- és földcsuszamlás esetek *vis maior* támogatási keretből való elhárításának elnyeréséhez. Ebben a két évben ismét teljes körű adatrögzítés, kataszterezés vált lehetővé az egyes eseményekről.

2008-ban és 2009-ben a régiókhöz telepítették a támogatást, de a szakértői bizottság szakvéleményéhez kötötten. Így az információgyűjtés folytonos maradt, de a program eredményessége jelentősen csökkent a támogatásra fordítható összeg minimális mértéke, illetve megint a fejlesztési beruházásokkal való versenyeztetés miatt.

2010-ben a fenti célok finanszírozására már csak a *vis maior* keret maradt, melyből a bekövetkezett károk minimalizált felszámolására nyílt lehetőség. A 2010. év május-júniusának rendkívüli időjárása szélsőségesen sok káreseményt okozott országszerte. A szakértői bizottság által véleményezett 640 helyszín kárfelszámolási költségigénye meghaladta a 8 md Ft-ot, a kifizetett támogatások összege viszont nem érte el a 2 md Ft-ot.

2011-ben változatlanul csak a *vis maior* keret áll rendelkezésre a földtani veszélyforrások okozta károk elhárítására.

2010-ben – tapasztalva a kiemelkedően sok problémát – a Belügyminisztérium (BM) vezetői egy program elkészítését kérték a szakértői bizottság elnökétől.

Ebben egy tíz éves program került felvázolásra évi 1,0–1,5 md Ft keretösszeggel, amely elsősorban a kármegelőzést kívánta szolgálni, döntően kivitelezésekkel, de egy évi 150 m Ft-os keret fedezte volna a leginkább veszélyeztetett települések földtani-, mérnökgeológiai-, geomorfológiai komplex térképezésének a költségeit is. Egy ilyen térképezésnek a közvetlen eredménye egy ún. *jelzőlámpa térkép* lett volna, amelyen le vannak határolva a beépítésre alkalmas és korlátozottan alkalmas, továbbá a beépítésre alkalmatlan területek.

8.2. A káresemények fajtái és helyszínei

A szakértői bizottság felsorolásában szereplő, 2010-ben bekövetkezett káreseményeket két fő csoportba lehet sorolni: jellemzően *természetes folyamatok és emberi beavatkozás miattak*. Természetesen nagyon sok olyan jelenség van, amire az embernek nincs, vagy alig van hatása. Am a felsoroltak közül szinte mindegyik bekövetkezhetett valamilyen emberi tevékenység miatt, illetve annak utólagos hatásaként. Az is nyilvánvaló, hogy a csapadék, a földtani közeg átázása az a tényező, ami a felszínmozgással járó eseményeket közvetlenül kiválthatja. A természetes környezetben lejátszódó folyamatoknak rendkívül széles körű, és az egyes tételeknek nagyon részletes általános és egyedi estekre vonatkozó leírásai vannak. A KFH-ban Fodor Tamásné (1983) irányításával 1968–1971 között folytatott kataszterezés eredményeit több, a mai napig helytálló értékelés, összefoglalás dolgozta föl. Ehhez hasonló, az elmúlt négy évtized eseményeit feldolgozó munka eddig nem készült.

A 69. ábrán jól kirajzolódik, hogy leginkább a dombsági, hegységi területeken vannak jelen a különféle földtani veszélyforrások. A bekövetkezett károkat illetően megállapítható, hogy ebből a szempontból az Alföld 5 megyéje – néhány településtől eltekintve – alig, Nyugat-Magyarország 3 megyéje pedig kevéssé érintett. A káresetek kb. 90%-a a többi 11 megyében következett be.

A különböző pályázati rendszerek, illetve az érdekelt önkormányzatok elsősorban a belterületi, még inkább a közösségi tulajdonú értékekben bekövetkezett káreseményeket jelentik, azokra kérnek támogatást. Az 1990-es évek elejétől erősen visszaszoruló rendszeres földtani térképezés következménye, hogy a lakott területeken kívül bekövetkezett felszínmozgásokról kevés információ gyűlik.

Ezért a térkép lehet kicsit torz is, hiszen település centrikus, és függ az egyes települések pályázati hajlandóságától is. A rendelkezésre álló információk inkább a belterületeket érintő káreseményekről vannak, ezért jelen írás is inkább ezekkel a jelenségekkel és azok kiváltó okaival foglalkozik.

Az elmúlt évszázadokban a települések kihaltak, újratelepültek, egy bizonyos körön belül vándoroltak, kiterjedésük is változott (többnyire növekedett). Ha valamilyen szempontból kedvező is volt egy terület (pl. folyó közelsége) a letelepedésre, ez egyben veszélyt is jelenthetett a letelepedők számára (árvizek, földcsuszamlások, partfalomlások stb. formájában). A települések lakossága az idők folyamán megfelelő tapasztalatokat szerzett településkörnyezetének természeti adottságairól és alkalmazkodott hozzá. A régebbi korok emberének az élelmiszer és terménytárolásra egyik legalapvetőbb, legalkalmasabb helyszíne a pince volt. Viszont ha a település valamiért odébb költözött a pincéket is felhagyták, elfeledték.

Ez az alkalmazkodás a környezet földtani és természetföldrajzi adottságaihoz a tudatos településszervezéssel párhuzamosan megszűnőben van.

Sokat rontott az alkalmazkodási képességen, hajlandóságon az 1950-es és 1970-es évek között uralkodó „legyőzzük a természetet” mentalitás, illetve a települési infrastruktúra hálózatainak kiépítése, amely az egyes ingatlanokat végképp helyhez kötötte, a településszerkezetet pedig konzerválta. Ez önmagában még nem lenne gond, ha ez egy tudatos, a földtani-földrajzi adottságokat figyelembe vevő tervezési folyamat során történt volna meg. Ennek hiányában alakulhatott ki mára az a helyzet, hogy számos hazai településünk alatt jelentős számú és kiterjedésű, ismert vagy ismeretlen pince, pincerendszer húzódik; egyes mai településrészek régebbi földcsuszamlások helyén, vagy potenciálisan földcsuszamlás-veszélyes helyeken vagy egyéb rossz földtani, illetve természetföldrajzi adottságú helyszíneken épültek ki.

Tovább erősítik ezeket a rossz adottságokat a gondatlanul tervezett közműfektetések. Különösen igaz ez a mély vezetésű csatornahálózatra. Nagyon sok település van, ahol a csatornázás „tárta fel” a régen feledésbe merült pincéket (árok-beszakadások), indított el földcsuszamlást, szárította ki a felső rétegeket a kavicsteraszokon és okozott tömeges épületkárokat stb.

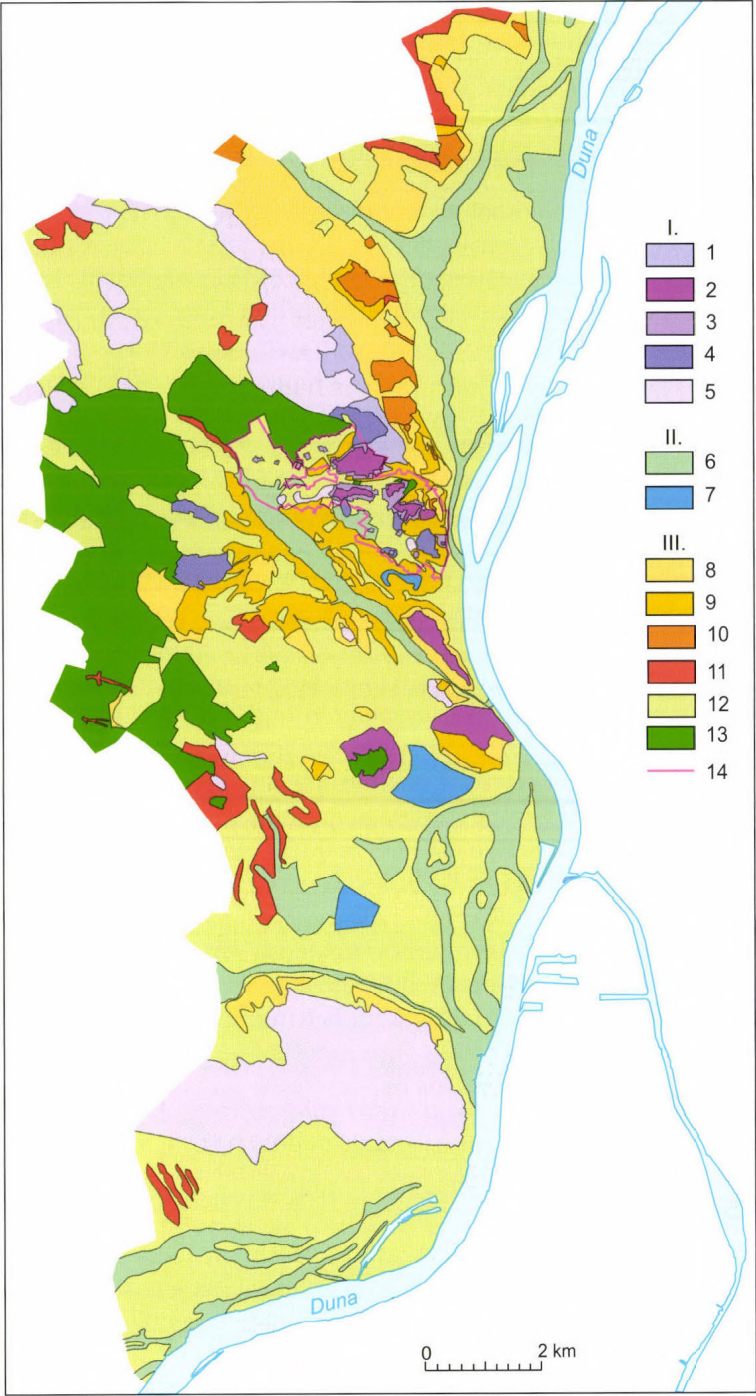
Köztudomású, hogy az ország területének közel 2/3 részén a felszínen, illetve a felszín közelében negyedkori üledékek vannak, legtöbb esetben a jégkorszakban keletkezett lösz. Ez a kőzet szárazon kemény, állékony, de egyben rendkívül erózió-érzékeny is.

Előbbi tulajdonsága teszi lehetővé, hogy pincét vájjanak bele, ami falazás nélkül is megáll. Baranya megyében a régi sváb településeken járja az a mondás, hogy „Nézd meg a házat, és máris tudod, hogy mekkora alatta a pince.” Ugyanis a házépítéskor a kitermelt agyagos löszet használták fel a vályogtéglákhoz, illetve ez volt a téglalapanyaga is.

Pest megye déli részére, de a Dunántúli-dombság sok, völgyben fekvő településére jellemző (KLEB B.–SCHWEITZER F. 2001), hogy a kertek végét 2–15 m magas partfal határolja, amelybe gyakran több (2–3) pincét is vájtak. A partfalak kialakulása teljesen emberi tevékenység eredménye. A letermelt löszet szintén építőanyagként hasznosították, illetve a pincék termény- és takarmánytárolásra szolgáltak, sőt istállóként is funkcionáltak. Máiig nincs biztos magyarázat arra, hogy miért nem völgyirányban terjeszkedtek ezek a települések, és miért alakultak ki teraszos betelepülésű falvak.

Ezeket a kertvégi, löszből vagy tufából álló partfalakat az erózió folyamatosan pusztítja. Az omlások már sok halálesetet okoztak, legutóbb Ságváron házilagos kivitelben készülő támfalépítés közben omlott két gyermekre a lösz.

Az ilyen pincékkel „átlyuggatott” partfalak tetején lévő utcák közművesítése a tönkremenetelt erősen fölgyorsítja. Hiába létesül fent vápás út, felszíni vízelvezető, a mély közműárkok „felszín alatti csatornaként” gyűjtik össze az áramló talajvizet és vezetik koncentráltan lefelé, ami gyakran pinceomlásokat okoz.



A „hagyományos” földtani veszélyforrások olyan új elemekkel bővültek, amiket közvetlenül az emberi tevékenységhez lehet kötni. Ilyenek például a *regionális vízszintsüllyedés*, majd *vízszintemelkedés*, amely elsősorban a bányászati tevékenység kiterjesztésének (szivattyúzással történő vízszintsüllyesztés), majd felhagyásának (vízkivétel abbahagyása miatti vízszintemelkedés) következménye. Bár ennél kisebb vízszintváltozást eredményező, de hasonló jelenség játszódik le a kavicssteraszokon, homokhátságokon lévő települések csatornázásakor is, ha a csatornát a talajvízszint alatt fektetik, és van hová leürülnie a víznek. Ezekben az esetekben az építmények alapja alatt változik meg a víztartalom, ami a törmelékes kőzetek szerkezeti átrendeződését, tömörödését okozva esetenként tömeges épületkárokat vált ki.

A természetes eredetű anomalikus háttérsugárzás ritka jelenség, leginkább a radon gáz kiáramlásához kapcsolódik a Mátra hegység egyes völgyeiben. Az uránbányászat hulladékaiban, az egyes szénérőművek pernye-, de inkább salakhányóiban feldúsult radioaktív elemek jelenlétét 1990 előtt titokként kezelték, jelenleg sem kerül ki sok információ ebből a körből. Bár ezek már inkább az ipari eredetű, bányászati hulladékok körébe tartoznak. A földtani környezet esetleges szennyezése, a vízáramlással való távolabbi megjelenése viszont már a földtan szakterületébe számítanak.

Szintén új és a településfejlesztés határozott gátjaként kell foglalkozni a feltöltött területekkel. Ezek elsősorban a települések szélén létesített egykori „anyagnyerő gödrök”, felhagyott „tsz-bányák” szeméttel való feltöltése, vagy a KAC (Környezetvédelmi Alap Célelőirányzat) pályázatból finanszírozott tájrehabilitáció során rekultivált bányák. Ezek a feltöltések lassan konszolidálódnak, beépítésük rendkívül kockázatos még hosszú ideig. A KAC pályázatból finanszírozott rekultivált területekről van lista, talán még koordináták is, de a különböző mértékben és igen változatos hulladék-anyagokkal feltöltött területekről alig van információ. Ezek rendszeres begyűjtése, pontosítása mielőbb szükséges lenne, mert a kollektív emlékezet hamar megfeledkezik róluk.

←

71. ábra. Buda kedvezőtlen beépítési adottságú területei. (Szerk.: JUHÁSZ Á.–KERESZTESI Z. 1995). – I. Karsztos felszintípusok: 1 = Karsztjáratos, üreges szerkezetű, barlang előfordulásos felszintípus; 2 = Karsztos építési tilalom alá eső területek; 3 = Karsztos, korlátozott beépítési övezetbe tartozó felszínek; 4 = Földtani adottságok alapján feltételezett karsztüreges térszínek; 5 = Karsztos térszínek általában. II. Talajvíz által befolyásolt területek: 6 = Magas talajvízállású területek; 7 = Agresszív talajvízű területek. III. Felszínmozgásos területek: 8 = Csuszamlás-veszélyes lejtők; 9 = Ideiglenesen nyugalomban lévő, csuszamlásos területek; 10 = Beépítésre alkalmatlan csuszamlásos felszínek; 11 = Erózió által veszélyeztetett területek; 12 = Különleges beépítési intézkedést nem igénylő területek; 13 = Természetvédelmi területek, tájvédelmi körzetek; 14 = A természetvédelmi hatóság felé az alapozás földmunkáinak megkezdéséről jelentésre kötelezett terület határa.

8.3. Az elvégzendő feladatok

A hazai földtani kutatások jelenleg nincsenek kedvező helyzetben. Ugyan nem feltétel, de az önálló földtani hatóság, szakhatóság megszűnése, a földtani érdekérvényesítés 2000-es évek elejéhez viszonyított kikerülése a jogszabályokból, valamint a földtant képviselő szakembergárda személyi problémái együttesen a földtan, mint a bolygónkkal és az emberi élet színterének vizsgálatával foglalkozó tudomány vészes háttérbe szorulását eredményezték.

A korábbi évtizedek nyersanyagkutatáshoz kapcsolódó jelentős térképezési aktivitása, elsősorban a hegységekben elvégzett nagy méretarányú térképezések a hazai földtan számára jelentős ismeretséget hozott. A települések belterületének térképezése egy-két kivételtől (Budapest, Balatoni üdülőkörzet, néhány megyeszékhely) eltekintve viszont messze elmaradt az igényektől, ráadásul az elkészült térképek szemléletében sem egységesek.

A városokból való kiköltözés, a települések beépítettségének fokozódása, az egyes építmények értékének folyamatos növekedése szükségessé tenné a települések és közvetlen környezetük részletes földtani, mérnökgeológiai, mérnökgeomorfológiai térképezését. Ennek a térképezésnek a végeredménye a már említett jelzőlámpa térkép lenne, amely elhatárolná a beépítésre alkalmas és korlátozottan alkalmas, továbbá a nem beépíthető területeket. Egy ilyen komplex térkép elkészítéséhez szükség van a földtudományok részterületei képviselőinek (geológus, mérnökgeológus, geomorfológus, hidrogeológus, meteorológus stb.) együttműködésére (71. ábra).

A jelenlegi ismeretségi szint lehetővé tenné a leginkább veszélyeztetett települési kör meghatározását, fontosság szerinti rangsorolását.

A 2010. évben bekövetkezett 640, a földtani környezet károsodásával járó *vis maior* esemény helyszínelése során több alkalommal is találkoztunk olyan épületkárokkal, amelyek elkerülhetőek lettek volna, ha az önkormányzat részére rendelkezésre állt volna a fent említett térkép.

IRODALOM

1. Döntési kényszer a hazai árvízvédelemben

- BALOGH J.–NAGY I.–SCHWEITZER F. 2005. A Közép-Tisza mente geomorfológiájának és a hullámterek feliszapolódásának vizsgálata mintaterületeken. *Földrajzi Értesítő* 54. 1–2. pp. 29–59.
- BORSI Z. 1989. Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete. *Földrajzi Értesítő* 38. 3–4. pp. 211–224.
- BRAUN M.–DEZSŐ Z.–HADADY Gy. 2001. A Tisza bal part, Szolnok övzátony (árapasztó) fejlődésének rekonstrukciójáról. Kézirat.
- CHOLNOKY J. 1896. Az árvizek előrejelzéséről. *Földrajzi Közlemények* 24. 4. pp. 97–109.
- CHOLNOKY J. 1907. A Tiszameder helyváltozásai. *Földrajzi Közlemények* 35. 9. pp. 381–405.
- GLATZ F. 2009. Vizgazdálkodás a Kárpát-medencében. In: *Stratégiai Kutatások 2008–2009. Miniszterelnöki Hivatal – Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.* pp. 181–197.
- HALCROW, W. 1993. Magyarország árvízvédelmi és helyreállítási project: megvalósíthatósági tanulmány. Budapest, Kézirat.
- IHRIG D. 1952. Folyóink hullámterének vízjárása, hordalékmozgása és szabályozása. In: KÓNYA L. (szerk.): *A hullámtéri fásítás kérdései. Erdészeti Tudományos Kiskönyvtár, 5–6. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,* pp. 3–20.
- JAKUCS L. 1982. Az árvizek gyakoriságának okai és annak tényezői a Tisza vízrendszerében. *Földrajzi Közlemények* 30. 3. pp. 212–235.
- JANKÓ-BREZOVAY M. 1939. Máramaros és Ugocsa vármegyékben építhető vízierőtelepek. *Vízügyi Közlemények* 21. 3–4. pp. 341–364.
- KÁROLYI Z. 1960. A Tisza mederváltozásai különös tekintettel az árvédelemre. *Tanulmányok és Eredmények 8., VITUKI, Budapest,* 102 p.
- KOLOSVÁRY G. 1928. A Tiszai települések és a halászat összefüggése. *Föld és Ember* 8. pp. 102–114.
- KVASSAY J. 1875. *Vizeinkről.* Budapest, 118 p.
- LÁSZLÓFFY W. 1982. A Tisza. *Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben.* Akadémiai Kiadó, Budapest, 610 p.
- MOSONYI E. 1943. A hegyvidéki víztározás jelentősége a Tiszavölgy öntözéses gazdálkodásában. *Öntözésügyi Közlemények* 5. 1. pp. 79–105.
- NAGY, I.–LIGETVÁRI, F.–SCHWEITZER, F. 2010. Tisza river valley: future prospects. *Hungarian Geographical Bulletin* 59. 4. pp. 361–370.
- NAGY I.–SCHWEITZER F.–ALFÖLDI L. 2001. A hullámtéri hordalék-leakodás (övzátony). *Vízügyi Közlemények* 83. 4. pp. 539–564.
- PÁLFAI I. 1994. Az Alföld belvív-veszélyeztetettség térképe. *Vízügyi Közlemények* 76. 3–4. pp. 278–290.
- RADVÁNSZKY B.–JACOB, D. 2008. A Tisza vízgyűjtőterületének várható klímaváltozása és annak hatása a Tisza vízhozamára regionális klímamodell (REMO) és a lefolyási modell (HD) alkalmazásával. *Hidrológiai Közöny* 88. 3. pp. 33–42.
- RÓNAI A. 1985. Az Alföld negyedidőszaki földtana. *Geologica Hungarica* 21. 412 p.

- SCHWEITZER F. 2000. A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai: folyóink hullámterei fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. Földrajzi Értesítő 50. 1–4. pp. 9–31.
- SCHWEITZER F. 2003. Folyóink hullámterei fejlődése, kapcsolatuk az árvizekkel és az árvízvédelmi töltésekkel. In: TEPLÁN I. (szerk.): A Tisza és vízrendszere. 1. kötet. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 107–116.
- SCHWEITZER, F. 2009. Strategy or disaster: flood prevention related issues and actions in the Tisza River Basin. Hungarian Geographical Bulletin 58. 1. pp. 3–17.
- SOMLYÓDY L. 2000a. A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései: összefoglaló. In: SOMLYÓDY L. (szerk.): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. MTA Vízgazdálkodási Tudományos Kutatócsoport, Budapest, pp. 337–370.
- SOMLYÓDY L. 2000b. A magyar vízgazdálkodás főbb stratégiai kérdései. Ezredforduló 4. pp. 3–10.
- SOMOGYI S. 1967. Az ármentesítések és folyószabályozások (vázlatos) földrajzi hatásai hazánkban. Földrajzi Közlemények 15. 2. pp. 145–158.
- SOMOGYI S. 1997. Hazánk vízrajza a honfoglalás idején és változásainak tájrajzi vonatkozásai. In: FÜLEKI Gy. (szerk.): A táj változásai a honfoglalás óta a Kárpát-medencében. GATE MSZKI, Gödöllő, pp. 41–57.
- SZÉCHENYI I. 1846. Eszmetöredékek, különösen a Tisza-völgy rendezését illetőleg. Trattner-Károlyi, Pesten, 73 p.
- SZLÁVIK L. 1983. Árvízi szükségtározók tervezése és üzemeltetése. Vízügyi Közlemények 65. 2. pp. 188–219.
- SZŐKE B. 1962. A honfoglaló és kora Árpád-kori magyarság régészeti emlékei. Akadémiai Kiadó, Budapest, 118 p.
- VÁGÁS I. 1984. Folyók vízhozamának és vízállásának kapcsolatai. Hidrológiai Közlöny 64. 3. pp. 142–147.
- VÁRADI J.–NAGY I. 2003. A Tisza-völgy vízgazdálkodásának jövőképe. In: TEPLÁN I. (szerk.): A Tisza és vízrendszere. 1. kötet. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest, pp. 117–132.
- <http://www.clavier-eu.org/> (2010.03.02.)
- <http://www.vahavahalozat.hu/> (2010.03.02.)
- earth.google.com/intl/hu/

2. Cianid- és nehézfém-szennyezés a Tisza vízgyűjtőjén

- BORDEA, S.–ȘTEFAN, A.–BORCOȘ, M. 1979. Harta geologică a României. L–34-71-A, Abrud (74a). 1:50 000. Institutul de Geologie și Geofizică, București.
- BRAUN M.–DEZSŐ Z.–HADADY Gy. 2001. Jelentés a Tisza bal part, Szolnok övzátóny (árapasztó) fejlődésének rekonstrukciójáról. Budapest, Kézirat.
- Declarația Academiei Române în legătură cu proiectul de exploatare minieră de la Roșia Montană. (Anexa 4 capitale). București, Editat de Academia Română, 2004.
- Eseménynaptár a Közép-Tiszán végzett vízminőségi és kárelhárítási tevékenységéről, különös tekintettel a Kiskörei-tározó szerepére. A Közép-Tisza-vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség adattárából, 2000. Szolnok. 44 p.

- FORRAY F. L. 2003. A nehézfém-szennyezés megállításának vizsgálata a verespataki bányavidéken. In: UJVÁROSI L. (szerk.): Erdély folyóinak természeti állapota: kémiai és ökológiai vízminősítés a rekonstrukció megalapozására. Sapientia könyvek. Természettudomány 21. Scientia Kiadó, Kolozsvár, pp. 247–273.
- FÜLÖP J. 1984. Az ásványi nyersanyagok története Magyarországon. Műszaki Kiadó, Budapest, 179 p.
- KIRÁLY I.–SCHWEITZER F. 2002. Verespatak volt és lesz. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, Kézirat, 13 p.
- NAGY I.–BENCsik J. 2000. Tiszai cianid szennyeződés monitoring vizsgálata. KÖTIVIZIG, Budapest, Kézirat.
- A Nagybányai Baleset Felmérésére Alakult Nemzetközi Munkacsoport jelentése. 2000. december. 15. [http://www.etk.hu/cian/docs/BMTF_Report_\(HUN\).pdf](http://www.etk.hu/cian/docs/BMTF_Report_(HUN).pdf)
- Regional Inventory of Potential Accidental Risk Spots in the Tisa Catchment Area of Romania, Hungary, Ukraine and Slovakia. Prepared by the Permanent Secretariat of the ICPDR (International Commission for the Protection of the Danube River) in cooperation with ZINKE Environment Consulting for Central and Eastern Europe. 2000, Vienna, 49 p.
- Szaktanulmány a nagybányai bányavidék bányaeredetű zagytározóiról. 2000. Kézirat, 21 p.
- TIBORI SZABÓ. Z. 2003. Meghiúsul a verespataki aranybányaterv? Népszabadság 61. 86. (április 12.) 13. p.
- WAACK, CH. 2009. Randerscheinungen: Regionalisierungen und Skalierungen im Kontext von Transformations- und Globalisierungseffekten in der Kontroverse um den Goldbergbau im rumänischen Westgebirge. Beiträge zur Regionalen Geographie 63. Leibniz-Institut für Landerkunde, Leipzig, 266 p.
- earth.google.com/intl/hu/
<http://www.erdely-szep.hu/verespatak>
<http://www.123romania.ro/castele-cetati/cetatea-alburnus-maior>

3. Magyarországi vörösiszap-tározók mint potenciális környezeti veszélyforrások

- BALOGH J.–LOVÁSZ Gy. 1988. A Bakonyvidék: vízföldrajzi és hidrológiai erőforrások. In: PéCSI M. (szerk.): A Dunántúli-középhegység, B. Regionális tájföldrajz. Magyarország tájföldrajza 6. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 121–146.
- HÁMORI K. 2002. Nyomdetektorok viselkedése. Diplomamunka. ELTE TTK Atomfizikai Tanszék, Budapest, Kézirat, 52 p.
- JUHÁSZ Á. 2003. Környezeti hatáselemzési módszerek továbbfejlesztése krízis térségekben. OTKA zárójelentés. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 57 p.
- JUHÁSZ L.–SZERBIN P. 2001. Az ipari folyamatok révén bedúsított természetes radioaktív anyagok (hulladékok) elemzése és felmérése hazánkban, a jogszabályi szabályozásokhoz előkészítő adatok gyűjtése. OAH-ABA-ÁNI-07/01. szerződés zárójelentése. OKK-OSSKI, Budapest, Kézirat.
- JUHÁSZ L.–SZERBIN P. 2003. Egységes sugárvédelmi kritériumrendszer kidolgozása a természetes radioaktív anyagokat feldúsultan tartalmazó ipari melléktermékek

- lerakóhelyeire a hatósági tevékenységek egységesítése érdekében. OAH-ABA-ÁNI-03/03. szerződés zárójelentése. OKK-OSSKI, Budapest, Kézirat.
- JUHÁSZ L.–SZERBIN P. 2005. A természetes radioaktív anyagokat feldúsultan tartalmazó ipari melléktermékek kezelésére és elhelyezésére vonatkozó sugárbiológiai elemzések szempontjainak a kidolgozása az egységes hatósági elvárás érdekében. OAH-ABA-ÁNI-01/05. szerződés zárójelentése. OKK-OSSKI, Budapest, Kézirat.
- KANYÁR B.–UGRON Á. 1991. Adatok az Almásfüzitő–Dunaalmás között elhelyezett vörösiszapok radioaktivitásához. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, Kézirat, 5 p.
- SCHWEITZER F. 1996. A mérnökgeomorfológiai kutatások szerepe a nagylétesítmények telephely-kiválasztásában. In: SCHWEITZER F.–TINER T. (szerk.): Nagyberuházások és veszélyes hulladékok telephely-kiválasztásának földrajzi feltételrendszere. Elmélet–Módszer–Gyakorlat 56. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 14–89.
- SCHWEITZER, F. 2010. Channel regulation of Torna stream to improve environmental conditions in the vicinity of red sludge reservoirs at Ajka, Hungary. Hungarian Geographical Bulletin 59. 4. pp. 347–359.
- SULYOK Z. 2002. A vörösiszap-tározók hatásai törmelékes üledékes környezetben, a mosonmagyaróvári tározók példája. Szakdolgozat. ELTE TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, Budapest, Kézirat, 74 p.
- SZERBIN P. 1994. Radon a Rudas-fürdő légtérében. Fizikai Szemle 44. 6. pp. 241–244.
- VERECZKEI Zs. 1991. Üzemelési szabályzat az Almásfüzitői Timföldgyár II. ütemében kiépített neszmélyi (Kántorkerti) vörösiszap-tározójához. MÉLYÉPTERV, Budapest.
- VICZIÁN I. 2004. Az almásfüzitői vörösiszap-zagytározók környezetgeomorfológiai viszonyai. Földrajzi Értesítő 53. 1–2. pp. 85–92.

4. Felszínmozgásos folyamatok a Duna Gönyű–Mohács közötti magasparti szakaszain

- ÁDÁM L.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F.–SZILÁRD J. 1976. Magyarország felszínmozgásos területének földtani-műszaki katasztere: Tolnai-dombság, Somogyi-dombság, Baranyai-dombság, Duna mente. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, Kézirat, 55 p.
- ÁDÁM L.–SCHWEITZER F. 1972. Magyarázó a Dunaalmás–Neszmély–Dunaszentmiklós közötti terület felszínmozgásos térképéhez. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, 70 p.
- ANDAY P. 1970. A dunaújvárosi löszpart rendezése. Mélyépítéstudományi Szemle 20. 7. pp. 298–311.
- BALOGH, J.–LÓCZY, D.–RINGER, Á. 1989. Landslide hazard induced by river undercutting along the Danube. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, Suppl. 2. pp. 5–11.
- BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1996. Az erózió térképezése és számítása egy Tolnai-dombsági mintaterületen. In: SCHWEITZER F.–TINER T. (szerk.): Nagyberuházások és veszélyes

- hulladékok telephely-kiválasztásának földrajzi feltételrendszere. Elmélet–Módszer–Gyakorlat 56. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 149–165.
- DOMJÁN J. 1952. A középdunai magaspартok csúszásai: hozzászólás a balatoni magaspартok problémájához. Hidrológiai Közlöny 32. 11-12. pp. 416-422.
- EGRI GY.–PÁRDÁNYI J. 1968. Dunaujvárosi magaspартok állékonyság-vizsgálata. Műszaki Tervezés 8. 7. pp. 15–18.
- FODOR T.-NÉ–HORVÁTH Zs.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1981. A Dunakömlőd–Paks közötti dunai magaspарт mérnökgeológiai térképezése és vizsgálata. Földtani Közlöny 111. 2. pp. 258–280.
- FODOR T.-NÉ–HORVÁTH Zs.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1983. A rácalmás–kulcsi magaspартok mérnökgeológiai térképezése. Földtani Közlöny 113. 4. pp. 313–332.
- FODOR T.-NÉ–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1983. A Gerecse hegység északi területének felszínmozgásai. Mérnökgeológiai Szemle 31. pp. 107–125.
- KARÁCSONYI S.–SCHEUER GY. 1972. A dunai magaspартok építésföldtani problémái. Földtani Kutatás 15. 4. pp. 71–83.
- KASZÁS F.–KRAFT J. 2009. A dunaszekcsői magaspарт rogyásos suvadása: nem nyugszanak a dunai magaspартok! Mélyépítő Tükörkép Magazin 8. 2. pp. 35–39.
- KÉZDI Á. 1970. A dunaujvárosi partrogyás. Mélyépítéstudományi Szemle 20. 7. pp. 281–297.
- KLEB B.–SCHWEITZER F. 2001. A Duna csuszamlásveszélyes magaspартjainak településkörnyezeti hatásvizsgálata. In: ÁDÁM A.–MESKÓ A. (szerk.): Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. Magyarország az ezredfordulón. Műhelytanulmányok. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 169–193.
- OSZVALD T. 2011. Földcsuszamlások 2010-ben. „Klíma-21” Füzetek 63. pp. 33–40.
- PÉCSI M. 1971. A földcsuszamlások főbb típusai. Földrajzi Közlemények 19. 2–3. pp. 125–143.
- PÉCSI, M. 1978. Landslides at Dunaföldvár in 1970 and 1974. Geografica Polonica 41. pp. 7–12.
- PÉCSI M.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1976. A magyarországi felszínmozgásos területek térképezése. Földrajzi Értesítő 25. 2–4. pp. 223–235.
- PETZ R.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1989. Megsüllyedt és eltemetett vörösgyagok és löszösszletek a Duna jobb partján Budapest és Mohács között. Mérnökgeológiai Szemle 38. pp. 123–136.
- SCHEUER GY. 1979. A dunai magaspартok mérnökgeológiai vizsgálata. Földtani Közlöny 109. 2. pp. 230–254.
- SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1984. A dunai magaspартok löszösszleteinek deformációs formái és töréses szerkezete. Mérnökgeológiai Szemle 33. pp. 145–162.
- SCHWEITZER, F. 1989. Surface movements of the Gerecse Mountain's northern part. In: GALAMBOS, J. (ed.): Selected environmental studies. Geographical Research Institute of HAS, Budapest, pp. 34–35.
- SCHWEITZER F. 1999. Omlás- és csuszamlásveszélyes dunai magaspартok, kapcsolatuk a vonalas létesítményekhez és a településekhez. In: TÓTH J.–WILHELM Z. (szerk.): Változó környezetünk. Tiszteletkötet Fodor István professzor úr 60. születésnapjára. Janus Pannonius Tudományegyetem, Pécs, pp. 300–315.

SCHWEITZER F.–JUHÁSZ Á. 1977. A Paks–Dunakömlőd közötti dunai magaspartok 1:4 000-es méretarányú mérnökgeomorfológiai térképezése. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, Kézirat, 29 p.

5. A talajpusztulás mint potenciális katasztrófaforrás

- BALOGH J.–BALOGHNÉ DI GLÉRIA M.–HUSZÁR T.–JAKAB G.–SCHWEITZER F.–SZALAI Z. 2003. A talajeróziós vizsgálatok tapasztalatai. In: SCHWEITZER F.–TINER T.–BÉRCI K. (szerk.): A püspökszilágyi RHFT környezet- és sugárbiztonsága. Elmélet–Módszer–Gyakorlat 58. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 105–131. (
- BALOGH J.–SCHWEITZER F. 1996. Kis- és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezésére szolgáló telephelykutatás: az erózió térképezése és számítása Udvari környezetében. Budapest, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 34 p. Kézirat.
- BALOGH J.–SCHWEITZER F.–TINER T. 1990. Az Ófalu mellé tervezett radioaktív-hulladék lerakóhely földrajzi környezete. Földrajzi Értesítő 39. 1–4. pp. 103–131.
- BARTHOLY, J.–PONGRÁCZ, R. 2010. Analysis of precipitation conditions for the Carpathian Basin based on extreme indices in the 20th century and climate simulations for 2050 and 2100. Physics and Chemistry of the Earth 35. 1–2. pp. 43–51.
- CENTERI, Cs.–HERCZEG, E.–VONA, M.–BALÁZS, K.–PENKSZA, K. 2009. The effects of land-use change on plant-soil-erosion relations, Nyereg Hill, Hungary. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172. 4. pp. 586–592.
- CSEPIN SZKY B.–JAKAB G. 1999. Pannon R-02 eső-szimulátor a talajerózió vizsgálatára. In: SÉNYI P.-NÉ (szerk.): Agrárjövők alapja a minőség. XLI. Georgikon Napok, 1999. szept. 23–24. PATE Georgikon, Keszthely, pp. 294–298.
- DUCK T.–STEFANOVITS P. 1989. Talajlepusztulás. In: PÉCSI M. (szerk. biz. eln.): Magyarország Nemzeti Atlasza, Kartográfia, Budapest, 80. p.
- FÁBIÁN, Sz. Á.–GÖRCS, N.–KOVÁCS, I. P.–RADVÁNSZKY, B.–VARGA, G. 2009. Reconstruction of flash flood event in a small catchment: Nagykónyi, Hungary. Zeitschrift für Geomorphologie N. F. 53. Suppl. 2. pp. 123–138.
- JAKAB G. 2008. A vonalas erózió folyamatának vizsgálata dombsági vízgyűjtőterületen. In: KISS T.–MEZŐSI G. (szerk.): Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon. Földrajzi Tanulmányok 2. Szegedi Egyetemi Kiadó – Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, Szeged, pp. 109–117.
- HEGEDŰS K.–HORVÁTH G.–KARANCSI Z.–PRAKFAI P. 2008. Eróziós vizsgálatok a Medves-vidék egy homokkőszurdokában. Földrajzi Közlemények 132. 2. pp. 157–173.
- KITKA G.–FARSANG A.–BARTA K. 2008. A jelen talajeróziós folyamatok sebességének vizsgálata korábbi területhasználati scenáriók tükrében: esettanulmány egy mezőgazdasági hasznosítás alatt álló kisvízgyűjtőn. In: KISS T.–MEZŐSI G. (szerk.): Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon. Földrajzi Tanulmányok 2. Szegedi Egyetemi Kiadó – Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, Szeged, pp. 97–108.
- SZABÓ J.–LÓKI J.–TÓTH Cs.–SZABÓ G. 2007. Természeti veszélyek Magyarországon. Földrajzi Értesítő 56. 1–2. pp. 15–37.

WISCHMEIER, W. H.–SMITH, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Agricultural handbook 537. USDA, Washington, D.C. 58 p.

6. Villámárvizek: a kis vízfolyások hirtelen áradásának problémái

- CZIGÁNY SZ.–PIRKHOFFER E.–BALASSA B.–BUGYA T.–BÖTKÖS T.–GYENIZSE P.–NAGYVÁRADI L.–LÓCZY D.–GERESDI I. 2010. Villámárvíz mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. Földrajzi Közlemények 134. 3. pp. 281–298.
- CZIGÁNY, SZ.–PIRKHOFFER, E.–GERESDI, I. 2009. Environmental impacts of flash floods in Hungary. In: SAMUELS, P.–HUNTINGTON, S.–ALLSOP, W.–HARROP, J. (eds.): Flood risk management: research and practice. Taylor & Francis Group, London, pp. 1439–1447.
- CZIGÁNY, SZ.–PIRKHOFFER, E.–NAGYVÁRADI, L.–HEGEDŰS, P.–GERESDI, I. 2011. Rapid screening of flash flood-affected watersheds in Hungary. Zeitschrift für Geomorphologie 55. Suppl. 1. pp. 1–13.
- CZIGÁNY, SZ.–PIRKHOFFER, E.–GERESDI, I. 2010. Impact of extreme rainfall and soil moisture on flash flood generation. Időjárás 114. 1–2. pp. 79–100.
- FÁBIÁN, SZ.Á.–GÖRCS, N.L.–KOVÁCS, I.P.–RADVÁNSZKY, B.–VARGA, G. 2009. Reconstruction of a flash flood event in a small catchment: Nagykónyi, Hungary. Zeitschrift für Geomorphologie 53. Suppl. 2. pp. 123–138.
- FEHÉR F.–HORVÁTH J.–ONDRUSS L. 1986. Területi vízrendezés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 308 p.
- GAYER J.–LIGETVÁRI F. 2007. Települési vízgazdálkodás, csapadékvíz-elhelyezés. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 176 p.
- GEORGAKAKOS, K. P. 1987. Real-time flash flood prediction. Journal of Geophysical Research 92. D8. pp. 9615–9629.
- GRUNTFEST, E.–RIPPS, A. 2000. Flash floods: warning and mitigation efforts and prospects. In: PARKER, D. J. (ed.): Floods. Vol. 1. Routledge, London, pp. 377–390.
- HORVÁTH Á. 2005. A 2005. április 18-i mátrakeresztési árvíz meteorológiai háttere. Légkör 50. 2. pp. 6–9.
- MCGEE, W.J. 1897. Sheetflood erosion. Geological Society of America Bulletin 8. pp. 87–112.
- PETRASOVITS I. (szerk.): 1982. Sík vidéki vízrendezés és -gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 331 p.
- SZALAI S.–KONKOLYNÉ BIHARI Z.–LAKATOS M.–SZENTIMREY T. 2005. Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest
- SZILÁGYI J. 1954. Az Átal-ér és a Váli-víz rendkívüli árvize 1953. jún. 9-én. Vízügyi Közlemények 36. 2. pp. 169–176.
- VASS P. 1997. Árvizek a Bükkösdi-patak felső szakaszán. In: TÉSITS R.–TÓTH J. (szerk.): Földrajzi tanulmányok a pécsi doktoriskolából 1. A társadalmi-gazdasági aktivitás területi és környezeti problémái. JPTE TTK Általános Társadalomföldrajzi és Urbanisztikai Tanszék, Pécs, pp. 261–285.

7. A földrengések elleni védekezés stratégiája

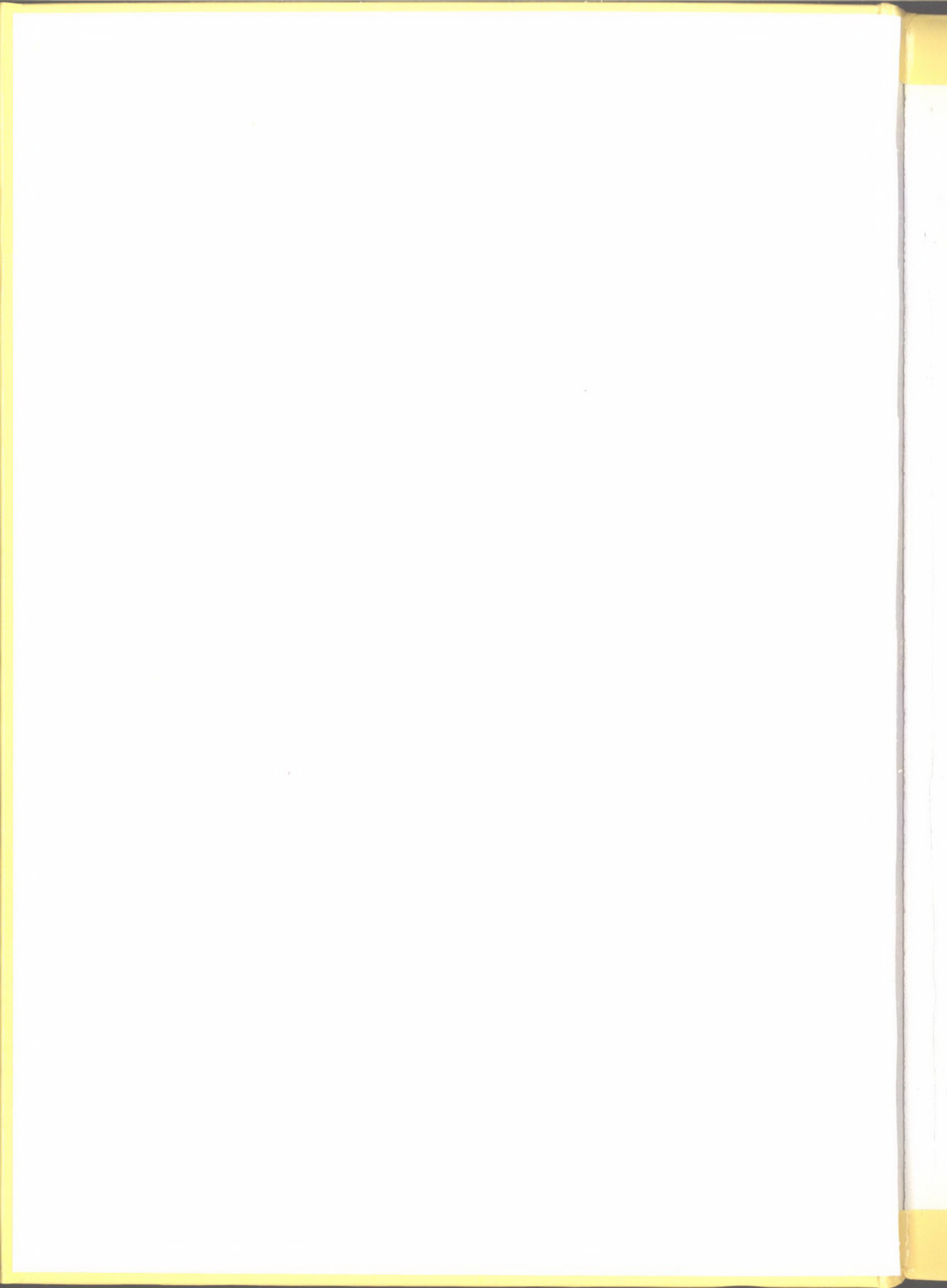
- BADA, G.–HORVÁTH, F.–TÓTH, L.–FODOR, L.–TIMÁR, G.–CLOETING, S. 2006. Societal aspects of ongoing deformation in the Pannonian Region. In: PINTER, N.–GRENERCZY, GY.–WEBER, J.–STEIN, S.–MEDAK, D. (eds.): *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards*. NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences 61. Springer, Dordrecht, pp. 385–402.
- BUS Z.–TÓTH L. 2007. Az elképzelhető legnagyobb földrengés magnitúdójának (M_{max}) meghatározása a Kárpát-medencére. In: KEGYES BRASSAI O. (szerk.): *Földrengés-biztonsági Konferencia Magyarországon, 2007 (Conference on Earthquake Safety in Hungary 2007)*. Széchenyi István Egyetem, Győr, pp. 28–36.
- HORVÁTH F.–TÓTH L. 2009. Előrejelezhető-e a földrengések? Magyarország földrengésveszélyeztetettsége. *Természet Világa* 140. 7. pp. 313–316.
- Magyarországi Földrengési Információs Rendszer (MFIR). www.foldrenges.hu
- SZEIDOVITZ GY. 1990. Komárom és Mór környezetében keletkezett történelmi rengések epicentrális intenzitásának és fészekmélységének meghatározása. Kandidátusi értekezés, Budapest, Kézirat, 156 p.
- TÓTH, L. 2005. Földrengések Magyarországon. *História* 27. 8. pp. 15–19.
- TÓTH, L.–GYŐRI, E.–KATONA, T. J. 2009. Current Hungarian practice of seismic hazard assessment: methodology and examples. OECD NEA Workshop: Recent Findings and Developments in Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) Methodologies and Applications: workshop proceedings. NEA/CSNI/R.1. pp. 313–344.
- TÓTH L.–GYŐRI E.–MÓNUS P.–ZSÍROS T. 2004. Mitől függ a földrengéskockázat? A földrengéskockázat meghatározás bizonytalanságai. In: *Magyarország földrengésbiztonsága, modellezés, méretezés. Mérnökseizmológiai Konferencia*. Széchenyi István Egyetem Szerkezetépítési Tanszék, Győr, pp. 209–218.
- TÓTH, L.–GYŐRI, E.–MÓNUS, P.–ZSÍROS, T. 2006. Seismic hazard in the Pannonian Region. In: PINTER, N.–GRENERCZY, GY.–WEBER, J.–STEIN, S.–MEDAK, D. (eds.) *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards*. NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences 61. Springer, Dordrecht, pp. 369–384.
- TÓTH L.–MÓNUS P.–ZSÍROS T.–BUS Z.–KISZELY M.–CZIFRA T. 1995–2010. *Magyarországi földrengések évkönyve. (Hungarian Earthquake Bulletin.) GeoRisk – MTA GGKI, Budapest*
- TÓTH L.–MÓNUS P.–ZSÍROS T.–KISZELY M. 2002. A Pannon-medence szeizmicitása. *Földtani Közlöny* 132. Különszám. pp. 327–337.

8. Földtani veszélyforrások

- FODOR T.–NÉ–HORVÁTH ZS.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1983. A rácalmás–kulcsi magaspártok mérnökgeológiai térképezése. *Földtani Közlöny* 113. 4. pp. 313–332.
- GeoTeszt Kft. 1994. *Pincebeomlásokkal veszélyeztetett települések 1974–1994*. GeoTeszt Kft., Budapest, Kézirat.

- JUHÁSZ Á.–KERESZTESI Z. 1995. Buda kedvezőtlen beépítési adottságú területei. Budapest, MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Kézirat.
- KÉZDI Á. 1970. A dunaújvárosi partrogyás. Mélyépítéstudományi Szemle 20. 7. pp. 281–297.
- KLEB B.–SCHWEITZER F. 2001. A Duna csuszamlásveszélyes magaspartjainak település-környezeti hatásvizsgálata. In: ÁDÁM A.–MESKÓ A. (szerk.): Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. Magyarország az ezredfordulón. Műhelytanulmányok. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 169–193.
- OSZVALD T. 2011. Földcsuszamlások 2010-ben. „Klíma-21” Füzetek 63. pp. 33–40.
- PÉCSI M. 1971. A földcsuszamlások főbb típusai. Földrajzi Közlemények 19. 2–3. pp. 125–143.
- PÉCSI, M. 1978. Landslides at Dunaföldvár in 1970 and 1974. Geografica Polonica 41. pp. 7–12.





A katasztrófák általában nem szándékosan, hanem véletlenül, spontán következnek be, ám a legtöbbször kapcsolatba hozhatók emberi mulasztásokkal és az előrelátás hiányával. Ahhoz, hogy a természeti eredetű vagy emberi gondatlanság nyomán bekövetkező elemi csapások várható hatásaira felkészülhessünk, ellenük hatékonyan védekezhessünk, fenyegetésük idejének és helyszínének minél pontosabb feltérképezésére és lehetőség szerinti előrejelzésére van szükség.

Az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet – más hazai földtudományi kutatóhelyekkel karöltve – évtizedek óta hatékonyan foglalkozik a magyarországi árvizek, a felszínmozgásos folyamatok (földcsuszamlások, bánya- és folyópartomlások, talajpusztulás) geomorfológiai és hidrogeográfiai okainak feltárásával, valamint az ember építette műtárgyak esetében bekövetkező katasztrófák (ilyenek többek között a veszélyesanyag-tározók gátjainak átszakadásai) természetföldrajzi és antropogén eredetének vizsgálatával.

A szakkönyvekben, tanulmányokban, szakértői jelentésekben részben már napvilágot látott tudományos eredményeket összefoglaló és továbbfejlesztő, valamint a földrengések elleni védekezés stratégiai kérdéseit is bemutató kötet célja kettős. Egyrészt megismertetni a széles olvasó közönséget a hazai földtani veszélyforrásokkal és a „katasztrófa-földrajzi” kutatások legfontosabb eredményeivel. Másrészt felhívni a figyelmet arra, hogy a súlyos anyagi károkat okozó természeti folyamatok és események kiváltó okainak feltárásával a földtudományi (azon belül különösen a geomorfológiai) kutatások stratégiai szerepet játszhatnak e katasztrófák megelőzésében és a keletkező károk mérséklésében.

