

Alluviális vízfolyások mederformálásának sebessége

Sipos György és Kiss Tímea

A folyómedrek változásának irányát és mértékét már a 19. század közepe óta vizsgálják tudományos eszközökkel a hazai geográfusok és mérnökök. A 19. századi szabályozási munkáknak köszönhető, hogy más országokkal összehasonlítva pontosabb, valamint térben és időben is sűrűbb adatok állnak rendelkezésre. A szabályozások megkezdésekor a Kárpát-medence főbb folyóit és ártereit a kor színvonalánál jóval pontosabban mérték fel, gondoljunk csak a fontos kereskedelmi útvonalnak számító Maros igen részletes, számtalan keresztshelvényt is tartalmazó felméréseire (Huszár 1816, Giba 1827), vagy a már elemzéseket is magában foglaló „Tisza hajdan és most” (1890) c. kiadványra. A térképezés mellett a 19. század közepén megkezdődtek a rendszeres (napi) vízszintmérések is. Ezeket idővel egyre sűrűbben vízhozam adatok is kiegészítettek, amelyekhez elengedhetetlenül szükséges volt a meder folyamatos shelvényezése. A vízhozam-mérési shelvények mellett a nagyobb folyókon a szabályozásokat követően a Vízrajzi Osztály 1886-ban létrehozta a VO-kő hálózatot, amely mentén – például a Tiszán hat alkalommal – keresztshelvényeket vettek fel folyam-kilométerenként. Ez világszinten is kiemelkedően hosszú és pontos mérési adatsorokat eredményezett. A mederben lejátszódó folyamatok megismerését mindemellett a 19. század végén meginduló hordalékmérések is nagyban szolgálták (Takáts 1930). A két Világháború hatására mind az utólagos szabályozási munkálatok, mind a térképezés jó időre visszaesett. A komolyabb vízügyi beavatkozások az 1950-es évektől kezdődtek el ismét. Ebben az időszakban főként folyóink közép- és kisvízi szabályozása ment végbe. A vízügyi térképezés is ekkor, illetve az 1970-es évek elején vett lendületet. Ennek a korszaknak köszönhetőek azok a felmérések és elemzések, melyeket a VITUKI a Vízrajzi Atlasz sorozatban tett közzé. Sajnálatos, hogy azóta átfogó, teljes magyarországi szakaszokat vizsgáló munkák nem láttak napvilágot, holott az elmúlt negyven év nyilvánvalóan nem múlt el nyomtalanul, ha folyóink morfológiáját és változását tekintjük.

A fent említett „alapadatok” mára már bizonyos folyószakaszokon bővültek, és új módszerekkel nyert még nagyobb felbontású adatok állnak rendelkezésre ahhoz, hogy a mederben zajló folyamatokat számszerűsíthessék a kutatók (Szlávik

és Szekeres 2003). Ugyanakkor napjainkban a vízügyi hivatalok felmérései kisebb szervezettség mellett zajlanak és a felvett adatok feldolgozása sem olyan részletes, mint néhány évtizeddel ezelőtt, amelynek szerteágazó okai vannak.

Jelen tanulmány célja, hogy a teljesség igényével számba vegye és értékelje azon hazai kutatásokat, amelyek a medermorfológiát meghatározó folyamatok sebességével foglalkoznak. Természetesen a vízfolyások formai paramétereit (keresztmetszet és felülnézeti rajzolat) számtalan folyamat együttese alakítja ki, ehelyütt mégis megpróbáltuk azokat kiemelni, amelyek a leginkább érintik a magyarországi folyók fejlődését. A fent említett folyamatok az alábbiak: kanyarulatfejlődés, szélesség változás, feltöltődés, bevágódás, medermintázatok közötti átmenet. E folyamatok sebességét végső soron a fluviális morfológiai rendszert meghatározó tényezők (víz- és hordalékhozam, esés, hordalék minőség, vegetáció és antropogén hatások) befolyásolják. Így végeredményben csak azokat a kutatások tekinthetők teljesnek, amelyek a morfológiai rendszer fejlődési sebességén túl utalnak a fejlődést meghatározó tényezőkre is.

Tanulmányunkban a hazai kutatásokat a főbb fluviális folyamatok köré csoportosítva, időrendi sorrendben tárgyaljuk. Az egyes folyamatok tekintetében az alkalmazható vizsgálati módszerek előnyeire és hátrányaira is igyekszünk rávilágítani.

1. Kanyarulatfejlődés

A kanyarulatok fejlődési sebességének vizsgálata legtöbbször térképek és légifotók alapján történik a hazai kutatások során. E módszer hátránya sok esetben az, hogy az eltérő típusú és hibájú térképeket igen nehéz pontosan fedésbe hozni (geokorrekciónak), illetve a partok vonalának kijelölése sem mindig ugyanazon elveket követi. Szabatosabb eredmények várhatók, ha közvetlen módszerekkel, eróziós tűk használatával vagy éppen az övzátonyok szedimentológiai elemzésével közelítjük meg a kérdést, ez azonban idő és munkaigényesebb vállalkozás, és visszamenőleges adatok sem állnak rendelkezésre. Reális lehetőségként merülhet még föl a VO hálózathoz kapcsolódó keresztshelvények összevetése, melynek hátránya, hogy a mérések térbeli és időbeli felbontásából adódóan teljes kanyarulatokra vonatkozó, illetve hossz-shelvény menti elmozdulásokra nehéz belőlük következtetni.

A szabályozási munkák eredményeként a Dunán, a Tiszán és mellékfolyóikon bekövetkező mederváltozásokat először Kvassay (1902) foglalta össze a Vízirajzi Osztály mérései alapján. Károlyi (1960a) korabeli térképek összehasonlításával számolta a Tisza kanyarulatainak az ív- és húr hossz, valamint a görbületi élesség változásait, illetve a meanderek vándorlási sebességét. Ez utóbbi 1890–1951 között a legnagyobb értéket Tokaj és Csap között mutatta (100–1700 m, ami 1,6–27,9 m/év-nek felel meg), melynek egyik oka, hogy itt a partvédő művek ekkor még alig épültek ki.

A kanyarulatfejlődés és a meander-geometria kapcsolatát Csoma (1973) és Laczay (1982) tárta fel részletesen vízrajzi térképek segítségével. Az általuk meghonosított, a kanyarulatok fejlettségét felülnézeti paraméterek alapján meghatározó osztályozást, ma is széles körben alkalmazza a hazai szakirodalom. Az ő munkájuk nyomán készültek az 1970-es években a VITUKI Vízrajzi Atlasz sorozatában az egyes folyók kanyarulati paramétereit, mederváltozásait tárgyaló részek. Ezen kutatásokkal egy időben Somogyi (1974) a Duna sárközi szakaszán vizsgálta a medereltolódások maximális értékeit 1783–1900 között. Térképi mérései alapján az oldalirányú eltolódás 16–50 m/év-nek, a folyásirányban történő vándorlás pedig 20–38 m/év-nek adódott. Tiszai vizsgálatai szerint egy kanyarulat kialakulása és lefűződése között a folyó felső- és középső szakaszain hozzávetőleg 150 év telik el.

A magyarországi folyók kanyarulatainak vándorlását – erősen támaszkodva a Vízrajzi Atlaszok adataira – Mike (1991) foglalta össze. Sajnos a vizsgált paraméterek nem mindig azonosak a különböző vízfolyások esetében, így sok esetben az adatok csak nehezen összevethetők. Részben ennek köszönhető, hogy Mike (1991) az adatok közlésén túl nem vállalkozott általánosabb következtetések levonására. Az újabb módszerek megjelenésének, az 1970-es évektől eltelt immár több mint harminc év alatt bekövetkező változások mértékének, illetve az utóbbi évek rekord magasságú tiszai árvizeinek köszönhetően a kanyarulatfejlődés vizsgálata napjainkban újabb lendületet vett. A Közép-Tiszán Szolnoknál Nagy et al. (2001) végeztek méréseket VO szelvényekhez kapcsolódóan, és azt tapasztalták, hogy az adott szelvényben a meder mintegy 200 m-t toldott el a szabályozások óta (1,8 m/év), illetve a kanyarulatfejlődés következtében 16 km-rel nőtt meg a középvonal hossza. Az Alsó-Tiszán Mindszentnél Fiala és Kiss (2005, 2006) végzett hasonló módon, illetve légifotók és térképek segítségével elemzéseket. Méréseik alapján a vizsgált 25 km-es folyószakaszon a középvonal hossza a szabályozásoktól a partbiztosítások megépítéséig (1950-es évek) átlagosan 6 m/év (0,25 m/év/fkm) ütemmel növekedett, míg később az 1970-es évektől ez az érték 0,8 m/év-re csökkent. Eredményeik szerint a védművek kiépítése óta a meanderek alakjában torzulások következtek be, és egyre kisebb görbületi sugarú, egyre élesebb kanyarulatok jöttek létre.

A Maros magyarországi szakaszán dendrogeomorfológiai és geoinformatikai módszerekkel Blanka et al. (2006), Blanka és Kiss (2006) valamint Sipos (2006) vizsgálta egyrészt a kvázi természetesen fejlődő, másrészt a partbiztosítással védett kanyarulatok fejlődését. Méréseik alapján a szabályozásoktól (1856) napjainkig egyes nem szabályozott kanyarulatok tetőpontja a Maros nagylaki szakaszán 250–300 m-t (1,7–2,1 m/év) mozdult el (Sipos 2006), míg az utóbbi 50–60 évben az övzátonyok épülése is igen gyors volt, helyenként meghaladta a

10 m/év értéket, miközben a külső ívek eróziója mindössze 2 m/év körülinek adódott (Blanka et al. 2006). A partbiztosítások nélküli mintegy 30 km-es folyószakaszon (Nagylak és Makó között) a középvonala hossza a szabályozások óta 2,5 m/év ütemmel növekedett (0,08 m/év/fkm). A Hernádon végzett hasonló vizsgálataik alapján Blanka és Kiss (2008) egy eredetileg 5,7 km-es szakaszon 1,7 km-es középvonala növekedést figyelt meg 1937 és 2002 között (4,5 m/év/fkm), amely főként új kanyarulatok létrejöttének, illetve szürflexiós kanyarulatok kialakulásának köszönhető. Ebben az esetben a kanyarulati paraméterek módosulása részben tektonikai okokkal is magyarázható. A Hernád egyik kanyarulatában végezte mérőkarós vizsgálatait Kozma (2008), aki a vizsgált túlfeljődött kanyarulat esetében helyenként 4–5 m-es, igen jelentős parthátrálást észlelt néhány hónap leforgása alatt.

2. Szélességváltozás

A kanyarulatfejlődés vizsgálata során a felmért folyószakaszok szélességviszonyainak változása is sokat elárul a mederben zajló folyamatokról, utalhat a vizsgált folyószakasz esetleges bevágódásra, feltöltődésre, vagy a vegetáció stabilizáló hatására is. Ellentétben a kanyarulatfejlődéssel, a vízfolyások szélességviszonyait kevesebb kutató vizsgálta. Az alkalmazható módszerek természetesen hasonlítanak az előző pontban említettekhez, arra azonban fel kell hívni a figyelmet, hogy ez esetben a térképi és távérzékelési adatok alkalmazásával (partvonalak meghatározása) még körültekintőbben kell eljárni.

A középvízi szabályozások kapcsán alkalmazott átmetszések természetes velejárója volt, hogy a viszonylag keskeny vezérárkok hatására ideiglenesen jelentősen leszűkültek a szabályozott szakaszok (Ihrig 1973). Ezt követően néhány év alatt, ahogyan a folyó elfogadta medrét, jelentős szélesedés zajlott le, melynek tényéről igen (pl.: Márton 1914, Tőry 1952, Lászlóffy 1982), mértékéről illetve sebességéről nemigen adtak számot. Vízfolyásaink szélességviszonyainak vizsgálata a kisvízi szabályozások idején került előtérbe, amikor a megfelelő hajózó utak kialakítása volt a cél. Ilyen esetekben tulajdonképpen a beavatkozások közvetlen eredményeit mérték fel (Csoma és Kovács 1981). A felmérések részeként a Felső-Duna cikloaszigeti mellékágaiban Laczay (1968) végzett összehasonlító méréseket, és a mederszélességek csökkenését, szigetek összeolvadását mutatta ki, miközben általános feltöltődés is jellemezte a területet.

A közelmúltban az Alsó-Tiszán és a Maroson végzett kutatások hosszabb folyószakaszokon általános mederszűkülést írtak le (Fiala és Kiss 2006, Sipos 2006, Sipos et al. 2007). A Tisza vizsgált szakasza esetében a szűkülés Fiala és Kiss (2006) számításai alapján átlagosan 16%-os volt 1842 óta (0,2 m/év), melynek

háttérben elsősorban a partbiztosítások 1950-es évekig történő kiépítése áll. Ez ugyanis megakadályozta a külső ívek erózióját, miközben a belső íveken az övzátonyképződés folyamatos maradt. A fellépő kimélyülés ellenére az átfolyási keresztaszvénny területére sok helyütt jelentősen csökkent ezen a szakaszon. A Sipos (2006) által vizsgált Maros szakaszon a szabályozásokat követően a meder jelentősen kiszélesedett, majd az 1950-es évektől a meder szűkülni kezdett. A szűkülés mértéke légifotók alapján a partbiztosításokkal nem rögzített szakaszon a 18–20 %-os értéket is elérte (0,3 m/év). A folyamat háttérben elsősorban a kisvízes időszakokban az oldalzátonyokat stabilizáló növényzet áll. A vegetáció hasonló szerepét tárta fel Szabó (2006) is a Szigetközben, itt azonban mesterséges vízállás csökkenés áll a folyamat háttérben.

3. Bevágódás és mederfeltöltődés

A kanyarulati viszonyok változása mellett természetesen más morfológiai elemek, úgymint a mélység és a szelvényterület is számottevően változott és változik folyóinkon mind hosszabb, mind rövidebb távon. A szelvények formálódása elsősorban a bevágódás, feltöltődés és az esésváltozás folyamataira utal. Ezen folyamatok meglétét illetve ütemét közvetve és közvetlenül is meg lehet határozni. A közvetett módszerek elsősorban a vízállásváltozások statisztikai elemzésén, a közvetlen módszerek pedig rendszeres keresztaszvénnyezéseken alapulnak. Előbbi esetében nagy előny a rendelkezésre álló mintegy 150 éves folyamatos adatsor, ugyanakkor az antropogén beavatkozások, illetve az éghajlati változások jelentősen ronthatják a módszer alkalmazhatóságát. A keresztaszvénnyek felmérésével mindez kiküszöbölhető, viszont ez esetben legtöbbször nem rendelkezünk hosszabb távra visszanyúló mérésekkel. Ez alól talán csak a VO szelvények kis térbeli és időbeli felbontású adatsora a kivétel.

A szabályozások közvetlen következményeit (bevágódás és vezérárok széleseedés) a kor mérnökei több helyütt a mederszelvények ellenőrző méréseivel kísérelték megállapítani (lásd: az 1890-es évek *Vízrajzi Évkönyvei*, illetve „*A Tisza hajdan és most*” kiadvány). Az átvágott szakaszok fejlődése ekkor volt a legintenzívebb, illetve a kanyarulatok formálódásának korábbi üteme is jelentősen megváltozott az új esésviszonyok hatására. Valamivel később, immár a vízszintek elemzése alapján Kvassay (1902) a Duna és a Tisza mellékfolyóin a szabályozási munkák eredményeként bekövetkező vertikális mederváltozásokat vizsgálta. Véleménye szerint például a Tiszán a szabályozások hatására Szegednél 1830 és 1895 között 270 cm-t emelkedett az árvizek szintje, míg a kisvizek szintje Szegednél 115 cm-t (1,8 cm/év), Mindszentnél 105 cm-t süllyedt (1,6 cm/év), amit egyértelműen a meder megváltozott paramétereivel magyarázott.

A Tisza teljes hosszán a középvízi keresztshelvényeket hasonlította össze Fekete (1911), aki három időpont mederfelvételeit (1842, 1891 és 1906–1909) elemezte. Fő célja a folyó vízrajzi változásainak megismerése volt. A shelvények összehasonlításakor kiszámította a meder jellemző paramétereinek változását (szélesség, középszélesség, a középszélességnek megfelelő vízszintes terület, mélység és part-középmagasság). Az eredmények alapján például az Alsó-Tiszán 140 centiméteres középmélység növekedést állapított meg (2,2 cm/év). Az Alsó-Tisza felső szakaszán (Csongrád – Mindszent) 1891–1906 között 110 m²-es shelvényterület növekedést, míg az alsón (Mindszent – Algyő) 120 m²-es csökkenést tapasztalt. A Tisza torkolata feletti 100 km-es szakaszra kiszámította a feltöltődés mértékét is, ami 15 év alatt 5,1 millió m³-nek adódott (3400 m³/fkm/év).

A Tisza egyes szakaszainak átlagos shelvény-adataiban bekövetkezett változásokat három mederfelmérés (1890/91 Péch-féle, 1906–08 Fekete-féle, 1921–22 Viczián-féle) alapján Félegyházi (1929) foglalta össze. A Péch-féle tizenkét (I–XII.) „jellegzetes folyószakasz” alapján összehasonlította a kisvízi és a középvízi medershelvények területét, szélességét és középmélységét. A táblázatos kimutatások arra utalnak, hogy bizonyos szakaszon a kisvízi shelvényterület folyamatosan nőtt, párhuzamosan a kis- és középvízi meder középmélységgel, ugyanakkor pl. a Vásárosnamény–Sajó torkolat közötti szakaszon a meder terület csökkent.

A Dunán és a Tiszán átfogó elemzéseket ezt követően Károlyi (1960ab) végzett. A Tisza szabályozások utáni bevágódását a kisvizek süllyedése alapján számította ki, amely egyes szakaszokon akár 300 cm is lehetett (2,6 cm/év). Mindemellett vizsgálataiban arra is törekedett, hogy keresztshelvények segítségével hordalékegyenleget számítson a Duna, illetve a Tisza egyes szakaszaira.

LacZay (1967) a Duna 1965-ös árvizének mederformáló hatását vizsgálata Rajka környékén mederfelmérések segítségével. Megállapította, hogy az árhullám során egyes gázlók szintje csaknem a hajózási kisvízszint magasságáig emelkedett, ezzel arra is rámutatott, hogy a mederváltozások árvízi időszakban a vártnál jóval nagyobbak, és a közép-, kisvizek igen hatékonyan állítják helyre a korábbi állapotokat. Ugyanezen a területen (cikolaszigeti ágrendszer) LacZay (1968) a hosszabb távú változásokat is megvizsgálta. Az 1967-es részletes vízrajzi felmérések alapján a folyószakaszon 1903 óta 58.000 m³/év felhalmozódást tapasztalt. Ezen kutatások is megalapozták, hogy elkezdjék a magyarországi felső Duna szakaszon a meder kotrási munkálatait, amely a mederemelkedés megszüntetését célozta. A Duna Rajka és Gönyü közötti szakaszának (59 km) hordalékháztartását Csoma és Kovács (1981) VO keresztshelvények, évenkénti szondachigrafikus felmérések, valamint kotrási adatok alapján határozta meg. Számításaik szerint 14 év alatt az antropogén beavatkozások hatására a főág keresztshelvényeinek

területe a hajózási kisvízszint alatt 10%-kal növekedett, ami $1650 \text{ m}^3/\text{év}/\text{fkm}$ mértékű mederanyag-vesztéssel párosult. Immár vízállás vízhozam görbéket alkalmazva Csoma (1987) rámutatott a Nagymaros–Budapest közötti Duna szakasz általános, 30–40 cm-es kimélyülésére is, melynek háttérében szintén a kavicskitermelés állt. Az Alsó-Dunán később Lóczy (2001) vizsgálatai azt mutatták, hogy a szabályozások hatására a Duna Mohács alatti szakasza helyenként 3 méterrel lett mélyebb, miközben egyes, a szabályozások előtt aktív mederágak feliszapolódtak, így a folyó jelentősen (40%-kal) lerövidült.

Az Alsó-Tisza mintegy 25 km-es szakaszán a különböző mederrendezési munkák hatásait VO szelvények segítségével 1890–2001 között 6 időpontban Kiss et al. (2008) vizsgálta. Eredményeik szerint a szelvények morfológiai helyzetétől és a beavatkozás mértékétől függően a mederkeresztmetszet területe 4–21%-kal csökkent, holott mélysége 5–45%-kal nőtt a belső íveken jelentkező övzátonyképződés és a külső íveken megfigyelt kimélyülés együttes hatására. A mederformálódásának vizsgálatában újak számító vízi szeizmikus méréseket alkalmazott Nagy et al. (2006) a Közép-Tiszán. Vizsgálataikkal a meder alján felhalmozódó hordalékvastagságot mérték. Véleményük szerint a vizsgált szakasz mintegy felén nincs recens üledéklerakódás, igen sok helyütt pedig nagy kiterjedésű üstök alakultak ki a szabályozásokat követően. Ezzel egyidőben a meder vízszállító képessége Szolnoknál Illés et al. (2003) vizsgálata szerint jelentősen romlott, hiszen hasonló vízállás és vízszintesítés mellett 1979-ben a Tisza $250\text{--}300 \text{ m}^3/\text{s}$ -mal több vizet szállított a mederben itt, mint az 1998-as árvíz idején. A szolnoki vízmérce 100 éves adatsora alapján Dombrádi (2004) összevetette a vízállás és vízhozam értékeket. Számításai szerint a folyómeder vízvezető képességének változása (azaz a mederszelvény csökkenése) nem feltétlenül indokolja az (ár)vízszintek elmúlt években tapasztalt növekedését.

A Maros magyarországi szakaszán Sipos (2006) készített saját mederfelvételeket több időpontban, hasonló és jelentősen eltérő vízállások mellett. Két különböző évben a tavaszi árhullámot követően 55000 m^3 illetve 89000 m^3 hordalék felhalmozódást tapasztalt a hozzávetőleg 1 fkm-es vizsgálati szakaszon, miközben a kisvízes állapotok alig mutattak eltérést. Kiss és Sipos (2007) mindamellett rámutattak a Maroson mozgó hordalék morfológiát szabályozó szerepére és pulzusokban történő mozgására. A Maros makói vízhozammérési szelvényének utóbbi 15 évre vonatkozó kisvízes adatit összevetve Sipos (2006) a folyószakasz általános szűkülése ellenére nem tudott kimélyülést kimutatni. A 2000-es tiszai és marosi árvíz kapcsán Sipos et al. (2008) a meder alakulását vizsgálta napi mérési adatok alapján két vízhozammérési szelvényben. Számszerűleg elemezték az árvízi hurokgörbe kialakulásának egyik résztényezőjét (Németh 1954, Károlyi

1960b) azaz a medertalp hordalékmozgás kapcsán történő változását. Megállapították, hogy fajlagos munkavégző-képességtől és a vízszintváltozások ütemétől függően akár 5–7%-os napi különbségek is felléphetnek a mederkitöltő szelvény területében egy árhullám során. Megállapították azt is, hogy a két eltérő morfológiájú és hidrológiájú folyón arányaiban igen hasonló változások következtek be.

4. Medermintázat-változás

A folyók egyik legösszetettebb formai eleme a medermintázat, más szerzőknél rajzolat (Gábris et al. 2001), vagy alaktípus (Timár 2003). Segítségével értékelhetők a vízfolyás fejlődését meghatározó tényezők, ugyanis a felülnézetből megfigyelhető mintázat utal a vízfolyások vízgyűjtőjén, árterén és medrében zajló folyamatokra, valamint a vízgyűjtő éghajlati és földtani hátterére. A medermintázatok közötti természetes vagy mesterséges átmenetet a vízfolyás morfológiáját meghatározó külső, vagy úgy nevezett független változóknak (vízhozam, esés, hordalékminőség és -mennyiség, vegetáció stb.) bekövetkező változások irányítják (Lóczy 2004). Ezért a medermintázatok morfológiai elemzésén túl az átmenet vizsgálatakor az irányító tényezők meghatározása is elengedhetetlen.

Az ilyen jellegű kutatások előhírnökének hazánkban Kádár (1969) tekinthető. Vizsgálatait terepasztalon végezte, és rámutatott arra, hogy a fluviális formakincs meghatározásában kulcsszerepe van a hordalékszállítás módjának, amelyet olyan tényezők határoznak meg, mint a vízsebesség, a vízfolyás hidrodinamikai tulajdonságai illetve a hordalék minősége és mennyisége.

Magyarország vízhálózatának fejlődését a harmad- és negyedidőszakban bár többen is tárgyalták a hazai szakirodalomban (pl. Somogyi 1961, Borsy 1989, Mike 1991), e tanulmányok ismertetése nem lehet jelen, főként recens fluviális folyamatokkal foglalkozó írás célja. Mégis ki kell emelni Gábris et al. (2001), valamint Gábris és Nádor (2007) a mai Közép-Tisza vidék területén végzett kutatásait. Gábris et. al. (2001) morfológiai paraméterek, pollenanalízis, illetve radio-karbon kormeghatározás segítségével határozták meg a medermintázatok közötti átmenetet az utóbbi 20 ezer évben. Munkájuk során a felszíni, illetve a felszín alatti paleomedrek paramétereit vizsgálták. Rámutattak arra, hogy a vizsgált területen a fonatos és meanderező mintázatok közötti váltások két esetben klimatikus (vízhozam- és hordalékhozam változás), egy esetben pedig tektonikus (esés) változásokra vezethetők vissza. Gábris és Nádor (2007) mindemellett a Körös medence esetében úgy találta, hogy a tektonikus mozgások felülírták az éghajlati hatásokat. A fenti kutatások jelentősége abban áll, hogy megfelelő számú abszolút koradat segítségével az átmenetek sebessége megadható lesz.

A tektonikai mozgások medermorfológiát és kanyarulat-fejlettséget meghatározó szerepét Tímár (2000, 2003) a Tisza teljes magyarországi szakaszán megvizsgálta. A szabályozások előtti Tisza paraméterei alapján kimutatta, hogy a kanyargósabb szakaszok egybeesnek az intenzív süllyedést mutató területekkel, mivel a folyó esése ezeken a helyeken nagyobb. Számításai szerint az egyenetlen süllyedés hatására a szolnoki vízmérce „0” pontja 30 év alatt 10 cm-rel került közelebb a tengerszinthez, mint a tiszakécskei, ez pedig a szolnoki szelvényben visszaduzzasztást és ugyanazon vízhozam mellett vízszintemelkedést eredményezett (a tényleges vízszintemelkedés mintegy hatoda magyarázható ezzel a folyamattal). Mindemellett arra is rámutatott, hogy a mellékfolyók beömlése alatti szakaszokon a többlet hordaléknak köszönhetően természetes állapotban a kanyarulatfejlettség csökkenése várható.

A Maros magyarországi szakaszán az antropogén beavatkozások és az erre válaszul érkező kvázi természetes folyamatok medermintázatra gyakorolt hatásait vizsgálta Sipos és Kiss (2003), Sipos (2006), Kiss és Sipos (2007). A folyón a kanyarulat-átmetszések kapcsán megduplázódó esés hatására a korábban meanderező illetve anasztomizáló szakaszon fonatos mintázatot mutató egységek jöttek létre. Ott, ahol utólagos beavatkozások (partbiztosítások) nem történtek, a kitérített szakaszokon a meder szűkülését, a mederközepi szigetek számának csökkenését, összességében a fonatos jelleg visszaszorulását tapasztalták a szerzők az utóbbi 50 évben. Mindazonáltal az ez irányú folyamatok jelenlegi sebessége mellett a kanyarulatok újbóli kialakulása a közeljövőben nem, csak mintegy ezer éves távlatban várható.

Felhasznált irodalom

- Blanka V. – Kiss T. 2006: Kanyarulatfejlődés vizsgálata a Maros alsó szakaszán. *Hidr. Közl.* 86. 19–23.
- Blanka V. – Sipos Gy. – Kiss T. 2006: Kanyarulatképződés tér- és időbeli változása a Maros magyarországi szakaszán. III. Magyar Földrajzi Konferencia CD-kiadványa MTA-FKI, Budapest
- Blanka V. – Kiss T. 2008: A kanyarulatfejlődés jellegének és mértékének vizsgálata a Hernád Alsóobnya feletti szakaszán, 1937 és 2002 között. *Geographia generalis et specialis: Tanulmányok Kádár László születésének 100. évfordulójára*, Debrecen, 147–154.
- Borsy Z. 1989: Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete. *Földr. Ért.* 38, 211–224.
- Csoma J. 1973: A korszerű folyószabályozás alapelvei és módszerei. VITUKI, Budapest.
- Csoma J. 1987: A nagymarosi vízlépcső alatti Duna-meder vizsgálata. *Vízügyi Közl.* 69, 286–296.
- Csoma J. – Kovács D. 1981: A Duna Rajka-Gönyű közötti szakaszán végzett szabályozási munkák hatásának értékelése. *Vízügyi Közl.* 63, 267–294.
- Dombrádi E. 2004: Vízhhozam- és vízállás-idősorok analízise a folyómeder állapotváltozásainak kimutatására. *Hidrológiai Közlöny* 84, 57–60.
- Fekete Zs. 1911: A Tisza folyó medrének közép-keresztmetsvényei. *Vízügyi Közl.* 4–6, 141–148.

- Félegyházi P. 1929: A Tisza folyó jellegzetes szakaszainak és az egész Tiszának átlagos szelvényadataiban a szabályozás kezdete óta 1922. évig beállott változások. *Vízügyi Közl.* 9, 93–102.
- Fiala K. – Kiss T. 2005: A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó-Tiszán I. *Hidrol. Közl.* 85, 60–68.
- Fiala K. – Kiss T. 2006: A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó-Tiszán II. *Hidrol. Közl.* 86, 13–17.
- Gábris Gy. – Félegyházi E. – Nagy B. – Ruszkciczay Zs. 2001: A Középső-Tisza vidékének negyedik század végi folyóvízi felszínfejlődése. I. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Gábris Gy. – Nádor A. 2007: Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary. *Quaternary Science Reviews* 26, 2758–2782.
- Giba A. 1827: A Maros folyó Makó alatti szakaszának szabályozási térképe. Magyar Országos Levéltár (S. 12 Div. XIII No. 576).
- Huszár M. 1816: Maros folyó Apátfalva melletti szakaszának szabályozási térképe. Magyar Országos Levéltár (S. 12 Div. XIX No. 107:3).
- Ihrig D. (szerk.) 1973: A magyar vízszabályozás története. *VÍZDOK*, Budapest.
- Illés L. – Konyecsny K. – Kovács S. – Szlávik L. 2003: Az 1998. novemberi árhullám hidrológiája. *Vízügyi Közlemények Különszáma I.* 47–77.
- Kádár L. 1969: Specific types of fluvial landforms related to the different manners of loadtransport. *Acta Geographica Debrecina* 8–9, 115–178.
- Károlyi Z. 1960a: A Tisza mederváltozásai-különös tekintettel az árvízvédelemre. *VITUKI Bp.* 102.
- Károlyi Z. 1960b: Zátonyvándorlás és gázlólakulás – különös tekintettel a magyar Felső-Dunára. *Hidrol. Közl.* 40/5, 349–358.
- Kiss T. – Sipos Gy. 2007: Braid-scale geometry changes in a sand-bedded river: Significance of low stages. *Geomorphology* 84, 209–221.
- Kiss T. – Fiala K. – Sipos Gy. 2008: Altered meander parameters due to river regulation works, Lower Tisza, Hungary. *Geomorphology*, 98/1–2, 96–110.
- Kiss T. – Sipos Gy. 2003. Investigation of channel dynamics on the lowland section of River Maros. *Acta Geographica*, Szeged 39, 41–49.
- Kozma K. 2008: Recens folyóvízi fejlődés néhány kérdése a Hernád Alsódobosza – Gesztely közötti szakaszán. *Geographia generalis et specialis: Tanulmányok Kádár László születésének 100. évfordulójára*, Debrecen, 155–161.
- Kvassay J. 1902: A szabályozások hatása a folyók vízjárására Magyarországon. *Vízügyi Közl.* 15, 8–27.
- Lacza I. 1967: Az 1965. évi árvíz tetőző vízszintjei a felsődunai hullámtérben. Az árvíz hatása a mederalakulásra. *Vízügyi Közlemények* 49, 119–127.
- Lacza I. 1968: A cikalaszigeti mellékágrendszer mederváltozásának vizsgálata. *Vízügyi Közlemények* 50, 245–255.
- Lacza I. 1982: A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. *Vízügyi Közl.* 235–254.
- Lászlóffy W. 1982: A Tisza. Vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Lóczy D. 2001: Geomorfológiai, tájökölógiai és természetvédelmi megfigyelések a Duna-ártér Mohács alatti (bédei) szakaszán. I. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Lóczy D. 2004: A folyóvizek felszínformálása. in: Lóczy D. – Veress M. (szerk): *Geomorfológia I.* Dialóg Campus Kiadó, 15–120.
- Márton Gy. 1914: A Maros alföldi szakasza és fattyúmedrei. *Földrajzi Közlemények* 52, 282–301.
- Mike K. 1991: Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története. Aqua Kiadó, Budapest

- Nagy ÁT. – Tóth T. – Sztanó O. 2006: Új, kombinált módszerek a Közép-Tisza jelenkori mederképződményeinek jellemzésére. *Földtani Közlöny* 136, 121–138.
- Nagy I. – Schweitzer F. – Alföldi L. 2001: A hullámtéri hordaléklerakódás (övezvény). *Vízügyi Közl.* 83, 539–564.
- Németh E. 1954: *Hidrológia és hidrometria*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Sipos Gy. 2006: A meder dinamikájának vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán. PhD Értekezés, SZTE
- Sipos Gy. – Fiala K. – Kiss T. 2008: Changes of cross-sectional morphology and channel capacity during an extreme flood event, lower Tisza and Maros rivers, Hungary. *Journal of Environmental Geography* 1/1–2, 41–51.
- Sipos Gy. – Kiss T. 2003: Szigetképződés és fejlődés a Maros határszakaszán. *Vízügyi Közl.* 85, 225–238.
- Sipos Gy. – Kiss T. – Fiala K. 2007: Morphological alterations due to channelization along the Lower Tisza and Maros Rivers. *Geographica Fisica e Dinamica Quaternaria* 30, 239–247.
- Somogyi S. 1961: Hazánk vízálózatának fejlődéstörténeti vázlata. *Földrajzi Közlemények*, 25–50.
- Somogyi S. 1974: Meder- és ártérfejlődés a Duna sárközi szakaszán az 1782–1950 közötti térképfelvételek tükrében. *Földrajzi Értesítő*, 27–36.
- Szabó M. 2006: A vegetáció feltüntetése és a szukcesszió lehetséges útjai a Szigetközben a lipóti övezvény példáján. III. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa. MTA-FKI, Budapest
- Szlávik L. – Szekeres J. 2003: Az árvízi vízhozammérések kiértékelésének eredményei és tapasztalatai (1998–2001). *Vízügyi Közlemények* 85, Különszám IV: 45–59.
- Tőry K. 1952: *A Duna és szabályozása*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Takáts T. 1930: A Duna lebegő hordaléka Budapesten. *Hidrológiai Közlöny* 10/1, 53–66.
- Timár G. 2000: Földtani folyamatok hatása a Tisza alföldi szakaszának medermorfológiájára. PhD értekezés, ELTE
- Timár G. 2003: Controls on channel sinuosity changes: a case study of the Tisza River, the Great Hungarian Plain. *Quaternary Science Reviews* 22, 2199–2207.