

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi és Informatikai Kar
Földtudományok Doktori Iskola
Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

**KANYARULATFEJLŐDÉS DINAMIKÁJÁNAK VIZSGÁLATA
TERMÉSZETI ÉS ANTROPOGÉN HATÁSOK TÜKRÉBEN**

PhD értekezés tézisei

BLANKA VIKTÓRIA

Témavezető:
Dr. Kiss Tímea

Szeged, 2010

1. Előzmények, célkitűzések

Az emberi beavatkozások hatása a vízfolyásokon világszerte egyre erőteljesebb. A beavatkozások hatásainak kimutatása, valamint típusának és mértékének értékelése azonban rendkívül nehéz feladat, hiszen az antropogén beavatkozások hatásai a folyórendszerekben a természetes folyamatokkal párhuzamosan játszódnak le. Ezáltal elindulhatnak a meglévő környezeti hatásokkal ellentétes irányú változásokat, így azok gyengülnek, illetve ha a természetes környezeti tényezőkhöz hasonlóan hatnak a folyórendszerre, a környezeti hatásokat felerősíthetik.

Kutatásom legfőbb célja ezért a kanyarulatfejlődés és az azt befolyásoló természetes és antropogén tényezők vizsgálata. A vizsgálat során első lépésként a kanyarulatfejlődés tér- és időbeli sajátosságainak vizsgálatát tűztem ki célul horizontális kanyarulat-paraméterek alapján, ugyanis ezek tükrözik a folyó alkalmazkodási folyamatait a környezeti tényezők változásához. Mivel a kanyarulatok fejlődése térben és időben is változott, ezért megvizsgáltam a kanyarulatfejlődést befolyásoló környezeti tényezők hatását. Kiemelt részletességgel vizsgáltam a vízjárást, hiszen jelentős mértékű változások következtek be a hidrológiai viszonyokban az utóbbi 100 évben. Célul tűztem ki a mérnöki létesítmények (duzzasztóművek és partbiztosítás) hatásaként elinduló szemi-antropogén folyamatok elemzését, mivel ezek ugyancsak jelentős mértékben befolyásolhatják egyes szakaszok kanyarulatfejlődését. Végül célom, hogy a rövid- és hosszútávú adatok alapján a meder horizontális változásának dinamikáját leíró általános fejlődési tendenciákat vázoljak fel.

A fő kutatási területem a Hernád, bár a Maroson is végeztem hasonló méréseket, de itt az alkalmazott módszerek és a mintavételek száma is kisebb volt. Ezért a Hernádon végzett vizsgálatok képezik dolgozatom alapját, a Maroson végzett kutatásaim eredményeit csupán kitekintésként, ezekkel összevetve mutatom be. A Hernád a Sajó mellékfolyója, vízgyűjtője a Kárpát-medence északi részén található. A folyó vízjárása még a magyarországi szakaszon is rendkívül heves, amit a folyó vízjátéka és az

árvizek levonulási ideje is mutat. A Hernád magyarországi szakaszának vízjárását leginkább a szlovákiai vízgyűjtőrészről érkező vizek határozzák meg és az emberi beavatkozások is módosítják. A vízjárásra hatást gyakorló tényezők a folyó szlovákiai szakaszán található víztározók, három kisebb duzzasztómű a magyarországi szakaszon, a lokális ármentesítés és folyószabályozás (a töltésezés, partbiztosítás, mederátvágások módosítják a lefolyás sebességét) és az urbanizáció (vízkivétel illetve vízbeengedés). A Hernád magyarországi szakaszát a heves vízjárás és a nagy hordaléktöménység miatt rendkívül erős kanyargási hajlam jellemzi. A folyó medre a gyakori helyzetváltoztatás miatt alig beágyazott, így nagyobb árvizek idején könnyen átvált egy korábbi medrébe.

A célok megvalósítása érdekében a kutatást időben és térben is egyre nagyobb méretarányban és növekvő részletességgel végeztem. Először a teljes magyarországi Hernád szakasz fejlődését befolyásoló hidrológiai változásokat elemeztem. A horizontális mederparaméterek változását néhány km-es folyószakaszokon, 50 éves időintervallumban vizsgáltam. Mivel céljaim között szerepel a változó morfológiai sajátosságok háttérében álló környezeti tényezők azonosítása is, ezért értékelttem a magaspart, a felszínesítés és a mérnöki tevékenység hatására az utóbbi 125 év alatt lejajló morfológiai változásokat is. A legrészletesebb vizsgálatokat csupán néhány kanyarulatban végeztem. Vizsgáltam a kanyarulatok külső ívén zajló laterális erózió mértékét (2008-2010 között) és befolyásoló tényezőit, valamint a belső íven megfigyelhető partépülés folyamatát. Ez utóbbi vizsgálat időbeli korlátját az övzátönyokon található legidősebb fák kora határozta meg.

2. Anyag és módszer

Mivel időben és térben különböző léptékű folyamatokat vizsgáltam a, ezért az alkalmazott módszerek és a vizsgálati terület is változik.

2.1. A vízjárás elemzése

A Hernádon a 20. század során bekövetkezett hidrológiai változások jellemzésére megvizsgáltam a hidrológiai paraméterek közül a mederformálódás szempontjából meghatározó paraméterek (vízállás- és vízhozam tartósság, kis és nagyvíz szintjének változása) hosszú távú változásait, valamint a vízjárás éven belüli változásait. A vízjárás időbeli változásai mellett elemeztem a térbeli módosulásokat is a magyarországi szakaszon, mivel a hazai 108 km hosszú szakaszon az emberi beavatkozások (3 duzzasztómű) módosíthatják a vízjárás jellemzőit.

2.2. Geoinformatikai analízis

A morfometriai változások hosszú távú vizsgálatához a Hernád magyarországi szakaszán EOVS rendszerbe geokorrigált térképszelvényeket (1883, 1937, 1957, 1972, 1985), légifotókat (1953, 1966, 1975, 1988, 1997 és 2002) és műholdfelvételeket (2007) használtam. A változások értékeléséhez meghatároztam morfológiai változásokat leginkább jellemző paramétereket, majd megvizsgáltam időbeni változásukat. A paraméterek számítását a digitalizált partvonalak alapján végeztem.

2.3. Oldalirányú elmozdulás vizsgálata a kanyarulatok külső ívén

A rövid idő alatt (2,5 év) zajló partelmozdulás mértékét és mintázatát a kanyarulatok külső ívén Sokkia SET310 mérőállomás és geodéziai GPS segítségével vizsgáltam. A kanyarulatok külső ívén a partvonalat 2,5 év alatt 4 alkalommal (2008. 03. 28-29-én, 2008. 08.19-22-én, 2009. 08. 25-27-én és 2010. 08. 05-07-én) mértük fel, összesen 8 kanyarulatban. A mérőállomással mért pontokat a GPS adatok alapján EOVS koordináta-rendszerbe transzformáltam. Az adatok alapján kiszámítottam a mérések között eltelt idő alatt megfigyelhető partelmozdulás átlagos sebességét

(m/félév). A partelmozdulás sebességét összevettem az időszakokban jellemző vízjárással, hogy becsülhető legyen a vízjárás és a jelentősnek számító árvizek és árhullámok hatása a parterózió mértékére.

Az erodálhatóság becsülésére felmértük a partok szemcseösszetételét, növényzetét és magasságát is. A szemcseösszetétel vizsgálatához a külső íven, a kanyarulat csúcspontján, a parttól 1-2 méter távolságban mintáztuk a partanyagot, a partelmozdulási vizsgálatokkal megegyező 8 kanyarulatban. A fúrásokat a folyó pillanatnyi vízszintjéig mélyítettük -50 cm-es középvizes vízállásnál, s ezekből 10 cm-enként vettünk mintát. A minták szemcseösszetételét nedves szitálással határoztam meg.

2.4. A partépülés vizsgálata a kanyarulatok belső ívén

Az utóbbi néhány évtizedre jellemző partépülés mértékét és időszakait dendrológiai elemzéssel vizsgáltam. A dendrológiai felmérés során fűz- és nyárfák korát határoztam meg, ugyanis ezek pontos eredményeket adnak a kanyarulatvándorlás mértékére és a partépülés időpontjára, mivel ezek a középvíznél magasabbra emelkedő zátonyokat már a képződésüket követő első vegetációs periódusban elfoglalják ezáltal jól jelzik mely árvizekhez köthető nagyobb mértékű övzátony-képződés.

3. Az eredmények összefoglalása

3.1. A vízjárás hosszú távú változása

- 3.1.1. A kanyarulatfejlődést befolyásoló legfontosabb tényező, a vízjárás a Hernád magyarországi szakaszán a 20. sz. során jelentősen átalakult. Az 1950-es évek közepéig (1956-57) a vízjárás nem változott lényegesen, ami hosszútávon fennálló egyensúlyi állapotra utal. Az 1950-es évek közepétől 1997-ig azonban a vízjárás jelentős változása figyelhető meg, ami a vízállások általános csökkenésében, a mederformáló (4,1 %-ról 1,4 %-ra) és középvízi vízhozam (33,6 %-ról 21,5%-ra) csökkenő tartósságában, az árvizes (mederkitöltő vízállás feletti) évek gyakoriságának növekedésében és az évi legnagyobb vízállások szélsőségesebbé válásában, valamint az évi legkisebb vízállások folyamatos csökkenésében is megmutatkozik.
- 3.1.2. Az évi legkisebb vízállás csökkenése azonban nem járt együtt az évi legkisebb vízhozamok csökkenésével és a kis és középvizek tartományában ugyanazokhoz a vízállásokhoz 1960 és 2009 között egyre nagyobb vízhozam értékek tartoztak, ami a meder bevágódására utal. A nagyvizek tartományában viszont (200cm-es vízállás felett) ugyanazokhoz a vízállásokhoz egyre kisebb vízhozam értékek tartoztak, ami viszont a nagyvízi meder vízlevezető képességének csökkenésére utal 1960 óta.
- 3.1.3. Az 1990-es évek végétől a mederformáló és középvízi vízhozamot meghaladó vízhozamok előfordulása nőtt és az eredeti hidrológiai állapotok felé közelít. Ugyanakkor az utóbbi 10 évben a vízjárás egyre szélsőségesebbé válását tapasztalhatjuk. Ez különösen 2005 után érzékelhető, ugyanis 2006-ban (LNV-t 434 cm), majd 2010-ben (LNV 503 cm) a korábbi legnagyobb vízállást meghaladó árvíz vonultak le a folyón (2010-ben ráadásul egy hónapon belül két árhullám vonult le).
- 3.1.4. Az éven belüli vízjárás is lényegesen változott, a kisvizek kitolódtak a téli hónapokra, amely a partomlások mértékének növekedését okozhatja a fagy miatt. Emellett a korábbinál hevesebbé váló és

gyakrabban előforduló nyári esőzések miatt az árvizek gyakoribbá váltak a nyári hónapokban hevesebb vízjárású nagy árvizeket eredményezve. Ez szintén a mederformálás felgyorsulását okozhatja.

3.1.5. A Hernádon lezajlott hidrológiai változások azonban nem egyediek Magyarországon, a Maros magyarországi szakaszán is megfigyelhetőek hasonló hidrológiai változások. Ezek közül a legfontosabb az évi legkisebb vizek szintjének változása. Az évi legkisebb vizek szintje ugyanis az 1970-es évekig folyamatosan növekedett, utána viszont drasztikusan csökkenni kezdett (Sipos 2006), hiszen míg 1940-1981 között sosem volt -50 cm alatt, 1981 után azonban az évi legkisebb vízszint -50 cm és -104 cm között változott (Kiss és Sipos 2007).

3.1.6. A két folyón lezajlott hidrológiai változásokat a vízgyűjtő felsőbb részein bekövetkező lefolyásviszonyok módosulása okozta. A lefolyásviszonyok módosulásának pontos okait nem lehet egyértelműen megállapítani, mivel a klímaváltozás (csökkenő mennyiségű, egyre hevesebb csapadék) mellett, az emberi tevékenység (vízkivétel, vízvisszatartás) lefolyás-módosító hatása is okozhatta. A két tényező pedig hasonlóan hat a folyórendszerre, így egymás hatásait felerősíthetik.

3.1.7. A tekintélyes mértékű vízjárás és vízhozam változások, valamint az általuk jelzett bevágódás és a nagyvízi meder vízlevezető képességének csökkenése előrevetíti a folyó egyéb morfológiai, morfometriai paramétereinek jelentős változását is az 1950-es éveket követően, hiszen a meder paraméterek (pl. szélesség, mélység és futásvonal) igazodnak a megváltozott vízhozamhoz

3.2. A vízjárás módosulásának hatása kanyarulatfejlődésre

3.2.1. A hidrológiai rendszer megváltozásával egy időben a Hernád morfológia viszonyai is átalakultak. A meder az éves kisebb vízmennyiség levezetésére módosult, a vízállás-vízhozam kapcsolatok ugyanis a meder bevágódására is utalnak. Ennek egyik következményeként a korábban kialakult övzátónyok a középvíznél

magasabb szintre kerülhettek, így lehetővé vált rajtuk a növényzet megtelepedése. Így a hidrológiai változások végső soron a mederszélesség csökkenését okozták, ami a mederszelvény területének csökkenésével jár együtt. A meder szélesség-viszonyaira 1953-ban ugyanis még jellemző volt, hogy a kanyarulatok csúcsában a meder kiszélesedett és itt nagy kiterjedésű csupasz zátonyfelszínek alakultak ki. Azóta jelentős mértékű mederszélesség csökkenés zajlott a szakaszokon. A legnagyobb mértékű szélességcsökkenés az 1966-1975 közötti időszakban volt jellemző (a zsujtai, a gibárti és az alsódobszai szakaszokon is kb. 30 %-os csökkenést mértem). Az átlagos mederszűküléssel párhuzamosan pedig 2002-re a meder szélesség viszonyai egységesebbé váltak, így a kanyarulatok csúcsában és az inflexiós szakaszok közötti különbség csökkent.

3.2.2. A Hernádhoz hasonlóan 1953-ban a Maroson is a mederszélesség igen változatos volt, amint a légifotók felhasználásával végzett kutatásaim mutatták (87 és 137 m között változott a mederszélesség). Majd az elmúlt 50 évben a kisvizek szintjének süllyedésével párhuzamosan itt is mederszűkülés, valamint a mederszélesség egységesebbé válása figyelhető meg. A mederszűkülés a legintenzívebb az 1953-64 közötti időszakban (28 %-os csökkenés), majd a szűkülés üteme fokozatosan csökkent (*Kiss és Blanka 2006*).

3.2.3. A hidrológiai egyensúly megbomlása okozhatta, hogy a kanyarulatmintázatban is változások indultak el. A Maroson ez a szabályozatlan kanyarulatban a húr- és a kanyarulathossz csökkenését okozta, változatlan amplitúdó mellett (*Kiss és Blanka 2006*).

3.2.4. A Hernádon a vizsgált szakaszok kis- és nagyméretű kanyarulatjai a hidrológiai egyensúly megbomlására eltérő módon reagáltak. A vízjárás módosulására a nagy kanyarulatokon másodlagos hurkok alakultak ki 1953 és 1975 között, melyek 1988-ra önálló, de kisebb kanyarulatokká formálódtak, így morфомertiai paramétereik nagymértékben megváltoztak (csökkent a kanyarulatok hossza, a húr hossz és az amplitúdó is). A hurokképződés *Hooke és Harvey*

(1983) szerint ugyan általánosságban együtt jár a kanyarulat hosszának növekedésével, a Hernádon a legintenzívebb változások azonban mindegyik szakaszon ugyanazon időszakban (1975-1988 között) – a legnagyobb szlovákiai víztározó megnyitását (1969) követően – zajlottak. Ez alapján pedig azt feltételezhetjük, hogy a kanyarulatok átalakulása az emberi beavatkozások hatására bekövetkező hidrológiai változások következménye és nem egyedi, a kanyarulatok fejlettségétől függő események voltak. Az utolsó időszakban (1988-2002) a kialakult új kanyarulatokban közel azonos húr hossz mellett az amplitúdó növekedése figyelhető meg. A kisméretű kanyarulatoknál tapasztalt változások ezzel szemben sokkal kisebb mértékűek és eltérő típusúak voltak: ezeknél a kanyarulathossz és az amplitúdó kismértékű növekedése zajlott (vagyis megváltozott hidrológiai körülmények között is “normálisan” fejlődnek).

3.2.5. A Hernádon a mederformáló- és közép-vízhozam tartósság nőtt az 1990-es évek végétől, az eredeti hidrológiai állapotok felé közelít. A kanyarulatmintázat azonban nem képes azonnal követni a hidrológiai paraméterek változását, hatása a mintázatra (2007-ig) még nem érvényesült. A kialakult morfológia mellett a hidrológiai paraméterek megváltozása az árvízi kockázat növekedését okozza, hiszen a meder jóval kisebb vízhozamok levezetésére módosult. Ennek következménye, hogy az árvizek levezetése lelassult és az árvizek magasabb vízállással tetőznek. Ezt láthattuk az utóbbi évek árvizeikor, ugyanis az LNV 2006-ban (434 cm-es vízállással), majd 2010-ben (503 cm-es vízállással) is megdőlt.

3.3. Térben változó környezeti tényezők hatása a kanyarulatfejlődésre

A fent leírt időbeli változások mellett a Hernádon a vizsgált folyószakaszok között és a szakaszokon belül is különböző mértékű változások történtek. Különösen az alsódobozai szakaszon volt nagy a változékonyság, ahol a legnagyobb közép vonal elmozdulás 1953 és 2002 között 210 m volt és itt volt jellemző a legnagyobb változatosság az egyes

kanyarulatokban mért értékek között is. Ez a kiemelkedő változékonyság feltételezhetően a helyi környezeti tényezők hatására alakult ki.

3.3.1. Hosszabb szakaszok fejlődésére ható környezeti tényező: az esés

3.3.1.1. Az esés térbeli változása nagymértékű változásokat okoz a kanyarulatmintázatban a Hernád Szentistvánbaksa-Gesztely közötti szakaszán. Itt az esés különbségeinek következtében a folyószakaszon belül eltérő a kanyargósság, a meanderezési övezet szélessége, valamint a kanyarulatfejlődés mértéke és típusa is. Ugyanis az esés növekedésének kiegyenlítésére a kanyargósság, a kanyarok hossza és a meanderezési öv szélessége is megnövekedett, ugyanakkor a kisebb esésű szakaszok kiegyenesedtek.

3.3.1.2. A medermintázat ilyen jellegű változásai feltehetőleg a Hernád völgyében tapasztalható tektonikus mozgások – 2,3 mm/év (Joó 1998) – következménye. A tektonizmus hatására utal, hogy a lehatárolt nagy kanyargósságú és viszonylag egyenes szakaszok a vizsgált térképek mindegyikén (1883 óta) hozzávetőlegesen ugyanott helyezkednek el, lefelé történő elmozdulásuk nem figyelhető meg.

3.3.2. Rövidebb szakaszok, és egyes kanyarulatok fejlődésére ható környezeti tényező :a magaspart

3.3.2.1. A folyó kelet felé vándorló kanyarulatainak fejlődését a Hernád Szentistvánbaksa-Gesztely közötti szakaszán a part mentén húzódó magaspart jelentősen módosítja. A magaspart irányába történő partelmozdulás ugyanis ezeknél a kanyarulatoknál rendkívüli mértékben lelassult, azaz a kanyarulatvándorlás mértéke az alámosott part magasságának növekedésével csökkent. Jellemző a kanyarulat ellaposodása és két csúcspontúvá válása is, valamint aszimmetrikus kanyarulatok kialakulása.

3.3.2.2. Tapasztalataim alapján az aszimmetrikus kanyarulatok görbületi sugara fejlődésük közben folyamatosan csökken (a Sóstófalva feletti kanyarulatnál 1972 és 2007 között 84 m-ről 76 m-re), idővel átszakadó

kanyarulatokká fejlődnek és végül lefűződnek. A folyó többi vizsgált szakaszával összehasonlítva éppen ezért gyakoribbak a kanyarulatlefűzések is a magaspartnál.

3.3.3. Egyedi kanyarulatok szintjén ható környezeti tényező: a partanyag

3.3.3.1. A Hernád kanyarulatai között egy rövidebb szakaszon belül is rendkívüli eltéréseket tapasztaltam, ami arra utal, hogy a kanyarulatok fejlődésének mértékét lokális tényezők (pl. partanyag és növényzet) kanyarulatonként eltérő módon befolyásolhatják. A partanyag szempontjából a partfal aljának a szemcseösszetétele a meghatározó (*Brierley és Fryirs 2005*), s különösen fontosnak tűnik a partanyag középszemű-homok tartalma, mivel ez volt a legszorosabb kapcsolatban a partelmozdulás mértékével. A középszemű-homok arányának növekedésével ugyanis a partelmozdulás mértéke mind rövid, mind hosszútávon növekedett. A part növényzetére a vizsgált kanyarulatok mindegyikénél a kanyarulat külső ívén lágyszárú növényekből álló gyepek jellemzőek, ezért ennek a tényezőnek a módosító hatásait nem tudtam vizsgálni.

3.3.3.2. A partelmozdulás mértéke a kanyarulatokban időben is jelentősen változott, ami arra utal, hogy a partanyag mellett a kanyarulat időben változó morfológiai paraméterei (fejlettség, a kanyarulat alakja) is erősen befolyásolják. Alacsony kanyarulat-fejlettségnél (1,4 alatt) a kanyarulat-fejlettség növekedésével csökkent a partelmozdulás mértéke a vizsgált kanyarulatokban. Ugyanakkor azoknál melyeknek kanyarulat-fejlettsége 1,4 felett volt, a partelmozdulás mértékét egyéb morfológiai tényezők – pl. a kanyarulatok egymáshoz viszonyított helyzete – sokkal erősebben befolyásolták.

3.4. Közvetlen emberi beavatkozások hatása a kanyarulatfejlődésre

3.4.1. A Hernád magyarországi szakaszán épült duzzasztóművek, mivel kisméretűek a vízjárásban jelentős módosulást nem okoznak. A legfontosabb változás, hogy a gesztelyi vízmércéig a vízjárás

szélsőségei valamelyest csökkennek. A hosszantartó kisvízes időszakokban a gesztelyi vízmércénél a hidasnémeti vízmércéhez viszonyítva némileg magasabb vízszintek fordultak elő, árvizekkor pedig az árvízi csúcsok többnyire valamelyest kisebb vízállással és néhány nappal később jelentkeztek.

3.4.2. A duzzasztóművek fölött elhelyezkedő gibárti és perei folyószakaszoknál a Hernádon, mindegyik vizsgált paraméter (középvonal-változása, kanyarulat-, húr hossz, mederszélesség) esetében igaz, hogy kisebb mértékű átalakulás történt, mint a természetesen fejlődő kanyarulatok esetében. A középvonal hosszának növekedése jelentősen elmaradt (a perei szakaszon 0,9 m/év/fkm, a gibárti szakaszon 0,8 m/év/fkm, miközben Zsujtánál 9,4 m/év/fkm és alsódobszánál 6,7 m/év/fkm) és a duzzasztóműhöz közeledve az elmozdulás mértéke csökkent. A mederszélesség változása szintén kisebb mértékű volt és a középvonal-elmozduláshoz hasonlóan duzzasztóműhöz közeledve egyre kisebb mederszélesség-csökkenés zajlott. Az önálló kanyarulatok morfológiai paramétereit tekintve a duzzasztás által érintett szakaszon a többi szakaszhoz hasonló irányú változások zajlottak, a duzzasztás következtében mértékük azonban lényegesen kisebb, mint a többi szakasz esetében. Árvizekkor azonban a partbiztosítás nélküli szakaszokon – a duzzasztás ellenére is – lényeges átalakulások történhetnek, ezt mutatja, hogy a perei szakaszon történt a legtöbb kanyarulatlefüződés (1937 óta 3 kanyarulatnál).

3.4.3. A partbiztosítás hatásait a Hernádon a gibárti szakaszon, a Maroson egy Ferencszállás közelében elhelyezkedő szabályozott kanyarulatban vizsgáltam. A gibárti szakaszon a partbiztosítás építését megelőzően (1975 előtt) gyors középvonal-növekedés zajlott (a leggyorsabb növekedés 1966-1975 között. 4,5 m/év/km), ezt követően azonban elhanyagolható mértékben változott a középvonal hossza, mivel így csak a rövidebb szabályozatlan szakaszokon változhatott a futásvonal. A Maroson a szabályozási beavatkozások következtében a kanyarulatparaméterek változása – amplitúdó, kanyarhossz – szinte kizárólag a domború part épülése miatti középvonal-elmozdulásából

adódott, miközben intenzív mederszűkülés zajlott, amelyet sarkantyúk építésével is elősegítettek. Itt a mederszűkülés mértéke 1953 óta 64 % volt, míg a szabályozatlan kanyarulatban ez csupán 28 % volt. A mederszűkülés legintenzívebb időszakában (1953-64 között) a ferencszállási kanyarulatban a belső íven zajló partépiülés mértéke elérte az évi 14,6 métert (*Kiss és Blanka 2006, Blanka et al. 2006*).

3.5. Kanyarulatfejlődés folyamata

3.5.1. Vizsgálataim szerint a kanyarulatok külső ívén zajló partelmozdulásban az árvizeknek kiemelt szerepe van, hiszen mindegyik kanyarulatban különösen nagymértékű partelmozdulás zajlott azokban az időszakokban, amikor árvizek fordultak elő a folyón. (A legaktívabban fejlődő kanyarulat esetében 16,7 m partelmozdulás zajlott a 2010-es rendkívüli árvizek következtében egy év alatt.) Az eredményeket összehasonlítva a hosszú távú partelmozdulási tendenciákkal, az állapítható meg, hogy a nagy árvizekkel jellemzett időszakokban a partelmozdulás sebessége a kanyarulatokban lényegesen meghaladta a hosszabb távon megfigyelhető átlagos erózió mértékét. Azonban az árvizet követő kis- és középvizes időszakban is számottevő erózió történt, így a partelmozdulás mértéke az aktívabban fejlődő kanyarulatokban szintén nagyobb volt a hosszú távú átlagértéknél. Ez alapján az erózió mértéke felgyorsult az elmúlt 50 év átlagához viszonyítva.

3.5.2. Az övzátony-építési folyamatok vizsgálata alapján, arra a következtetésre jutottam, hogy a fák megtelepedésére alkalmas felszínek kialakulása a mederkitöltő vízszintet lényegesen meghaladó vízállással tetőző árvizekhez köthető. Ez a feltétel a Hernádon 300 cm feletti vízállásnál adott (mederkitöltő vízállás 225 cm), míg a Maroson 400 cm felett (mederkitöltő vízállás 350 cm) (*Blanka és Kiss 2006*). Ezek alapján úgy tűnik, hogy a mederkitöltő vízszintet lényegesen meghaladó árvizek képesek a középvíz szintjénél magasabb övzátonyfelszíneket kialakítani, amelyen a fás vegetáció képes megtelepedni. A

partépülés, azaz a zátonyfelszínek stabilizálódása szempontjából mindkét vizsgált folyónál az volt a legkedvezőbb, ha az árvizes évek ritkábban követték egymást, és a nagyobb árvizeket követő egy-két évben a kisvizek voltak jellemzőek. Az egymást követő nagy árvizes évek idején (ahogyan azt láthattuk 2003 után a Hernád esetében) viszont az árvizek ugyan feltehetőleg kialakítottak magasabb zátonyfelszíneket, de az ezeken megtelepedő vegetációnak nincs ideje kellőképpen megerősödni, hogy túlélje a következő árhullámot.

3.6. A meder horizontális változásának dinamikája

3.6.1. Az övzátony-felszínek kialakulása az árvizekhez kötődően ugrásszerűen történik és a fák megtelepedése, ezáltal az övzátonyok stabilizálódása olyan körülmények között valósulhat meg, amikor az árvizet néhány évig nem követi újabb árvíz. Eközben a kanyarulat külső ívén a partok eróziója folyamatos – vízjárástól függő mértékű – partelmozdulást okoz.

3.6.2. A mederszélesség ezek alapján úgy tűnik periodikusan változik, melynek folyamata a következő: A külső ív laterális elmozdulása következtében kiszélesedik a meder és lehetővé válik nagyobb kiterjedésű zátonyfelszínek épülése. Különösen kedvezőek ebből a szempontból az egymást gyakran követő nagy árvizek, mivel ekkor a laterális erózió gyorsabb, miközben az övzátonyokon a gyakori árvizek nem teszik lehetővé a növényzet stabilizálódását. Ha azonban néhány árvízmentes év következik a magasabb övzátony-felszíneken lehetővé válik a növényzet megtelepedése és megerősödése, ami mederszűkülést eredményez. Ezek szerint a meder szélességét az árvizek nagysága és gyakorisága szabályozza.

3.6.3. A jelenlegi kutatás során nyilvánvalóvá vált, hogy a hidrológiai paraméterek módosulása komoly változásokat indít el a folyórendszerekben, a meder horizontális paraméterei alkalmazkodnak a megváltozott hidrológiai feltételekhez. Tartósan fennálló hidrológiai változásokhoz a gyorsan fejlődő Hernád néhány éven belül a kanyarulatok morfológiai paramétereinek megváltozásával reagál. A

mederszélességre azonban a rövidebb távon (néhány év) jellemző vízjárás is jelentős hatással lehet.

3.6.4. Az árvizek nagyságának és gyakoriságának és a mederformáló vízhozamok előfordulásának 1990-es évek végétől megfigyelhető növekedése, ezért nagyban módosíthatja a folyóra jellemző hosszú távú mederváltozási tendenciákat, gyorsabb partelmozdulást és a mederbe kerülő nagyobb mennyiségű hordalék miatt a mederformák gyorsabb átrendeződést okozhatja. A gyorsabb parterózió eredményezheti a meder szélességének növekedését és ezzel párhuzamosan az övzátonyok területének gyarapodását.

3.6.5. Hosszú távon a vízhozam tartós csökkenése a mederszélesség csökkenését okozza, valamint a vízhozam csökkenése miatt a kanyarulat átlépi a másodlagos hurkok kialakulásához szükséges határértéket, így elindul a másodlagos hurkok kialakulása. Ezzel párhuzamosan a másodlagos hurkokban a kanyarulat átlagértékéhez viszonyítva kismértékben megnő a mederszélesség. A vízhozamok további csökkenésével a mederszélesség tovább csökken és kialakulnak a másodlagos kanyarulatok. A folyamat közben a meder vízlevezető képessége folyamatosan csökken. A folyó ezáltal alkalmazkodik a megváltozott hidrológiai feltételekhez és egy új egyensúlyi állapot jön létre. Amennyiben a vízhozamok ismét növekednek a másodlagos kanyarulatok alsó szakaszán a külső íven zajló laterális erózió következtében a kanyarulatok húr hossza növekszik. Ha ez az állapot hosszabb távon fennmarad a kanyarulat alakja az eredeti állapothoz közelít.

Az értekezéshez felhasznált publikációk

- Blanka V. – Kiss T. 2010: Effect of different water stages on bank erosion, case study on River Hernád, Hungary. *Journal of Environmental Geography* (in press)
- Kiss T. – Blanka V. – Sipos Gy. 2009: Morphometric change due to altered hydrological conditions in relation with human impact, River Hernád, Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie* 53. Suppl. 2. 197-213.
- Blanka V. 2009: Hidrológiai paraméterek megváltozására bekövetkező morfológiai átalakulás a Hernádon. In.: *Természetföldrajzi folyamatok és formák. Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciájának Természetföldrajzos Tanulmányai.* 12-26.
- Blanka V. 2008: Jelenkori tektonizmus hatása Hernád kanyarulatfejlődésére. In. Kiss T. – Mezösi G. (ed): *Földrajzi Tanulmányok II. Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon.* 29-39.
- Blanka V. – Kiss T. 2008: A kanyarulatmintázatot befolyásoló tényezők értékelése a Hernád Felsődobsza és Böcs közötti szakaszán. *IV. Magyar Földrajzi Konferencia.* Debrecen 34-40.
- Blanka V. – Kiss T. 2008: A kanyarulatfejlődés jellegének és mértékének vizsgálata a Hernád Alsódobsza feletti szakaszán, 1937 és 2002 között. In. *Tanulmányok a Kádár László születésének 100. évfordulóján rendezett tudományos konferenciára.* Debrecen. 147-154.
- Blanka V. – Kiss T. 2008: Neotectonic effects on meander development on the River Hernád, Hungary. *FLAG Biennial Meeting: Advances in river system and environmental change research at the crossroad of Western and Eastern Europe. Abstract book.* Budapest 17.
- Kiss T. – Blanka V. 2006: Kanyarulatfejlődés vizsgálata a Maros alsó szakaszán. *Hidrológiai Közlöny* 86/4. 19-22.
- Blanka V. – Kiss T. 2006: Ártérfejlődés és növényzet kapcsolatának vizsgálata a Maros hullámterén (Biogeomorfológia). *Tájökológiai lapok* 4/2. 301-308.
- Blanka V. – Sipos Gy. – Kiss T. 2006: Kanyarulatképződés tér- és időbeli változása a Maros magyarországi szakaszán. *III. Magyar Földrajzi Konferencia CD-kiadvány*

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT I.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom arról, hogy a következő tanulmányokban:

Kiss T. – Blanka V. – Sipos Gy. 2009: Morphometric change due to altered hydrological conditions in relation with human impact, River Hernád, Hungary. Zeitschrift für Geomorphologie 53. Suppl. 2. 197-213.

szereplő és közösen publikált eredményekben, Blanka Viktória jelölt szerepe meghatározó fontosságú. A publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

.....
Dr. Kiss Tímea

.....
Dr. Sipos György

TÁRSSZERZŐI NYILATKOZAT II.

Alulírott, mint társszerző nyilatkozom arról, hogy a következő tanulmányokban:

Kiss T. –Blanka V. 2006: Kanyarulatfejlődés vizsgálata a Maros alsó szakaszán. Hidrológiai Közlöny 86/4. 19-22.

Blanka V. – Kiss T. 2006: Ártérfejlődés és növényzet kapcsolatának vizsgálata a Maros hullámterén (Biogeomorfológia). Tájökológiai lapok 4/2. 301-308.

Blanka V. – Kiss T. 2010: Effect of different water stages on bank erosion, case study on River Hernád, Hungary. Journal of Environmental Geography (in press)

szereplő és közösen publikált eredményekben, Blanka Viktória jelölt szerepe meghatározó fontosságú. A publikált eredményeket eddig nem használtam fel tudományos fokozat megszerzéséhez, s ezt a jövőben sem teszem.

.....
Dr. Kiss Tímea