

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

**A DRÁVA HORVÁT-MAGYAR SZAKASZÁN A VÍZJÁRÁS ÉS
A MEDERDINAMIKA VIZSGÁLATA**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

ANDRÁSI GÁBOR

Témavezető:
Dr. Kiss Tímea
Egyetemi docens

Szeged, 2015

1. Előzmények, célkitűzések

A társadalom számára mindig is jelentős szereppel bírtak a vízsztintjüket és medrüket folyamatosan változtató folyók. **A civilizáció fejlődésével egyre erőteljesebbé vált a vízfolyások életébe való beavatkozás, így mára a legtöbb folyó többé-kevésbé átalakult és elvesztette egykori természetességét.** *A meder-szabályozásokat és ármentesítéseket elsősorban gazdasági célból végezték (Szabó 2006), elsősorban a szántóterületek bővítése céljából. A települések árvizekkel szembeni védelme szintén kiemelt prioritást élvezett, hiszen a levonuló árvizek gyakran okoztak jelentős gazdasági károkat. A folyókat átalakító munkálatok közé sorolhatjuk a vízi közlekedésből adódó gazdasági érdekeket is, azonban kijelenthető, hogy a folyók fejlődését meghatározó mértékben befolyásoló beavatkozás a vízerőművek megépítése volt, miközben a folyók morfológiai és hidrológiai jellegzetességeit a vízkivétel és a medrűkből történő bányászat szintén befolyásolta. Véleményem szerint a legjelentősebb változásokat okozó antropogén hatásnak egyértelműen a vízerőművek tekinthetők. A vízerőművek komoly akadályként éles törést képeznek a folyón, így nagymértékben megváltoztatják annak hidrológiáját, és a folyót, mint természetes vízi rendszert szétkapcsolják (Brierley és Fryirs 2005).*

A nagy vízfolyásaink napjainkban is jellemző képe a szabályozási és ármentesítési munkálatok eredményeként alakult ki. A 20. század elejétől a mérnöki beavatkozások új jelleget öltöttek, hiszen megkezdődött a mederrendezési műtárgyak (partbiztosítások, sarkantyúk), illetve a vízerőművek és duzzasztók építése. A szabályozási munkálatok hatására lerövidültek a folyók, így megváltozott az esésük, melynek eredményeként átalakult a meder morfológiája és akár a meder mintázata is (Surian és Rinaldi 2003). A vízerőművek üzembe lépése után jellemzően a vízjárásában léptek fel markáns változások, de a hordalékháztartás is teljes mértékben átalakult, mivel tetemes része csapdázódik a gátak mögötti tározóterekben. A hordalékhiányból adódó tisztavíz erózió pedig intenzív bevágódást indított el az erőművek alvízi szakaszán (Knighton 1998).

A Dráván már az 1700-as évek végén megkezdődtek, de igazán a 19. században teljesedtek ki a – többnyire – *kanyarulat-átmetszésekkel járó szabályozási munkálatok* (Ihrig 1973). Ezek során a Mura torkolat és a dunai torkolat közötti szakaszon nagyszámú (62 db) kanyarulatot vágtak át,

így jelentősen lerövidítve a folyó hosszát (György és Burián 2005). A 20. században tovább szabályozták a folyót, de itt már főként a mederbe épített műtárgyak (partbiztosítások, sarkantyúk) révén, illetve az 1900-as évek elejétől kezdve több vízerőművet is üzembe állítottak a felső szakaszán.

A 19. századi folyószabályozási munkálatok előtti időkben a folyókon gyakoriak voltak a szigetek, viszont a szabályozások után ezek többnyire eltűntek. Az antropogén hatások következtében azonban nem csak pusztulhatnak, hanem újra meg is jelenhetnek a mederben. Erre jó példa a mederbe épített terelőművek (sarkantyúk) hatására képződött szigetek. Ezek rövidebb életű képződmények (mint pl. egy mederközepi forma), ugyanis a sarkantyúk miatt nemcsak dinamikusan épülnek, hanem a parthoz is gyorsabb ütemben kapcsolódnak. A Dráva Órtilos és Barcs közötti szakaszán kevés mederszabályozási műtárgy található, melynek köszönhetően olyan folyamatok is (pl. sziget és övzátony képződés) megfigyelhetők, amelyek a hasonló nagyságú hazai folyókon (Duna, Tisza), azok nagyobb mértékű szabályozottsága miatt kevésbé jellemzőek.

A kutatásom fő célja annak meghatározása, hogy a 19-20. században – főként emberi hatásokra – bekövetkező hidro-morfológiai változásokra milyen módon reagált a Dráva.

Kutatásomban az alábbi kérdésekre kerestem a választ:

1. Miként alakult a Dráva vízjárása az elmúlt 114 év alatt?

A folyók morfológiai átalakulását (részben) irányító tényezők megismeréséhez elengedhetetlen *a vízjárás és az abban bekövetkezett változások vizsgálata.* A Drávát erőteljesen szabályozták és több vízerőművet is építettek rajta az elmúlt 100 évben, így a vízjárása jelentősen módosult. Céлом megvizsgálni, hogy ezek a létesítmények hogyan módosították a levonuló vizeket. Milyen mértékben változtak a kis-, közepes-, nagyvizek és vízhozamaik, az árvizek, illetve a napi vízjárás, melyek segítségével a felépült vízerőművek hidrológiai következményei tudományosan elemezhetőek.

2. *Hogyan változtak a Dráva horvát-magyar szakaszán a meder paraméterei?*

A Dráva vizsgált szakaszán a mederfejlődést indirekt módon befolyásolják a vízerőművek, míg direkt módon a mederszabályozási munkálatok. A folyón több olyan szakasz is található, amelyek még jelenleg is szabadon, közvetlen hatásoktól mentesen formálódhatnak. Az antropogén tevékenységek hatásainak feltárása érdekében a teljes meder-hosszban a meder egyes morfológiai paramétereit (vízfelület kiterjedése, meder szélesség, fonatosság és kanyargósság) értékelem. Tekintettel arra, hogy az övzátóny-felszínek és az erodálódó partok dinamikus változásai szoros kapcsolatba állíthatók a vízjárás alakulásával, kisebb mintaterületeken a kanyarulatok fejlődését is megvizsgálom. Ezekből pedig következtetek a folyó morfológiai változásának tér- és időbeliségére, melyeket a szigetben bekövetkezett változásokkal együtt vizsgálók.

3. *Hogyan módosultak a szigetek típusai, miként változott számuk és területük a Drávát ért különböző emberi hatások következtében?*

A szigetek tér- és időbeli változását alapvetően meghatározzák a folyót ért antropogén hatások, így szoros kapcsolatba hozhatók a hidro-morfológiában végbement módosulásokkal. Mivel egy folyórendszernek szerves elemei, érzékenyen és viszonylag gyorsan reagálhatnak a folyón bekövetkező változásokra, így információt adhatnak a folyómederben zajló folyamatokról. Célom a Mura torkolat alatti Dráva szakaszon a szigetekben és azok morfológiai paramétereiben történt változások vizsgálata, amiből következtetek a folyót ért hatások mértékére. Nagyobb méretarányban megvizsgálom a szigetek épülését és fejlődését. Az elemzésekhez olyan szigeteket választottam ki, amelyek közvetlen antropogén hatás (sarkantyú) által érintettek. Mindez alkalmas arra, hogy a Dráván kívül általánosságban, a direkt emberi befolyás által meghatározott szigetfejlődést jellemezzem.

2. Anyag és módszer

A Dráva vízerőművek alatti szakaszának hidro-morfológiájában végbement változások megismeréséhez több módszert is alkalmaztam. Az elemzésekhez olyan eljárást is igénybe vettem, melyeket már korábbi kutatások során sikeresen alkalmaztak, azonban néhány módszertani eljárást a Dráva viszonyaihoz kellett igazítanom.

2.1. Hidrológiai paraméterek vizsgálata

A Dráva morfológiájában bekövetkezett változások elemzéséhez elengedhetetlen a hidrológiájának a megismerése, hiszen a vízjárásban bekövetkezett változások az ártér, a meder és a benne lévő képződmények átalakulását is magával vonja. A hidrológiában végbement időbeli módosulásokhoz a barcsi (154,1 fkm) vízmérce napi vízállás (1901-2014) és vízhozam (1960-2014) adatsorát használtam fel. A vízállás térbeli változásainak bemutatásához pedig az örtilosi (235,9 fkm) vízmércével vettem össze a barcsi állomás adatait.

Meghatároztam az éves legkisebb (KV), közepes (KöV) és legnagyobb (NV) vízállás adatokat, illetve a jellegzetes éves legkisebb (KQ), közepes (KöQ) és legnagyobb (NQ) vízhozamok alakulását. Az adatsorokat felosztottam a vízjárásban megjelenő jelentősebb változások, azaz az egyes vízerőművek üzembe lépésének időpontja alapján. A vízállás és a vízhozam értékek egymáshoz viszonyított alakulásából következtethetünk a bevágódásra is. Így megállapítottam, hogy adott vízállásokhoz milyen vízhozamok tartoztak az egyes években, illetve meghatároztam az árvizes napok és az árhullámok számát, valamint az árvizek visszatérési idejét. Vízállás és vízhozam tartóssági görbéket is készítettem, amelyek segítségével megállapítható, hogy az adott vízszintet és vízhozamot, a vízállások és vízhozamok milyen hosszan haladták meg az egyes időszakokban. Az éves és havi vízállás adatok elfedik a naponta jelentkező, csúcsra járatásból adódó mini árhullámokat, így a napi vízjárást is elemeztem. Ezt nem csak a barcsi vízmércén tanulmányoztam, hanem összevettem az örtilosi és a barcsi szelvényeket, ugyanis a vízmércék 82 fkm távolságban helyezkednek el egymástól, ami alatt az árhullámok ellapulhatnak.

2.2. A meder, a szigetek és a kanyarulatok változásainak hosszú távú vizsgálata

A mederben és a szigetekben végbement hosszú távú változások meghatározásához a **III. Katonai Felmérést** (1878-1882. M=1:25000), a **Dráva Vízirajzi Atlaszt** (1966-1968. M=1:25000), **horvátországi topográfiai térképeket** (1977-1979. M=1:25000; 1980-1982. M=1:5000; 2003-2006. M=1:25000), a **Google Earth műholdképeit** (2006-2007) és egy **2011-es horvátországi légi felvételt** (M=1:5000) **használtam fel. A Mura és Duna közötti Dráva szakaszt 20 különálló, 10 km-es egységre osztottam fel** a folyó völgy alapján, melyek a **felső** (20-15. egységek) és az **alsó** szakaszra (14-1. egység) tagolódnak.

A térképeket és műholdképeket ArcGIS 10.1 térinformatikai alkalmazás segítségével geo-korrigáltam EOV rendszerbe, majd berajzoltam a meder és a szigetek, illetve a zátonyok partvonalát. Szigetként határoztam meg azokat a formákat, amelyeket víz vesz körül és fás-bokros növényzet borít. Megfigyelhető, hogy ezek egy része idővel átalakul és egyre keskenyebbé válik a mellettük húzódó mederág, aminek lassú elhalásával a sziget részlegesen vagy teljesen a partba olvad. Ez nem látszik mindig egyértelműen, ezért a szárazföldrehoz kapcsolódó (egykori) szigeteket is bevontam a vizsgálatba, hiszen utalnak a folyó dinamikájára.

A vizsgált időszak alatt a szigetek fajtái és elhelyezkedésük is átalakult. Ahhoz, hogy ezt a folyamatot nyomon követhessem, többféleképpen csoportosítottam a szigeteket. **Kialakulásuk alapján a szigeteknek két típusát különböztettem meg. Valódi szigetek** tekintettem minden olyan szigetet, amelyek nagy valószínűséggel zátonyból alakultak ki és kisebb méretűek. Ezzel szemben az *ártéri szigetek* nagyobb méretűek és gyakran természetes lefűződés vagy kanyarulat átvágás révén, esetleg a kisebb formák összeolvadásával jöttek létre. **A szigeteket a fejlődési állapotuk, azaz a sodorvonalhoz viszonyított helyzetük alapján is csoportosítottam.** A *sodorvonalban lévő* szigetek megosztják és elterelik a sodorvonalat. A *parthoz vagy másik szigethez simuló* szigetek lassan elveszítik különálló sziget jellegüket és előbb vagy utóbb megszűnnek szigetként létezni. A *részlegesen partba olvadó szigetek* partvonaluk egyes szakaszán a folyóparthoz vagy egy nagyobb szigethez kapcsolódnak. A *teljesen partba olvadó* szigetek már szinte teljesen az ártér részét képezik. A **szigetek gyakoriságát** is megvizsgáltam Wyrick és Klingeman (2011)

osztályozását átalakítva. Az *átfedésben lévő szigetek* esetében a meder egy keresztmetszetében két vagy több sziget fordult elő. *Sűrűn* elhelyezkedő szigetek esetében a mederkeresztmetszetben legfeljebb két sziget található, vagy folyásirányban a szigetek közötti távolság kisebb, mint a folyó szélességének a tízszerese. *Ritkán* elhelyezkedő szigetek esetében az adott mederkeresztmetszetben csak egy sziget van és folyásirányban, a szigetek közötti távolság nagyobb, mint a folyó szélességének a tízszerese. A mederben található szigeteknek a **megnyúlási indexét** is kiszámoltam, ami a sziget legnagyobb hosszának (L) és legnagyobb szélességének (W) a hányadosa, amely utal a szigetet körülvevő közeg energiaviszonyaira.

2.3. Kiválasztott mintaterületeken a szigetek és kanyarulatok fejlődésének részletes vizsgálata

Összesen **hat mintaterületen** részletesen is **tanulmányoztam a szigetek és a kanyarulatok fejlődését**. Ehhez részben a már említett térképi adatokat és műholdfelvételeket használtam, részben önálló RTK-GPS felméréseket, illetve geomorfológiai térképezéseket és dendrológiai méréseket végeztem. A kanyarulatok külső ívén, a pusztuló partok rövidtávú vizsgálatához 2011 októbere és 2015 januárja között felmértem a partokat, amelyhez Topcon HiPer Pro RTK GPS-et használtam. A különböző időszakokban meghatároztam a lepusztult partanyag mennyiségét ($m^3/év$) is. Egyes övzatony felszíneken keresztshelvényeket is felvettem (Topcon HiPer Pro RTK GPS-el) az övzatony-felszínnek hossz tengelyére merőlegesen, hogy meghatározhassam a felszín magassági viszonyainak alakulását. A kanyarulatok belső ívének és a szigetek tér- és időbeli fejlődését a felszínükön megtelepedett fűz- és nyárfák kora alapján vizsgáltam, dendrológiai felmérés segítségével. A módszerrel az adott felszín minimum kora adható meg, ami alapján a kanyarulatfejlődés és a szigetépülés üteme és térbelisége is meghatározható. A fafűrészeket szelvények mentén végeztük. A fák és a szelvények helyeit Garmin 60CSx kézi GPS-el jelöltem meg. Az adott formán a legvastagabb, így valószínűleg legöregebb fákból bötűzővel, 1,0 m magasságban történt a mintavétel, összesen 403 fából. Az évgyűrűket LEICA S4E sztereomikroszkóp segítségével 6,3-30-szoros nagyítás alatt számoltam meg. A GPS mérések és a fák kora alapján pedig izokron térképeket szerkesztettem, majd meghatároztam a felszín építési időszakait.

3. Az eredmények összefoglalása

3.1. A hidrológia hosszú távú változása

3.1.1. **A Dráva horvát-magyar szakaszának vízjárása** – amely a meder morfológiájának alakulását jelentősen befolyásolja –, **az elmúlt 114 év alatt nagymértékben megváltozott, hiszen jelentősen lecsökkentek a vízszintek.** *A változások szoros összefüggésbe hozhatóak a folyó felső szakaszán felépült vízerőművek vízvisszatartó és vízszint módosító hatásával* (Kiss és Andrási 2011). Már a legelső vízerőmű (1918. Fala) üzembe lépése után (1918-1941) módosult a vízjárás, mivel a jellemző vízállások 62-69 cm-rel alászálltak. A vízállások tartóssága is megváltozott, hiszen míg 1918 előtt a 263 cm-nél magasabb vizek az időszak felében jelentkeztek, addig 1918 és 1941 között már 199 cm alatt voltak. A nagyvizek tartóssága is mérséklődött és a szintjük folyamatosan csökkent, miközben a vízszintingadozás is egyre szélsőségesebbé vált. A legelső és egyben legutolsó (1989. Donja Dubrava) vízerőmű felépülése után, a kisvizek az 1918 előtti „vízerőmű mentes” évekhez képest 268 cm-rel, a közepes vízállások 250 cm-rel, míg a nagyvizek 199 cm-rel lettek alacsonyabbak. A vízszintek alászállását igen jól tükrözi, hogy 1918 előtt csak egy évben (1909. 97 cm) volt alacsonyabb a kisvizek szintje 100 cm-nél, majd 1990 után egyszer sem haladták meg azt a közepes vízszintek ($K\ddot{o}V_{max} = 87$ cm 2014-ben).

3.1.2. **A vízerőművek hatása az árvizek módosulásában is markánsan megjelent.** Míg 1901 és 1917 közötti években összesen 349 napon (20,5 nap/év) haladta meg a vízállás Baracson a mederkitöltő vízszintet, addig 1918 és 2014 közötti időszakban összesen 307 árvizes nap volt (3,2 nap/év). A legelső drávai vízerőmű üzembe lépése (1918) előtt még 39 napos árhullám is előfordult és közel 5 havonta vonult le árvíz a Dráván. A legelső vízerőmű üzembe lépése után (1989) viszont jelentősen lecsökkent az árhullámok hossza (4 nap), míg a visszatérési idejük megnövekedett, mivel átlagosan 8 évente fordult elő árvíz. Ez a változás az árvízi kockázat szempontjából mindenképpen előnyös, azonban így a meder, illetve a partok és a mederben lévő formák (zátonyok, szigetek) formálódásában már inkább a kis és közepes vizek vettek/vesznek részt. Az, hogy egyre rövidebb időre, majd szinte

egyáltalán nem került előntés alá az ártér előre vetíti, hogy az árterület és az ott élő életközösségek minden bizonnyal átalakultak, ugyanis a megváltozott életfeltételekhez kellett alkalmazkodniuk.

3.1.3. A horvátországi vízerőművek felépítése előtt (1970) átlagosan napi 10-11 cm-es vízszíntingás jelentkezett, amelyet a felső szakaszon már üzemelő vízerőművek okozhattak. **A varasdi (1975), majd a cakoveci (1982) létesítmények üzembe lépését követő években viszont már markánsan megjelentek az ún. mini árhullámok.** Míg 1977-ben Őrtilosnál 51 cm, illetve Barcsnál 29 cm volt a napi maximális vízjáték, addig 1984-ben ez 73 cm-re és 63 cm-re növekedett, melynek magyarázata, hogy a cakoveci vízerőmű (1982) 24 km-rel közelebb épült fel a vízmércékhez, mint a varasdi. A legjelentősebb napi vízállás különbségek a legsó, Donja Dubrava-i létesítmény üzembe lépése után jelentkeztek és fordulnak elő napjainkban is. Őrtilosnál 1991-ben az átlagos napi vízjáték 62 cm volt, míg a maximális 139 cm. Ugyanebben az évben a 82 km-rel folyásirányban lejjebb található barcsi vízmércén, az átlagos napi vízjáték 30 cm, míg a maximális vízszintkülönbség már csak 104 cm volt. Az őrtilosi vízmércén jelentkező esti árhullám másnap reggelre érkezik meg Barcsra, miközben közel a felére ellaposodik (átlagosan 0,24 cm/km), de még így is jelentős napi vízszíntingadozásként jelenik meg. Ezek a csúcsra járatásából adódó mini árhullámok a folyó hordalékszállítását is módosíthatják, illetve a partok és a mederben lévő képződmények (zátonyok, szigetek) formálódását is intenzívebbé tehetik.

3.1.4. **A vízszintek süllyedése nem csupán a vízvisszatartás következménye, hanem az ezzel együtt járó bevágódás is,** amelyet mutat az adott vízállásokhoz tartozó vízhozamok növekedése. Az éves vízállások alakulásából igen markánsan kitűnik, hogy a vízszintcsökkenésben a legfontosabb szerepük a vízerőművek vízvisszatartásának volt. Azáltal, hogy egyre tartósabbá váltak a kisvizek, a bevágódás is felerősödött, így az alászálló vízszintek a meder mélyülését tovább erősítették.

3.2. A meder paramétereinek alakulása

3.2.1. **A vízállások lesüllyedése a meder morfológiájának átalakulását is előrevetíti.** A Mura torkolat és a dunai torkolat közötti Dráva

szakaszon látványos változások mentek végbe a mederben, hiszen jelentősen lecsökkent a vízfelszín területe és a meder szélessége is az elmúlt közel 130 évben (Andrási és Kiss 2013). Az 1882 és 2007 közötti időszakban a teljes vizsgált szakasz vízfelszínének a területe közel a felére zsugorodott (9389 ha-ról 5010 ha-ra). A vizsgált időszak alatt a vízfelszín zsugorodása folyamatos volt, azonban egyes felmérések között különböző ütemben zajlott. Míg 1882 és 1968 között átlagosan 35 ha/év ütemben csökkent a vízfelszín területe, addig az 1968 és 1979 közötti rövid időszakban megduplázódott az üteme (63 ha/év). Majd 1979 után a korábbiakhoz képest mérséklődött, de még így is évente 24 hektárral lett kisebb a Dráva vízfelszínének kiterjedése a Mura és Duna közötti szakaszon. Ezzel párhuzamosan a meder átlagos szélessége is folyamatosan csökkent, és összességében több mint a felére szűkült 1882 és 2007 között. A vizsgált Dráva szakasz teljes hosszára vonatkoztatva a meder szűkülésének üteme az 1882-1968-as időszakban volt a legkisebb (átlagosan 1,8 m/év). A legdinamikusabb keskenyedés – a vízfelszín területének csökkenéséhez hasonlóan – az 1968 és 1979-es évek között jellemezte (3,6 m/év) a folyót, ami 1979 után ugyan lassult (2,3 m/év), de még így is meghaladta a 20. század első felében mért ütemet. Ezek a paraméterek nemcsak időben változtak, hanem térben is, melynek eredményeként egyre inkább egységesebbé vált a felső és az alsó szakasz.

3.2.2. Az 1888 és 1968 közötti években a vízfelszín zsugorodása magyarázható a nagyméretű, főleg kanyarulat-átvágásokkal létrejött szigetek partba olvadásával. 1968 után a vízfelület csökkenés és mederszűkülés nem csupán tovább folytatódott, hanem felgyorsult, ami szorosan összefügg a felépült vízerőművek hatására leszálló vízszintekkel. A vízjárás módosulása tehát a meder morfológiájának átalakulását idézte elő, hiszen jelentősen leszűkült a Dráva medre a vizsgált teljes szakaszon 2007-ig, 1882-höz képest 50%-al, amelyet Wilcock et al. (1996) is leírt a kaliforniai Trinity folyón (Ahol a gát felépülése után, a lecsökkenő vízhozam miatt 20-60%-al keskenyedett a meder, amelynek hatására a partok és a mederformák pusztulása is felerősödhet.).

3.2.3. Az 1968 utáni időszakokban egyre inkább csökkent a fonatosság.

Leginkább a felső szakasz alakult át 2007-ig, miközben egy keskenyebb és egységesebb meder jött létre. Az alsó szakaszon ez nem volt olyan jelentős mértékű, hiszen itt a folyót mindig is egy szűkebb, főként egyágból álló meder jellemezte. **A kanyargósságnál a legjelentősebb változások az 1882-es felmérés után jelentkeztek.** Ekkor leginkább a felső szakaszt jellemezték magas értékek, ellenben az alsó szakasszal, ahol nagyobb számú kanyarulatvágás történt (kiegyenesítették a medret), ezért ott inkább alacsonyabb értékeket találunk. Mindeközben az egyensúlyát veszített folyó a korábbi állapotának visszaállítására törekedett. Ehhez azonban párosult a vízszintek további süllyedése, mely még inkább a medermorfológia változását generálta, így tovább bomlott az egyensúly. Az 1968-as felméréstől kezdődő időszakban már inkább az alsó szakaszt jellemezte a kanyargósság. Mindez összhangban van a vízfelszín területénél, a meder szélességénél és a szigeteknél tapasztaltakkal, hiszen a felső szakasz szélesebb és szigetekkel sűrűbb szabdalt medrű, míg az alsót egy határozottabb főág jellemzi. Az elmúlt közel 130 év feldolgozott adatbázisa (fonatossági és kanyargóssági értékek) alapján a vizsgált horvát-magyar Dráva szakaszt vándorló medermintázatú folyóként lehet definiálni.

3.2.4. **A 19. századi átvágásokkal kiegyenesített szakaszokon megnövekedett az esés és a folyó munkavégző képessége is, ennek következtében megindult a meder kiszélesedése, amellyel párhuzamosan többlet hordalékot is termelt.** Mindezt a kialakult medertágulatokban rakta le, így zátonyokat és szigeteket hozott létre a folyó (Sipos (2006) ugyanezt a folyamatot leírta a Maros alsó szakaszán a 19. században elvégzett kanyarulat-átvágások után átalakult medret vizsgálva.). Vizsgálataim rámutattak arra, hogy a rövidebb szakaszokon több ágra szakadó mederben emelkedett a fonatosság mértéke. Az 1968-as év után viszont az egyre inkább alászálló vízszintek hatására a szigetek elkezdtek egymás és a part felé sodródni, így amellet, hogy az alsó szakasz átlagos fonatossági értéke csökkent, a kifejezettebbé és egyágúvá váló sodorvonal hatására elkezdett kanyarogni a folyó, legfőképp azokon a szakaszokon ahol nem végeztek mederrendezést.

3.3. A szigetek hosszú és rövidtávú változásai

- 3.3.1. A Dráván az elmúlt közel 130 évben 26,8%-al megnövekedett a valódi szigetek száma, miközben összterületük, nem folyamatosan ugyan, de 29,5%-al csökkent.** A legtöbb sziget (21-25 sziget/egység) mindegyik vizsgált időszakban a Dráva felső szakaszán helyezkedett el. Az alsó szakaszon a valódi szigetek száma (54%-al) és összterülete (35%-al) növekedett (1882-ben 5 db/egység; 2007-ben átlagosan 10 db/egység), amelyek az 1979-es felmérés idején érték el a maximumukat. Az, hogy több sziget területe is megnövekedett az 1968-as állapothoz képest annak köszönhető, hogy a szigetek összekapcsolódtak a lesüllyedő vízszintek következtében és így nagyobb területű formák jöttek létre. A 2007-es felmérés idejére már lecsökkent az összterületek, ugyanis a nagyobb formák hozzákapcsolódtak a parthoz, főleg a mederrendezés és a vízszintcsökkenés következtében. Emellett újabb szigetek is képződtek zátonyokból, amely a tovább süllyedő vízszintek és a terelőművek árnyékhatásának is köszönhető.
- 3.3.2. Az ártéri szigetek csökkenő számban jellemezték a Drávát, azonban a legtöbb (32 db) az 1882-es felmérés idején.** Ezek a szigetek leginkább a kanyarulat-átvágások következtében, a vezérárok kialakításával jöttek létre, de természetesen lefűződő kanyarulatok is előfordultak. Némi idő elteltével a levágott vagy lefűződő szigetet határoló mellékágak feltöltődtek, így ezek a szigetek folyamatosan beleolvadtak az ártérbe, ezzel leszűkítve a medret.
- 3.3.3. A sodorvonalban lévő szigetek számában is folyamatos csökkenés jelentkezett.** Az első felvétel idején (1882) számuk 65 db volt, mely 2007-ig 41 db szigetre mérséklődött. A sodorvonalban lévő szigetek számának csökkenését az okozta, hogy a szigetek elkezdtek másik szigethez vagy a parthoz közeledni, majd hozzáforrak, amit segítettek az egyre alacsonyabb vízszintek is (Kiss és Andrási 2014). Ennek köszönhetően a parthoz vagy egy másik szigethez simuló szigetek száma viszont folyamatosan emelkedett (1882-ben 118 db; 2007-ben 173 db). Az ilyen típusú szigetek leginkább a felső szakaszt jellemezték, hiszen itt általában nagyobb számban fordultak elő, mivel a szélesebb, több ágra szakadó mederben dinamikusabban fejlődhetnek. A vízerőművek közelsége által okozott vízszintsüllyedés

nagyobb mértékben okozhatta a felső szakaszon a mellékágak elhalását, így a szigetek parthoz vagy más formához simulását, azaz a meder egységesebbé és morfológiailag szegényebbé válását. A részlegesen partba olvadt szigetek száma (1882-ben 30 db; 2007-ben 52 db) szintén növekedett a vizsgált teljes időszakban. Ennek alapján egyre több sziget veszítette el különálló sziget jellegét és csatlakozott más formához, amely szorosan összefügg a Drávát ért antropogén hatásokkal. Mindez leginkább az utolsó felvétel idejére vált nyilvánvalóvá, ugyanis részlegesen partba olvadt szigetek ekkor fordultak elő a legnagyobb számban. A teljesen partba olvadt szigetek, ellentétben a többi szigettípussal – a vizsgált időszak java részében – inkább a Dráva alsó szakaszát jellemezték. Ez azzal magyarázható, hogy az 1882-es felméréskor ez a szigettípus többnyire a korábbi kanyarulat-átvágások partba olvadt nagy képződményeiből állt. Később a Dráva alsóbb szakaszán véghezvitt vízrendezési munkálatok során létrehozott terelőművek és a mellékágakat lezáró kőrákok révén kapcsolódtak jelentősebb számban az ártérbe az egykori szigetek. Ezzel nemcsak a szigetek izolált jellege szűnt meg, hanem a meder is egyre szűkebb és egységesebb lett, azaz a sodorvonal egyosztatúvá vált, amelyben felerősödött a bevágódás. A szigetekben, ezáltal a mederben végbement változások a mintázat átalakulását is tükrözik, amely a folyó teljes hidro-morfológiájának megváltozását jelzi. Ez a folyamat pedig előrevetíti a szigeteknek, mint ökológiailag értékes élőhelyeknek a veszélyeztetettségét. Mivel a nagyobb formák a partba olvadtak és egyre inkább kisebb, így a folyó pusztító tevékenységével szemben kevésbé ellenálló szigetek jelentek és jelenhetnek meg a Dráván.

- 3.3.4. **A mederbe épített terelőművek hatására felépülő szigetek parthoz közeledése előrevetíti a formák melletti mederágak eltömődését, amely a meder további szűkülésének irányába mutat. A keskeny főmederben pedig még nehezebbé válik a szigetek képződése.**
- 3.3.5. Összevetve a részletesen vizsgált drávai szigetek fejlődését a Maros szigeteivel (Sipos és Kiss 2001) megállapítható, hogy **a Dráván kialakult szigeteknek főként a folyásirány szerinti alsó végük pusztul leginkább és a folyásiránnyal szembeni frontjuk épül, míg a Maroson ez pont fordítva történik. Ebben kétségtelenül szerepe**

lehet a szigetek felvízi részén található sarkantyúknak is. Az eltérő szigetfejlődés alapvető oka az lehet, hogy a Dráva nagy mennyiségű kavicsos fenékhordalékot szállít, és a magasabb zátonyokat és szigeteket elérve az áramló víznek csökken a sebessége, így a folyó itt rakja le durva hordalékát (Kiss et al. 2011). A Maros az alsó szakaszán homokot szállít, ami a szigetek folyásirány felőli alsó végén rakódik le. A Dráván viszont már a szigetek felvízi részén akkumulálódik a hordalék, így a tovább áramló víz munkavégző képessége nő, és a tisztavíz erózió révén pusztítja a szigetek alsó végét. Ezt a terepi tapasztalatok is alátámasztják, hiszen jóval durvább a szigetek felső végén lerakódott hordalék, mint ami az alsó végükhöz hozzáfert zátonyokat alkotja. Ezt alátámasztja az a tény is, hogy a formák, folyásirány felőli alsó része az idősebb és a felső végükhöz hozzánőtt felszíneken később telepedett meg a növényzet. A részletesen vizsgált szigetek periódikusan épültek fel, mely időszakok szoros összefüggést mutatnak a Dráva vízjárásával, azaz a nagy- és kisvízes időszakaival.

3.4. A kanyarulatfejlődés sajátosságai

- 3.4.1. **A kanyarulatfejlődés térbeliségét a belső íven található átfolyások és sarlólaposok mutatják, míg az időbeliségre a zátonyokon megtelepedő fák kora utal.** Voltak olyan évek, amikor mindegyik övzátony felszínen jelentős területeket hódított meg a fás vegetáció (pl. 1989 után), ami a Donja Dubrava-i vízerőmű vízszintcsökkentő hatásához köthető, de nagy kiterjedésű övzátony-felszínek stabilizálódtak az 1994-1998 és 2002-2004 közötti években is. Ez utóbbi a szigetek épülésénél is meghatározó időszak volt. Véleményem szerint a cakoveci erőmű üzembe helyezése előtt (1982) a gyakori árvizek és a magasabb közepes vizek magasíthatták az övzátony-felszíneket, így hozzájuk köthető a kanyarulatok fejlődése is. A cakoveci és a Donja Dubrava-i létesítmény után már inkább a vízszintek süllyedése miatt, a vízborítás alá már nem kerülő zátonyfelszínek stabilizálódása vált a belső ívek épülésének, így a kanyarulatfejlődés meghatározó folyamatává.
- 3.4.2. **Az övzátony-felszíneken meghatározó képződmények voltak a szigetek, amelyek a zátonyfejek legmagasabb pontjaiból képződtek, majd fokozatosan hozzáfertak az övzátony-**

felszínéhez. Ez a szigetképződés szempontjából is jellegzetes folyamat, hiszen az egyre szűkülő mederben a szigetek a sodorvonal helyett inkább a parthoz közel, a kisebb vízsebességű helyeken tudnak megszületni.

- 3.4.3. **A külső ívekről a folyóba erodálódott anyag mennyisége nem csak az egyes kanyarulatokban volt eltérő, hanem az adott kanyarulatokban a különböző időszakokban is változott.** Ez utóbbi oka részben az adott part előtt felhalmozódó anyag mennyiségéből is ered, illetve az elmaradó árvizek szerepe sem elhanyagolható, mint ahogy a külső íven található védművek is meghatározó szereppel bírnak. A részletesen vizsgált felső két kanyarulat külső ívének erózióját nem érinti közvetlenül mederszabályozási műtárgy, ugyanakkor a heresznyei és bolhói kanyarulatokban már befolyásolják a part hátrálását, ezzel a kanyarulatfejlődés irányultságát. A partpusztulás főleg az 1979-1982 közötti években volt a legintenzívebb, hiszen ekkor gyakoribbak voltak az árvizek, illetve a közép- és kisvizek szintjei is magasabbak voltak. Napjainkban pedig már inkább a kis és közepes vizek, illetve a naponta jelentkező vízszintváltozások hatására kialakuló árhullámok vesznek részt a partok formálásában.
- 3.4.4. **Eredményeim szerint a Dráván a partok pusztulását alapvetően meghatározza a partok magassága** (Kiss és Andrászi 2015). Ez jól nyomon követhető a heresznyei mintaterületen, ugyanis a külső ív folyásirány felőli felső részén, napjainkban 520 méter hosszan egy 20-22 m magasságú magaspart húzódik, míg a kanyarulat alsó szakaszán 850 méter hosszúságban jóval alacsonyabb (3-3,5 m) partot erodál a Dráva. Ez utóbbi formálódása dinamikusabban, hiszen míg a magaspart 0,4-1,9 m/év ütemben hátrált 1979 és 2014 között, addig az alacsonyabb szakasz parteróziója 1,3-12,9 m/év volt. A maximális hátrálás is ezt támasztja alá, mivel 2013-2014 között a magaspart maximálisan 10,5 métert hátrált, addig a külső ív alacsony szakaszán közel 70 méter volt a partpusztulás maximális mértéke. Véleményem szerint ez azzal áll összefüggésben, hogy a magas partfalak jóval állékonyabbak és az alámosásukhoz több idő szükséges, hiszen pusztulásuk jellemzően nagy tömbök leszakadásával történik, amelyek a partfal felső részét ideiglenesen stabilizálják, és csak a leszakadt

tömbök elszállítása után folytatódhat a parterózió (Kiss et al. 2013).

3.4.5. Az övzátóny-felszíneken felvett keresztmetszelvények alapján megállapítható, hogy **a Dráva egykori partéle és a jelenleg aktív legfiatalabb övzátóny zátonyfeje között jelentős magasságbeli különbségek jelentkeztek.** Mivel 1979-ben még ezek a partélek aktívak voltak, így az övzátóny-felszín lejtése egy bevágódási folyamatot jelez, amelyet tovább erősítettek a vízvisszatartás miatt egyre gyakoribbá és tartósabbá váló kisvizek.

3.4.6. **A legfelső három vizsgált kanyarulat folyásirányban lefelé nyúlik meg, illetve fordul el.** Ez abból adódik, hogy a sodorvonal egyre nagyobb szögben éri a külső ívek alsó szakaszát, ráadásul a heresznyei kanyarulatnál a magaspart lassabb hátrálása ezt a térbeli mintázatot még inkább felerősíti. **A bolhói kanyarulat viszont inkább folyásirányban felfelé, vagyis sokkal inkább oldalirányba nyúlik meg a külső ív középső szakaszán található partbiztosítás miatt.** Ezért itt a külső ív felső szakasza hátrál, tehát ez a kanyarulat egyre csúcsosabbá válik, és akár egy antropogén hatás által módosított, összetett növekedésű kanyarulatá is fejlődhet, ha a jelenlegi fejlődési irány folytatódik.

3.5. Összegző megállapítások

A Dráva hidro-morfológiája jelentősen átalakult az elmúlt közel 130 évben. A vízszintek drasztikusan lesüllyedtek és gyakorlatilag az árvízi kockázat is minimalizálódott, amiben a folyón felépült vízerőműveknek kétség kívül jelentős szerepük volt. A megváltozó vízjárás következtében a meder, a partok és a mederben lévő formák (zátonyok és szigetek) formálásában így egyre inkább a kis és közepes vizek vesznek részt. A lecsökkenő vízszintek hatására a kanyarulatfejlődés is dinamikusabbá válhat, hiszen a külső íveken található partok állásbiztonsága csökken, mely a parthátrálást felerősíti, illetve a belső íveken nagyobb térszínnek válhatnak szárazulattá. Ez utóbbi folyamat a szigeteknél is megjelenhet, hiszen a hozzájuk simuló zátonyfelzártnak elkezdhethet a stabilizálódásuk, így a szigetek területének növekedése, így az alakjuknak a megváltozása is. Ezzel a mellékágak is egyre inkább elveszíthetik vízszállító funkciójukat, amely a szigetek izolált szerepének megszűnését okozza, ami pedig a meder szűkülését, és a Dráva morfológiájának a további átalakulást vetíti előre.

Az értekezéshez felhasznált publikációk

- Kiss T., Andrási G. 2015: Kanyarulatfejlődés sajátosságai és antropogén hatások vizsgálata két Drávai kanyarulat példáján. *Tájökológiai Lapok* 13/1, 73-88.
- Kiss T., Andrási G. 2014: Morphological classification and changes of islands on the Dráva River, Hungary-Croatia. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 9/3, 33-46.
- Kiss T., Blanka V., Andrási G., Hernesz P. 2013: Extreme Weather and the Rivers of Hungary: Rates of Bank Retreat. In: Dénes Lóczy (szerk.): Geomorphological Impacts of Extreme Weather: Case studies from central and eastern Europe (Springer Geography), Springer Verlag, 83-99.
- Andrási G., Kiss T. 2013: Szigetek változásai a Dráva Mura és Duna közötti szakaszán. *Hidrológiai Közlöny* 93/1, 35-40.
- Kiss T., Andrási G., Hernesz P. 2011: Morphological alternation of the Dráva as the result of human impact. *AGD Landscape & Environment* 5/2, 58-75.
- Kiss T., Andrási G. 2011: A horvátországi duzzasztógáták hatása a Dráva vízjárására és a fenékhordalék szemcse-összetételének alakulására. *Hidrológiai Közlöny* 91/5, 17-29.