

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

**HULLÁMTÉRI AKKUMULÁCIÓ ÉS AZ AZT
BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK VIZSGÁLATA AZ ALSÓ-
TISZÁN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

NAGY JUDIT

Témavezető:
Dr. Kiss Tímea
egyetemi docens

Szeged, 2020

1. Előzmények, célkitűzések

A 19. századi ármentesítési és mederszabályozási munkálatok jelentősen megbontották a folyók természetes egyensúlyi állapotát. A Tisza vízrendszerében az árvízvédelmi töltések kiépítése következtében a korábban 5-10 km széles ártérre kiöntő árvizek az 1-4 km szélességűre lecsökkentett hullámtéren vonulhatnak le. A folyó által szállított hordalékmennyiség a jóval szűkebb hullámtéri területen halmozódik fel, ami a felszín fokozatos magasodását eredményezi. A hordalék intenzív felhalmozódása árvízvédelmi szempontból jelentős problémát okozhat, hiszen az árvizek levezetésére rendelkezésre álló hullámtéri térfogat csökken. A hullámtér vízszállító képességét jelentősen befolyásolhatják a vertikális és horizontális feltöltődés kitüntetett helyeinek számító folyóhátak és övzátonyok is. Ezek átmeneti formának tekinthetők a meder és a hullámtér között, és intenzív feltöltődésük révén jelentősen befolyásolhatják a hullámtérre kilépő árhullám áramlási viszonyait.

A hazai kutatások meglehetősen részletesen foglalkoztak a magyarországi folyók mentén zajló hosszú- és rövidtávú hullámtéri feltöltődés vizsgálatával, amelyhez különböző módszereket alkalmaztak. Ezek a kutatások azonban többnyire pontszerű méréseken alapultak, illetve csak egy-egy rövidebb szakaszon vizsgálták a feltöltődést, és ezeket az eredményeket általánosították hosszabb folyószakaszokra. Ráadásul leginkább a hordalék felhalmozódásának térbeli mintázatával foglalkoztak, és csupán néhány kutatás érintette a felhalmozódást befolyásoló tényezők vizsgálatát. Emellett a folyóhátak és övzátonyok hosszú távú fejlődéséről, a formálódásukat befolyásoló tényezőkről, illetve arról, hogy milyen mértékben tükrözik a vízrendszerben bekövetkezett változásokat csak kevés adat áll rendelkezésre, ugyanakkor

ezen ismeretek alapvetően hozzájárulhatnak a folyórendszerek átalakulásának megértéséhez.

Kutatásom alapvető célja az árvízvédelmi töltések megépítése óta felhalmozódott hordalék mennyiségének meghatározása a teljes Alsó-Tisza mentén, azaz a feltöltődés mértékének megadása nem pontszerű mérési adatokon alapulva. Mivel a feltöltődés mértékét nagyobb területen értékelem, célom annak vizsgálata is, hogy a hordalék-felhalmozódást az adott folyószakaszon milyen tényezők befolyásolják. Mivel a feltöltődés kitüntetett helyei a folyóhátak és az övzátonyok, ezért ezen formák fejlődését kiemelten vizsgálom. A kutatás során a következő főbb célokat tűztem ki.

A hullámtér egészén felhalmozódott hordalék mennyiségének és az azt befolyásoló tényezőknek a vizsgálata

- Mi jellemzi a hullámtér 90 km hosszú szakaszán a *feltöltődés vastagságát és térfogatát*? Milyen hatása van a hullámtér feltöltődésre a hullámtér-szélességének, a beömlő mellékfolyóknak és a növényzetnek?
- A felhalmozódott hordalék mennyivel csökkentette az árvizek levezetésére szolgáló hullámtéri térfogatot, és mely szakaszokon a legjelentősebb a hullámtér *vízvezető-képességének csökkenése*?
- A 18. század óta hogyan változott az Alsó-Tisza hullámtérén a *felszínborítás és a növényzeti érdesség*? Az invazív gyalogakác milyen mértékben terjedt el az egyes felszínborítási kategóriákban, és jelenléte milyen mértékben növeli a hullámtéri növényzet sűrűségét?

A folyóhátakon és az övzátonyokon történő hordalék felhalmozódást befolyásoló tényezők vizsgálata

- A *folyóhátak* magasságát, szélességét és épülésük ütemét mely főbb tényezők határozzák meg?

- A kanyarulatok vándorlási típusa és üteme hogyan és milyen mértékben befolyásolja az egyes övzátonyok morfológiai jellemzőit (magasság és szélesség)?
- Az övzátony-sorokat alkotó tagok magasságának meder irányában történő változása és szélességük alapján milyen övzátony-fejlődési típusok különíthetők el? Ezeket milyen tényezők befolyásolják és milyen folyamatokra utalnak?

2. Anyag és módszer

Kutatásomat az Alsó-Tisza menti hullámtéren végeztem Csongrád és szerb országhatár közötti szakaszon. A feltöltődés mértékének és az azt befolyásoló tényezők hatásának meghatározásához különböző módszereket alkalmaztam.

2.1. A hullámtér-feltöltődés mértékének meghatározása

A 19. századi árvízvédelmi töltések kiépítése óta zajló feltöltődést a jelenlegi aktív hullámtér és a gátak mögötti mentett ártéri területek abszolút magasságkülönbsége alapján határoztam meg. Az aktív hullámtéri területekről rendelkezésemre állt egy nagy felbontású (0,5x0,5 m; vertikális pontosság: ± 10 cm), 2014-ben készült LiDAR felvételezés alapján készült domborzatmodell. A töltések mögötti területek esetében az 1979-1985 között készült topográfiai térképezés alapján létrehozott, 5x5 m-es felbontású digitális domborzatmodellt használtam fel (vertikális pontossága ± 45 cm).

A felhalmozódott hordalék vastagságát és térfogatát előre meghatározott, a folyó középvonalára merőleges vonalakkal határolt, 1 km hosszú területegységekben számszerűsítettem a folyó jobb és bal partján egyaránt.

A hullámtér és a mentett ártéri területek közötti magasságkülönbség alapján kapott, a feltöltődés térfogatára vonatkozó adatok alapján kiszámítottam, hogy a hullámtér

vízszállító-képessége mennyivel csökkent (%) az adott területegységben.

2.2. A folyóhátak vizsgálata

A folyóhátak méreteit (magasság és szélesség) szintén a 2014-es LiDAR felvétel alapján elkészült DDM-en vizsgáltam. A formák legnagyobb relatív magasságát a mentett ártéri területek átlagmagasságához viszonyítva határoztam meg. Ugyanezen pontokban megmértem a folyóhátak szélességét is a felszínről készített keresztmetszet alapján. A folyóhát peremét a partél és azon pont között határoztam meg, ahol a folyóhát az ártérbe simul, azaz ahol a felszín lejtése $\leq 1^\circ$. Kiszámítottam a hordalék lerakódásának ütemét (mm/év) is, amelyet a forma épülésének kezdete és 2014 (LiDAR felmérés) közötti időszakra számítottam ki a forma legnagyobb magassága alapján.

A folyóhátak anyagát szemcseösszetételi vizsgálatok céljából megmintáztuk, amely alapján következtetni lehet a hordalék-felhalmozódás körülményeinek térbeli és időbeli trendjére.

2.3. Az övzátonyok vizsgálata

Az övzátonyokat is a LiDAR felmérés (2014) alapján elkészített DDM-en azonosítottam és ezen adatforrás alapján meghatároztam az egyes kanyarulatok övzátony-sorait alkotó tagok számát, illetve keresztmetszetek segítségével lemértem a formák magasságát és szélességét is. Az övzátonyok legnagyobb relatív magasságát a folyóhátakhoz hasonlóan a mentett ártéri területek átlagmagasságához viszonyítva határoztam meg, míg szélességét az adott formát két oldalról határoló mélyedés (sarlólapos) legmélyebb pontjai közötti távolságaként adtam meg.

2.4. A hullámtér feltöltődését, a folyóhátak és az övzátonyok fejlődését befolyásoló tényezők vizsgálata

2.4.1. A hullámtér és a kanyarulatok paramétereinek meghatározása

A feltöltődés vizsgálatához használt területegységekben megmértem a hullámtér jobb és baloldali, illetve teljes átlagszélességét, továbbá a meder átlagos szélességét is meghatároztam a különböző időpontokban (1784, 1861, 1890, 1929, 1976, 2014). Ezen kívül megnéztem, hogy van-e az adott szakaszon partbiztosítás és azt mikor építették.

Az Alsó-Tisza vizsgált szakaszán lévő 39 kanyarulatnak lemértem a morфомetriai paramétereit a 2014-es LiDAR-alapú DDM alapján. A kanyarulatoknak megmértem a görbületi sugarát, valamint az ív- és húr hosszát, illetve a sodorvonal parttól való távolságát is, amelyet az 1976. évi felmérés VO-szelvényei alapján határoztam meg, és amit a 2017-es mederfelmérés alapján pontosítottam. A kanyarulatok ív- és húr hosszának hányadosa alapján meghatároztam az egyes kanyarulatok fejlettségét is.

A kanyarulatvándorlás sebességét (m/év) a 18. század vége óta rendelkezésre álló katonai felmérések (1783, 1861) és vízrajzi térképek (1890, 1929 és 1976), továbbá a LiDAR felmérés (2014) alapján számítottam ki.

2.4.2. Felszínborítás és növényzeti érdeesség hosszú távú változása

A mintaterület hosszútávú felszínborítás-változásának vizsgálatához az 18. század végétől rendelkezésre álló térképeket (1784, 1861, 1881, 1985) és egy GoogleEarth műholdfelvételt (2017) használtam fel. Mindegyik felmérés alapján 8 felszínborítási kategóriát határoztam meg. A felvételezések időpontjára kiszámítottam a hullámtér növényzeti érdeességét (n) is: a szakirodalomban meghatározott

átlagos érdességi értékeket (Chow 1959) súlyoztam az egyes időszakokban a felszínborítási kategóriák területi arányával.

2.4.3. Az invazív gyalogakác hatása a növényzeti érdességre

A gyalogakác növényzetsűrűség-növekedésben játszott szerepének meghatározására egy fénykép alapú módszert alkalmaztam (Warmink 2007), amellyel meghatározható egy adott térfogaton belül a növényzet által elfoglalt terület aránya, ezáltal sűrűsége a folyásiránnyal szembeni felületen. Ezt a növényzetsűrűség számítást elvégeztem a jelenlegi állapotokra (2017/2018 tele) 15 ponton Szegedtől északra. A fényképeket 3 felszínborítási kategóriában készítettem: ültetett erdőkben, ártéri erdőkben és olyan művelés alól kivett szántókon, felhagyott réteken és legelőkön, ahol a gyalogakác erőteljes terjedésnek indult. A fényképeket téli időszakban készítettem, amikor a növényzeten nem volt levélzet. Ahhoz, hogy kiszámítsam, milyen mértékben járul hozzá a gyalogakác maga a növényzeti érdességéhez, az elkészített képekről letörtöttem a gyalogakácot.

3. Az eredmények összefoglalása

3.1. A hullámtér feltöltődésének jellemzői és a folyamatot befolyásoló tényezők

3.1.1. *Az Alsó-Tisza vizsgált szakaszán átlagosan 1,2 m vastagságú hordalék halmozódott fel az árvízvédelmi töltések kiépítése óta, amely 90 millió m³ hordaléknak felel meg. A hordalék vastagsága és térfogata azonban eltér a hullámtér jobb és bal oldalán, illetve területegységenként is. A felhalmozódott hordalék átlagos vastagsága a hullámtér jobb és bal oldalán egyaránt 1,2 m, területegységenként azonban 0,4-2,6 m között változik. Az üledék térfogata a jobb oldali hullámtéren átlagosan 0,35 millió m³, míg a bal oldalon ennek kétszerese,*

átlagosan 0,75 millió m³, területegységenként pedig 0,02-6,2 millió m³ között van.

3.1.2. *A feltöltődés legfontosabb következménye a hullámtér vízzállító-képességének csökkenése, amely az árvízvédelmi töltések kiépítése óta átlagosan 22,6%-kal romlott. A legnagyobb vízzállító-képesség csökkenéssel jellemezhető szakaszokon a csökkenés mértéke több, mint 40%, tehát az árvizek levezetésére közel fele akkora hely áll rendelkezésre, mint a töltések kiépítését megelőzően. Ezek az árvizek szempontjából kritikusnak tekinthető pontok Csongrád, Mindszent-Mártély térségében, Algyőnél, illetve Szegedtől délre található, ahol 1-7 km hosszú szakaszokat érintenek.*

3.1.3. *A hullámtér változó szélessége jelentősen meghatározza a felhalmozódott hordalék térfogatát ($R^2=0,87$). A szűk hullámtéri szakaszokon (<700 m), a felhalmozódás térfogata legfeljebb 1,45 millió m³. A folyásirányban lefelé táguló, de még mindig szűk szakaszokon (700-1000 m) legfeljebb 1,5 millió m³ hordalék halmozódott fel. A tág szakaszokon (> 1000 m) az előbbi két csoporthoz képest 4-szeres mennyiségű hordalék akkumulálódott (max: 6,14 millió m³), míg a folyásirányban szűkülő, de még tág hullámtéri területegységekben a felhalmozódás maximális térfogata feleakkora (3,4 millió m³), mint a tág szakaszok esetében, de még mindig közel kétszerese a szűk hullámtéri szakaszokon vagy a táguló szakaszon mértnek. *A felhalmozódott hordalék vastagsága azonban nem mutat egyértelmű kapcsolatot a hullámtér szélességével, amely a helyi befolyásoló tényezők fontosságát jelzi, illetve azt, hogy az adott helyen kialakuló mederélhez kötődő ártéri forma (folyóhát vagy övzátony) is alapvetően befolyásolhatja a feltöltődés vastagságát.**

3.1.4. *Az Alsó-Tiszába ömlő mellékfolyók (Hármas-Körös, Maros) eltérő hatást gyakorolnak a Tisza menti hullámtér feltöltődésére, amely összefüggésben van a két mellékfolyó eltérő esésével, hidrológiai tulajdonságaival és a lebegtetve szállított hordalék mennyiségével.* A Hármas-Körös torkolata alatt 0,6-1,1 m-rel vékonyabb, térfogatát tekintve pedig feleannyi hordalék akkumulálódott, mint a torkolattól felvízi irányban. Ennek oka a Hármas-Körösön a torkolathoz közel megépített két duzzasztó miatt lecsökkent a hordalékhozam. Ez a torkolat alatti szakaszon a Tisza munkavégző-képességének növekedését eredményezi, amely a hordalékszállítás felé tolhatja el a szakasz hordalékegyensúlyát az akkumuláció irányából. Ez a hatás alvízi irányban a torkolattól számított 5 km-es távolságig érvényesül. Ezt a folyóhátak szemcseösszetétele is alátámasztja, hiszen a torkolat alatti 5 km hosszú szakaszon belül a folyóhátak felső 5-10 cm mély rétegében nem fordult elő homokos hordalék, csupán iszap (átl. 69%) és agyag (átl. 31%). Ugyanakkor a Maros esetében 0,6 m-rel vastagabb felhalmozódás figyelhető meg a torkolat alatti szakaszokon, bár attól egy kissé távolabb, Szegedtől közvetlenül délre indul meg a hordalék intenzívebb felhalmozódása. A torkolat és az intenzívebb feltöltődéssel jellemezhető szakasz között az akkumuláció mértékének csökkenését a rendkívül szűk hullámtér okozza, amely a torkolat alatti szakaszon átlagosan mindössze 470 m. A szűk hullámtér és a Maros nagy esése miatt megnövekedő fajlagos munkavégző képesség eredményeképpen a hordalék felhalmozódása helyett annak elszállítása jellemző a torkolattól számított 3 km-en belül. Ezt követően a hullámtér kitágul (átlagosan 750 m-re), így a vízáramlás kissé lelassul és megindul a hordalék intenzívebb akkumulációja, amihez a Maros többlet hordaléka is hozzájárul.

3.1.5. *Az Alsó-Tisza felszínborítása jelentős változásokon ment keresztül a 18. század vége óta, és vele együtt a hullámtéri felszín növényzeti érdessége közel megötszöröződött. Az árvízvédelmi töltések kiépítése előtt a jelenlegi hullámtér területének 83%-a állandó, vagy időszakos vízborítás alatt állt, míg a töltések kiépítése után arányuk hirtelen lecsökkent, és a mocsaras területeket kezdetben fokozatosan felváltották a rétek és legelők, amelyek később beerdősülésnek indultak. Az 1800-as évek végén a rétek és legelők a mintaterület 76%-át alkották, amelyek felén ekkor már megjelent a fásszárú növényzet. Ezzel párhuzamosan a felszín növényzeti érdessége a kétszeresére nőtt (n=0,023-ról n=0,048-ra). Az 1900-as évek végén azonban az erdőtelepítések hatására a mintaterület legnagyobb részét (61%) már erdők borították, amely a rétek és legelők csökkenését eredményezte. Ez a következő évtizedekben tovább folytatódott, így 2017-re az erdők kiterjedése 73%-ra nőtt, a rétek és legelők aránya pedig 11%-ra csökkent. Ezt a változást követte a növényzeti érdesség is, hiszen értéke a 2017. évi légifelvétel alapján meghatározott felszínborítás szerint n=0,09 volt. Terepi méréseim azonban jóval nagyobb növényzeti érdességet mutatnak (n=0,11), amelynek oka a 20. század közepén intenzív terjedésnek indult gyalogakác (*Amorpha fruticosa*) nagy arányú jelenléte.*

3.1.6. *Az invazív gyalogakác különböző mértékben fertőzte meg az egyes felszínborítási kategóriákat, legjelentősebb állományaik az ültetett nyarasokban és a parlagokon alakultak ki. A gyalogakác legkisebb mértékben a természetközeli ártéri erdőkben terjedt el, ahol átlagosan csupán 3%-kal növeli a növényzetsűrűséget. Ennek oka, hogy az idősebb fák árnyékoló hatása miatt a gyalogakác kevésbé tudja megfertőzni ezen erdőfoltok belsőbb területeit. Ennél nagyobb mértékben fertőzte meg az ültetett nyárerdőket, ahol a gyalogakác hatására a növényzet sűrűsége átlagosan 23%-kal növekedett, amely*

mértéke erdőfoltonként függ az aljnövényzet gondozásának mértékétől. A gyalogakác a legnagyobb mértékben a parlagon hagyott szántókon, réteken és legelőkön terjedt el, ahol átlagosan 76%-kal növeli a növényzetsűrűséget, de ez egyes helyeken a 100%-ot is elérheti.

3.1.7. A feltöltődés vastagságának és a növényzeti érdeesség adatai alapján az $n=0,08$ érdeesség egy küszöbértéket jelent a hordalék-felhalmozódás szempontjából. Eszerint a part menti növényzet sűrűsödésével a hullámtérre kilépő víz sebessége egyre nagyobb mértékben mérséklődik, tehát a part menti növényzet egyre nagyobb mennyiségű hordalék felhalmozódását eredményezi. A felszínérdeesség további növekedésével ($n > 0,08$) azonban csökkenni kezd a feltöltődés vastagsága, ugyanis a partokon helyenként áthatolhatatlanul sűrű növényzet nő, ami árvizekkor szűrőként vagy szivacsként viselkedhet és megakadályozza a hordalék továbbszállítását az ártér távolabbi területei felé.

3.2. A hordalék felhalmozódását a part menti sávban befolyásoló tényezők vizsgálata

3.2.1. A folyóhátak magasságát elsősorban a kanyarulatok görbületi sugara és a hullámtér szélessége határozza meg, de a partbiztosítások gyenge hatása is kimutatható. A kanyarulatok görbületi sugara és a hullámtér szélességének hatása azonban eltérő a különböző fejlettségű kanyarulatok mentén. Az ál- és fejletlen kanyarulatok esetén a görbületi sugár folyóhátak magasságára gyakorolt hatása gyengébb ($R^2=0,16$), amely kapcsolatban áll a nagy görbületi sugárból adódó kisebb centrifugális erővel, illetve az ezen kanyarulatok mentén jellemző szűk hullámtéri szakaszokkal (<200 m), amely megakadályozza a görbületi sugár hatásának érvényesülését. Így az ál- és fejletlen kanyarulati csoporton belül a formák magasságát elsősorban a hullámtér szélessége határozza meg.

A fejlett és érett kanyarulatok mentén a görbületi sugár már erőteljesen befolyásolja a folyóhátak magasságát ($R^2=0,86$). Ez a kanyarulatok közel felénél tapasztalható, ahol a hullámtér elég széles (≥ 200 m) ahhoz, hogy a görbületi sugár hatása érvényesülni tudjon. A kanyarulatok másik fele mentén, ahol a hullámtér szűk, a hullámtér-szélesség határozza meg a folyóhátak magasságát. A görbületi sugár és a hullámtér-szélesség mellett a partbiztosítások is meghatározzák, habár csupán kis mértékben a formák magasságát. A partbiztosított szakaszokon 0,2-0,3 m-rel magasabb folyóhátak fejlődtek, mint a szabadon fejlődő kanyarulatok mentén.

3.2.2. A folyóhátak szélessége mind az ál- és fejletlen, mind pedig a fejlett és érett kanyarulatok mentén a hullámtér szélességével mutat kapcsolatot ($R^2=0,65$). A fejlett és érett kanyarulatok mentén azonban, ahol a széles (≥ 200 m) hullámtéri szakaszok lehetővé teszik, a kanyarulatok görbületi sugara is meghatározó ($R^2=0,5$), hiszen ezek a kanyarulatok rendszerint kis görbületi sugárral rendelkeznek, így az ebből adódó nagy centrifugális erő lehetővé teszi, hogy a hordalék nagyobb távolságra eljusson a hullámtéren.

3.2.3. A folyóhátak épülésének üteme mindkét kanyarulati csoport esetében szoros kapcsolatot mutat a formák korával, így az idősebb formák lassabban, addig a fiatalabb formák gyorsan fejlődnek. Eredményeim szerint a legidősebb (> 180 év) folyóhátak átlagosan 21-22 mm/év ütemben épülnek, míg a legfiatalabb (legfeljebb 40 éves) formák felszínén átlagosan 83-115 mm/év ütemmel zajlik az akkumuláció. Mindez a hordalék-felhalmozódás ütemének gyorsulását mutatja, amelynek legfőbb oka az egyre sűrűbbé váló part menti növényzet, a meder szűkülése és a partélek magasodása miatt az árhullámok munkavégző képességének növekedése lehet. A folyóhátak felszínén a hordalék-felhalmozódás üteme kis

mértékben mérséklődhet a kanyarulat külső ívéhez közel helyezkedő sodorvonal miatt. Úgy vélem, hogy árvizekkor a sodorvonal közelsége a víz nagyobb munkavégző-képességét eredményezi, amely megakadályozza, hogy nagyobb mennyiségű hordalék akkumulálódjon a szűk part menti sávban, illetve a folyóhátak anyaga erodálódhat is, amely a formák átlagos épülési sebességének csökkenését eredményezi.

3.2.4. *Az Alsó-Tisza mentén a belső íven fejlődő övzátonyok magassági és szélességi viszonyai az elforduló kanyarulatok esetén a görbületi sugárral arányosak.* Az Alsó-Tisza mentén vizsgált kanyarulatoknak fejlődésük módja alapján három típusa alakult ki: a kanyarulatok 70%-a megnyúló, amelyek 750 m-nél nagyobb görbületi sugárral rendelkeznek, 23%-a 750 m-nél kisebb görbületi sugárral rendelkező elforduló típusú, míg áthelyeződő vándorlást csupán egy kanyarulat mutat. Eredményeim szerint az elforduló típusú kanyarulatok mentén a legkisebb görbületi sugárral rendelkezők belső ívén 1,6 m-rel magasabb és 20 m-rel szélesebb övzátonyok alakultak ki, mint a megnyúló típusba tartozó kanyarulatok mentén.

3.2.5. *A partelmozdulás ütemének hatása a meder szélességének változásán keresztül befolyásolja az övzátonyok szélességét, míg az övzátonyok magasságának változása összefügg a kanyarulatok külső ívén épített partbiztosítások miatt lelassult partelmozdulással.* Az 1890-as felmérés óta az Alsó-Tisza medrének átlagos szélessége 17,2%-kal csökkent (192 m-ről 159 m-re), amellyel együtt az övzátonyok átlagos szélessége is lecsökkent 68 m-ről 19 m-re. Az 1930-as és 1960-as évek között zajló intenzív partbiztosítás-építések miatt a partelmozdulás üteme erőteljesen lelassult, számos szakaszon meg is állt, hiszen míg az 1890 és 1929 közötti időszakban a külső ív elmozdulása átlagosan 0,5 m/év, a belső ívé pedig 1,1

m/év volt, addig ez a 2014. évi felmérés idejére 0 m/év-re lassult. Ennek hatására megállt az övzátónyok oldalirányú épülése, amelyet felváltott a hordalék vertikális felhalmozódása, amelynek eredményeként a kanyarulatok 70%-ánál megfigyelhető az övzátóny-sorokat alkotó legutolsó övzátóny-tag magasságának jelentős megemelkedése, amely a 2,3-3,4 m-t is elérheti.

3.2.6. *Az övzátóny-sorok utolsó tagjának megemelkedése miatt egyre nagyobb visszatérési idejű árvizek képesek csak az aktív övzátóny magasítására.* Míg korábban az övzátónyokat 1,2-1,8 évente visszatérő árvizek is elöntötték, napjainkban az aktív övzátóny már csak a 2-4,8 évente visszatérő árvizek öntik el és építik tovább.

3.2.7. *Az Alsó-Tisza mentén az egyes kanyarulatokban kialakult övzátóny-soroknak az ezeket alkotó tagok magasságának meder irányában történő változása alapján három típusát különböztettem meg: a meder irányában alacsonyodó, magasodó és változatlan magasságú övzátóny-sorokat.* Ezek a típusok összefüggnek a meder változásaival (pl. bevágódás), a kanyarulatvándorlás sebességében, és/vagy a fenék- és lebegtetett hordalékhozamban bekövetkezett változásokkal. A meder felé alacsonyodó övzátónyok utalhatnak (i) a meder bevágódására, hiszen ezt követve az övzátónyoknak alacsonyodniuk kell, (ii) a kanyarulatvándorlás sebességének növekedésére, tehát változatlan hordalékmennyiség mellett a formák épülésére egyre kevesebb idő állrendelkezésre, illetve (iii) az övzátóny felépítő hordalék hozamának csökkenésére is, hiszen ebben az esetben változatlan partelmozdulást feltételezve az övzátónyok felszínén egyre kevesebb hordalék halmozódhat fel, így magasságuk csökken.

A meder irányában magasodó övzátónyok utalhatnak (i) a kanyarulatvándorlás ütemének csökkenésére, hiszen

változatlan hordalékhozamot feltételezve egyre hosszabb idő áll rendelkezésre a formák épülésére, így egyre magasabbá válnak, (ii) az övzátont felépítő fenék-és lebegtetett hordalék hozamának növekedésére, mivel ha a forma kialakulásához rendelkezésre álló idő változatlan, a forma felszínén egyre nagyobb mennyiségű hordalék rakódik le, ami az övzátonyok egyre magasabbá válását eredményezi.

Mivel az alacsonyodó, magasodó és változatlan magasságú övzátony-sorok egymás szomszédságában fordulnak elő, a hordalékhozam általános változása az Alsó-Tiszán nem lehet kialakulásuk oka, hiszen az a formák magasságának változását egységesen eredményezné. Tehát az övzátony-fejlődési típusok létrejötte helyi befolyásoló tényezők szerepére hívja fel a figyelmet. Véleményem szerint az övzátony-fejlődési típusok létrejöttére és térbeli elhelyezkedésére jelentős hatással van a mederanyag kötöttsége, illetve az, hogy a nyugati oldalon az árvízvédelmi töltés jóval közelebb fut a mederhez, mint a folyó keleti oldalán, így a partbiztosítások is elsősorban a nyugati oldalon helyezkednek el. Ennek eredményeképpen az alacsonyodó övzátonyok-sorok többsége a hullámtér baloldalán, míg a magasodó övzátonyok a hullámtér jobb oldalán található.

Az értekezéshez felhasznált publikációk

Nagy Judit – Fiala Károly – Blanka Viktória – Sipos György – Kiss Tímea (2017): Hullámtéri feltöltődés mértéke és árvizek közötti kapcsolat az Alsó-Tiszán, Földrajzi Közlemények, 141/1, 44-59.

Nagy Judit – Kiss Tímea – Fiala Károly (2017): Hullámtér-feltöltődés vizsgálata az Alsó-Tisza mentén I. Hullámtér-szélesség és beömlő mellékfolyók hatása az akkumulációra, Hidrológiai Közöny, 97/4. 59-66.

Nagy Judit – Kiss Tímea – Fiala Károly (2018): Hullámtér-feltöltődés vizsgálata az Alsó-Tisza mentén II. Folyóhátak (parti háta) feltöltődését befolyásoló tényezők, Hidrológiai Közöny, 98/1, 33-39.

Fabio Delai – Tímea Kiss – **Judit Nagy** (2018): Field-based estimates of floodplain roughness along the Tisza River (Hungary): The role of invasive *Amorpha fruticosa*, Applied Geography, 90. 96-105.

Judit Nagy – Tímea Kiss – István Fehérváry – Csaba Vaszkó (2018): Changes in floodplain vegetation density and the impact of the invasive *Amorpha fruticosa* on flood conveyance. Journal of Environmental Geography, 11/3-4, 3-12.

Tímea Kiss – **Judit Nagy** – István Fehérváry – Csaba Vaszkó (2019): (Mis)management of floodplain vegetation: the effect of invasive species on vegetation roughness and flood levels. Science of the Total Environment, 686, 931-945.

Judit Nagy – Tímea Kiss (2019): Point-bar development under human impact: case study on the Lower Tisza River, Hungary. Geographica Pannonica (in press).