

PhD-értekezés tézisei

Földtudományok Doktori Iskola

*A Dráva és a Mura magyar–horvát szakaszának
hidromorfológiai értékelése*

Ficsor Johanna

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar

Pécs, 2023

A DOKTORI ISKOLA NEVE, CÍME:

Pécsi Tudományegyetem, Földtudományok
Doktori Iskola, 7624, Pécs, Ifjúság útja 6.

A DOKTORI ISKOLA VEZETŐJE:

Dr. Geresdi István DSc, egyetemi tanár, PTE
TTK, Földrajzi és Földtudományi Intézet,
Földtani és Meteorológiai Tanszék

AZ ÉRTEKEZÉS TUDOMÁNYÁGA:

Természetföldrajz

TÉMAVEZETŐK:

Dr. Czigány Szabolcs, egyetemi docens, PTE
TTK Földrajzi és Földtudományi Intézet,
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

Dr. Pirkhoffer Ervin, egyetemi docens, PTE
TTK, Földrajzi és Földtudományi Intézet,
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

Bevezetés

Mai világunkban egyre nagyobb szerepet kap a természeti értékeink megőrzése, fenntartható használata. Ez érthető, hiszen egyre jobban látszik a természeti erőforrások intenzív használatának, a civilizáció és a kényelem sokszor indokolatlanul is nagy igényének káros következménye a természeti környezet változásában. A folyók – mint az egyik legdinamikusabban változó élettér – folyamatainak ismerete nagyon fontos a velük való gazdálkodás helyes módja, és annak megtervezése szempontjából.

A folyók dinamikus változása a morfológiai folyamatokban is megmutatkozik, amik a medrek áthelyeződését, a keresztshelvények folytonos átalakulását jelentik. Ezek a folyamatok alapvetően a szállított szilárd anyag jellemzőivel, a hordalékháztartással köthetők össze. Ezért nagyon fontos a folyók hordalékháztartásának ismerete, a hordalék szállításban lejátszóó folyamatok nyomon követése.

Több éve foglalkozom hazai folyók (Duna, Dráva, Mura) hordalék szállításának vizsgálatával. Disszertációm témája a Dráva és a Mura mederanyag és görgethordalék-háztartásának kutatása. Kutatási területem a két folyó közös magyar-horvát szakasza.

Határfolyó jellegéből adódóan mindkét folyószakasz különleges helyzetben van, hiszen a velük kapcsolatos vízgazdálkodási feladatok két ország gondozásában vannak. Ez a körülmény a folyógazdálkodást részben nehezíti, az ökológiai értékek megőrzése tekintetében viszont pozitív hatást is jelent. Figyelembe véve a nemzetközi törekvéseket a környezeti értékeink megőrzésére egy fenntartható vízgazdálkodás keretében, a kutatási témám időszerű és indokolt.

Korábban, a morfológiai változások nyomon követése, a hordalékháztartás vizsgálata egy-egy kiválasztott vízmérce-szelvényre korlátozódott. A korszerű méréseszközök azonban lehetővé teszik, hogy új alapokra helyezzük a morfológiai vizsgálatokat, kiegészítve, bővítve a korábról származó alap-információkat.

Disszertációmban a Dráva hazai szakaszára végzett részletes mederanyag felvételezést és az erre épülő megalapozó vizsgálataimat mutatom be, kiegészítve a Mura hazai szakaszára készített 1 dimenziós hidrodinamikai és hordalékszálítási modellezéssel, melynek segítségével a folyószakasz morfológiai folyamatait vizsgáltam.

Célkitűzések

A disszertációban bemutatott kutatásom alapvető célja a Dráva magyar–horvát közös szakasz (Őrtilos és Drávaszabolcs között) jelenlegi állapotának feltérképezése, felhasználva a rendelkezésre álló korszerű eszközöket, szemléletet, hogy ezzel egy, a jövőbeli vízgazdálkodási munkákat megalapozó tanulmány szülessen. A kutatás során felhasználtam és beépítettem a témához kapcsolódó további kutatási eredményeimet is, amelyek előkészítették a konkrét kutatás irányát és módját, illetve jelentős hatással lesznek az elért eredmények további felhasználásában. A Mura magyarországi szakaszára végzett hordaléktranszport modellezés gyakorlatilag előtanulmánya egy, a Drávára tervezett morfológiai kutatásnak. A vizsgálatok során az alábbi kérdésekre kerestem a választ, illetve célokat tűztem ki:

1. A Drávába betorkolló mellékvízfolyás, a Mura folyó hordalékszállításának és mederváltozásának vizsgálata

A korszerű numerikus megoldások lehetővé teszik a hordaléktranszport folyamatok modellezését. A Dráva magyarországi szakaszára érkező hordalék nagy része a Murán keresztül érkezik. A Drávára készített morfológiai kutatás részeként elkészítettem a Mura hazai szakaszának 1 dimenziós hordaléktranszport vizsgálatát.

2. Bemutatni a vizsgált folyószakasz kanyarulatfejlettségi állapotát, a közelmúltban lezajlott változások elemzésével, a várható folyamatok előrejelzésével.

Mivel a hordalékháztartás alapvetően egy folyószakasz morfológiai változásait befolyásolja, fontosnak tartottam bemutatni a legfrissebb mederfelmérés alapján a folyószakasz jelenlegi állapotát, az aktuális morfológiai változások elemzését.

3. Egy részletes mederanyag feltérképezés elkészítése, ami a korábbi vizsgálatokhoz képest jelentősen több információval szolgál a vizsgált Dráva szakasz mederanyag összetételéről.

A vizsgált folyószakasz görgetett hordalék és mederanyag felmérésében hiánypótló terepi felmérést volt lehetőségünk végrehajtani, ami igen részletes eredményeket adott a folyószakasz megismeréséhez.

4. Elemezni a vizsgált folyószakaszon a sebességviszonyok és a mederanyag jellemzőinek összefüggését.

A modern áramlásmérés új lehetőséget kínál fel a görgetett hordalékmozgás határértékének meghatározására, ezt kívántam összevetni a klasszikus összefüggéssel.

5. A friss eredményekkel igazolni – pontosítani a Barcs térségében lévő eséstörés helyét összevetve a hordalék szemeloszlás-változásával is.

Céloom a korábbi kutatásokban, felmérésekben meghatározott eséstörés igazolása a legfrissebb mederfelmérés, valamint az áramlási paraméterek és a mederanyag összetétel alapján.

Kutatási módszerek

A morfológiai kutatásom során több egymáshoz kapcsolódó módszert alkalmaztam.

A Dráva közös magyar-horvát szakaszára (Órtilos és Drávaszabolcs között) egy 2018-ban készített domborzatmodell felhasználásával elvégeztem a meander-fejlettségek lehatárolását, és elkészítettem a kanyarulati statisztika vizsgálatot. A terepmodell alapján térinformatikai eszközökkel meghatároztam a meder középvonalát és sodorvonalát, és ennek alapján vizsgáltam a kanyarulati paramétereket, valamint lehatároltam az egymást követő folyószakaszokat. A definiált középvonalat összehasonlítva a nyilvántartás szerinti hivatalos tengelyvonallal meghatároztam egy hét éves időszak morfológiai változásait, amik jól jellemzik az utóbbi időszak tendenciáját és lehetővé teszik a jövőbeli változások becslését. A terepmodellből előállítottam a vizsgált folyószakasz hossz-szelvényét is, ami alapján vizsgáltam a folyószakasz esésviszonyait.

Végrehajtottunk a Dráva közös magyar-horvát szakaszán egy terepi mérésorozatot, melynek célja a folyószakasz hordalékháztartásának vizsgálata volt, mederanyag felvételezéssel és áramlásméréssel. Ez a részletes mintavételezést tartalmazó monitoring program lehetővé tette a folyószakaszra vonatkozó korábbi kutatások eredményeinek igazolását, pontosítását. A mérési kampány során összesen 30 kereszt-szelvényben közel 90 mederanyag mintát vettünk. A mintavételezést minden esetben vízhozam- és áramlásmérés kísérte, mind a mintázott kereszt-szelvényekre, mind az egyes mintavételi pontokra vonatkozóan. A folyó ilyen részletes áramlástan és hordalék-mintavételezésére korábban még nem volt példa. A részletes felmérés lehetővé tette a folyószakasz morfológiai állapotának teljes körű feltérképezését. Ez a hiánypótló kutatás nagyon fontos a jövőre nézve, hiszen mind a természetvédelmi, éghajlatváltozási, ökoszisztéma-

szolgáltatási, valamint a vízgazdálkodási és a tájgazdálkodási távlati célok szükségessé teszik a folyó lehetséges változásainak ismeretét. A kapott eredmények további részletes morfológiai vizsgálatokat, területfejlesztési, tájgazdálkodási koncepciókat alapohatnak meg, valamint felhasználhatók a folyószakasz ökoszisztéma-szolgáltatásainak vizsgálatában is.

A Drávára végzett kutatás mellett, annak részeként a Mura folyó magyar-horvát szakaszának morfológiai vizsgálatát is elvégeztem. A Mura hordalékháztartása jelentős befolyással van a Dráva vizsgált szakaszára, hiszen a Murán érkezik a folyószakasz hordalékhozamának jelentős része, különösen a folyó felvízi szakaszán létesült erőművek üzembe helyezése óta. A Murára elkészítettem egy 1 dimenzió hidrodinamikai és hordalékszállítási modellt, melynek segítségével vizsgáltam a folyószakasz morfológiai változásait (feliszapolódás, kimélyülés) a jellemző árhullámok levonulása esetén. E mellett sor került morfometriai paraméterek elemzésére, valamint a folyószakasz kanyarulatfejlődésének vizsgálatára is.

Az eredmények összefoglalása

A disszertációban bemutatott kutatásom célja a Dráva morfológiai állapotértékelése volt. A folyó jelenlegi állapotának feltérképezése, felhasználva a rendelkezésre álló korszerű eszközöket, szemléleteket, hogy ezzel egy, a jövőbeli vízgazdálkodási munkákat megalapozó tanulmány szülessen. A kutatás során felhasználtam és beépítettem Murára végzett kutatási eredményeimet is, amelyek megalapozták a drávai kutatás irányát és módját, illetve az ott szerzett módszertani tapasztalatok megalapozták az elért eredmények további felhasználását. Az éghajlatváltozás miatt a jövőben várhatóan növekedni fog a középvíz alatti vízjárású időszakok száma és hossza. Vizsgálataim egyik célja az erre való felkészülést az által, hogy a vizsgálataim során erre az vízjárású állapotra fókuszáltam. Kisvízi körülmények között még a folyómeder esésének kisebb különbségei is befolyásolhatják a kavicslerakódást és a folyómeder páncélozódását. Ez a tendencia várhatóan befolyással lesz a görgetetthordalék-háztartásra is, ezért is fontos a jelenlegi állapot részletes feltárása.

A Dráva vizsgálat magyar-horvát szakaszának hordalékháztartását jelentősen befolyásolja a vízgyűjtőről érkező hordalékmenyiség és az abban bekövetkező változások, különösen a vizsgált szakasz felett betorkoló mellékfolyó, a Mura hordalékháztartása. A disszertációm részét képezi az erre a folyóra végzett kutatásom is, ami a tartalmi kapcsolódás mellett a Drávára végzett kutatásom megalapozását is szolgálta. Az

alábbiakban mutatom be a kutatásom célkitűzéseit a hozzájuk kapcsolódó tézisekkel és azok igazolásával:

1. A Drávába betorkolló mellékvízfolyás, a Mura folyó hordalékszállításának és mederváltozásának vizsgálata – 1. Tézis: A Mura hullámterének feliszapolódása nem tér el a hazai jellemző értéktől.

A folyók hullámterének lassú feltöltődése, ami az árvízkor oda kijutó finom hordalék kiüledésével magyarázható, általánosan ismert jelenség hazánk vízfolyásainál. A feliszapolódás folyamatának vizsgálatára egy projekt keretében 1D és 2D hidrodinamikai modellvizsgálatokat végeztünk a Mura hazai szakaszára. A vizsgálatok során a 2009-ben levonuló árvíz, valamint több elméleti (mesterségesen definiált) árhullám során elemeztük a hordaléktranszport folyamatokat. A projekt során az én feladatomban egy ehhez a részletes vizsgálathoz tartozó döntéselőkészítő vizsgálat volt, melynek során felépítettem, kalibráltam és igazoltam egy 1D-s hordaléktranszport modellt, mellyel ezt követően több modell-változat (scenárió) elemzését végeztem el. A részletes 2D modellezés négy változatra történt meg. A 2D modellezés eredményeit összehasonlítottam néhány, a magyar szakirodalomban talált hullámteré feliszapolódási értékkel. **Ezek alapján a Mura hullámterének feliszapolódása nem emelkedik ki a magyarországi többi folyó hullámterén mért értékekhez viszonyítva.**

2. A folyószakaszok kanyarulatfejlettségi állapotának bemutatása, a közelmúltban lezajlott változások elemzésével, a várható folyamatok előrejelzésével.

Egy 2018-ban készített részletes terepmodell alapján meghatároztam a folyó akkori tengely és sodorvonalát, és ennek alapján elvégeztem a klasszikus kanyarulat-fejlettségi vizsgálatot. Az elemzés alapján feltárhatók azok a folyamatok, amik a továbbiakban várható mederváltozásokat fogják okozni. Ezek ismerete segíti a jövőbeni folyógazdálkodás tervezését is.

A teljes magyar–horvát szakasz tekintetében a teljes hossz több, mint harmada fejlett kanyarulat, és közel egy harmada fejletlen kanyar. A valódi egyenes szakasz fordul elő legkisebb arányban, de az álkanyarok mennyisége nem kevés. Az emberi beavatkozásokat figyelembe véve, a kapott eredmények jól igazolják és mutatják a szabályozás hatását. Túlfejlett kanyarulat csak a felső szakaszon található, és amíg itt a leggyakoribb típus

a fejlett kanyar, addig az alsó szakaszon a fejletlen kanyarulatok száma és hossza is a legnagyobb. Az egyes típusok hosszának vizsgálata azt mutatja, hogy az alsó szakaszon jellemzően nagyobb egységes folyószakaszok vannak; minden jellemző érték (minimális, maximális és átlagos hossz is) az alsó szakaszon nagyobb, mint a közel természetes felső szakaszon.

A Dráva érvényben lévő hivatalos és a mederfelmérés alapján szerkesztett középvonalanak vizsgálata jól szemlélteti az elmúlt időszak morfológiai változásait. A szabályozott és a közel természetes állapotú folyószakaszok mederváltozásának különböző dinamikáját már ebben a nem túl hosszú vizsgált időszakban is nyomon lehet követni. A vizsgálatom kimutatta a kevésbé szabályozott felsőbb szakasz markáns, szinte szemmel látható medervándorlását, ami alapján definiálhatók azok a hullámtéri, folyóparti területek, ahol a jövőben erózióra kell számítani. Az alsó, szabályozott szakasz relatív stabil állapotban van.

A Mura egy jellemző szakaszának folyófejlődését is megvizsgáltam a XVIII. századtól napjainkig. A rendelkezésre álló felmérések lehetőséget adtak arra, hogy a folyószabályozási munkák hosszú távú hatását is vizsgáljam: kimutatva ezzel a dinamikus morfológiai változásokat.

3. Egy részletes mederanyag feltérképezés elkészítése, ami a korábbi vizsgálatokhoz képest jelentősen több információval szolgál a vizsgált Dráva szakasz mederanyag összetételéről. – 2. Tézis: A Barcs alatti szabályozási munkák okozta páncélozódás folyamata lezajlott.

A folyószakasz görgetthordalék és mederanyag felmérésében hiánypótló terepi felmérést volt lehetőségünk végrehajtani, ami igen részletes eredményeket adott a folyószakasz megismeréséhez. A mintavételezést minden esetben vízhozam- és áramlásmérés kísérte, mind a mintázott keresztaszvénnyre, mind az egyes mintavételi függvényekben. A részletes felmérés lehetővé tette a folyószakasz morfológiai állapotának teljes körű feltérképezését. Elkészítettem a vett mederanyagminták szemeloszlás vizsgálatát, valamint ennek alapján a vizsgált szakasz hordalék hossz-aszvényét is. Korábbi kutatási eredmények felhasználásával megvizsgáltam, hogy a kapott szemösszetétel változott-e az elmúlt időszakban. A mi méréseink összességében kicsit finomabb mederanyagot jeleztek, mint a korábbi vizsgálatok. Barcstól lefelé a korábbi eredményektől eltérően a kavicsfrakció szinte teljesen eltűnt (csak lokálisan volt jelen) és minden megfigyelt keresztmetszetben durva homok uralkodott. ***Ugyan a szabályozási munkák során végzett***

mederátvágásokban a beavatkozás következtében megváltozott esésviszonyok páncélozódást idéztek elő, ez a folyamat a folyószakasz energetikai átrendeződése után azonban lelassult, megállt, amit a mederben észlelt homok frakció dominanciája is jelez.

4. A folyószakaszra vonatkozó sebességviszonyok és mederanyag-jellemzők összefüggésének elemzése. – 3. Tézis: Mérési eredményekből származtatott Shields paraméter összhangban van az elméleti számítások eredményeivel.

A terepi felmérés alapján előállítottam és vizsgáltam a jellemző áramlási és hordalékparaméterek hosszmenti változását. Az áramlási sebesség hirtelen csökkenése figyelhető meg a 175 és 170 fkm között, a mederesés változásának zónájában. A nyírási sebességek heterogénebb képet mutattak. A vizsgált keresztmetszelvevények átlagos áramlási sebessége és a vett minták jellemző szemátmérője (d_{60}) közötti összefüggés hatványfüggvénnyel írható le és egy közepesen erős korrelációt mutat. A mért mélység menti sebesség-eloszlás elég zajos volt, ami jól mutatja az áramlás erősen turbulens jellegét.

A modern áramlásmérés új lehetőséget kínál fel a görgetett hordalékmozgás határértékének (Shield szám) meghatározására. Klasszikusan ezt az értéket egy mederszakasz általános hidraulikai jellemzői alapján határozzák meg. Az ADCP áramlásmérés azonban lehetővé teszi a nyírófeszültség becslését a mért áramlási paraméterek alapján. A mérési eredmények felhasználása új lehetőségeket nyithat meg a hordaléktranszport elemzésében, ezért megvizsgáltam, hogy a klasszikus és a lehetséges új számítási mód eredményei hogyan alakulnak. ***Az eredmények jelentős eltérést mutattak a két számítási módszer között. Az összefüggés pontosítása további méréseket és összehasonlító vizsgálatot igényel.***

5. A Barcs térségében lévő eséstörés helyének a friss eredményekkel való igazolása, pontosítása, összevetve a hordalék szemeloszlás-változásával is. – 4. Tézis: A folyómeder eséstörése kimutatható az áramlási- és hordaléktranszport paraméterekben is.

A friss mederfelmérés alapján a középvonal mentén vizsgáltam a folyószakasz esésviszonyait is. A jellemző szelvevények (inflexiók és kanyarulati tetőponti szelvevények) legmélyebb mederpontjainak összekötésével meghatároztam a folyószakasz mederfenék vonalát.

Az így kapott fenékvonal igazolta a korábbi vizsgálatok szerinti eséstörés helyét, ami napjainkban a 175 fkm környezetében található. Ez a teljes egészében alluviális folyószakaszon belüli lokális változás a felső szakasz 0,4 ezrelék körül lejtését 0,1 ezrelék körül értékékké csökkenti. A terepmodell részletes elemzésével az is látható, hogy az alsó szakaszon végzett folyószabályozás ugyan korlátozza a meder laterális elmozdulását, de a mederfenék ezeken a szakaszokon vertikálisan nagyobb változatosságot mutat, mint a beavatkozásokkal nem érintett szakaszokon.

A mederfenék hossz-szelvényt összevetve a mederanyag hossz-szelvénnnyel, kimutatható az összhang: a felső, meredekebb szakaszon és az eséstörés közvetlen környezetében a kavics, míg az eséstörés alatti folyószakaszon a homok a jellemző mederanyag.

Az eséstörés helye további áramlási és hordalékháztartási paraméterek hossz-menti alakulásában is kimutatható: a főmeder helyszínrajzi vonalvezetésében ezen a szakaszon egy jól kivehető, markáns kanyargósság figyelhető meg; hasonlóan érzékelhető az eséstörés hatása a jellemző szemcse átmérő, az átlagsebesség és a mederanyag mozgásba lendülését

A témakörben megjelent publikációk jegyzéke

Ficsor, J. & Engi, Zs. (2024). Morfológiai vizsgálatok Magyarország délnyugati határfolyóin. *Modern Geográfia*, 19(3), (megjelenés alatt).

Pirkhoffer, E., Halmai, Á., Ficsor, J., Gradwohl-Valkay, A., Lóczy, D., Nagy, Á., Liptay, Z. Á., & Czigány, Sz. (2021). Bedload entrainment dynamics in a partially channelized river with mixed bedload: A case study of the Drava River, Hungary. *River Resourch and Application*, 37, 699-711.

Halmai, Á., Gradwohl-Valkay, A., Czigány, S., Ficsor, J., Liptay, Z. Á., Kiss, K., Lóczy, D., & Pirkhoffer, E. (2020). Applicability of a Recreational-Grade Interferometric Sonar for the Bathymetric Survey and Monitoring of the Drava River. *International Journal of Geo-Information*, 9(3), 149-170.

Engi, Z., & Ficsor, J. (2020). Hydraulic modeling - Simulation of the silting up process of the inundation area. In Rubinić – Oskoruš (Szerk.), *Okrugli stol s međunarodnim sudjelovanjem "Nanos u vodnim sustavima - stanje i trendovi"*, Varaždin 2020., Zbornik radova (The Round Table with International Participation "Sediment in Water Systems - Current State and Trends", Varaždin 2020, Proceedings) (pp. 263-268). Zágráb:Hrvatsko hidrološko društvo.

Ficsor, J. (2022). A Dráva morfológiai változásai. In Szlávik-Kaszás (szerk.), *A Magyar Hidrológiai Társaság XXXIX. Országos Vándorgyűlés dolgozatai* (pp. 1-8) Budapest: Magyar Hidrológiai Társaság (MHT)

Ficsor, J., & Gradwohl-Valkay, A. (2022). Folyók morfológiai változásának vizsgálata a Dráva példáján keresztül. In Fazekas, I., & Lázár, I. (szerk.). *IX. Magyar Tájékológiai Konferencia előadásainak és posztereinek összefoglalói*

Ficsor, J., Gradwohl-Valkay, A., Pirkhoffer, E., & Czigány, Sz., (2022). What is the Current Morphological State of the River Drava. *Proceedings of the IAHR World Congress, 39*, 795-800. doi://10.3850/IAHR-39WC2521716X2022procd

Ficsor, J., Halmai, Á., Nagyvárad, L., Kiss, K., Czigány, Sz., Pirkhoffer, E., Liptay, Z. Á., Balogh, R., & Gradwohl-Valkay, A. (2020). A Dráva hordalékviszonyainak térinformatikai vizsgálata. In Molnár (szerk.). *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában XI.: Theory meets practice in GIS.* (pp. 85-91). Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó

Ficsor, J., Gradwohl-Valkay, A., Pirkhoffer, E. & Czigány, Sz. (2021). A morphological examination of the drava river. In Kalicz, P., Hlavčová K., Kohnová S., Aleksić M., Rattayová V., Széles B., Nevezi, Cs. & Gribovszki, Z. (szerk.). *HydroCarpath-2021 Catchment and River Processes in Regional Hydrology: Coupling Field Experiments and Data Assimilation into Process Understanding and Modelling in Carpathian Basins: Abstracts and Posters of the Conference.* (pp. 13).

Gradwohl-Valkay, A., Ficsor, J., Halmai, Á., Nagyvárad, L., Kiss, K., Czigány, Sz., Pirkhoffer, E., Liptay, Z. Á. & Balogh, R. (2021). A Dráva morfológiai változásainak térinformatikai vizsgálata. In Molnár, V. É. (szerk.). *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában XII.: Theory meets practice in GIS.* (pp. 99-104) Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó