

Ficsor, Johanna¹ – Engi, Zsuzsanna²

Morfológiai vizsgálatok Magyarország délnyugati határfolyóin

Morphological Studies on South-Western Border Rivers in Hungary

ABSZTRAKT

Napjainkban a természeti értékeink megőrzése és fenntartható használata egyre inkább előtérbe kerül, és ennek nem csak gazdasági vagy területfejlesztési, de ökológiai és vízgazdálkodási vonatkozása is van. Az utóbbi években a figyelem egyre inkább a korábban háttérbe szoruló folyómorfológiai vizsgálatok felé fordul, hiszen a hosszú távú változások megismerése és a jelenlegi állapot feltárása és értékelése elengedhetetlen a jövőbeli folyamatok becslése érdekében. Jelen cikkünkben a Mura és a Dráva magyar–horvát határszakaszára végzett morfológiai vizsgálatainkat mutatjuk be. A történelmi változásokat a korábbi időszakok térképeinek összehasonlító elemzésével, a jelenlegi állapot értékelését pedig friss felmérésből származó részletes terepmodell alapján végeztük el. A térinformatikai értékelést összevetettük hordaléktranszport és áramlásmérési eredményekkel is. Ennek alapján elmondható, hogy a vizsgált folyószakasz morfológiai állapota összhangban van a transzportfolyamatok jellemző paramétereivel.

Kulcsszavak: Dráva, kanyarulatfejlődés, mederanyag, morfológia, Mura

ABSTRACT

Nowadays, the preservation and sustainable use of our natural values are increasingly coming to the fore, and this has implications not only for economic and field development but also for ecological aspects. In recent years, attention has shifted towards river morphological studies, which were previously relegated to the background. Understanding long-term changes and assessing the current state is essential to estimate future processes. In this article, we present our morphological studies on the Hungarian–Croatian border sections of the Mura and the Drava rivers. Historical changes were analyzed through a comparative study of historical maps from earlier periods, while the evaluation of the current state was conducted based on a detailed terrain model from a recent survey. GIS evaluation was also compared with sediment transport and flow measurement results. This comparison suggests that the morphological status of the river section under study is consistent with the typical parameters of transport processes.

Keywords: bedload, Drava, meandering, morphology, Mura

¹ Research fellow, Ludovika University of Public Service, Faculty of Water Sciences, Department of Regional Water Management; H-6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky u. 12–14. Phone: +36 1 432-9000/19068, E-mail: ficsor.johanna@uni-nke.hu, <https://orcid.org/0000-0001-9439-516X>

² Head of Department, Department for Water Works and Irrigation, West-Transdanubian Water Directorate; H-9700 Szombathely, Vörösmarty u. 2. Phone: +36 30 5660455, E-mail: engi.zsuzsanna@nyuduvizig.hu
Assistant professor, Ludovika University of Public Service, Faculty of Water Sciences, Department of Regional Water Management; H-6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky utca 12–14. Phone: +36 30 5660455, E-mail: engi.zsuzsanna@uni-nke.hu, <https://orcid.org/0000-0002-5262-5542>

BEVEZETÉS

Magyarország és Horvátország között a természeti adottságok által meghatározott határ a Dráva (180 km), a Mura (48 km) folyók és a Kerka vízfolyás Lendva-torkolat és a Murába torkollás közötti szakaszának (1,8 km) árterületén halad keresztül. A folyók által meghatározott határ nagyobb részén (a teljes hossz 64 %-a) átfedésben van az államhatárral (Čelan, 2014). A területen levő két folyó tengelye ugyan nagymértékben megegyezik az országhatárral, de természetes meanderképző adottsága miatt a nem partbiztosított helyeken elvándorol. A közlekedési és nyelvi akadályok, továbbá a magyar–horvát határtérség negatív demográfiai tendenciái, az elnéptelenedés és az alacsony mobilitás jelentős változásokat igényelnek a térség gazdasági fejlődése érdekében. Jelenleg növekvő, de még mindig szerény érdeklődés mutatkozik az intézményi és gazdasági kapcsolatok kialakítása iránt Magyarországon és Horvátország között (Bali & Kőkuti, 2008), melynek fejlődése szintén elősegítené a pozitív gazdasági változásokat.

A társadalmi, gazdasági törekvéseket megalapozzák azok a vízgazdálkodási intézkedések, melyek előnyei hozzájárulnak más ágazatok, például a vidékfejlesztés, a turizmus fejlődéséhez is (Balatonyi et al., 2022). A Dráva és a Mura menti erdők, élővilág és a folyó változatos morfológiájának köszönhetően 2021. évben a terület hivatalosan is elnyerte a Mura–Dráva–Duna Bioszféra-rezervátum címet. 2012-ben sor került egy olyan vizsgálatra a magyarországi folyók körében, amely során elkészítették a természeti adottságok vizitúrázásra – mint az egyik fejlesztési lehetőségre – gyakorolt hatásainak összesítő értékelését (Donka & Gila, 2013). Az értékelés alapján a Dráva a 10 pontból 6,36 pontot ért el (Donka, 2012). Ennek alapján a folyószakasznak vannak olyan adottságai, melyek javításra szorulnak a vízi turizmus fejlesztése érdekében. Ezek a jellemzők a sebesség és az áramlási viszonyok.

A Víz Keretirányelv (VKI) felhívja a figyelmet arra, hogy a felszíni vizek ökológiai állapotát jelentősen befolyásolja a víztestek morfológiai állapota, illetve az abban bekövetkező változások. Az állapotértékelésnél figyelembe kell venni, hogy a mederforma és a sebességviszonyok változatossága biztosítja-e a referenciaállapotnak megfelelő diverzitást, illetve a vízhozam és ehhez kapcsolódóan a vízszintingadozás lehetővé teszi-e a különböző magasságban elhelyezkedő növénytakaságok megfelelő vízellátását (Az európai parlament és a tanács 2000/60/EK irányelve, 2000). Ennek következtében az állapotértékelés egyik fontos eleme a morfológiai viszonyok nyomán következő: a folyó mélységének és szélességének változékonysága, a mederágy mérete, szerkezete és anyaga, a parti sáv szerkezete.

Az éghajlatváltozás várhatóan jelentős hatással lesz a Dráva-vízgyűjtő alsó szakaszára. Gashiék szerint (Gashi et al., 2023) az éves középhőmérséklet jelentős emelkedése, a csapadékösszegek csökkenése, valamint a felhőképződés jelentős megváltozása várható (nyáron növekedés, télen csökkenés). A múltbéli morfológiai változások és a jelenlegi morfológiai állapot ismerete és a várható hidrológiai változások együttesen alapozzák meg a fenntartható vízgazdálkodást. Jelen kutatás célja, hogy ehhez hozzájárulva elvégezzünk a Mura 44–48 km közötti természetes jellegű szakaszára, és a Dráva magyar–horvát közös szakaszára különböző morfológiai vizsgálatokat. A vizsgálat alá vont folyószakaszok esetében a morfológiai ismereteink hiányosak, és ezeket a hiányokat szeretnénk

csökkenteni az itt bemutatott kutatási eredményeinkkel. Ez a vizsgálat megalapozhatja az érintett folyószakaszok kapcsolódó monitoring fejlesztéseit és a jövőbeli vízgazdálkodási kérdések megoldását is azon keresztül, hogy a Murára vonatkozóan feltárja egyes morfológiai folyamatok jellegét, a Drávával kapcsolatban pedig definiálja a folyó jelenlegi állapotát.

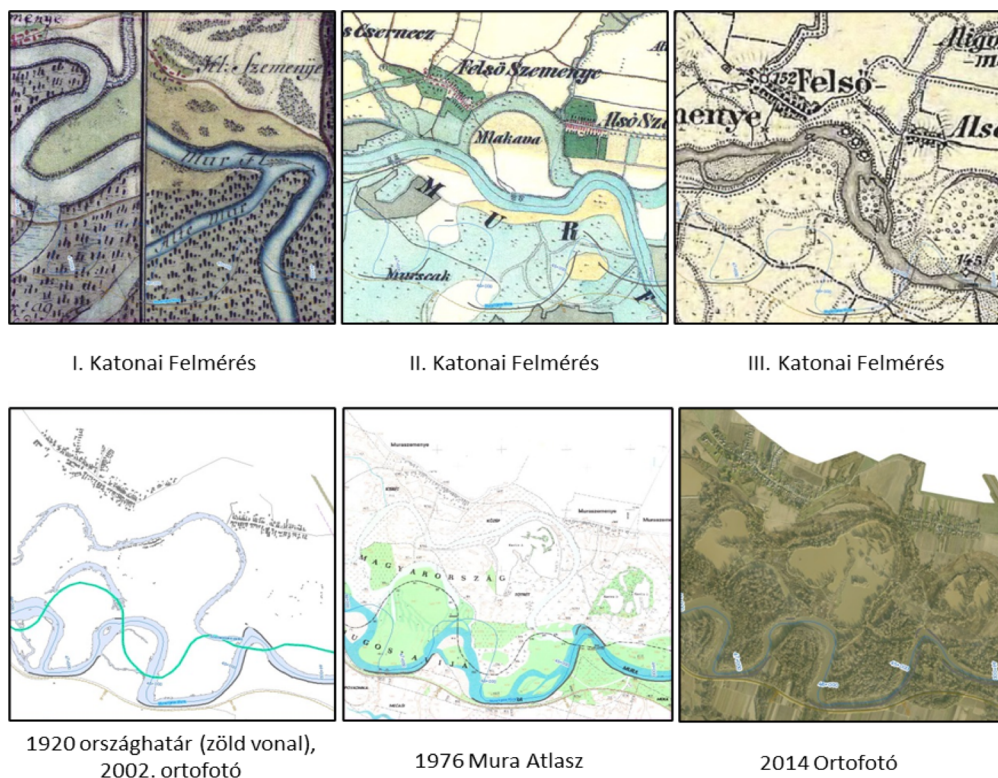
MÓDSZEREK

Jelen cikkünkben ugyanazon vízgyűjtő két vízfolyásának egyes szakaszaira végzett két különböző morfológiai vizsgálatot mutatunk be. Mind a Murán, mind pedig a Dráván a természetes kanyarulatfejlődést vizsgáltuk, ilyen mintaterületeket kerestünk a morfológiai változások értékeléséhez. A Mura mintaterületének kiválasztását a 44–48 km szelvények között a terület nyílt ártér jellege indokolta, mivel a jelenlegi magyar szakaszon itt figyelhető meg a természetes kanyarulatfejlődés. Jobb paron, horvát területen, töltés található, de a magyar oldalon a kanyarulatfejlődés nem akadályozott. A Dráván a mintaterületek kiválasztását a teljes szakaszra elvégzett középvonalelemzés határozta meg. A teljes szakasz morfológiai értékelése kiegészült a morfológiai állapot és a hidraulikai és hordaléktranszport-jellemzők viszonyának elemzésével is, igazolva ezek szoros összefüggésének elméletét.

A Mura vízgyűjtőjén a régmúlt események rekonstrukcióját a régi georeferált történelmi térképek egymásra illesztésével végeztük el, térinformatikai összehasonlítással. Ennek során célunk volt meghatározni, elkülöníteni a történelmi leírások alapján azokat a szakaszokat, amelyek antropogén beavatkozások nyomát mutatják: kanyarok átvágását, a partbiztosítások és terelőművek, valamint töltések építését. A felméréseken meghatároztuk a középvonalat, így láthatóvá váltak a térképezési időszakok között végzett antropogén beavatkozások (jellemzően mederátvágások).

A Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság a HUHR/1101/1.1.2/0003 projekt keretében elkészítette a Mura Vízrajzi Atlaszt a magyar–horvát folyószakaszra, amely során felépítésre került a digitális térképi adatbázis is, melyben a katonai felmérések és a topográfiai térkép raszteres, szkennelt állományai a megfelelő méretben kivágásra, összefűzésre, színiegyenlítésre és geometriai illesztésre, korrekcióra kerültek. Az elemzésekhez felhasználtuk az I., II. és III. katonai felmérés térképlapjait, az 1976. évi Magyar–Horvát Mura Vízrajzi Atlasz helyszínrajzának szkennelt lapjait, a 2002. évi horvát 8 bites fekete-fehér ortofotókat, a 2005. évi színes magyar ortofotókat, valamint a 2014. évi színes ortofotó-állományokat (1. ábra). Kiegészítésül és ellenőrzésként letöltöttük ugyanerre a szakaszra a GoogleEarth elérhető térképeit is, 1984–2022 között (2. ábra).

1. ábra: A vizsgált Mura-mintaterület a különböző korszakokban
 Figure 1. The studied Mura experimental area in different periods



Forrás: saját ábra szerkesztés <https://maps.arcanum.com/hu/>; 1976 Vízrajzi Atlasz, 2014 Mura Atlasz alapján alapján
 Source: own figure editing based on <https://maps.arcanum.com/hu/>; on 1976 Hydrographic Atlas, 2014 Mura Atlas

2. ábra: Muraszemenye térségében a Mura-szakasz (44–48 km) nyomvonalának változása 1984–2022 között
 Figure 2. Changes in the path of Mura river on the section (44–48 km) near the village Muraszemenye between 1984–2022

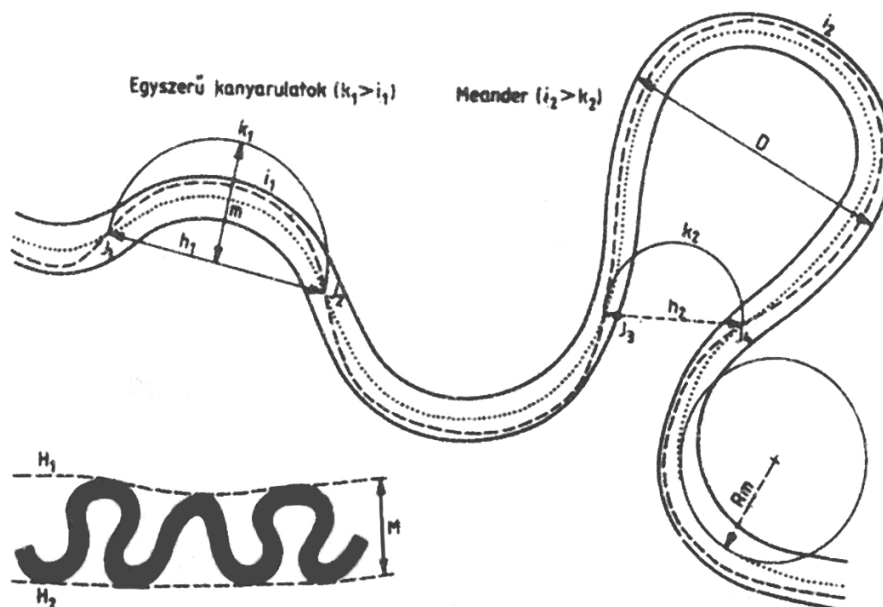


Forrás: GoogleEarth
 Source: GoogleEarth

A klasszikus kanyarulati statisztikai vizsgálatot a folyószakaszok meghatározott középvonala alapján készítettük el a Magyarországon általánosan elfogadott eljárás alapján. A hosszú távú morfológiai változások elemzését a morfometriai paraméterek meghatározásával a Murán a kiválasztott mintaterület

példáján keresztül mutatjuk be. A Dráván a vizsgálat a teljes magyar–horvát szakaszra (Őrtilostól Drávaszabolcsig) kiterjedt. A kanyarokat fejlettségük alapján csoportosítjuk, ezért mérőszámokat rendelünk hozzájuk.

3. ábra: A meanderek jellemző mérőszámai
 Figure 3. Typical measurements of meanders



Forrás: Borsy et al., 1992
 Source: Borsy et al., 1992

A 3. ábrán bemutatott mérőszámokat az alábbiak alapján alkalmazzuk:

- középvonal: azon pontok halmaza a mederben, amelyek a két parttól egyforma távolságra vannak;
- ívhossz (i_p, i_2): a sodorvonal mentén mért távolság a kanyar inflexiós pontjai között,
- húr (h_p, h_2): a meander inflexiós pontjait összekötő egyenes,
- amplitúdó (m): a húr és a sodorvonal közötti legnagyobb távolság, merőlegesen mérve a húrra,
- a meandermeder szélessége (B): 100 méterenkénti szelvényezésben a középvonalra merőlegesen felvett metszékértékek átlaga,
- a kanyarok görbületi sugara (R_m): annak a körnek a sugara, amely leginkább ráhelyezhető az inflexiós pontokra és a kanyar tetőpontjára,
- inflexiós pont (J_p, J_2): a sodorvonal és a középvonal metszéspontja,

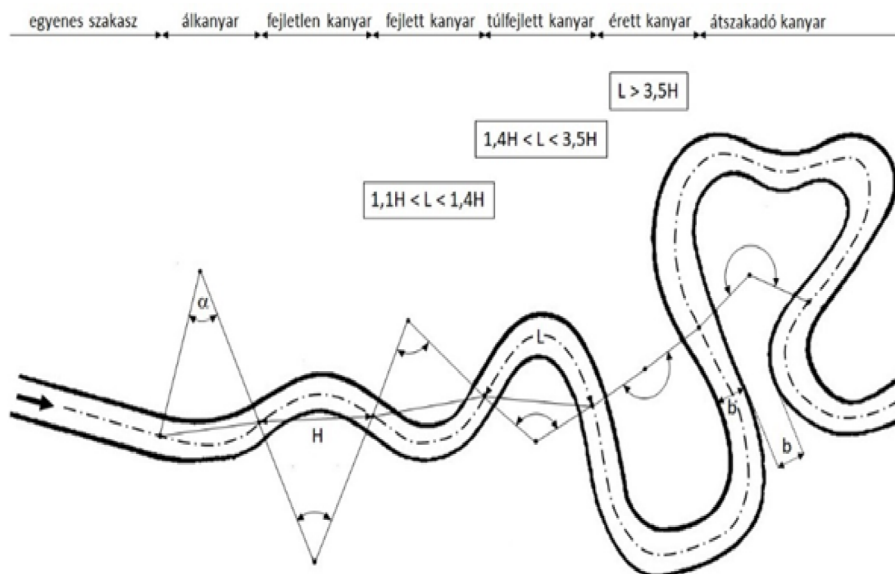
A kanyarulatok ívhosszának és húrhosszának alapján kiszámítottuk a kanyarok fejlettségét (β) a hét vizsgált időszakban (1785, 1860, 1880, 1920, 1976, 2002, 2014). Elvégeztük a besorolást a hat alaptípusba (Laczay, 1982), amely szerint a kanyar:

- álkanyar, ha a két szomszédos inflexiós pont látható egymásból a víztükör felett;
- fejletlen kanyar, ha $\beta < 1,1$;
- fejlett kanyar, ha $\beta = 1,1 - 1,4$ és a kanyarulati szög $< 120^\circ$;
- érett kanyar, ha $\beta = 1,4 - 3,5$;
- túlfejlett kanyar, ha $\beta > 3,5$;

- átszakadó kanyar, ha a szomszédos kanyarulatok ívei a mederszélesség kétszeresénél kisebb távolságban vannak.

Az eljárás szerint az egymást követő inflexiós pontok közötti folyószakaszok klasszifikálása az alapján történik, hogy a folyó tengelyvonalának és a két inflexiós pont összekötésével meghatározott húrnak hossza hogyan aránylik egymáshoz (4. ábra).

4. ábra: Folyókanyarok fejlettségi jellemzői
Figure 4. Development characteristics of river bends

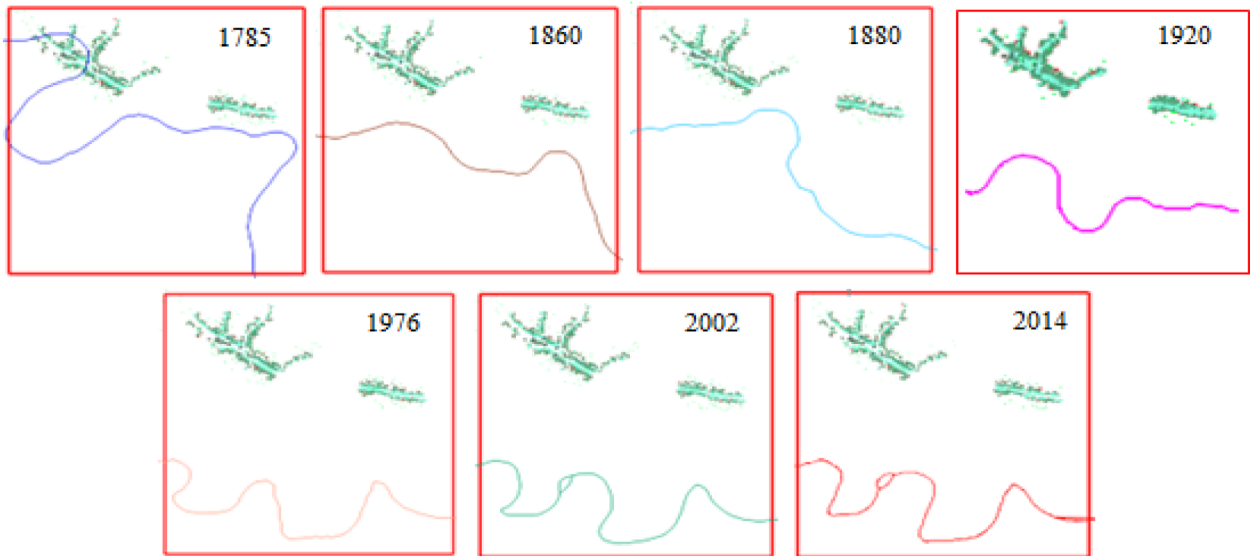


Forrás: Laczay, 1982, idézi Hamvas, 1994
Source: Laczay, 1982, idézi Hamvas, 1994

A *Mura* esetén az elemzésekhez hét vektorizált nyomvonalat készítettünk el a fenti adatbázis használatával (5. ábra). A térképsorozatokkal az 1785-ös, 1860-as, 1880-as, 1920-as, 1976-os, 2002-es és 2014-es állapotokat vetítettük egymásra (Engi et al., 2016). Az elemzések során elkülönítettük a természetes fejlődésű és a jelenleg is antropogén hatásnak kitett szakaszokat. A 48 km hosszú szakaszon egyedül a Muraszemenye térségét érintő folyószakasz, a Mura 44–48 km közötti nyílt ártér jellegű szakasza felel meg „közel természetes állapot” feltételnek. A 44 km-től a Dráva-torkolat irányába a folyó töltések között halad, partvédművekkel megakadályozva a kanyarok elmozdulását, fejlődését.

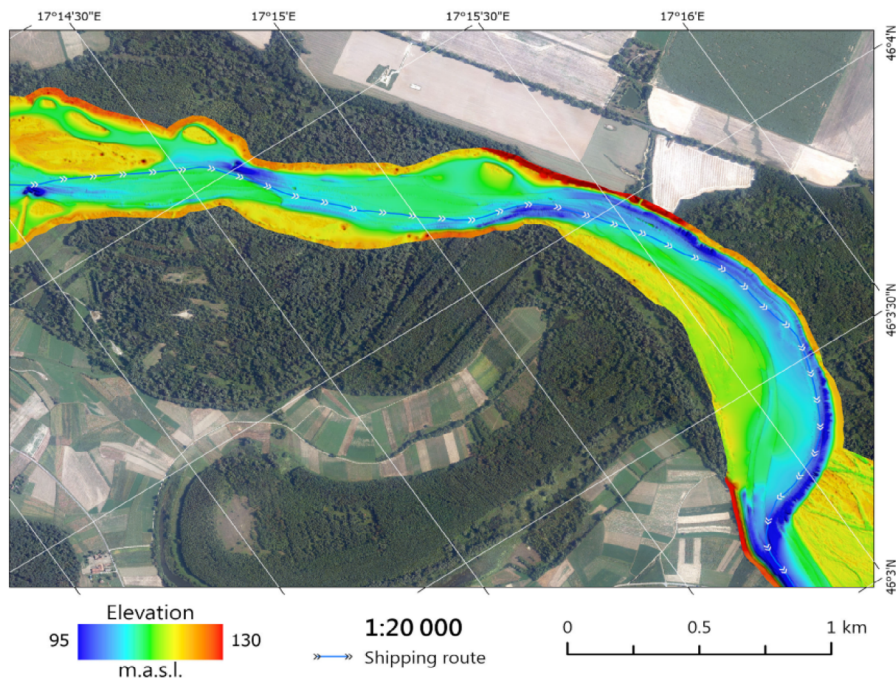
A *Dráva* vizsgálata egy állapotértékelést és a közelmúltban észlelt morfológiai változások értékelését foglalja magába. A kutatás alapját egy a magyar–horvát közös Dráva-szakaszra 2019-ben elkészült domborzatmodell (6. ábra) adta, amely két adatsor felhasználásával készült. Az elsődleges adatsor a Dráva medrének 2018-ban, interferometrikus szonárral történő felméréséből származott, míg a másodlagos, kiegészítő adatsort egy korábbi LiDAR-felmérés jelentette (Halmai et al., 2018). A terepmodell alapján (ArcGIS- és QGIS-szoftverek segítségével) létrehoztuk a meder középvezetét és a sodorvonalát is a teljes közös folyószakaszra, a 70–236 fkm szelvények között (7. ábra).

5. ábra: A hét vektorizált nyomvonal a mintaterületen Muraszemenye térségében
Figure 5. The seven vectorized path in the experimental area near Muraszemenye



Forrás: saját ábrakeresztés, Engi et al. 2016
Source: own figure editing, Engi et al. 2016

6. ábra: Terepmodellrészlet
Figure 6. Part of Digital Terrain Model



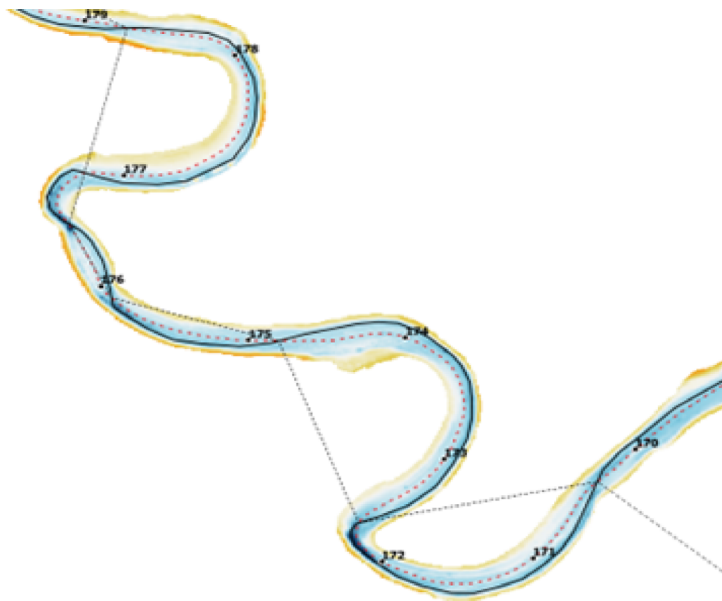
Forrás: Halmai et al., 2020
Source: Halmai et al., 2020

A Dél-Dunántúli Vízügyi Igazgatóságtól beszerzett, 2013–2014-es adatokból származó hivatalos középvonal és az általunk generált új jellemző vonalak felhasználásával megvizsgáltuk, hogy a

2013–2018 közötti időszakban milyen jellemző változások figyelhetők meg. Az érvényben lévő és az új felmérés szerinti középvonal eltérései megmutatták azokat a folyószakaszokat, ahol a két mérés ideje közötti időszakban jelentős medervándorlás volt.

7. ábra: Középvonal és sodorvonal szerkesztés eredménye a Dráva folyóra, a folyó tengely (piros szaggatott) sodorvonal (fekete) és a kanyarulati húrok (fekete pontvonal), valamint a folyamkilométerek feltüntetésével

Figure 7. The result of editing the centerline and contour line for the Drava River, with the river axis (red dashed), the stream line (black) and the bend strings (black dotted line) and the river kilometres



A mederváltozás dinamikája szoros összefüggésben van az adott folyószakasz esésviszonyaival is. A Drávára vonatkozóan megvizsgáltuk a legfrissebb felmérés alapján a folyószakasz esésviszonyait is. A szakirodalom Barcs felett egy markáns eséstörést jelöl (Lovász, 1972; Lóczy, 2019), melynek pontos helyét ez alapján a részletes felmérés alapján igazolni szeretnénk volna. A keresztmetsvények jellemző pontjainak felhasználásával előállítottuk a folyó hossz-szelvényét, ami lehetővé tette a Barcs feletti eséstörés helyének pontosítását. A kapott eredményt összehasonlítottuk egy 2019 őszén végzett terepi áramlás- és mederanyagmérés eredményeivel is, keresve ennek a jelentős morfológiai változásnak a hatását a mért eredményekre.

EREDMÉNYEK

A Mura 44–48 fkm közötti szakaszának morfológiai jellemzői

A Mura magyarországi szakaszán a 48 km-ből mindössze a felső 4 km a természetes állapotú, töltések nélküli szakasz, amelyen megfigyelhető a kanyarulatok fejlődése, vándorlása. A történelmi dokumentáció rendkívül hiányos és több levéltárban elszórtan található. A Murán végzett szabályozási munkák részletes bemutatásával többen is foglalkoztak (Tóth et al., 2013; Engi et al., 2016). A

történelmi korszakokra történő bontást és a szabályozási munkák leírását az említett forrásokat alapul véve készítettük el.

A történelmi elemzések alapján a szabályozási munkákat három korszakra tudtuk bontani. Az 1. korszak alatt a Murán végzett szabályozási munkákról az első feljegyzések a XVIII. sz. második feléből származnak. A beavatkozások csak az akkori Mura-menti uradalmak védelmére, helyi jelleggel történtek. A 2. korszak alatt már megindultak az összehangolt mederrendezések. Az első szabályozási terv (melyről tudomásunk van) 1865-ben készült el a Magyarország és Stájerország közötti Mura-szakaszra. Magyarországon csak 1897-ben indult meg a szabályozás, amelynek célja az egységes meder létesítése állandósított partokkal, a vízszint csökkentése és a mellékágak elzárása, feliszapoltatása volt.

A 3. korszak az I. világháború utáni időszak. Muraszemenyénél 1927-ben átmetszéseket végeztek az alsószemenyei községrész védelmére. 1939-től partbiztosítások, sarkantyúk, mederelzárások készültek. 1950 után a területileg illetékes Vízügyi Igazgatóság folytatta a korábban elkezdett lokális beavatkozások fejlesztését, fenntartását. Az irányzat mindinkább az volt, hogy a lokális beavatkozások egy általános szabályozási tervbe illeszkedjenek be, amely 1978-ban elkészült. (Engi et al., 2016). A három korszak alatti mederváltozásokat a 8. ábra mutatja. Az ábrákon a kép alsó felében elhalványítva jelöltük a jelenlegi Mura-nyomvonalat.

A morfometriai paramétereket az elkészített nyomvonalak segítségével vizsgáltuk 7 időszakra a három történelmi korszakon belül: az 1785-ös, 1860-as, 1880-as, 1920-as, 1976-os, 2002-es és 2014-es állapotra (5. ábra). Meghatároztuk a mintaterületre jellemző paramétereket (a középvonal hossza, oldalirányú – laterális – elmozdulása, a mederszélesség) változását. A kanyarulatok alakjának változását jellemző legfontosabb paraméterek (ívhossz, húrhossz, kanyargósság, amplitúdó és fejlettség) módosulását is elemeztük. Az alábbiakban bemutatunk néhány jellemzőbb eredményt. Az 1. táblázat mutatja az egyes állapotok jellemző értékeit a kanyarulatok számára és a folyószakasz hosszára vonatkozóan. A mintaterületek középvonalhossz változásának összehasonlítását a 2. táblázat mutatja.

1. táblázat: A mintaterületen lévő vizsgált kanyarok száma és a középvonal hosszának változása korszakonként
 Table 1. Number of the studied meanders in the experimental area and the change of the length of the center line in different periods

Időszak	1. katonai felmérés	2. katonai felmérés	3. katonai felmérés	1920. országhatár	1976. évi Vízirajzi Atlasz	2002	2014. évi Vízirajzi Atlasz
Kanyarok (db)	8	5	5	9	13	11	14
Hossz (m)	7413	3606	3910	3837	4495	4597	4767
Hossz eltérés az előző állapothoz viszonyítva (%)	-	49	108	98	117	102	104

Forrás: saját számítás
 Source: own calculations

2. táblázat: A mintaterület középvonalhossz változásának összehasonlítása

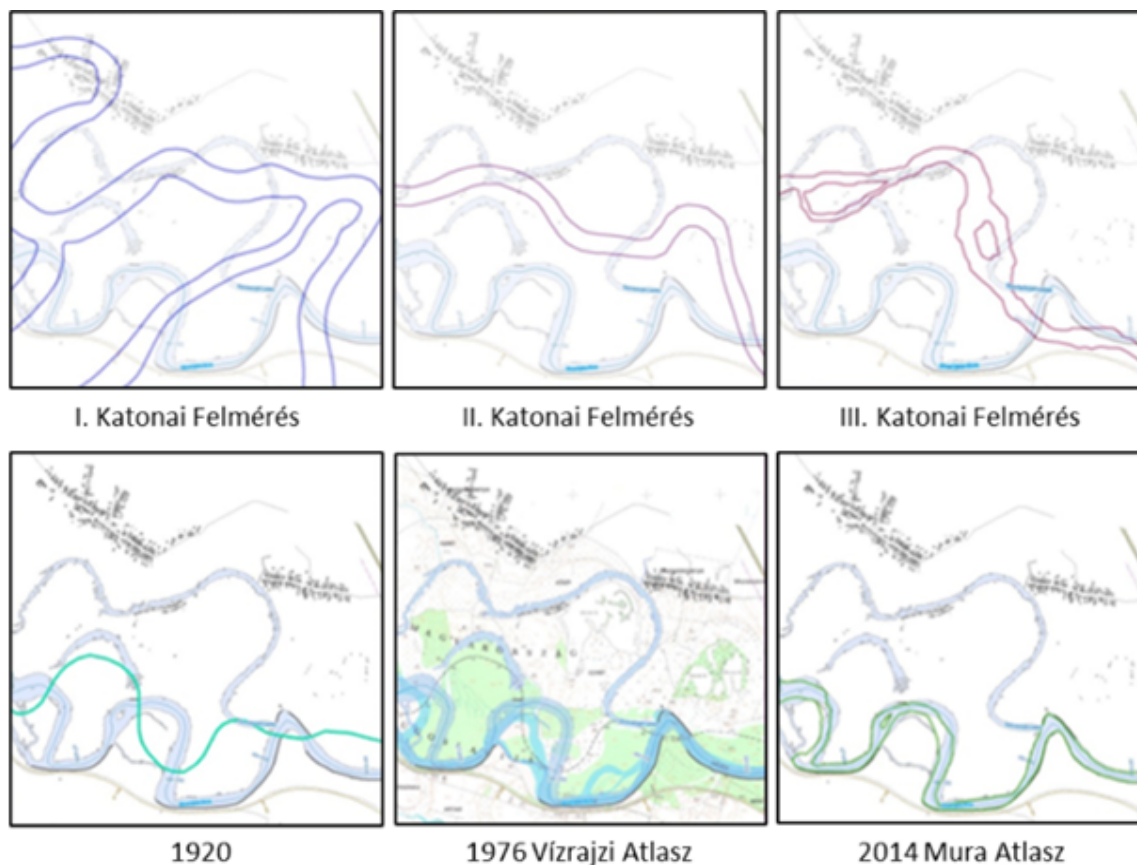
Table 2. Comparison of the change in the center line length of the experimental area

Időszak	1785–1860	1860–1880	1880–1920	1920–1976	1976–2002	2002–2014
Évek száma	75	20	40	56	26	12
A középvonal hosszának változása (m)	-3807,0	305,0	-73,0	658,0	102,0	170,0
A középvonal hosszának változása (m/év)	-50,8	15,2	-1,8	11,7	3,9	14,1

Forrás: saját számítás
Source: own calculations

8. ábra: Az első (I. katonai felmérés), a második (II. és III. katonai felmérés) és a harmadik vizsgált korszak (trianoni határvonal (1920), 1976 Vízirajzi Atlasz, 2014 Mura Atlasz) partvonal-ábrázolásai

Figure 8. Representation of the channel bank lines during the first (Military Survey I), the second (Military Survey II and III) and the third studied period (Trianon border line (1920), 1976 Hydrographic Atlas, 2014 Mura Atlas)



Forrás: saját ábra szerkesztés <https://maps.arcanum.com/hu/>, 1976 Vízirajzi Atlasz, 2014 Mura Atlasz alapján
Source: own figure editing based on <https://maps.arcanum.com/hu/>, 1976 Hydrographic Atlas, 2014 Mura Atlas

A középvonal hosszának változását a kanyarulatok átszakadása, lefűződése vagy éppen új kanyar kifejlődése okozta. A mintaterületen a szabályozások előtti időben történt a legnagyobb változás, az 1785–1860 évek közötti középvonalhossz rövidülése, ami 3807 m (51%) volt, és átlagosan 50,8 m/év

csökkenést jelentett. Emellett a kezdetben nyolc kanyar a vizsgált időszak végére öt kanyarra csökkent. A nem összehangolt szabályozások hatására a kanyarfejlődés megindult, a középhossz 231 m-es növekedést mutat 1920-ig, amikor is a szakaszon kilenc kanyart azonosítottunk. Az összehangolt szabályozásokig a kanyarok száma 13 lett, a középhossz pedig további 658 m növekedést mutatott, ami átlagosan 11,7 m/év-nek felel meg. 1976-ra kiépültek a partvédművek, a déli oldalon védtöltések épültek ki, míg az északi oldal nyílt ártér jellegű maradt. A középhossz enyhébb fejlődést mutatott az elkövetkező 26 év alatt, 102 métert növekedett (3,9 m/év), és ebben az időszakban két kanyar lefűződött. Az utolsó 12 év alatt a folyó további 170 m-rel növelte a mintaterületi középvonal hosszát, ami 14,1 m/év fejlődést jelent; a folyószakasz jelenleg 14 kanyarból áll.

A középvonal oldalirányú (laterális) változásait a nyomvonalak összehasonlításából állapíthatjuk meg. A Mura mintaterületének vonatkozásában ezt négy időszakra bontva érdemes vizsgálni, ugyanis az 1860–1880 évek közötti, valamint a 2002–2014 évek közötti időszak nem ad többletinformációt. Ezért az oldalirányú elmozdulásokat geoinformatikai módszerekkel 1785–1860 között, 1860–1920 között, 1920–1976 között, valamint 1976–2014 között vizsgáltuk (9. ábra). A laterális elmozdulás számszerű átlagos és szélső értékeit a 3. és a 4. táblázat foglalja össze.

3. táblázat: A mintaterület középvonalának laterális elmozdulás változása időszakonként

Table 3. Change of the lateral movement of the center line in the experimental area in different periods

Időszak	1785–1860	1860–1920	1920–1976	1976–2014
Évek száma	75	60	56	38
Az elmozdulás változása (m)	354,0	433,0	319,0	105,0
Az elmozdulás változása (m/év)	4,7	7,2	5,7	2,8

Forrás: saját számítás
 Source: own calculations

4. táblázat: A mintaterület középvonalának laterális elmozdulásváltozása időszakonként, szélsőértékekkel

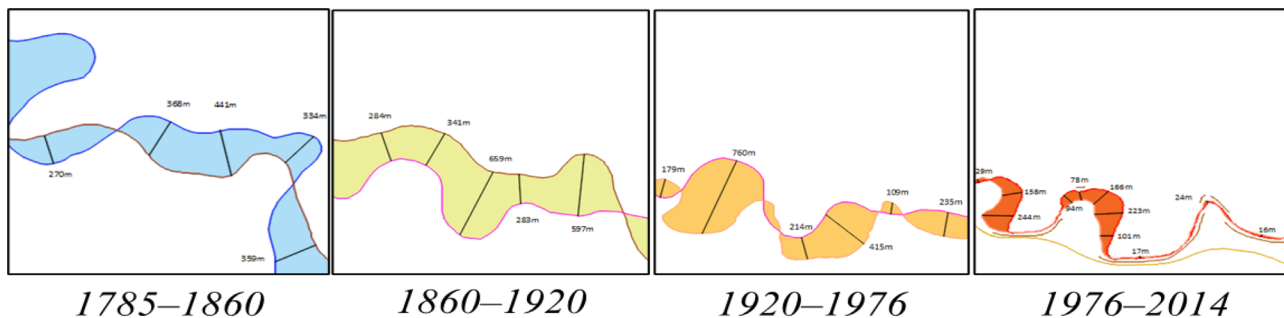
Table 4. Changes in the lateral movement of the center line of the experimental area in different periods, characterized by extreme values

Időszak	1785–1860		1860–1820		1920–1976		1976–2014	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Az elmozdulás változása (m)	270	441	283	659	109	760	16	244

Forrás: saját számítás
 Source: own calculations

A szabályozási időszakok előtti (1785–1860 és 1860–1920 között) kanyarulatok oldalirányú elmozdulásai esetében az átlagértékek 354 és 433 m voltak. Ekkor még nyílt ártéren mozgott a folyó, illetve csak helyenként épültek ki töltésezett szakaszok, ezért viszonylag szabadon vándorolhatott a meder. Az 1920–1976 évek közötti időszak vizsgálata során az oldalirányú elmozdulás legkisebb átlagértéke 109 m volt, ami az 1976–2014 időszakban 16 m-re csökkent.

9. ábra: A Mura Muraszemenye melletti mintaterületi szakaszának oldalirányú elmozdulása az idők folyamán
 Figure 9. Lateral movement of the path of the Mura in experimental area near Muraszemenye in different periods



Az 1920–1976 évek legnagyobb változása a mintaterületen 760 m volt. Minthogy a folyószakasz jobb partján árvízi védvonal épült, és csak a bal part maradt nyílt ártér jellegű, az 1976–2014 időszakban az átlagos elmozdulás 105 m-re (2,8 m/év) csökkent. A felhasznált térképeken mérhető vízborítás alapján a mintaterület átlagos mederszélességét, valamint a szélső értékeit az 5. táblázatban tüntettük fel. Az 1920. évi nyomvonalhoz mederszélességet nem tudtunk társítani, mert ebből az évből csak a középvonal állt rendelkezésre.

A 6. táblázatban összehasonlítottuk az öt elkülöníthető időszakra (1785–1860, 1860–1880, 1880–1976, 1976–2002, 2002–2014) a mederszélesség átlagértékének változását az előző időszakhoz képest. A szabályozások előtti szélességek igen nagyok, 102 és 226 m között változnak. Majd az 1897. évi szabályozási elv a Dráva és Kerka torkolata közötti folyószakaszon 100 m mederszélességet irányzott elő, ami meg is mutatkozik a II. és III. katonai felmérésen. A szűkülés folytatódott és az 1976. évi felméréskor a mintaterület átlag szélessége 78 m volt. A 2002. évi felmérés adatai a mintaterületen a szélesség további csökkenését mutatják 68 m értékkel. A csökkenő tendencia 2002 után megállt, és a folyó ismét szélesíti medrét. A nyílt ártéri mintaterületen a növekedés 21 m (1,7 m/év) volt 2002–2014 között.

5. táblázat: A különböző időszakokban azonosított kanyarulatok szélessége a mintaterületen

Table 5. The width of the meanders in the different periods in the experimental area

Időszak	1. katonai felmérés	2. katonai felmérés	3. katonai felmérés	1976. évi Vízirajzi Atlasz	2002	2014. évi Vízirajzi Atlasz
Mederszélesség átlaga (m)	164	120	130	78	68	89
Mederszélesség minimuma (m)	102	93	60	29	30	37
Mederszélesség maximuma (m)	226	144	319	143	135	153

Forrás: saját számítás
 Source: own calculations

A korábban bemutatott módszernek megfelelően a mintaterület kanyarulatainak átlagos ívhosszát a 7. táblázatban tüntettük fel. A szabályozások előtti időszakot a túlfejlett, nagy ívhosszú, gyakran összetett kanyarok jellemezték. A természetes vagy antropogén beavatkozások hatására a kanyarok átszakadtak, lefűződtek, átalakultak.

6. táblázat: A különböző időszakokban azonosított kanyarulatok szélessége a mintaterületen
 Table 6. Change of width of the meanders in different periods in the experimental area

Időszak	1785–1860	1860–1880	1880–1976	1976–2002	2002–2014
Évek száma	75	20	96	26	12
Mederszélesség változása (m)	-44,0	10,0	-52,0	-10,0	21,0
Mederszélesség változása (m/év)	0,6	0,5	-0,5	0,4	1,7

Forrás: saját számítás
 Source: own calculations

Az 1785–1860 közötti időszakban a mintaterületen az ívhossz rövidülése volt jellemző (22%). Látszik, hogy a nem összehangolt szabályozások hatására megindult a kanyarfejlődés, és a folyó próbálta kialakítani az egyensúlyi állapotát. Az 1860–1880-as időszakra a mintaterületen lassúbb (8–9 %-os) növekedés alakult ki, majd 1920-ig újra az ívhosszak csökkenése figyelhető meg. A szabályozások alatti-utáni időszakban, 1920–1976 között az ívhosszak a mintaterületen tovább csökkentek, átlagosan 81 m-rel (1,4 m/év). Az 1976–2002 közötti időszakban változott a tendencia, a mintaterület ívhosszai 72 m-t (2,8 m/év) nőttek. Az utolsó 12 évben újra az ívhosszak csökkenése jellemző – 77 m-rel (6,5 m/év) csökkentek.

Az elemzés alapján a mintaterület kanyarulatmintázata igen változatos. A folyó minden beavatkozás után is törekszik egyensúlyi állapot kialakítására, és a természetből érkező beavatkozásokra a kanyarulatok fejlődésével reagál. Meghatároztuk a kanyarulati hurok hosszát és szélsőértékeit (min. és max. hosszát) is a vizsgált időszakokra (8. táblázat). A legkorábbi vizsgált időszakban (1785–1860) a mintaterületen a húr hossz némileg rövidült (5%). Megfigyelhető, hogy a nem összehangolt szabályozások hatására megindult a kanyarfejlődés és a kanyarok mintázatának változása. Az 1860–1880-as időszakra a mintaterületen lassúbb, 17 %-os növekedés alakult ki, majd 1920-ig a mintaterületen 52%-os a húr hossz rövidülése. Az 1920–1976 között folytatódott a csökkenés, ami ebben az időszakban 39 m (0,7 m/év) volt. Az 1976–2002 közötti időszak alatt a mintaterület húr hosszai 48 m-t (1,9 m/év) nőttek, az utolsó 12 év során pedig újra csökkentek 55 m-rel (4,6 m/év). Az elemzés alapján észrevehető, hogy a mintaterületek kanyarulatai fejlődnek, a mintázatuk igen változatos.

7. táblázat: Kanyarulati ívek átlagos hosszának változása és szélsőértékei a mintaterületen
 Table 7. Comparing the values of the meander parameters in the experimental sections characterized by extreme values

Időszak	1. katonai felmérés	2. katonai felmérés	3. katonai felmérés	1920. országhatár	1976 évi Vízirajzi Atlasz	2002	2014. évi Vízirajzi Atlasz
Ívhosszak átlaga (m)	927	721	782	426	346	418	340
Ívhosszak átlagának változása (%)	-	78	108	55	81	121	81
Ívhosszak min (m)	237	436	369	135	179	120	97
Ívhosszak max (m)	1945	946	1040	867	968	935	726

Forrás: saját számítás
 Source: own calculations

8. táblázat: Kanyarulati húrok átlagos hosszának változása a mintaterületen, szélsőértékekkel

Table 8. Changes in the average length of meander chords in the experimental area with the extreme values

Időszak	1. katonai felmérés	2. katonai felmérés	3. katonai felmérés	1920. országhatár	1976. évi Vízirajzi Atlasz	2002	2014. évi Vízirajzi Atlasz
Húr hosszak átlaga (m)	667	635	741	356	316	365	310
Húr átlagának változása (%)	-	95	117	48	89	115	85
Húr hosszak minimuma (m)	233	336	351	135	149	92	83
Húr hosszak maximuma (m)	1602	815	1002	611	858	838	651

Forrás: saját számítás
Source: own calculations

A középvonalak hossza és völgyhosszak arányaként meghatároztuk a kanyargósság mértékét és annak változását is (9. táblázat). A mintaterület kanyargóssága a szabályozások előtt igen nagymértékű volt, mértéke 3,01. A beavatkozások megjelenésére utal, hogy már az elkövetkező vizsgált időszakban ez a szám 1,29-re csökkent. Összhangban a korábbi eredményekkel, 1920-ra a kanyargósság kismértékű fejlődése történt 1,50 értékre. Majd az elkövetkező 56 év alatt (1976-ig) ez folytatódott, 1,73-ra (15 %) nőtt a mérőszám. A vizsgált időszak végére, 2014-re, a mintaterületen a kanyargósság 1,84-re növekedett. Az eddig alkalmazott módszernek megfelelően a mintaterület kanyarulatainak átlagos amplitúdóhosszát a 10. táblázatban tüntettük fel. Az amplitúdó értékeinek meghatározása a húr és ívhossz értékeinek felhasználásával történt.

9. táblázat: A völgyhosszak és a kanyargósság változásának összehasonlítása

Table 9. Comparison of valley lengths and changes in tortuosity

Időszak	1. katonai felmérés	2. katonai felmérés	3. katonai felmérés	1920. országhatár	1976. évi Vízirajzi Atlasz	2002	2014. évi Vízirajzi Atlasz
Völgyhosszak (m)	2461,00	2800,00	2796,00	2553,00	2600,00	2600,00	2596,00
Kanyargósság	3,01	1,29	1,40	1,50	1,73	1,77	1,84
Kanyargósság átlagának változása	1,00	0,43	1,09	1,07	1,15	1,02	1,04

Forrás: saját számítás
Source: own calculations

10. táblázat: A kanyarulati amplitúdó átlagos hosszának változása, amplitúdók hosszának szélsőértékei

Table 10. Change in the average length of the meander amplitude, extreme values of the length of the amplitudes

Időszak	1. katonai felmérés	2. katonai felmérés	3. katonai felmérés	1920. országhatár	1976. évi Vízirajzi Atlasz	2002	2014. évi Vízirajzi Atlasz
Amplitúdó hosszok átlaga (m)	142	122	99	83	51	82	54
Amplitúdó átlagának változása (%)	-	86	81	84	62	160	66
Amplitúdó hosszok minimuma (m)	19	18	47	4	15	5	3
Amplitúdó hosszok maximuma (m)	468	234	131	256	192	189	137

Forrás: saját számítás
Source: own calculations

A legkorábbi vizsgált időszakban (1785–1860) a mintaterületen az amplitúdó hossza rövidült. Ebben az időszakban sok volt a természetes vagy antropogén jellegű beavatkozás, a kanyarokat átvágták, majd az új nyomvonalakon ismét megindult a kanyarfejlődés. Az 1860–1880-as időszak alatt 23 m-es (19%-os), majd 1920-ig 16 m-es (16%) az átlagos amplitúdóhossz-rövidülés. Az 1920–1976 között a csökkenés 32 m (0,6 m/év) volt, majd az 1976–2002 közötti időszakban gyakorlatilag ugyanilyen mértékű növekedés (31 m) ment végbe. Az utolsó 12 év során a mintaterületen az amplitúdóhosszak 28 m-rel (2,3 m/év) csökkentek.

Az elemzések alapján a kanyarulatok fejlődésének több állapotát figyeltük meg a húr hossz és az amplitúdó kapcsolata alapján. Amikor az amplitúdó növekedett, de a húr hossza nem változott, a kanyarulatok megnyúltak. Amikor a húr hossz csökkent, de az amplitúdó azonos maradt, a kanyarok alsó része összeszűkült, hurkot alkotott. Amikor a húr hossz növekedni kezdett, a kanyarok alja szétnyílt, laposodtak és tágultak (Engi et al., 2016). A 11. táblázatban mutatjuk be a mintaterület vonatkozásában a kanyarulatok típusok szerinti eloszlását.

A mintaterületen a szabályozások következtében csökkent a kanyarok száma, majd 1920-tól növekedni kezdett, és 2014-ben érte el a legnagyobb értéket, 14 kanyart azonosítottunk. A szabályozások előtti időszakban a fejletlen és túlfejlett kanyarulatok voltak jelen. 1860-ra a szabályozások során a régi kanyarok lefűződtek és új kanyarok alakultak ki, ezáltal túlfejlett kanyar nem volt a területen. Az 1880-as években nőtt a fejletlen kanyarok száma, és megjelent néhány túlfejlett kanyar.

11. táblázat: A kanyarulatok besorolás szerinti darabszáma

Table 11. Number of meanders based on the classification

Időszak	1. katonai felmérés	2. katonai felmérés	3. katonai felmérés	1920. országhatár	1976. évi Vízirajzi Atlasz	2002	2014. évi Vízirajzi Atlasz
Kanyarulatok száma (db)	8	5	5	9	13	11	14
Ál- és fejletlen kanyarulatok száma	4	2	4	5	8	5	8
Fejlett kanyarulatok száma	0	3	0	1	1	3	4
Túlfejlett kanyarulatok száma	4	0	1	3	4	3	2
Érett kanyarulatok száma	0	0	0	0	0	0	0

Forrás: saját számítás
 Source: own calculations

1920-ig a kanyarfejlődés folyamatos volt, és megjelentek a fejletté vált kanyarok, valamint nőtt a túlfejlettek száma is. 1976-ra a kanyarok száma jelentősen megnőtt, jellemző lett az ál- és fejletlen kanyar. A fejlett kanyarok száma még mindig alacsony maradt, de a túlfejletteké nőtt, valószínűleg azért, mert néhány korábban fejlett kanyar elérte a következő érettségi fokozatot. 2002-re az összes kanyar szám csökkent. Ezen belül a fejletlen kanyarok száma csökkent, a fejlett kanyarok számának növekedése következtében, és a túlfejlett kanyarok száma is csökkent. 2014-re a kanyarok száma újra növekedett, az álkanyarok és fejletlen kanyarok, valamint kisebb mértékben a fejlett kanyarok számának emelkedésével és a túlfejlett kanyarszám csökkenésével.

A fentiekben a Mura Muraszemenye melletti mintaterületi szakaszának részletes morfológiai vizsgálatát végeztük el. Jelenleg a folyó magyarországi szakaszán itt található meg egyedül a természetes kanyarulatfejlődés, a folyó nincs töltésezve. Mivel a Murán az utóbbi időben egyre gyakoribb jelenség a villámárvíz, fontos ismernünk a kanyarulatok fejlettségi szintjét ahhoz, hogy egy esetleges kanyarulat-átszakadást előre tudjunk jelezni, illetve fel tudjunk készülni az esetleges károk megelőzésére, elhárítására.

A Dráva Őrtilos és Drávaszabolcs közötti szakaszának morfológiai vizsgálata

A Dráva magyar–horvát szakaszának morfológiai értékeléséhez először megvizsgáltuk az érvényben lévő hivatalos középvonal és a 2018-as mederfelmérés alapján szerkesztett középvízi meder tengelyének viszonyát. A Barcs alatti folyószakaszon a két vonal tulajdonképpen egymáson fut, ami nem is meglepő, hiszen ezen a szakaszon (70–155 fkm között) gyakorlatilag teljes mértékben szabályozott a vízfolyás: sarkantyúk, vezetóművek, partbiztosítás váltják egymást (DÉDUVIZIG, 2021).

Az első markáns eltérés Heresznye térségében, a 184–188 fkm közötti szakaszon van (10a ábra), ahol két egymást követő kanyarulatban bal-, majd jobb oldal irányába fejlődnek a kanyarulatok. A következő jól látható eltérés horvát területen Gabajeva Greda településnél, a 209–219 fkm szakaszok közötti térségben jelentkezik (10b. ábra), ahol a 214–215 fkm között a folyásirány szerinti jobb- majd bal parti sarkantyúsorok erősen korlátozzák a mederfejlődést, aminek hatása mind a felvízi, mind az alvízi irányban kb. 5 km-es szakaszon érzékelhető. A 233–236 fkm közötti szakaszon, a Mura torkolat alatt is megfigyelhető a középvonal balra történő eltolódása (10c. ábra). Ezen a szakaszon egy éles bal kanyart vesz a középvízi meder, és a mederfelmérés alapján jól látható a sodorvonal dinamikája, ami vélhetően a kanyarulati tetőpont térségén a jobb parton vélelmezett partbiztosítás miatt alakult ki, amire a műholdfelvétélből lehet következtetni. Itt jól látható a jobb parton, ahogy a víz megbontotta a partot, íves partvonalat kialakítva, melyekből folyásirányban haladva három is látható. Az első kettő esetén a növényzet már megtelepedett a part vonalában, míg a harmadik, vélhetően a legfiatalabb képződmény, még „csupas”. A Google felvételen a víz fodrozódásából az is látható, hogy ennél a partszakasznál erős áramlás alakul ki. Ezt igazolja a mederfelvétel is, ahol ezen a szakaszon a mederben kimélyülés figyelhető meg.

A kanyarulati statisztikavizsgálathoz a Dráva Őrtilos és Drávaszabolcs közötti szakaszát összesen 107 szakaszra osztottuk fel. Az elemzésből az látható, hogy a folyószakaszon zömmel álkanyarok (26), valamint fejlett (27) és fejletlen (34) kanyarok vannak. Az egyenes szakaszok száma 15, a túlfejlett kanyarulatoké pedig 5. Figyelembe véve, hogy a sodorvonalat a keresztzelvények mentén a legmélyebb ponton vettük fel, és szigorúan véve a szabályt, miszerint az egyes kanyarulatok eljéjét és végét az egymást követő inflexiók pontok határozzák meg (Hamvas, 1994), érett, illetve átszakadó kanyarulat a folyószakaszon nincsen. A legmarkánsabb kanyarulatok a 170–179 fkm közötti szakaszon figyelhetők meg. Az érett kanyarulatokban megfigyelhető az, hogy a sodorvonal nem a homorú part

mentén húzódik a teljes szakaszon, hanem az összetett ív legkisebb kanyarulati sugárral jellemző részén a fő áramlási tengely „átcsapódik” a domború part felé (11. ábra).

10. ábra: Folyó tengelyvonalának eltérése a 2013–2014 (folytonos vonal) és a 2019-es felmérések (szaggatott vonal) alapján, a) 184–188 fkm, b) 209–219 fkm, c) 233–234 fkm

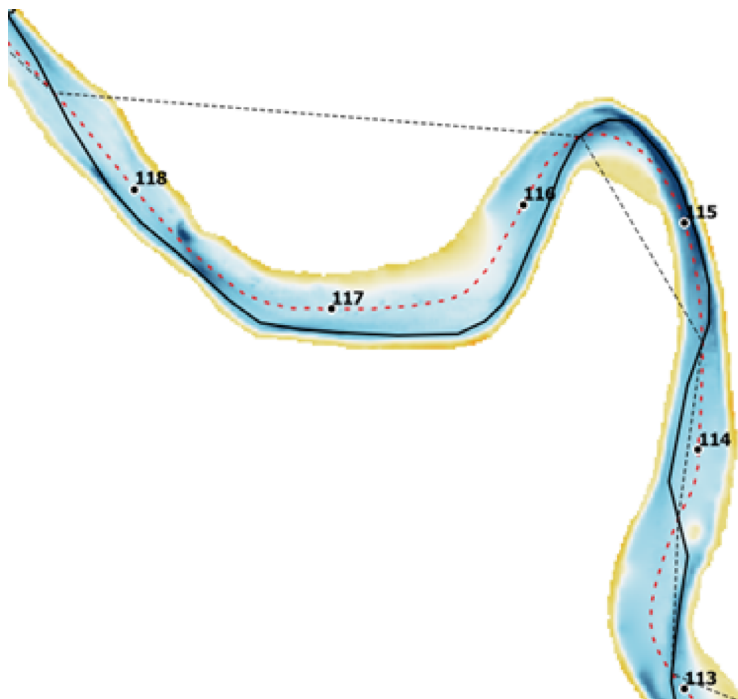
Figure 10. Deviation of river center line based on 2013–2014 (solid line) and 2019 surveys (dashed line), a) 184–188 rkm, b) 209–219 rkm, c) 233–234 rkm



Forrás: saját ábrszerkesztés
Source: own figure editing

11. ábra: Érett kanyarulatok az a) 114–117 fkm között, a folyótengely (piros szaggatott) sodorvonal (fekete) és a kanyarulati húrok (fekete pontvonal), valamint a folyamkilométerek feltüntetésével

Figure 11. Mature bends between a) 114–117 rkm, with the river axis (red dashed), the stream line (black) and the bend strings (black dotted line) and the river kilometres

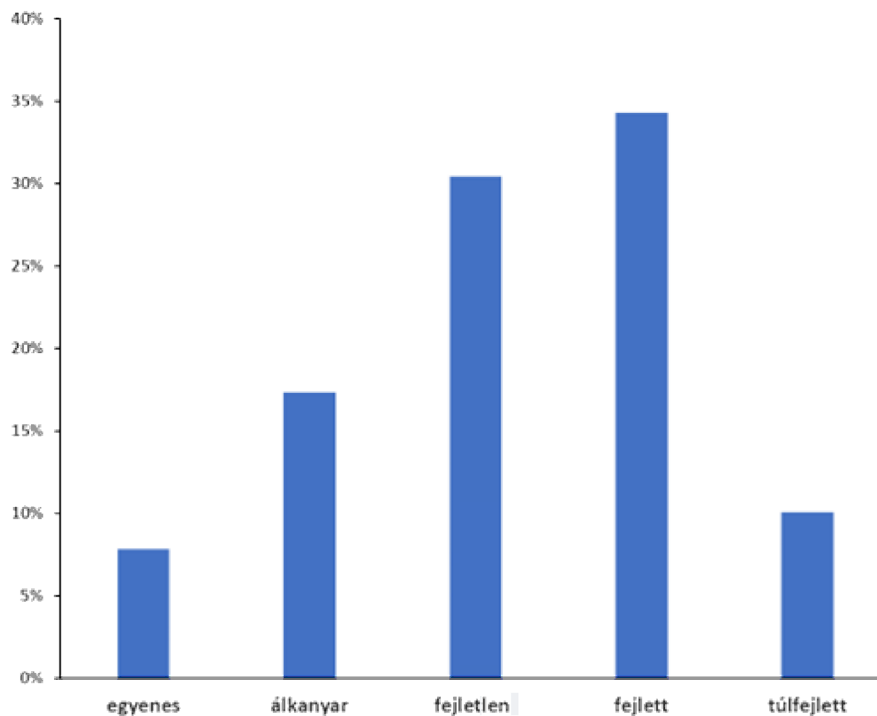


Forrás: saját ábrszerkesztés
Source: own figure editing

Ha a kanyarulatok gyakoriságát az ívhosszak alapján vizsgáljuk, akkor kicsit eltolódnak az arányok (12. ábra). A teljes folyószakasz közel 35%-a fejlett kanyarulat, és 30 %-a pedig fejletlen kanyar. Legkisebb a valódi egyenes szakaszok aránya, azaz azon szakaszoké, ahol a középvonal és a sodorvonal gyakorlatilag egybeesik.

Jelentős azonban azon szakaszok hossza is (több, mint 17%), ahol álkanyarok figyelhetők meg, azaz a látszatra egyenes folyószakaszokon a mederfenék domborzata alapján már kimutatható a sodorvonal szinuszos kifejlődése (13. ábra). A 13. ábráról a terepmodell színezése alapján az is kivehető, hogy a folyószakaszon túlnyomó részben úgynevezett „rossz gázlók” vannak, ahol a szomszédos kanyarulatok medencéi túlnyúlnak az inflexión, és a partok mellett egymásnak kitérve haladna. Az inflexiós szelvény környezetében így egy gerinc képződik, ami a sodorvonal hirtelen irányváltását okozza (Hamvas, 1994).

12. ábra: A vizsgált különböző típusú folyószakaszok aránya
Figure 13. The proportion of different types of river sections



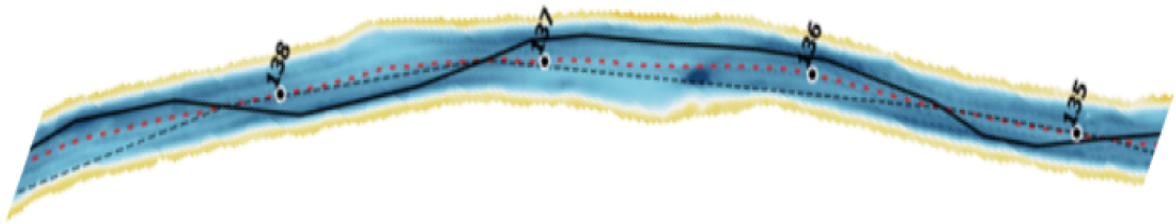
Forrás: saját ábraszerkesztés
Source: own figure editing

A jellemző szelvények (inflexiós és tetőponti szelvények) legmélyebb mederpontjai alapján meghatároztuk a folyószakasz mederfenékvonalát (14. ábra). A részletes fenékvonal alapján is jól látszik az, amit korábbi tanulmányok is jeleztek, hogy a 170–175 fkm szelvények közötti szakaszon jelentős eséstörés van. Az e feletti folyószakasz esése 0,4 ezrelék körül, míg ez alatt 0,1 ezrelék körül alakul. Ennek a jelentős változásnak a hatása a főmeder rajzolatában is kivehető; ezen a szakaszon van az a markáns kanyargósság, amire már korábban utaltunk. A relatíve nagyobb energiájú folyó itt az eséstörés következtében elveszti energiáját, ezzel lecsökken a hordalékszállítási kapacitása, és lerakja

hordalákát. A teljes egészében alluviális folyószakaszon belül, ez az eséstörés egy lokális változást okoz.

13. ábra: Álkanyarok megjelenése az egyenes folyószakaszokon, a folyótengely (piros szaggatott) sodorvonal (fekete) és a kanyarulati húrok (fekete pontvonal), valamint a folyamkilométerek feltüntetésével

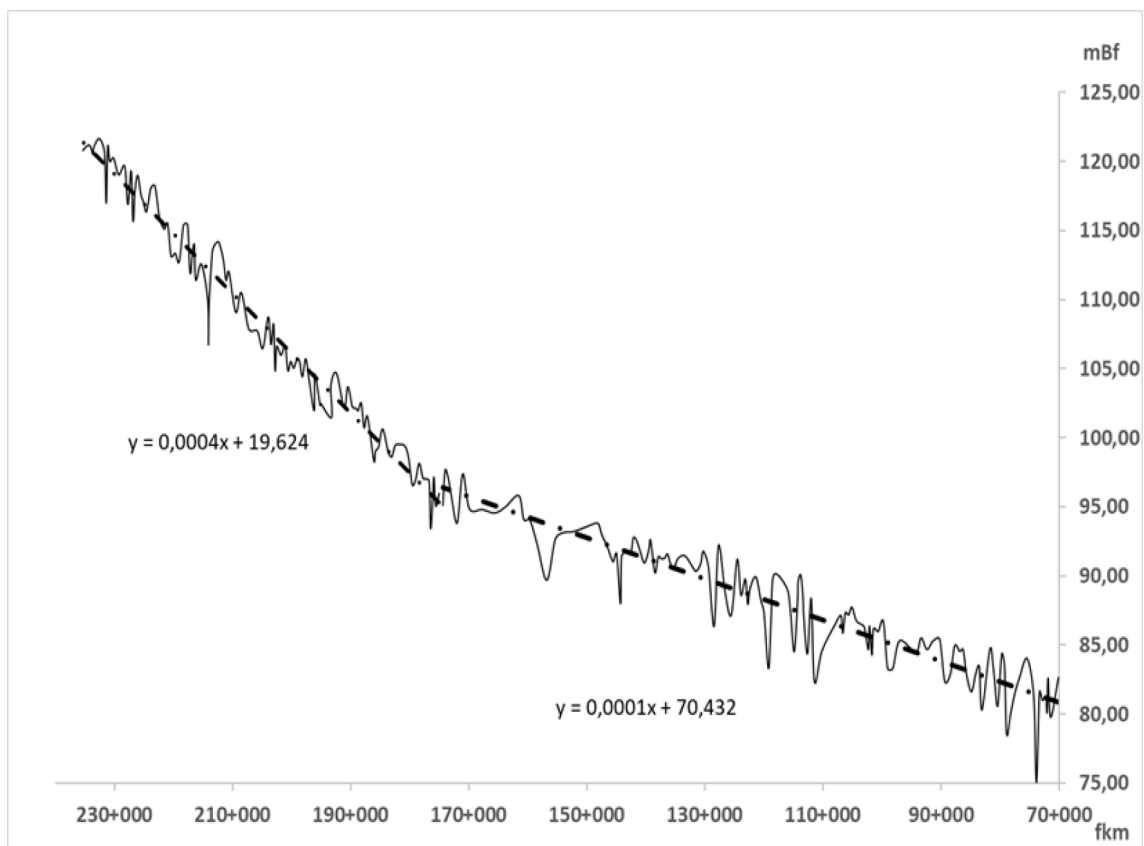
Figure 14. The appearance of sinusoidal streamlines on straight river sections, with the river axis (red dashed), the stream line (black) and the bend strings (black dotted line) and the river kilometres



Forrás: saját ábrszerkesztés
Source: own figure editing

14. ábra: A Dráva Órtilos–Drávaszabolcs közötti szakaszának mederfenékvonala

Figure 14. River bed line of the section of the Dráva between Órtilos and Drávaszabolcs



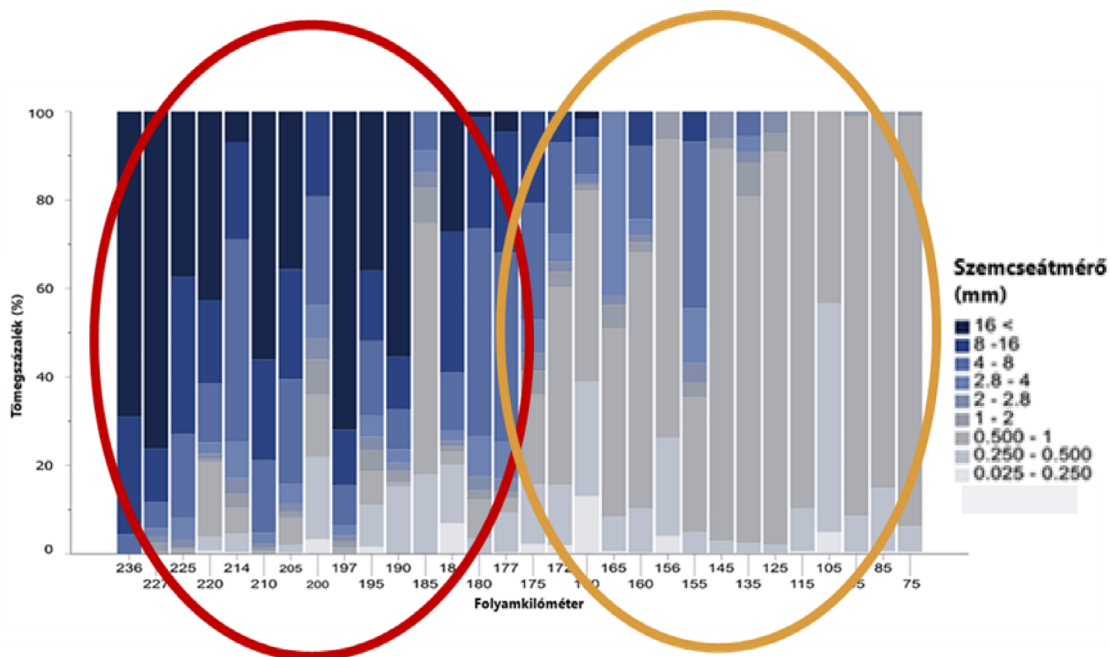
Forrás: saját ábrszerkesztés
Source: own figure editing

A kapott eredményeket összevetettük egy 2019 őszi végrehajtott részletes hordalék és mederanyag mintavételi kampány eredményeivel is. Azt kívántuk megvizsgálni, hogy a morfológiai változások és a különböző hidraulikai és hordaléktranszport jellemzők közötti kapcsolat kimutatható-e. A mérési program során 5–10 km-es sűrűségben, szelvényenként több pontban, mederanyagmintát vettünk, és ehhez kapcsolódón áramlásmérést is végeztünk. A kapott eredmények jól igazolják az eséstörés helyét (15. ábra). A töréspont feletti szakaszon (piros befoglaló jelölés) a kavics, homokos kavics dominál, alatta (sárga befoglaló jelölés) jellemzően homokmeder figyelhető meg (Pirkhoffer et al., 2021).

Hasonlóan érzékelhető az eséstörés hatása a jellemző szemcseátmérő, az átlagsebesség és a mederanyag mozgásba lendülését jellemző Shields paraméter értékeiben is (16. ábra). Hol kisebb, hol nagyobb mértékben, de mind a négy paraméter esetében látható a hossz-szelvényeken az értékek nagyságának és szórásának eltérése az 175 fkm szelvény feletti és alatti folyószakaszon.

15. ábra: Mederanyag-összetétel változása a Dráva 236–75 fkm szakaszán

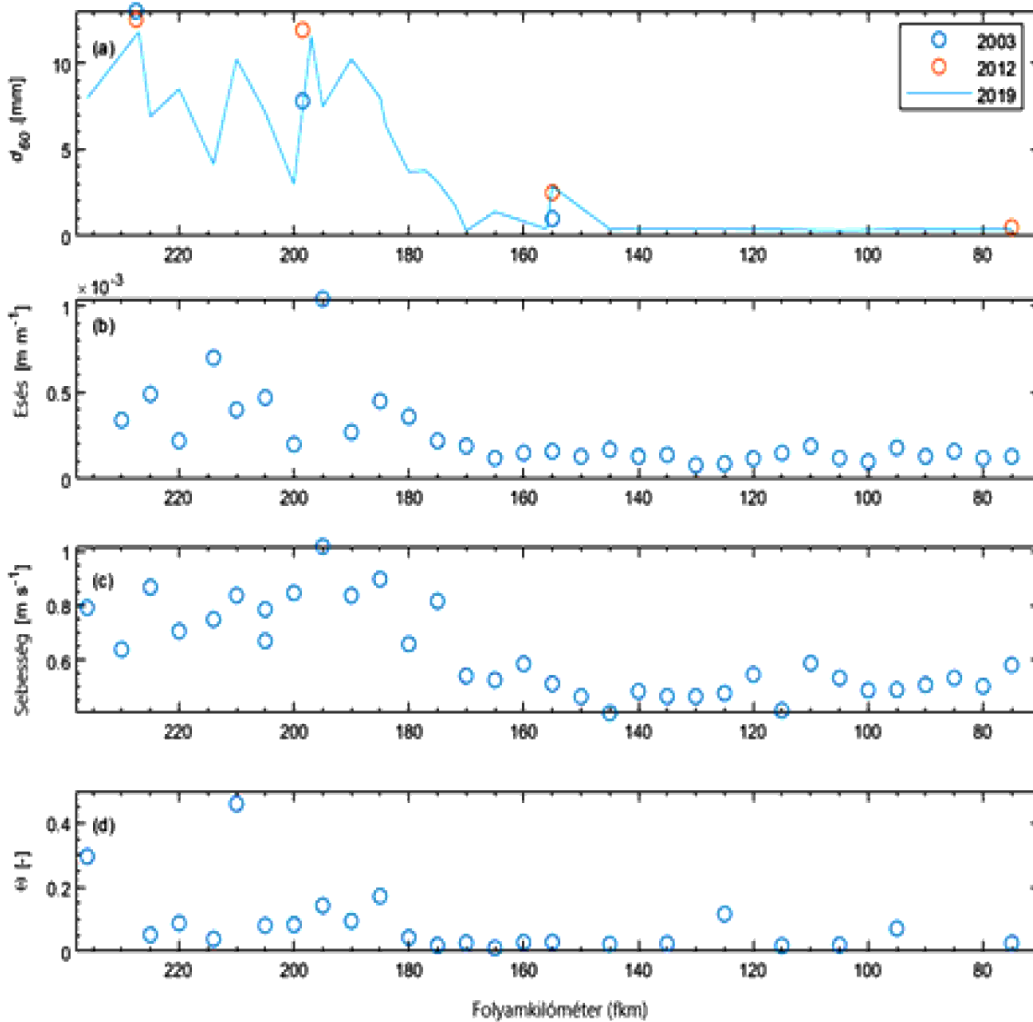
Figure 15. Changes in sediment composition in the section 236–75 rkm of the Drava



Pirkhoffer et al., 2021 alapján saját szerkesztés (piros kör: felső szakaszjelleg, sárga kör: alsó szakaszjelleg)

Source: own editing based on Pirkhoffer et al., 2021 (red circle: upper stage, yellow circle: lower stage)

16. ábra: Jellemző paraméterek hossz-szelvények a Dráva 236–75 fkm szakaszán
 Figure 16. Length-section of characteristic parameters in the section 236–75 rkm of the Drava



Forrás: Pirkhoffer et al., 2021
 Source: Pirkhoffer et al., 2021

KÖVETKEZTETÉSEK

„Hazánk számára is lehetőség, sőt kötelesség a folyó adottságainak – fenntartható – kihasználása” írta a Dunáról Guth et al. (2013). Ez viszont nem csak a Dunára, de minden folyókra, így a Drávára és a Murára is igaz. Ez a fenntartható használat azonban nem érhető el a megfelelően magalapozott vízgazdálkodás nélkül. Ezt alapozzák meg azok a morfológiai vizsgálatok, amikből cikkünkben adtunk ízelítőt.

Ahhoz, hogy megfigyelhessük a folyón végbemenő hosszú távú változásokat, össze kell vetnünk a folyó morфомetriai paramétereit hosszabb történelmi időszakon keresztül, ahogyan azt a Mura vizsgálati

szakaszára bemutattuk. Amikor nagyobb volumenű szabályozási munkák voltak folyamatban, az eredmények látványosan megmutatkoztak, a kiváltott hatások a paramétereket módosították, és a változások és tendenciák beazonosítása egyértelmű volt. A hosszabb távú változások, mint amilyen az éghajlatváltozás is, kiváltanak azonban olyan hatásokat, amelyek során időre van szükség ahhoz, hogy a változások szignifikánsan megjelenjenek. Összehasonlítva a morfológiai paramétereket, az eltérések kimutathatók, és következtetni lehet belőlük a vízfolyás morfológiai állapotára, illetve a a jövőbeni változások irányára is. Ilyen részletes elemzést mutattunk be a Mura Muraszemenye térségében levő mintaterületi szakaszára. Az I. katonai felmérésen azonosított kanyarulatok száma a szabályozási munkák hatására lecsökkent, az I. és II. világháború alatti időszakban növekedésnek indul, amely tartott 1976-ig, majd enyhe csökkenés után 2014-re egy stagnáló állapotra jutott. Az adatokból látható a folyó természetes szakaszán történő folyamatos változásra való igény, a folyó egyensúlyi helyzetre törekszik. Ha figyelembe vesszük azt, hogy a Mura határfolyó, amelynek vízgyűjtőjén több ország is osztozik (Ausztria, Szlovénia, Horvátország és Magyarország), érthető, hogy a felsőbb szakaszon történő beavatkozások hatása a folyó alsóbb szakaszain is érezhető. Nagyon fontos ezért a folyó közös elvek alapján történő kezelése.

A Drávára végzett vizsgálatunk is jól mutatja, hogy az időről időre változó középvezeték lefutásának változása jól szemlélteti a szabályozott és a közel természetes állapotú folyószakaszok mederváltozásának dinamikáját: a szabályozott folyószakaszok medervándorlása sokkal csekélyebb mértékű, míg a kevésbé befolyásolt szakaszokon intenzív változás figyelhető meg, szinte szemmel látható medervándorlást mutattak ki a vizsgálataink.

A részletes terepmodell alapján a klasszikus kanyarulatfejlettségi vizsgálat tovább finomítható, hiszen az aktuális domborzat alapján feltárhatók azok a folyamatok, amik a további mederváltozásokat fogják okozni, ezzel segítve a folyógazdálkodás tervezését is.

A szabályozások alatt átvágott, felhagyott holtágak továbbra is megtalálhatók az ártereken, hullámtereken. Az elmúlt évek tapasztalatai azt mutatják, hogy célszerű ezeket a régi medreket ismét bekapcsolni a hullámtéri vízszállításba, árvízi levonulásba, segítve ezzel a vízhiányos időszakok alatti vízpótlást, vízmegtartást. További potenciál rejlik a morfológiai változások és a mederanyag-összetétel részletesebb összefüggéseinek vizsgálatában is, ami nem csak morfológiai, de az élőhelyek feltárását, megőrzését, azaz az ökoszisztéma szolgáltatások tervezését is megalapozhatja.

IRODALOMJEGYZÉK

Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK Irányelve (2000. október 23.) <https://jogkodex.hu/doc/2362641>

Balatonyi L., Lengyel B., & Berger Á. (2022). Nature-based solutions as water management measures in Hungary. *Modern Geográfia*, 17(1), 73–85. <https://doi.org/10.15170/MG.2022.17.01.05>

- Bali, L., & Kókuti, T. (2008). Einige Aspekte Der Untersuchung, der die Kroatisch–Ungarischen Grenze übersteigenden Zusammenarbeit. *Modern Geográfia*, 3(3), 19–34. http://www.modern-geografia.eu/wp-content/uploads/2012/02/bali_kokuti_2008_3.pdf
- Borsy, Z., Jakucs, L., Kerényi, A., Mezösi, G., Papp, S., Szabó, J., Székely, A., & Zámbo, L. (1992). *Általános természetföldrajz*. Művelődési Munisztérium.
- Čelan, T. J. (2014). A Historical Geographical Analysis of the Development of the Croatian-Hungarian Border. *Modern Geográfia*, 9(4), 75–92. <https://moderngeografia.eu/en/a-historical-geographical-analysis-of-the-development-of-the-croatian-hungarian-border-2/>
- DÉDUVIZIG (2021). *Folyószabályozási engedélyezési tervek*.
- Donka, A. (2012). A víziturázás célterületeinek természeti szempontú értékelése. *Természetföldrajzi Közlemények a Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetéből*, 1(2), 3–40. <https://docplayer.hu/2306522-A-viziturazas-celteruleteinek-termeszeti-szemponthu-ertekelese.html>
- Donka, A., & Gila, Cs. (2013). Kísérlet az Élővíz-csatorna víziturisztikai értékelésére. *Modern Geográfia*, 8(4), 9–32. <https://moderngeografia.eu/hu/kiserlet-az-eloviz-csatorna-viziturisztikai-ertekelesere/>
- Engi, Zs., Tóth, G., Somogyi, K., Lanter, T., Hercsel, R., & Bozzay, F. (2016). A Mura folyó kanyarulatvándorlásainak elemzése és hullámterének feliszapolódás vizsgálata 2 D modellezéssel. *Hidrológiai Közöny*, 96(1), 33–48.
- Gashi, N., Czigány, Sz., Pirkhoffer, E., & Kiss, K. (2023). Modelling the Impact of Climate Change on the Flow Regime and Channel Planform Evolution of the Lower Drava River. *Modern Geográfia*, 18(2), 47–76. <https://doi.org/10.15170/MG.2023.18.02.04>
- GoogleEarth <https://earth.google.com/web/>
- Guth, L., Topa, Z., & Szabó, L. (2013). A magyarországi Duna szakasz turizmusának szereplői közötti kapcsolat vizsgálata. *Modern Geográfia*, 8(3), 11–28. <https://moderngeografia.eu/hu/a-magyarorszagi-duna-szakasz-turizmusanak-szereploi-kozotti-kapcsolat-vizsgalata/>
- Halmi, Á., Balatonyi, L., Valkay, A. I., Czigány, Sz., Liptay, Z. Á., & Pirkhoffer, E. (2018). Új megközelítésű mederfelmérési technikák alkalmazása kisvízfolyásokon. *Védelem Tudomány*, 3(4), 159–181. <http://docplayer.hu/130015295-Uj-megkozelitesu-mederfelmeresi-technikak-alkalmazasa-kisvizfolyasokon.html>
- Halmi, Á., Gradwohl-Valkay, A., Czigány, Sz., Ficsor, J., Liptay, Z. Á., Kiss, K., Lóczy, D., & Pirkhoffer, E. (2020). Applicability of Recreational-Grade Interferometric Sonar for the Bathymetric Survey and Monitoring of the Drava River. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3), 149–170. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030149>
- Hamvas, F. (1994). *Vízépítés*. Műegyetemi Kiadó.
- Lacay, I. (1982). A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. *Vízügyi Közlemények* 64(2), 235–255.

Lóczy, D. (Ed.). (2019). *The Drava River*. Springer Geography. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92816-6>

Lovász, Gy. (1972). *A Dráva-Mura vízrendszer vízjárási és lefolyási viszonyai*. Akadémiai Kiadó.

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 Research and Application*. 37, 699–711. <https://doi.org/10.1002/rra.3794>

Ez a mű a Creative Commons Nevezd meg! – Ne add el! – Ne változtasd! 4.0 nemzetközi licence-feltételeinek megfelelően felhasználható. (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

This open access article may be used under the international license terms of Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

