

PROMJENE U DULJINI I OBLIKU KORITA DRAVE OD REPAŠA DO FERDINANDOVCA OD KRAJA 18. STOLJEĆA DO DANAS

CHANGES IN THE LENGTH AND FORM OF THE DRAVA RIVER CHANNEL FROM REPAŠ TO FERDINANDOVAC SINCE THE END OF THE 18TH CENTURY UNTIL TODAY

Katarina PAVLEK

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb
kpavlek@geog.pmf.hr

Primljeno / Received: 11. 7. 2022.

Prihvaćeno / Accepted: 29. 10. 2022.

Izvorni znanstveni rad
Original scientific paper

UDK / UDC: 551.4(497.52-282.24Drava)“17/20”
911.2(497.525Podravina)“17/20”

Toni KULEJ

Ulica hrvatskih branitelja 27
Janja Lipa, 44320 Kutina
toni.kulej@gmail.com

Neven BOČIĆ

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek
Marulićev trg 19/II, 10000 Zagreb
nbocic@geog.pmf.hr

SAŽETAK

U radu su istražene promjene u pružanju korita Drave od Repaša do Ferdinandovca u posljednjih 235 godina pod utjecajem prirodnih i antropogenih čimbenika. Duljina toka izmjerena je crtom sredine korita na temelju osam kartografskih izvora, uključujući karte vojnih izmjera iz razdoblja Habsburške Monarhije, topografske karte iz sredine i kraja 20. stoljeća, te arhivske i suvremene zračne snimke i ortofoto karte. Analizom promjena u duljini toka te pojavnosti geomorfoloških oblika korita i poplavne ravnice, poglavito mrtvica, određen je intenzitet promjena i dominantan čimbenik promjene. U promatranom razdoblju je na istraživanom segmentu rijeke došlo do značajnih promjena u duljini toka, koje su većinom uzrokovane ljudskim djelovanjem. Hidrotehničkim zahvatima na rijeci, prvenstveno presijecanjem meandara radi zaštite od poplava i poboljšanja protočnosti, duljina istraživanog segmenta se od kraja 18. stoljeća do danas smanjila za 14,8 km, odnosno za 48,4% početne duljine. Najveći intenzitet promjena zabilježen je na prijelazu u 20. stoljeće, kada je izvršena većina regulacijskih radova na rijeci.

Ključne riječi: Drava, fluvijalna geomorfologija, promjene korita, regulacije rijeke, kartografski izvori, zračne snimke

Keywords: the Drava River, fluvial geomorphology, channel changes, river regulation, cartographic sources, aerial images

UVOD

Rijeke su dinamični sustavi čija morfologija korita prvenstveno ovisi o geološkoj podlozi te odnosu protoka vode i prijenosa sedimenta. Kod tekućica s razvijenim koritom u aluvijalnim sedimentima, koje nisu ograničene reljefom ili ljudskim utjecajima, zbog prirodnih varijacija u vrijednostima protoka i prijenosa sedimenta dolazi do čestih geomorfoloških promjena korita, poput prirodne migracije meandara. Meandriranje rijeka kompleksan je mehanizam, a nastaje kao posljedica turbulentnog toka te interakcije između protoka i pokretnog dna korita, odnosno prijenosa sedimenta (Knighton, 1998). Međutim, danas je većina geomorfoloških promjena rijeka uzrokovana ljudskim djelovanjem poput kanaliziranja i izravnavanja korita, izgradnje brana i nasipa, intenzivne urbanizacije, vađenja sedimenta ili crpljenja vode (Liébault i Piégay 2002; Surian i Rinaldi 2003; Zawiejska i Wyžga 2010). Navedeni pritisci dovode do smanjenja duljine i širine korita i poplavne zone, smanjenja heterogenosti fluvijalnih oblika i procesa, te do prekida u uzdužnoj povezanosti u prijenosu vode i sedimenta. Najintenzivnija degradacija korita rijeka u Europi zabilježena je od sredine 20. stoljeća (Downs i Piégay 2019), no na velikim rijekama Panonskog bazena, poput Dunava i Tise, značajne su promjene zabilježene već sredinom 19. stoljeća uslijed provedenih regulacija (Hohensinner i dr., 2004; Kiss i dr., 2008).

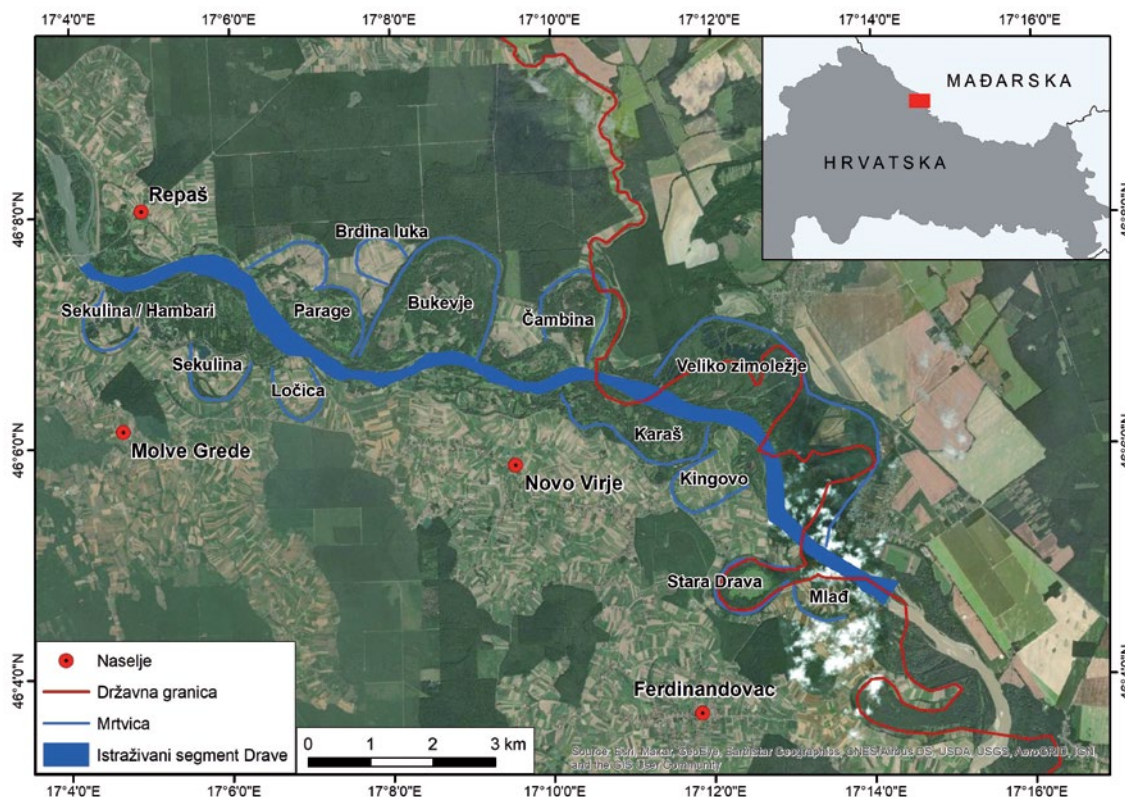
Na rijeci Dravi, hidrotehnički zahvati su počeli tijekom 18. stoljeća, a većina meandara je presječena u idućem stoljeću. Također, značajan utjecaj na morfologiju i hidrologiju rijeke imala je izgradnja brana i akumulacijskih jezera koja je započela početkom 20. stoljeća na segmentima rijeke u Austriji i Sloveniji (Bonacci i Oskoruš, 2010; Kiss i András, 2017). Geomorfološke promjene korita Drave na određenim segmentima toka istraživali su Bognar (1995, 2008), Kiss i dr. (2011) i Kiss i Balogh (2015). O poplavama i regulacijama Drave te suživotu lokalnog stanovništva s rijekom pisali su Slukan-Altić (2002), Petrić (2011., 213., 2020), Petrić i Obadić (2007), Šadek (2013), Živaković-Kerže (2013) Petrić i Cik (2021) i Živaković-Kerže i Benić Penava (2021). Prostor istražen u ovome radu dosada nije detaljno istražen kao jedna zasebna cjelina, već samo kao dio ukupnog toka Drave (Bognar, 1985, Kiss i András, 2017).

Cilj je ovoga rada istražiti promjene u duljini i obliku korita rijeke Drave na segmentu od Repaša do Ferdinandovca od kraja 18. stoljeća do danas. Prikazi korita Drave na povijesnim topografskim karatama te arhivskim i suvremenim ortofoto kartama su digitalizirani i međusobno uspoređeni. Usporedbom različitih razdoblja određen je intenzitet promjena, koji je razmotren u kontekstu prirodnih i antropogenih čimbenika promjena.

ISTRAŽIVANO PODRUČJE

Od izvora u južnom Tirolu do ušća u Dunav kod Aljmaša, ukupna duljina toka Drave iznosi 707 kilometara, od čega se 292 kilometra ili 41,3 % nalazi u Hrvatskoj (Čanjevac i dr., 2022). Istraživani segment Drave nalazi se na teritoriju Koprivničko-križevačke županije, a manji dijelovi toka prolaze kroz Mađarsku (sl. 1). Početna i krajnja točka istraživanog segmenta (190-208 rkm) određene su prema točkama premjera poprečnih i dolinskih profila u Hidrografskom atlasu Drave (1972). Početna točka nalazi se na lokaciji staroga Repaškog mosta izgrađenog 1960. godine (E 544002, N 5109799), a krajnja točka nizvodno od Lijepe Grede (E 556962, N 5104510). Duljina istraživanog segmenta Drave danas iznosi 15,8 kilometra prema ortofoto karti iz 2017. godine.

Područje istraživanja građeno je od aluvijalnih naslaga holocenske starosti, debljine do 20 metara. Najmlađe su naslage šljunaka i pijesaka u koritu Drave. Neposredno uz korito slijedi facijes prve terase istog litološkog sastava. Prostire se valovito i nekontinuirano uz tok, jer recentna erozija denudira jedinicu prve terase. Manje su zastupljeni sedimenti mrtvica, sastavljeni od sitnozrnatih pijeska i siltova s organskim ostacima, te organogeno-barski sedimenti, koji predstavljaju završnu fazu taloženja glina i siltova s organskim ostacima u vodom ispunjenim mrtvicama i vegetacijom obraslim barama. Šire istraživano područje okružuju sedimenti poplavnog područja na drugoj terasi, šljunci druge terase te barski sedimenti (Hećimović, 1986a, 1986b). Utjecaji recentnijih tektonskih pomaka, posebno u kvartaru (holocenu), imaju veliki utjecaj na oblikovanje i smjer pružanja toka te njegove reljefne osobine (Bognar, 2008).



Slika 1. Položaj istraživanog segmenta rijeke Drave

Prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar 2001) istraživano područje pripada megamakrogeomorfološkoj regiji *Panonskog bazena*, makrogeomorfološkoj regiji *Istočna Hrvatska ravnica s Gornjom Podravinom*, mezogeomorfološkoj regiji *Nizina Drave s nizinom Dunava* te subgeomorfološkoj regiji *Gornjodravaska nizina*.

Na istraživanom segmentu dolina Drave je široka aluvijalna ravnica, a može se podijeliti na nekoliko fiziografskih jedinica reljefa. Prvi i najvažniji morfofacijesni element je recentno korito Drave s rukavcima, prudovima i adama. Drugi morfofacijes je naplavna ravnica čije granice nisu točno određene jer danas zbog regulacija više ne dolazi do plavljenja. Treći morfofacijes čini prva riječna dravska terasa, koja je podijeljena na nekoliko elemenata u reljefu: mrtvice, fluvijalne grede te sukcesije prudova s konveksne strane meandara (Bognar, 2008).

Unatoč položaju u aluvijalnoj ravnici, zbog relativno većeg pada, istraživani segment rijeke Drave pripada mehanizmu srednjeg toka, kojeg karakterizira podjednaki intenzitet bočne erozije i akumulacije, odnosno izraženo meandriranje i prirodna promjenjivost položaja i morfologije korita (Schwartz, 2007). Sukladno tome, korito Drave na istraživanom segmentu prema povijesnim izvorima iz 19. stoljeća (druga i treća vojna izmjera Austro-Ugarske Monarhije) prirodno pripada morfološkom tipu između meandrirajućeg i isprepletenog korita, s manjom razgranatošću toka (engl. *wandering channel*) (Schwartz, 2007; Kiss i András, 2017). Taj tip korita razvija se na šljunčanoj podlozi te ga karakteriziraju pojava erozijskih i akumulacijskih otoka, bočnih i središnjih prudova i rukavaca, te česte promjene položaja korita (Rinaldi i dr., 2016).

Rijeka Drava ima alpski snježno-kišni protočni režim, čija je glavna značajka pojava visokih voda u toplijem dijelu godine i relativno malo osciliranje količina vode tijekom cijele godine (Čanjevac, 2013). Primarni maksimum protoka javlja se u svibnju i lipnju, a sekundarni u listopadu i studenome. Ispodprosječni protoci javljaju se od prosinca do ožujka zbog velike akumulacije vode u području snježnih pokrova i ledenjaka visokih Alpa u izvorišnom području Drave.

Zbog povoljnih hidroloških prilika tijekom cijele godine i velike hidrauličke snage u gornjem i srednjem toku, Drava je hidroenergetski vrlo iskorištena rijeka. Od izvora do ušća Mure izgrađene su ukupno 22 hidroelektrane (HE), od čega 11 u Austriji, 8 u Sloveniji i 3 u Hrvatskoj (Bonacci i Oskoruš, 2019). U Hrvatskoj se nalaze HE Varaždin (izgrađena 1975. god.), HE Čakovec (1982.) i HE Dubrava (1989.). Po instaliranoj snazi najjača je HE Varaždin, dok najveću akumulaciju ima HE Dubrava s površinom od 16,6 km². Također, Drava je u velikoj mjeri regulirana u donjem i djelomično srednjem toku radi obrane od poplava (Sečen, 1994).

Izgradnja hidroelektrana, odnosno brana i akumulacijskih jezera, imala je veliki utjecaj na protočni režim Drave. Prije izgradnje brana, vodostaj ispod 0 cm javljao bi se samo 1-2% vremena tijekom godine. U razdoblju od 1991. do 1999. taj se postotak povećao na 58%, a u posljednjih deset godina na 70%. Istodobno se smanjilo trajanje visokog vodostaja. Također, prije izgradnje brana prosječna kumulativna dužina poplava iznosila je 15 dana, dok se nakon izgradnje posljednje brane kod Donje Dubrave ona smanjila na 3 dana (Kiss i dr., 2011).

U razdoblju 1981.-2006., zabilježen je statistički značajan negativan trend protoka na postaji Botovo (Bonacci i Oskoruš, 2010). Iako se isparavanje iz triju hrvatskih akumulacijskih jezera navodi kao zanemarivo, uzrok smanjenja protoka vjerojatno je povezan s izgradnjom hidroelektrana, klimatskim promjenama i promjenama zemljišnog pokrova u porječju (Tadić i Brleković, 2019). U posljednjih 10-ak godina prevladava trend povećanja protoka.

Nakon izgradnje brana i akumulacija, pronos sedimenta na Dravi se višestruko smanjio (Bonacci i Oskoruš, 2010), što utječe na erozijsko-akumulacijske procese u koritu. Suspendirani materijal se smanjio za otprilike 65% između 1967. i 1981. (0.922×10⁶ t/god) i između 2003. i 2017. (0.323×10⁶ t/god) na postaji Botovo. Na postaji Donji Miholjac, suspendirani materijal se smanjio oko 81% između 1971. i 1981. (1.383×10⁶ t/god) i između 2007. i 2017. godine (0.263×10⁶t/god) (Zhu i dr., 2019).

METODE RADA I IZVORI PODATAKA

Izvori podataka

U ovom istraživanju korišteno je osam osnovnih izvora podataka: karta prve habsburške vojne izmjere 1:28 800, karta druge habsburške vojne izmjere 1:28 800, karta treće habsburške vojne izmjere 1:25 000, karta vojne izmjere Mađarske iz 1941. godine 1:50 000, topografska karta 1:50 000 dopunjena 1956. godine, digitalna ortofoto snimka iz razdoblja prije 1968. godine, hrvatska osnovna karta 1:5000 s izvornikom iz 1982. godine i digitalna ortofoto snimka iz 2017. godine.

Prva vojna kartografska izmjera u Habsburškoj Monarhiji izvršena je od 1764. do 1787. godine u mjerilu 1:28 800. Nazvana je jozefinska izmjera po caru Josipu II. u vrijeme čijeg vladanja je završena. Istraživano područje se nalazi u Varaždinskom generalatu, koje je kartirano u razdoblju od 1781. do 1782. godine (Frangeš i dr., 2012).

Druga habsburška vojna izmjera (ili franciskanska izmjera po caru Franji I.) u mjerilu 1:28 800, izrađena je za područje Hrvatske, Slavonije i Vojne Krajine od 1865. do 1869. godine. Napredak u odnosu na prvu izmjeru vidljiv je u boljoj matematičkoj osnovi i točnosti, preciznijoj tehničkoj izradi i generaliziranju (Slukan-Altić 2003, Frangeš i dr., 2012, Timar i dr., 2006).

Treća habsburška vojna izmjera provedena je od 1869. do 1887. godine u mjerilu 1:25 000, a naziva se i francjozefinska izmjera po caru Franji Josipu I. Njome su obuhvaćene sve hrvatske zemlje. Bitna razlika u odnosu na drugu izmjeru je egzaktnost zbog preciznije triangulacije koja se temeljila na trima početnim točkama u Beču, Budimpešti i Aradu (Frangeš i dr., 2012, Slukan-Altić, 2003).

Mađarska vojna izmjera iz 1941. godine izrađena je u mjerilu 1:50 000, a listovi koji pokrivaju istraživano područje nastali su izmjerom od 1939. do 1940. godine (Zentai i dr., 2018).

Isječci kartografskih prikaza prve, druge i treće habsburške izmjere te mađarske vojne izmjere 1941. korišteni su s internetskog portala Acranum Maps (Izvor 1).

Topografska karta mjerila 1:50 000 nadopunjena 1956. godine izrađena je na osnovi reambulacije iz 1930. godine od strane Vojnogeoškog instituta u Beogradu. Istraživano područje nalazi se na Listu 35 naslova Đurđevac. Izvor ove karte je Kartografska zbirka Geografskog odsjeka PMF-a u Zagrebu.

Digitalna ortofoto karta (DOF68) izrađena je iz aerofotogrametrijskog materijala snimljenog u razdoblju 1950.-1968. DOF68 snimka dostupna je na internetskim stranicama Informativnog sustava prostornog uređenja kojeg vodi Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja (Izvor 2). Njezina točnost iznosi od 5 do 10 m, iako na pojedinim područjima (gorja, šume, stjenovita područja) odstupanja mogu biti i veća (Izvor 3).

Hrvatska osnovna karta (HOK) osnovna je službena državna karta u mjerilu 1:5000, izrađena u 5. i 6. zoni Gauss-Krügerove kartografske projekcije na Besselovom elipsoidu 1841. Šire istraživano područje pokriveno je na 12 različitih listova izrađenih 1982. godine. HOK je korišten putem Geoportala Državne geodetske uprave (Izvor 4), kao i digitalna ortofoto karta nastala aerofotogrametrijskim snimanjem 2017. godine u mjerilu 1:5000 (DOF5), koja predstavlja najrecentniji i najdetaljniji kartografski izvor podataka (veličina piksela iznosi 0,5 m, a greška u točnosti je do jednog metra).

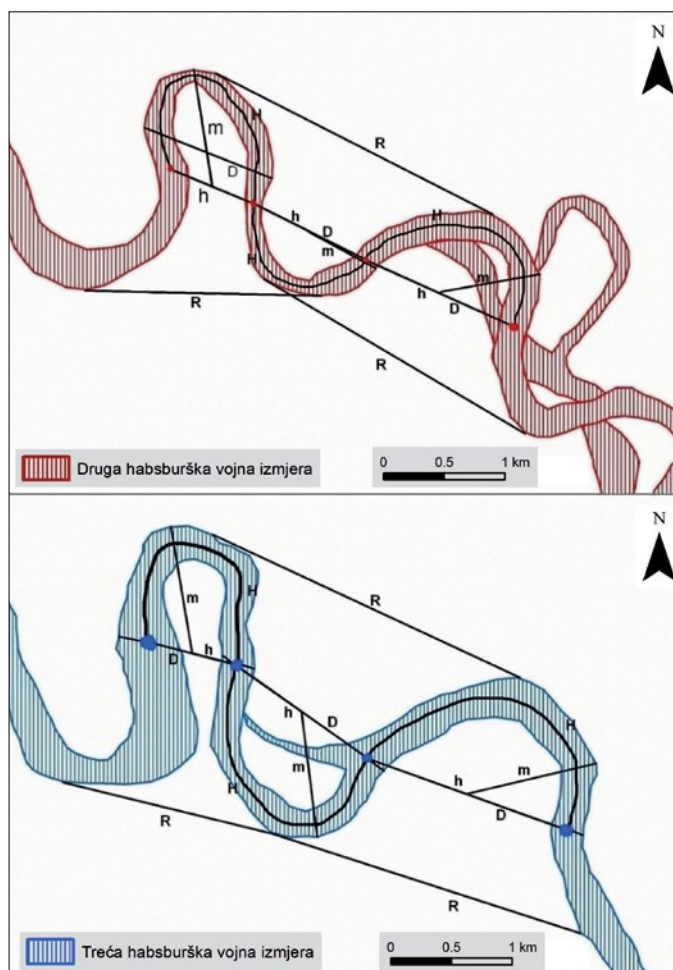
Različito vrijeme nastanka, kao i različite kartografske projekcije i mjericila izrade kartografskih izvora utječu na njihovu točnost. To se posebno odnosi na prvu vojnu izmjeru iz 18. stoljeća, koja je najstariji i ujedno najmanje pouzdan kartografski izvor, zbog čega zabilježen položaj korita treba uzeti s dozom rezerviranosti u odnosu na druge izvore. S druge strane, topografske karte iz 19. stoljeća često se koriste u istraživanjima povijesnih promjena korita rijeka, a prema literaturi njihova točnost iznosi otprilike 20 m (Scorpio i dr., 2015; Pavlek i Faivre, 2020). S obzirom na veličinu, odnosno duljinu istraživanog segmenta rijeke i analizirane pokazatelje, korišteni kartografski izvori smatraju se zadovoljavajućim.

Svi kartografski izvori georeferencirani su u HTRS96/TM koordinatnom sustavu u programu Arc-Map 10.3.1., u kojem su izvršene i sve daljnje prostorne analize.

Digitalizacija i analiza geomorfoloških promjena

Na temelju navedenih kartografskih izvora podataka izvršena je detaljna digitalizacija istraživanog segmenta korita rijeke Drave. Na svakom kartografskom prikazu izmjerena je duljina toka crtom sredine korita. Usporednom analizom podataka dobivenih iz različitih kartografskih izvora istražena je postupna promjena pružanja korita Drave na istraživanom segmentu.

Također, na izabranom kraćem odsječku toka od Čambine do Velikog zimoležja, koji obuhvaća tri susjedna meandra, analizirano je sedam različitih parametara meandara na temelju druge i treće habsburške vojne izmjere. Analizirani parametri su: duljina luka između infleksija (H), duljina između infleksija (h), visina krivine (m), širina luka meandra (D), raspon (R), vrijednost m/h , koja ukazuje na stupanj razvijenosti meandra, te vrijednost H/h , koja ukazuje na dužine meandra i pravca, a može uka-



Slika 2. Oznaceni izmjereni parametri na odabranom području na prikazima druge i treće habsburške vojne izmjere

zati i na starost meandra (Bognar, 2008). Prije mjerenja pojedinih parametara označene su infleksijske točke (crvenim i plavim točkama) (sl. 2).

Usporedbom razlika u utvrđenoj duljini toka s trajanjem razdoblja promjena izračunato je prosječno skraćivanje toka u odnosu na prethodno razdoblje (m/god.). Intenzitet promjene za svako pojedino razdoblje klasificiran je kao nizak (0-10 m/god.), srednji (10-50 m/god.) i visok (50-100 m/god.). Na temelju geoloških, geomorfoloških i hidroloških značajki istraživanog područja, kao i na temelju pregleda antropogenog utjecaja, određeni su presudni uzroci promjena za svako međurazdoblje analiziranih prikaza.

REZULTATI

Usporedba korita na uzastopnim kartografskim izvorima

Prva i druga habsburška vojna izmjera

Na sl. 3A prikazana je usporedna karta prve i druge habsburške vojne izmjere na istraživanom segmentu Drave. Kao što je već napomenuto, prva vojna izmjera najstariji je i ujedno najmanje pouzdan izvor, koji treba uzeti s dozom rezerviranosti u odnosu na druge izvore. Naime, mogu se raspoznati određena odstupanja od druge izmjere na pojedinim lokacijama koje bi se trebale podudarati u prostoru (primjer najjužnijeg meandra koji je na drugoj vojnoj izmjeri postao mrtvica).

Prema karti prve habsburške vojne izmjere, korito Drave je krajem 18. stoljeća bilo meandrirajućeg tipa s nekoliko ada, prudova i mrtvica ispunjenih vodom. Najistočnija mrtvica podudara se s današnjom suhom mrtvicom Kingovo. Ljudski utjecaj vidljiv je na središnjem dijelu prikazanog isječka gdje je kanalom presječen veliki meandar desnog skretanja. Ukupna duljina korita na istraživanom segmentu je 37,4 km računajući presječeni meandar, a 30,6 km računajući duljinu duž novog kanala. Ispravnije je u obzir uzeti drugu izmjeru bez meandra, jer kanal koji presijeca meandar, iako nedavnog nastanka, postoji na kartografskom izvoru što znači da matica prolazi kroz njega.

Značajne promjene u razdoblju od 1782. do 1869. godine (razdoblje između završetka obaju izmjera) su povećanje širine korita, pogotovo u prvom dijelu segmenta, promjena morfografije središnjih meandara, pružanje meandra Čambina, te odvajanje meandra Stara Drava. U središnjem dijelu segmenta između 4,4 i 18,5 km od početne točke pružanje meandara na drugoj izmjeri je potpuno suprotno pružanju meandara na prvoj izmjeri. Od velikog presječenog meandra iz prikaza prve izmjere ostala je samo suha mrtvica na samom tjemenu bivšeg meandra. Također, tok na drugoj vojnoj izmjeri stvara veće meandre velikog raspona krivine i veće širine luka meandra. Odstupanje na posljednjoj trećini prikaza je veće od mogućeg odstupanja povezanog s pogreškama u kartiranju i georeferenciranju. Tjemena meandara koji su jednakog skretanja i slične širine infleksije u prosjeku su 1 km udaljeniji na drugoj izmjeri u odnosu na prvu. Ukupna dužina druge izmjere je 24,2 km što je 13,2 km kraće od prve izmjere računajući veliki presječeni meandar na prikazu prve izmjere, te 6,4 km kraće ne računajući taj meandar.

Treća habsburška vojna izmjera

Zbog manje vremenske razlike između druge i treće izmjere od najviše 18 godina, zabilježene promjene su manje značajne. Također, treba naglasiti da su manja odstupanja u pružanju korita povezana i s tehnikama mjerenja te da treću vojnu izmjeru treba uzeti kao reprezentativniji prikaz zbog veće egzaktnosti. Na usporednom prikazu treće i druge izmjere (sl. 3B), uočljiva je sličnost u generalnom smjeru pružanja korita, smještaju gotovo svih meandara, veličini krivina i infleksije meandara te smještaju postojećih mrtvica i rukavaca. Razlike uključuju presijecanje većeg meandra (današnje Parage) na 3 km od početne točke i promjenu morfografije meandra današnje Čambine, koji u usporedbi s drugom izmjerom ima uži vrat (najmanja udaljenost strana korita je oko 130 m), što upućuje na veći stupanj razvoja meandra i približavanje prirodnom spajanju, promjeni toka matice i stvaranju mrtvice.

Zbog takvog uočenog prirodnog razvoja, na meandrima Čambina, Veliko zimoležje i meandru između njih analizirani su veličinski parametri (sl. 2, tab. 1). Sve izmjerene vrijednosti su u većoj ili manjoj mjeri povećane u trećoj u odnosu na drugu izmjeru. Izuzetak je jedino raspon (R) meandra Čambina

koji je neznatno smanjen. Iako je kod Čambine dužina između infleksija praktički ostala nepromijenjena, dužina luka između infleksija (H) i visina krivine (m) su se povećali dok se raspon smanjio, što ukazuje na veću razvijenost meandra. Kod »meandra 2« primjećuju se značajne promjene vrijednosti m/h (s 0,59 na 0,79) i H/h (s 1,42 na 1,87), koje također ukazuju na značajan prirodni razvoj meandra između prikaza. Međutim, kod meandra Veliko zimoležje ne primjećuje se prirodan razvoj zbog gotovo neprimjetne promjene vrijednosti m/h i H/h, nego samo nizvodna migracija. Tomu je možda pridonijelo i antropogeno presijecanje meandra nakon Velikog zimoležja, čime je izravnato korito i poremećen njegov prirodni razvoj nizvodno.

Tablica 1. Vrijednosti parametara istraženih meandara na dva uzastopna prikaza

Parametri	Druga habsburška vojna izmjera			Treća habsburška vojna izmjera		
	Čambina	Meandar 2	V. zimoležje	Čambina	Meandar 2	V. zimoležje
H (km)	2,27	1,50	2,05	2,32	2,50	2,70
H (m)	0,75	1,06	1,35	0,76	1,34	1,76
M (km)	0,99	0,63	0,84	1,08	1,06	1,10
D (km)	1,15	1,23	1,56	1,16	1,66	2,00
R (km)	1,96	2,58	2,52	1,87	2,90	2,74
m/h	1,32	0,59	0,62	1,42	0,79	0,63
H/h	3,03	1,42	1,52	3,05	1,87	1,53

Nadalje, od značajnijih promjena treba spomenuti presijecanje velikog pruda na meandru nakon Čambine koji postaje riječni otok. Općenito, cjelokupni prikaz treće izmjere je bogatiji označenim prudovima, adama i riječnim otocima zbog kojih je na određenim lokacijama segmenta korito široko preko 900 metara. Na zadnjoj trećini istraženog segmenta na prikazu treće izmjere zabilježeno je smanjeno meandriranje rijeke. Također, na kraju segmenta presječen je meandar te se počinje formirati mrtvica u ranom stadiju nastanka (današnja mrtvica Mlađ). Ukupna duljina istraženog segmenta na prikazu treće habsburške izmjere je 23,4 km što je smanjenje od 0,8 km. Smanjenje se dogodilo prvenstveno zbog presijecanja meandra na 3. km.

Mađarska vojna izmjera 1941.

Između treće habsburške vojne izmjere i mađarske vojne izmjere (sl. 3C) prošle su 53 godine, što je relativno dugačko razdoblje u istraživanju promjena korita pod ljudskim utjecajem. Najznačajnije promjene su presijecanje meandara na području Paraga, Bukevja i Čambine uz izravnavanje korita što je dovelo do smanjenja ukupne duljine istraženog segmenta od 5,2 km u odnosu na treću izmjeru iz 1887. godine. Druga značajna promjena je smanjenje širine korita na cijeloj duljini segmenta.

Na prikazu iz 1941., na prvom dijelu segmenta korito je položeno u smjeru istoka-jugoistoka te blago meandrira. Na području nekadašnjeg meandra Čambina vidljiva je mrtvica s vodom, a na području Velikog Zimoležja matica stvara tri manja naizmjenična meandra za razliku od prijašnjeg jednog većeg meandra. Također, 1941. vidljivi su brojni rukavci uz korito te mrtvice ispunjene vodom. Najznačajniji rukavac je onaj koji omeđuje današnji prostor mrtvice Karaš, za razliku od prethodne izmjere kada je izražen bio rukavac na lokaciji današnjeg kanala Bistra.

Topografska karta nadopunjena 1956.

Između 1941. i 1956. (sl. 3D) nema puno značajnijih razlika zbog relativno kratkog istraženog razdoblja. Na početku istraženog segmenta na prikazu iz 1956. zamjetno je blago odstupanje u pružanju korita zbog manjeg povećanja u rasponu krivina meandara. Također, u prvih 7,2 km prikaza iz 1956. zamjetna je veća širina korita, posebno na tjemenu meandara. Na području današnje mrtvice Veliko zimoležje, nekadašnji prvi manji meandar je presječen čime je matica prebačena na rukavac između novonastalog riječnog otoka i desne obale. Nizvodno matica skreće duž nekadašnjeg proširenog rukavca i tvori jedinstveni veći meandar kakav je postojao u doba treće izmjere, dok je dio korita iz 1941.

postao novi rukavac. Uzroci promjena na području Velikog zimoležja su vjerojatno i prirodnog i antropogenog porijekla. Rukavci vidljivi na kartografskim izvorima jednakog su smjera i položaja na oba prikaza, dok su ostatci mrtvica pod vodom različiti u slučaju mrtvica Parage, Brdina luka, Bukevje, Stara Drava i Ločica. Ukupna duljina korita na prikazu iz 1956. je 18,1 km, što je smanjenje od 0,1 km u odnosu na 1941., prvenstveno zbog promjene položaja matice na području Velikog zimoležja.

Digitalna ortofoto snimka 1968.

U 12 godina između topografske karte 1956. godine i DOF snimke 1968. godine nema mnogo velikih promjena. Na početku segmenta presječen je meandar kratkog raspona krivine, konveksne strane na lijevoj obali (sl. 3E). Ostatci meandra su tri rukavca spojena s mrtvicom Sekulina. Nizvodno je zamjetno blago pomicanje meandara vrlo kratkog raspona krivine. Na području Velikog zimoležja matica počinje intenzivnije meandrirati što dovodi do promjene položaja prvog dijela meandra i promjene toka matice kroz novonastali rukavac koji je primijećen na prikazu iz 1941. Na najnižvodnijem segmentu zamjetne su razlike u širini i položaju korita bogatog prudovima i adama. Ukupna duljina korita 1968. je 17,6 km što je 0,5 km kraće u odnosu na prikaz 1956. godine, prvenstveno zbog presijecanja meandra na trećem kilometru korita.

Hrvatska osnovna karta 1982.

U razdoblju između DOF-a 1968. i HOK-a 1982. (sl. 3F) promjena duljine nije značajna. U prvom dijelu istraživanog segmenta, pružanje korita se značajno razlikuje jedino na udaljenosti od 4,3 km od početne točke gdje matica jače skreće udesno i tvori razvijeniji meandar. Najveća promjena ponovno je na prostoru meandra Veliko zimoležje, gdje se vrat meandra sužava dok tjemenski dio meandra donekle prati smjer pružanja kao na prethodnom prikazu. No, najveća razlika je presijecanje meandra uskim kanalom, koji je vjerojatno nastao relativno nedavno jer je ostatak meandra još uvijek aktivan u smislu velike širine i velikog protoka vode. Ostatak nizvodnog segmenta karakterizira velika širina korita zbog nastanka ada i riječnih otoka. Širina korita kroz cijelu dužinu segmenta je manja od prikaza iz 1968. godine, što se prvenstveno može primijetiti u prvom dijelu segmenta do početka meandra Veliko zimoležje.

Osim samog korita, na HOK-u je vidljiv rukavac na području Karaš, te mrtvice ispunjene ili djelomično ispunjene vodom: Čambina, Stara Drava, Bukevje i Ločica. Ukoliko se novonastali rukavac koji presijeca meandar Veliko zimoležje računa kao put matice, ukupna duljina korita je 15,5 km, što je smanjenje od 2,1 km. No, izgledno je da se rijeka do razdoblja nastanka ovog kartografskog izvora još nije dovoljno promijenila u smislu promjene najveće brzine i količine vode kroz novonastali kanal. U tom slučaju ukupna duljina je 17,5 km, što je smanjenje od samo 0,1 km.

Digitalna ortofoto snimka 2017.

Uzimajući u obzir vrijeme od 35 godina koje je prošlo između snimanja za HOK iz 1982. i DOF 2017., razina promjene nije velika (sl. 3G). Nakon 1 km od početne točke primijećen je jači razvoj meandra s konveksnom stranom na desnoj obali te povećanje širine na segmentu od 3 km do 4,3 km kao rezultat nastanka riječnog otoka uz lijevu obalu.

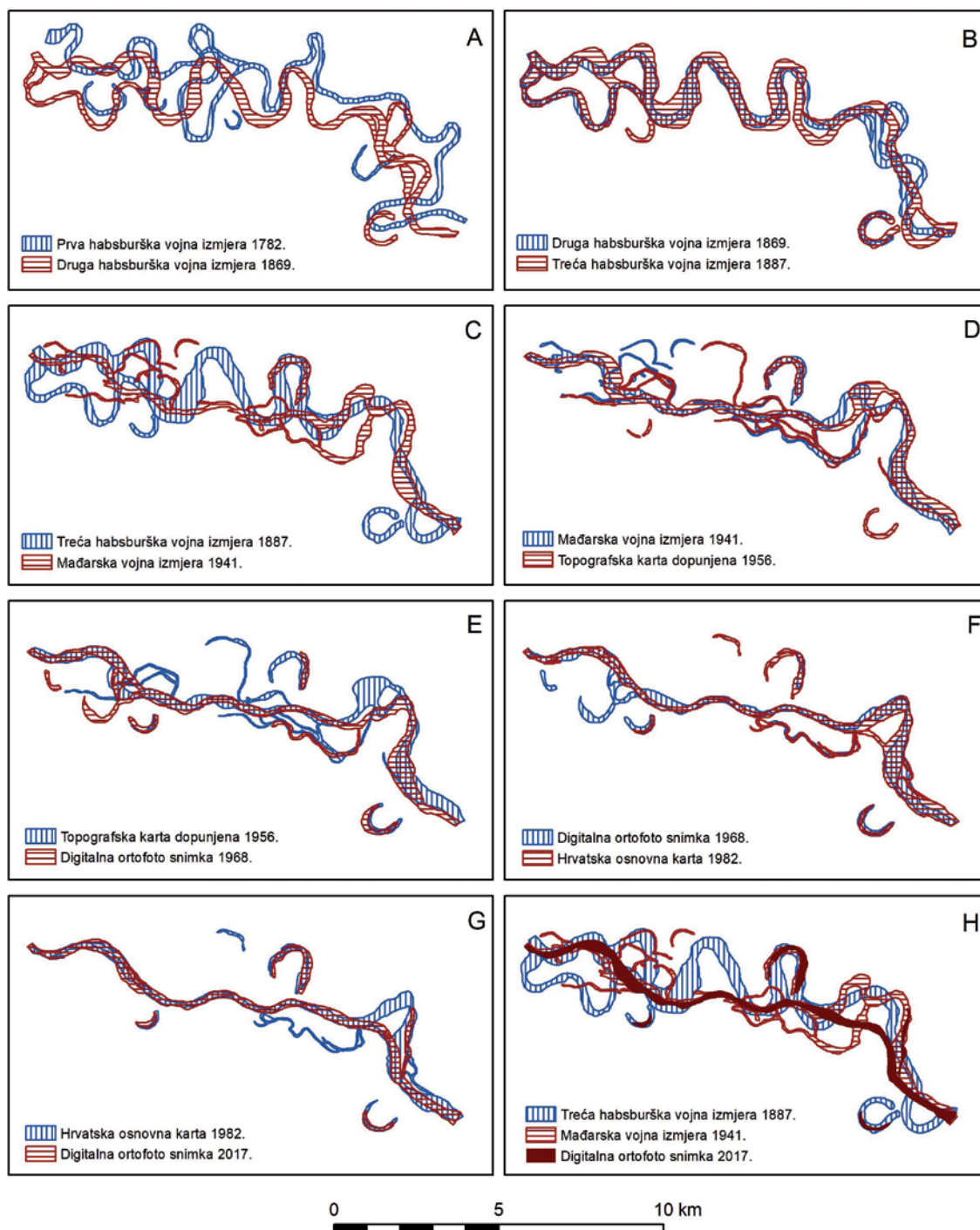
Jedina veća promjena je potpuno presijecanje meandra Veliko zimoležje. Umjetni kanal koji je vidljiv na prikazu iz 1982. je 2017. godine postao glavni i jedini dio korita kojim prolazi matica. Ostatci nekadašnjeg meandra Veliko zimoležje su vidljivi u obliku rukavca. Također postoji i suhi i močvarni dio mrtvice, no pošto je većina toga prostora u Republici Mađarskoj, oni nisu prikazani na izvoru podataka. Na najnižvodnijem segmentu korito je uže nego na prikazu 1982., iako je istog pružanja. Ukupna duljina prikaza 2017. je 15,8 km što je jednako kao 1982. uzimajući u obzir tadašnji novonastali rukavac, te 1,7 km manje, ne računajući kanal.

Dinamika promjene korita u cijelom promatranom razdoblju

Dinamika promjene korita u cijelom promatranom razdoblju sagledana je kroz usporedbu duljine toka na svakom navedenom izvoru (tab. 2). U svim međurazdobljima dolazi do smanjenja duljine toka (sl. 4). Ukupno smanjenje duljine u cijelom istraživanom razdoblju, od 1782. do 2017., iznosi 14,8 km ili 48,4 %, što je malo više od današnje ukupne duljine, ukazujući na intenzitet ukupne promjene. Istra-

živana međurazdoblja razlikuju se po svom trajanju i intenzitetu promjena. Najveće smanjenje duljine toka zabilježeno je u razdoblju 1782.-1896. (6400 m) i 1887.-1941. (5200 m). Prosječno skraćivanje toka najizraženije je u istim razdobljima, odnosno 1887.-1941. (96,3 m/god.) i 1782.-1869. (73,6 m/god.), što je relativno ocijenjeno kao visok intenzitet promjene.

Također je uočeno da se duljina toka ne samo skraćuje i da je intenzitet tog skraćivanja nejednolik već i da je intenzitet skraćivanja to veći što je razdoblje promatranja dulje (sl. 5 – obratiti pažnju na nagibe krivulje u različitim razdobljima). Koeficijent korelacije između prosječnog skraćivanja toka u



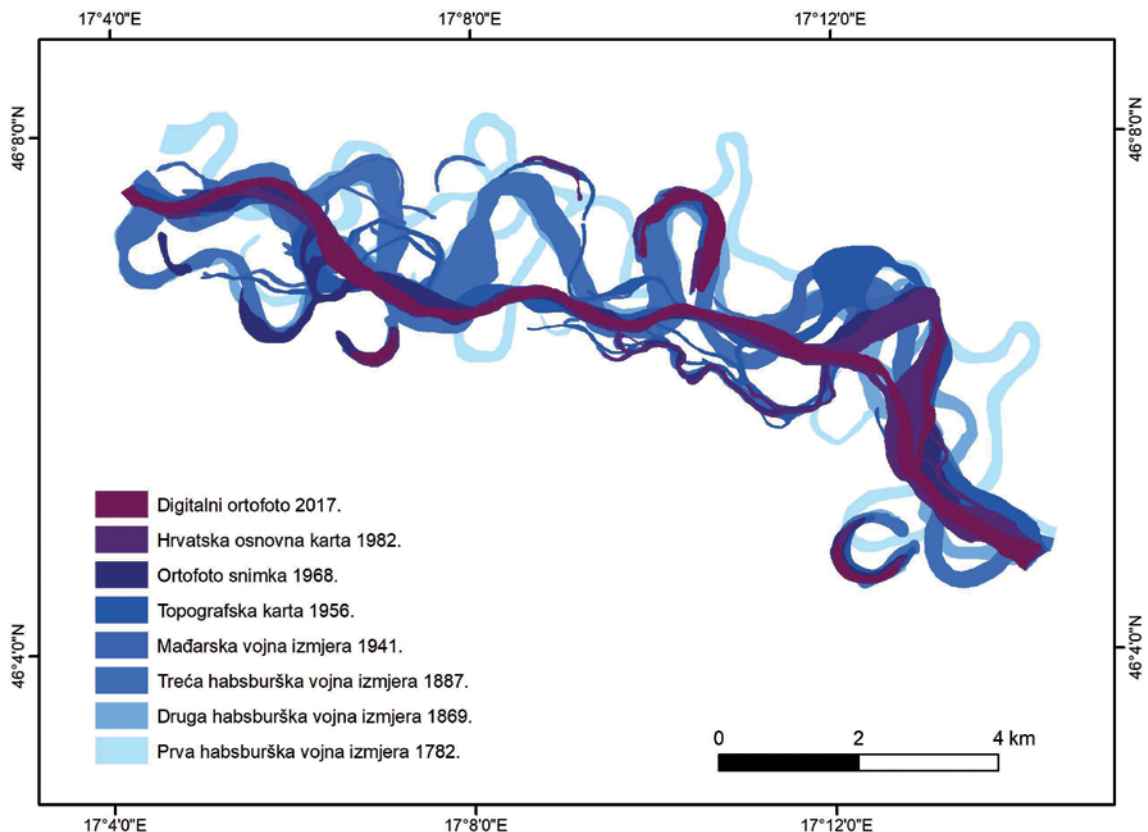
Slika 3. Geomorfološke promjene korita istraživanog segmenta Drape na usporednim kartografskim prikazima

pojedinom razdoblju te trajanja tog razdoblja iznosi 0,75 što je snažna pozitivna korelacija. Kao procijenjeni prevladavajući utjecaji tih promjena na početku prevladavaju prirodni, a kasnije antropogeni čimbenici. Čini se da oni nisu u izravnoj korelaciji sa intenzitetom tih promjena.

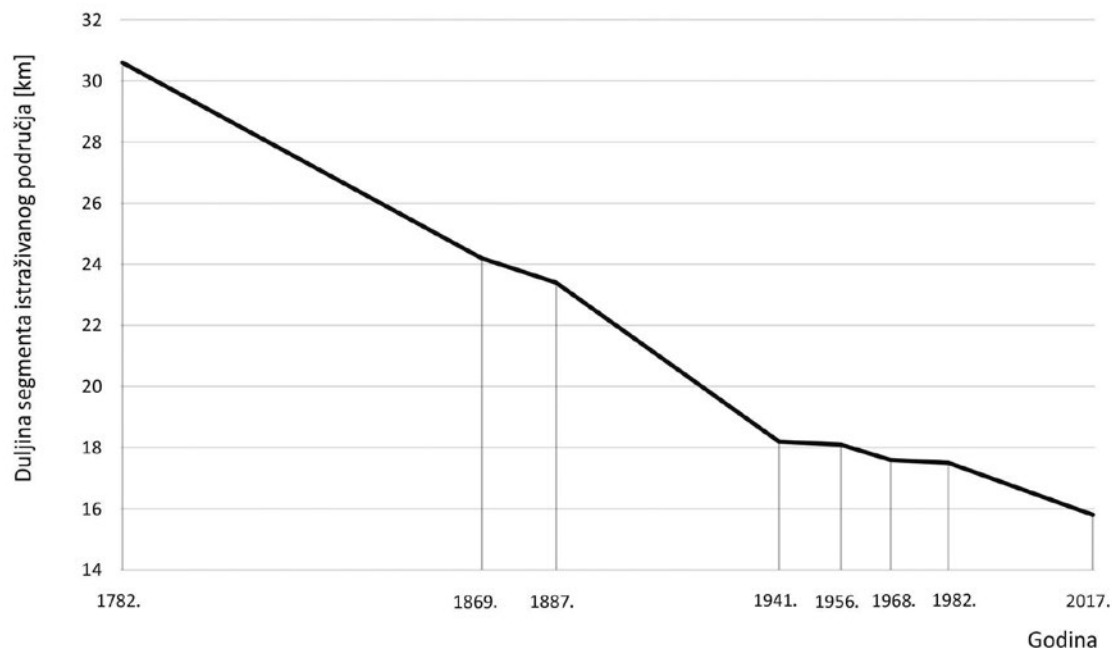
Tablica 2. Parametri promjene duljine istraživanog segmenta Drave u godinama pojedinog analiziranog prikaza

Godina prikaza	Trajanje razdoblja od prethodnog prikaza (godine)	Duljina toka na prikazu (km)	Razlika duljina u odnosu na prethodno razdoblje (m)	Prosječno skraćivanje toka od prethodnog razdoblja (m/god.)	Intenzitet promjene	Procijenjeni prevladavajući utjecaj
1782.	/	30,6	/	/	/	/
1869.	87	24,2	-6400	73,6	visok	prirodni
1887.*	18	23,4	-800	44,4	srednji	prirodni
1941.	54	18,2	-5200	96,3	visok	antropogeni
1956.	15	18,1	-100	6,7	nizak	prirodni
1968.	12	17,6	-500	41,7	srednji	antropogeni
1982.	14	17,5	-100	7,1	nizak	antropogeni
2017.	35	15,8	-1700	48,6	srednji	antropogeni

*U ovo međurazdoblje ne ulazi antropogena promjena presijecanja meandra Čambine jer na kartografskom izvoru završenom 1887. godine postoji kao meandar, iako je u stvarnom vremenu presječen prije 1887.



Slika 4. Geomorfološke promjene korita istraživanog segmenta Drave u cijelom istraživanom razdoblju 1782.-2017.



Slika 5. Promjene duljine istraživanog segmenta Drave po analiziranim godinama

RASPRAVA

Uzroci promjena morfologije korita

Rezultati istraživanja pokazali su velike promjene u duljini i obliku korita Drave na istraživanom segmentu. Dvije su najvažnije karakteristike tih promjena – skraćivanje duljine korita te njegovo izravnavanje (sl. 3H, sl. 4). Geomorfološki tragovi ukazuju da korito istraživanog segmenta u prirodnom stanju pripada morfološkom tipu između meandrirajućeg i isprepletenog korita s manjom razgranatosti toka. U takvom toku u pravilu vlada ravnoteža između erozijskog stvaranja i povećavanja meandara te njihovog prirodnog presijecanja. U takvim uvjetima ne očekuje se naglo skraćivanje toka. Međutim, ovo istraživanje je pokazalo da promjene u duljini korita nisu iste dinamike nego su naizgled intenzivnije u duljim razdobljima (sl. 5). To može ukazivati da su promjene rjeđe i skokovite tj. da se skraćivanje korita događa naglo i u kratkotrajnim periodima. Takva skraćivanja u kraćim istraživanim razdobljima gotovo da nisu zabilježena, a u duljim razdobljima je vidljiv samo njihov akumulirani učinak (sl. 5). To pak navodi na zaključak da su na istraživani segment Drave veći utjecaj imale antropogene promjene – regulacije i hidrotehnički zahvati.

Prema obilježjima, obujmu i značenju regulacijskih zahvata na Dravi, mogu se izdvojiti tri različita razdoblja. Prvo razdoblje je trajalo od početka regulacijskih radova 1780-ih do kraja 1820-ih, drugo od 1830. godine do kraja 1870-tih, i treće od 1880-ih godina do danas (Bognar, 1995, 2008).

Najstariji hidrotehnički radovi na Dravi započeti su 1780. godine, u svrhu osiguranja što bržeg odvođenja velikih poplavnih voda i sprječavanja erozije obala, dok je poboljšanje vodenog puta bilo od manje važnosti. Uski i relativno plitki presjeci meandara rađeni su bez dugotrajnih rješenja i bez pravih metoda, pa se u najviše slučajeva rijeka vraćala u staro prvobitno korito ili je oblikovala korito na novom području (Bognar, 1995, 2008). Pojavom jake akumulacije i stvaranjem prudova moglo je doći do neuspjeha presijecanja tako da korito putem traverzi skrene u novi smjer otjecanja. Takva se je situacija vjerojatno dogodila i prilikom presijecanja velikog meandra na prikazu prve habsburške izmjere (Slukan-Altić, 2002, Živaković-Kerže, 2013), zbog čega je Drava promijenila pružanje korita u središnjem dijelu istraživanog segmenta. Prvo istraživano međurazdoblje (1782.-1869.) općenito je obilježeno prirodnim promjenama poput stvaranja tog novog puta matice te razvoja meandara na prostoru Velikog zimoležja.

Intenzivniji radovi na regulaciji Drave počeli su nakon katastrofalne poplave 1827. godine (Petrić i Cik, 2021). Predviđeno je da se Drava od Zakàny-a do ušća regulacijskim radovima podijeli na četiri ravne dionice, no to se nije ostvarilo zbog dinamike rijeke i različite otpornosti litološke podloge. Presijecanja meandara vršila su se gotovo svake godine 30-ih i 40-ih godina 19. stoljeća, a u tom razdoblju presječen je i meandar Stara Drava (Vujasinović, 2008, Šadek, 2013). Nakon 1868. regulacije su također izvođene osiguravanjem obale, produbljivanjem korita i gradnjom odvodnih jaraka, što je omogućavalo znatnije korištenje poljoprivrednog zemljišta u području poloja. Tako je uređen i potok Bistra kanaliziranjem čime se omogućila odvodnja zaobalnih voda (Slukan-Altić, 2003). Uređenja obale su najviše vođena na lijevoj, mađarskoj strani, sve do početka 20. stoljeća (Bognar, 1995, 2008).

Razdoblje između treće habsburške vojne izmjere i mađarske izmjere 1941. predstavlja treće razdoblje regulacija Drave te je najvažnije za razumijevanje presudnog antropogenog utjecaja na promjenu korita. U tom razdoblju zabilježene su najveće promjene ne računajući razdoblje između prve i druge habsburške izmjere koje treba uzeti sa zadržkom zbog nepouzdanosti kartiranja i georeferenciranja prve izmjere. Početkom 1880-ih godina presječeni meandri Parage i Čambina, a novo hidrografsko snimanje rijeke provedeno je 1886. godine, što je omogućilo regulaciju toka na temelju dimenzioniranja korita. Izgrađeni su i brojni zaštitni objekti. U razdoblju od 1886. do 1915. dogodio se općenito najveći broj regulacija na rijeci, poput presijecanja meandra Bukevje (Slukan-Altić, 2002, Bognar, 1995, 2008). Od 1915. do 1959. regulacija Drave je zbog svjetskih ratova i drugih povijesno-političkih događanja usporena ili zaustavljena. Rijetki radovi uključuju utvrđivanje nasipa na području Ždale i Molvi, te uređenje obale kod Molvi oko 1928. godine (Šadek, 2013). U kasnijim godinama značajna je promjena vidljiva u smanjenju širine korita. Razlog tomu su povećanje brzine i nagiba toka zbog izravnavanja korita, te posljedice uzvodnog iskorištavanja hidroenergije (Petrić i dr., 2019). Presijecanje meandra Veliko zimoležje 1980-ih godina posljednja je velika antropogena promjena u pružanju korita, iako se manje regulacije u pogledu utvrđivanja nasipa i obala na pojedinim lokacijama konstantno provode (Bognar, 1995, 2008, Vujasinović, 2008).

Slične geomorfološke promjene korita Drave od kraja 18. stoljeća na širem području naselja Križnica kod Pitomače zabilježio je Bognar (2008). U razdoblju između 1882. i 1886. godine je zbog presijecanja meandara duljina toka skraćena za 36,9 km, odnosno 72,8 %. Međutim, do sredine 20. stoljeća duljina toka se ponovno povećala za 5,2 km zbog prirodne prilagodbe prethodno izravnatog korita zakonitostima vodne dinamike.

Izgradnja brana radi iskorištavanja hidroenergije također dovodi do brojnih promjena u riječnoj dolini: stvaranja akumulacija, poremećaja vodnog režima, promjena razine podzemnih voda, prekida u prijenosu sedimenta, betoniranja obala, sužavanja korita, kanaliziranja matice te presijecanja meandara kako bi se dobio što ravniji i brži tok (Kiss i András, 2017; Pavlek i Faivre, 2020). Sve navedene promjene zabilježene su na Dravi. Osim promjena na neposrednom području uz HE, značajan utjecaj brana zabilježen je i na nizvodnom dijelu toka. Na istraživanoj dionici je zbog smanjenja vrijednosti srednjeg protoka i razine vode u koritu došlo do sužavanja korita te promjene tlocrta korita iz isprepletenog u blago meandrirajuće, odnosno vijugavo (Matica i Turinski, 2013). U razdoblju 1972.-2002. na dionici 185-195 rkm (neposredno nizvodno od istraživane dionice), zabilježeno je više nego trostruko povećanje površine riječnih otoka jer je vegetacija stabilizirala nekadašnje prudove zbog smanjenja vodostaja (Kiss i dr., 2011). Transport vučenog nanosa (prvenstveno šljunka) je uvelike smanjen ili gotovo prekinut nizvodno od brana, što je dodatno utjecalo na smanjenje širine korita i jačanje usijecanja jer je rijeka postala nezasićena nanosom (Bonacci i Oskoruš, 2010). Kanaliziranjem i izravnavanjem rijeke smanjio se nagib korita i time pojačao intenzitet bočne i dubinske erozije. Također, stvaranje bujičnih valova i nagli porasti vodostaja od 1,5 m zbog rada HE Dubrava (eng. *hydropeaking*) ubrzavaju eroziju obala usprkos činjenici da prirodne poplave gotovo više i ne postoje (Kiss i Balogh, 2015).

Značaj promjena korita za stanovništvo i bioraznolikost

Budući da su promjene korita Drave većinom uzrokovane antropogenim djelovanjem u cilju poboljšanja plovidbe te što bržeg i neometanog otjecanja velikih ili poplavnih voda uz sprječavanje stvaranja ledenih čepova (Bognar, 2008), značaj zabilježenih promjena za stanovništvo je općenito pozitivan. Mnogo je primjera negativnog utjecaja Drave na stanovništvo u prošlosti prije opisanih regulacija; od

jakih poplava koje su rezultirale ugrožavanjem i uništenjem ljudi i imovine (Petrić i Obadić, 2007; Petrić i Cik, 2021), nesigurnih prijelaza rijeke zbog kojih je npr. 1930. kod Repaša došlo do pogibije 30-ak ljudi pa do utjecaja na ljudsku djelatnost poput mlinarenja (Šadek, 2013). U 18. i na početku 19. stoljeća mlinovi nisu redovito radili upravo zbog plavljenja velikog područja uz Dravu. S druge strane, sve do danas vidi se smanjenje broja mlinova, što je između ostalog uzrokovano upravo smanjenjem duljine korita (Miholek, 2013). Promjene korita Drave su direktno utjecale na smještaj i mogućnost života na nekim područjima. Naselje Brod koje je postojalo uz desnu obalu Drave nešto južnije od područja istraživanja je zbog intenzivne poplave 1847./1848. postalo ada. Budući da nije bilo moguće nastaviti život na tom prostoru, osnovano je novo naselje Ferdinandovac u koje se preselilo svo stanovništvo (Petrić i dr., 2019). Regulacijske promjene u obliku utvrđivanja i uređenja nasipa u posljednjih 150-ak godina omogućile su pretvaranje nekadašnjeg poloja u poljoprivredne površine i približavanje stanovništva samom koritu u usporedbi s vremenom prije 18. stoljeća.

Promjene korita Drave uvelike utječu i na biljni i životinjski svijet. Regulacije narušavaju prirodne procese erozije i sedimentacije u tekućici, čime se zaustavlja dinamika koja pokreće regeneraciju staništa. Time se smanjuje raznolikost krajolika i staništa poput prudova i mrtvica (Šafarek, 2012). Prema broju i rasponu intenziteta promjena na istraživanoj dionici Drave ističe se područje meandra Veliko zimoležje (mađ. Vizvar-Belavar). Korito se u tom području mijenjalo u svakom međurazdoblju, najviše prirodnim putem, sve do 1980-ih kada je meandar umjetno presječen. Time je tok skraćen, a njegova brzina je povećana, zbog čega dolazi do pojačane erozije dna i obala korita, a smanjena je i mogućnost biološkog samopročišćavanja (Matica i Turinski, 2013). Danas je to područje močvarno, velikim dijelom stalno ispunjeno vodom. Kiss i Andrási (2019) predlažu revitalizaciju područja smanjenjem brzine matice nakon čega bi došlo do smanjenja intenziteta bočne erozije. Mrtvica i njezini rukavci mogli bi biti normalno praznjeni stvaranjem kanala (rukavca) od lijeve obale korita preko područja mrtvice. Time bi se smanjila i snaga matice jer bi se određena količina vode odvojila novim rukavcem. No, na taj način vratila bi se dinamika poloja na tom području što predstavlja veliku opasnost zbog mogućih poplava.

ZAKLJUČAK

Geomorfološka obilježja korita rijeke Drave između Repaša i Ferdinandovca značajno su se promijenila od kraja 18. stoljeća do danas. U navedenom razdoblju smanjenje duljine istraživanog segmenta iznosi 14,8 km, odnosno 48,4% duljine s kraja 18. stoljeća. Najveće promjene dogodile su se u prvoj polovici razdoblja istraživanja, točnije u prvom (1782.-1869.) i trećem (1887.-1941.) međurazdoblju. Najveći intenzitet promjene ocijenjen je u trećem međurazdoblju. Srednji intenzitet promjene zabilježen je u međurazdobljima od 1869. do 1887. god. te od 1956. do 1968. god., dok je u ostala tri međurazdoblja intenzitet promjene procijenjen kao nizak.

Uzroci promjena su podijeljeni na antropogene, odnosno na regulacijske radove i hidroenergetske zahvate te na prirodne, odnosno procese meandriranja. Gledajući ukupno, geomorfološke promjene korita na istraživanoj dionici Drave od kraja 18. stoljeća ponajviše su uzrokovane antropogenim djelovanjem u cilju obrane od poplava, melioracije zemljišta i proizvodnje električne energije. Prirodni uzroci značajniji su u tri međurazdoblja. Promjene najvećeg intenziteta zabilježene u međurazdoblju 1887.-1941. najvećim su dijelom posljedica antropogenog presijecanja meandara, kao i u slučaju drugih međurazdoblja visokog i srednjeg intenziteta promjene.

Istraživani segment korita Drave prirodno pripada morfološkom tipu između meandrirajućeg i isprepletenog korita, s manjom razgranatošću toka. Međutim, zbog antropogenih utjecaja (prvenstveno presijecanja meandara), korito je danas samo blago meandrirajuće, odnosno vijugavo (engl. *sinuous*).

LITERATURA

1. Bognar, A., 1985: Basic geomorphological problems of the Drava river plain in SR Croatia. Geographical papers, 6, 99–105.
2. Bognar, A., 1995: Regulacije i njihov utjecaj na geomorfološko oblikovanje korita Drave i Dunava u Hrvatskoj,

- u: 1. *Hrvatska konferencija o vodama-Održivi razvoj i upravljanje vodama* (ur. Gereš D.) Dubrovnik, 24.-27. 5. 1995, Hrvatska vodoprivreda, Zagreb, 449-461.
3. Bogнар, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 34, 7-29.
 4. Bogнар, A., 2008: Geomorfološka obilježja korita rijeke Drave i njenog poloja u širem području naselja Križnica, *Hrvatski geografski glasnik* 70 (2), 49-71.
 5. Bonacci, O., Oskoruš, D., 2010: The changes of the lower Drava River water level, discharge and suspended sediment regime, *Environmental Earth Sciences* 59 (8), 1661-1670.
 6. Bonacci, O., Oskoruš, D., 2019: Human Impacts on Water Regime, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), 125-137.
 7. Čanjevac, I., 2013: Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj, *Hrvatski geografski glasnik*, 75(1), 23-42.
 8. Čanjevac, I., Pavlek, K., Orešić, D., 2022: Duljine tekucica u Hrvatskoj određene na temelju topografske karte mjerila 1: 25 000, *Hrvatski geografski glasnik*, 84(1), 5-30.
 9. Downs, P. W., Piégay, H., 2019: Catchment-scale cumulative impact of human activities on river channels in the late Anthropocene: implications, limitations, prospect, *Geomorphology*, 338, 88-104.
 10. Frangeš, S., Čosić, S., Alilović, M., Landek, I., 2012: *Topografske karte na području Hrvatske*, Državna geodetska uprava, Zagreb.
 11. Hećimović I., 1986a: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Đurđevac L33-71, Savezni geološki zavod, Beograd.
 12. Hećimović I., 1986b: Tumač za list Đurđevac L33-71, Savezni geološki zavod Beograd.
 13. Hidrografski atlas rijeke Drave 1972: sv. 1, 2, 3, Republički sekretarijat za vodoprivredu SR Hrvatske, Zagreb u suradnji s Vodoprivredno naučno istraživačkim institutom NR Mađarske, Budapest, Zagreb.
 14. Hohensinner, S., Habersack, H., Jungwirth, M., Zauner, G., 2004: Reconstruction of the characteristics of a natural alluvial river-floodplain system and hydromorphological changes following human modifications: the Danube River (1812–1991), *River Research and Applications*, 20(1), 25-41.
 15. Kiss, T., Balogh, M., 2015: Characteristics of point-bar development under the influence of a dam: case study on the Dráva River at Sigetec, Croatia, *Journal of Environmental Geography*, 8(1-2), 23-30.
 16. Kiss, T., András, G., 2017: Hydro-morphological Responses of the Dráva River on various Engineering Works, *Ekonomika i ekohistorija* 13(1), 14-24.
 17. Kiss, T., András, G., 2019: Evolution of the Drava Floodplain in Hungary in the Last 100 Years, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), Springer, Budapest, 157-173.riba
 18. Kiss, T., Fiala, K., Sipos, G., 2008: Alterations of channel parameters in response to river regulation works since 1840 on the Lower Tisza River (Hungary), *Geomorphology*, 98(1-2), 96-110.
 19. Kiss, T., András, G., Hernesz, P., 2011: Morphological alteration of the Dráva as the result of human impact. *AGD Landscape & Environment*, 5(2), 58-75.
 20. Knighton, D., 1998: *Fluvial forms and processes: a new perspective*. Routledge.
 21. Liébault, F., Piégay, H., 2002: Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France, *Earth Surface Processes and Landforms* 27(4), 425-444.
 22. Matica, M., Turinski, M., 2013: Integrirano upravljanje rijekom Dravom, *Podravski zbornik* 39, 19-28.
 23. Miholek, V., 2013: Dravske vodenice i mlinovi potočari đurđevečke Podravine od polovice 18. do polovice 20. stoljeća, *Podravina* 12 (24), 120-140.
 24. Pavlek, K., Faivre, S., 2020: Geomorphological changes of the Cetina River channels since the end of the nineteenth century, natural vs anthropogenic impacts (the Dinarides, Croatia), *Environmental Earth Sciences*, 79(20), 1-16.
 25. Petrić, H., Obadić, I., 2007: Drava River Flooding in Varaždin and Koprivnica Parts of Podravina (Drava River Region - between Croatia and Hungary) in the Period 17th - 19th Century. *Podravina*, 6 (12), 136-147.
 26. Petrić, H., Tamas, E. A., Loczy, D., 2019: Flood History and River Regulation, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), Springer, Budapest, 105-121.
 27. Petrić, H., Cik, N., 2021: Contributions to the knowledge of the river Drava flood in 1827, *Ekonomika i ekohistorija* 17(1), 15-33.
 28. Rinaldi, M., Gurnell, A. M., Del Tánago, M. G., Bussetini, M., Hendriks, D., 2016: Classification of river morphology and hydrology to support management and restoration, *Aquatic Sciences*, 78(1), 17-33.
 29. Schwartz, U., 2007: Pilot Study: Hydromorphological Survey and Mapping of the Drava and Mura Rivers, *FLUVIUS Floodplain Ecology and River Basin Management*, Vienna.

30. Scorpio, V., Aucelli, P. P., Giano, S. I., Pisano, L., Robustelli, G., Roskopf, C. M., Schiattarella, M., 2015: River channel adjustments in Southern Italy over the past 150 years and implications for channel recovery, *Geomorphology*, 251, 77-90.
31. Sečen, V., 1994: Uređenje i višenamjensko korištenje Drave: osvrt na projekt Novo Virje, *Gospodarstvo i okoliš* 2 (5), 294-298.
32. Slukan-Altić, M., 2002: Hidroregulacije Drave i njezini utjecaji na transformaciju prirodnog i kulturnog pejzaža Podravine, *Podravina* 2, 128-152.
33. Slukan-Altić, M., 2003: *Povijesna kartografija: Kartografski izvori u povijesnim znanostima*, Meridijani, Samobor.
34. Surian, N., Rinaldi, M., 2003: Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy, *Geomorphology*, 50(4), 307-326.
35. Šadek, V., 2013: Prilozi o utjecaju rijeke Drave na život stanovnika koprivničke i đurđevačke Podravine od 1918. do 1941. - poplave, regulacije, prometni i komunikacijski problemi, *Podravina* 12 (24), 141-149.
36. Šafarek, G., 2012: Recentne hidromorfološke promjene na širem području ušća Mure u Dravu. *Ekonomika i ekohistorija* 8, 5-13.
37. Tadić, L., Brleković, T., 2019: Hydrological Characteristics of the Drava River in Croatia, u: *The Drava river: environmental problems and solutions* (ur: Loczy, D.), Springer, Budapest, 79-90.
38. Timar, G., Molnár, G., Székely, B., Biszak, S., Varga, J., Jankó, A., 2006: Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the Second Military Survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest.
39. Vujasinović, B., 2008: Radovi na uređenju rijeke Drave do kraja 19. stoljeća, *Hrvatske vode* 64, 235-239.
40. Zawiejska J, Wyżga B., 2010: Twentieth-century channel change on the Dunajec River, southern Poland: patterns, causes and controls, *Geomorphology* 117:234–246.
41. Zentai L., Buga L., Gercsák G., 2018: Hungarian military mapping abroad 1919–1990, *The Cartographic Journal* 55 (2), 159-169.
42. Zhu, S., Bonacci, O., Oskoruš, D., 2019: Assessing sediment regime alteration of the lower Drava River, *e-GFOS* 10(19), 1-12.
43. Živaković-Kerže, Z., 2013: Tržište i njegov utjecaj na regulaciju Drave i odvodnju slavonsko-dravske nizine (Osvrt na 19.stoljeće), *Podravina* 12 (24), 97-111.
44. Živaković-Kerže, Z., Benić Penava, M., 2021: Velike vode: Poplave rijeka Drave i Save u 19. stoljeću, *Ekonomika i ekohistorija* 17(1), 5-14.

IZVORI

1. Arcanum maps (nekadašnji Mapire), <https://maps.arcanum.com/en/>, 2.5.2022.
2. Informacijski sustav prostornog uređenja, <https://ispu.mgipu.hr/#/>, 2.5.2022.
3. Digitalni ortofoto 1968, podaci o DOF68, <https://geoportal.nipp.hr/geonetwork/srv/hrv/catalog.search#/metadata/5e8c2027-f27a-4cb3-a50c-5f0b5d5bb6cd>, 2.5.2022.
4. Geoportal Državne geodetske uprave republike Hrvatske, <https://geoportal.dgu.hr/>, 2.5.2022.

SUMMARY

This paper investigates channel changes of the Drava River on the section from Repaš to Ferdinandovac in the last 235 years under the influence of natural and anthropogenic factors. The length of the river was measured by the channel centreline based on eight cartographic sources, including maps of military surveys from the Habsburg Empire, topographic maps from the mid and late 20th century, and archival and contemporary aerial photographs and orthophotos. The intensity of changes and the dominant factor of change were determined by analysing the changes in flow length and the occurrence of geomorphological forms in the channel and floodplain, especially the oxbow lakes. During the studied period, observed significant changes in the length of the river in the studied section were mainly caused by human activity. As a result of engineering works on the river, primarily the artificial meander cutoffs due to flood protection, the length of the studied section has decreased by 14.8 km since the end of the 18th century, which corresponds to 48.4% of the initial length. The most significant changes were recorded at the turn of the 20th century, when most of the river regulation works were carried out.