

# Modeliranje habitatne primernosti za izbrane ciljne vrste na območju Natura 2000 Dravinja s pritoki

Avtorji / Authors: Aljaž Jenič, Maša Čarf, Rok Hamzič, Diana Marguč, Vit Kukulja, Luka Mrzelj, Daša Zabric

Spodnje Gameljne, 13. 6. 2023

[www.natura2000.si](http://www.natura2000.si)



LIFE-IP NATURA.SI



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR



Zavod za  
ribištvo  
Slovenije

LIFE integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji (LIFE17 IPE/SI/000011) sofinancirajo Evropska unija v okviru programa LIFE, Ministrstvo za naravne vire in prostor ter partnerji. Za vsebino tega gradiva so odgovorni samo avtorji. Ta vsebina ne odraža nujno mnenja Evropske unije. Zato za vsebino in iz nje izhajajočo morebitno uporabo informacij Evropska izvajalska agencija za podnebje, infrastrukturo in okolje ter Evropska komisija ne prevzemata odgovornosti.



Projekt: LIFE-IP NATURA.SI: LIFE Integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji – LIFE17 IPE/SI/000011

Naloga in akcija: A.1.3

Nosilec projekta: Ministrstvo za naravne vire in prostor  
Dunajska 48  
SI-1000 Ljubljana

Izvajalec naloge: Zavod za ribištvo Slovenije

Datum: 13. 4. 2023

Nosilec naloge: Aljaž Jenič

Delovna skupina: Aljaž Jenič, Maša Čarf, Rok Hamzić, Diana Marguč, Vit Kukulja, Luka Mrzelj, Daša Zabrc



## Kazalo

<b>POVZETEK</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>8</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2 metode</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 Izbor lokacij za habitatno modeliranje</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2 Ciljni vrsti</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3 Vhodni podatki habitatnega modela</b> .....	<b>12</b>
2.3.1 Hidravlični model .....	12
2.3.2 Popis substrata .....	13
2.3.3 Popis skrivališč .....	15
2.3.4 Določitev habitatnih zahtev za ciljni vrsti .....	16
<b>2.4 Izvedba modeliranja</b> .....	<b>17</b>
<b>3 rezultati</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1 Odsek Dravinja-Koritno</b> .....	<b>20</b>
3.1.1 Koritno obstoječe stanje .....	20
3.1.2 Koritno S1 .....	22
3.1.3 Koritno S2 .....	23
3.1.4 Koritno S3 .....	24
3.1.5 Rezultati scenarijev na odseku Koritno in primerjava z obstoječim stanjem ...	25
<b>3.2 Odsek Dravinja-Varoš</b> .....	<b>28</b>
3.2.1 Varoš trenutno stanje .....	28
3.2.2 Varoš S1 .....	30
3.2.3 Varoš S2 .....	31
3.2.4 Varoš S3 .....	31
3.2.5 Rezultati scenarijev na odseku Varoš in primerjava s trenutnim stanjem .....	32
<b>3.3 Odsek Dravinja-Makole</b> .....	<b>35</b>



3.3.1	Makole trenutno stanje .....	35
3.3.2	Makole S1 .....	37
3.3.3	Makole S2.....	37
3.3.4	Makole S3.....	38
3.3.5	Rezultati scenarijev na odseku Makole in primerjava s trenutnim stanjem .....	38
<b>3.4</b>	<b>Makole skupni odsek (D1-D5):.....</b>	<b>41</b>
3.4.1	Rezultati scenarijev na odseku D1-D5 in primerjava s trenutnim stanjem .....	43
<b>4</b>	<b>Diskusija.....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČKI .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>49</b>
<b>PRILOGE</b>	<b>.....</b>	<b>51</b>



## Kazalo slik

Slika 1: Pregledna karta območja z označenimi mesti odsekov, izbranih za habitatno modeliranje na Dravinji. ....	11
Slika 2: Popis substrata in skrivališč v Dravinji. ....	14
Slika 3: Grafični prikaz popisane substrata na odseku Koritno, obstoječe stanje.....	15
Slika 4: Grafični prikaz popisanih skrivališč za ribe na odseku Koritno, obstoječe stanje. ....	16
Slika 5: Shema glavnih modulov programskega orodja CASiMiR (prirejeno po Schneider s sod., 2010). ....	18
Slika 6: Shema mehkega inferenčnega stroja (povzeto po Schneider s sod., 2010). ....	19
Slika 7: Ortofoto posnetek odseka Koritno z označenim modeliranim odsekom (rdeče). ....	20
Slika 8: Digitalni model terena- obstoječe stanje odseka Koritno (Šantl in sod., 2020). ....	21
Slika 9: Uporabna korigirana površina (WUA) in hidravlični indeks primernosti (HHS) za obe ciljni vrsti za obstoječi odsek Koritno. ....	22
Slika 10: Digitalni model terena za scenarij 1 na odseku Koritno (Šantl in sod., 2021a). ....	23
Slika 11: Digitalni model terena za scenarij 2 na odseku Koritno (Šantl in sod., 2021a). ....	24
Slika 12: Digitalni model terena za scenarij 3 na odseku Koritno (Šantl in sod., 2021a). ....	25
Slika 13: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja na odseku Koritno; primerjava obstoječega stanja in scenarijev (obstoječe stanje - siva barva, S1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno). ....	25
Slika 14: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja na odseku Koritno; primerjava obstoječega stanja in scenarijev (obstoječe stanje - siva barva, scenarij 1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno). ....	26
Slika 15: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico na odseku Koritno: trenutno stanje in vsi scenariji (trenutno stanje- siva barva, S1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno). ....	27
Slika 16: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico na odseku Koritno: trenutno stanje in vsi scenariji (trenutno stanje- siva barva, S1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno). ....	27
Slika 17: Ortofoto posnetek odseka Varoš. Z rdečo je označen modelirani odsek. ....	29
Slika 18: Digitalni model terena, odsek Varoš trenutno stanje (Šantl in sod., 2020). ....	29
Slika 19: Uporabna korigirana površina (WUA), in hidravlični indeks primernosti (HHS) za obe ciljni vrsti za odsek Varoš, trenutno stanje. ....	30
Slika 20: Digitalni model terena za scenarij 1, odsek Varoš (Šantl in sod., 2021a). ....	31
Slika 21: Digitalni model terena za scenarij 2, odsek Varoš (Šantl in sod., 2021a). ....	31
Slika 22: Digitalni model terena za scenarij 3, odsek Varoš (Šantl in sod., 2021a). ....	32
Slika 23: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku Varoš: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije. ....	32
Slika 24: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja na odseku Varoš: trenutno stanje in vsi scenariji (trenutno stanje- siva barva, scenarij 1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno). ....	33
Slika 25: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico v Dravinji na odseku Varoš: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije. ....	34
Slika 26: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico v Dravinji na odseku Varoš: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije. ....	34
Slika 27: Ortofoto posnetek odseka Makole. Z rdečo je označen modelirani odsek. ....	35
Slika 28: Digitalni model terena, odsek Makole trenutno stanje (Šantl in sod., 2020). ....	36
Slika 29: Uporabna korigirana površina (WUA), in hidravlični indeks primernosti (HHS) za obe ciljni vrsti za odsek Makole, trenutno stanje. ....	36



Slika 30: Digitalni model terena za scenarij 1, odsek Makole (Šantl in sod., 2021a).....	37
Slika 31: Digitalni model terena za scenarij 2, odsek Makole (Šantl in sod., 2021a).....	38
Slika 32: Digitalni model terena za scenarij 3, odsek Makole (Šantl in sod., 2021a).....	38
Slika 33: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije. ....	39
Slika 34: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje in trije različni scenariji renaturacije. ....	39
Slika 35: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije. ....	40
Slika 36: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje in trije različni scenariji renaturacije. ....	41
Slika 37: Ortofoto posnetek odseka Makole, D1-D5. Z rdečo je označen modelirani odsek..	42
Slika 38: Digitalni model terena za scenarij 1, odsek D1-D5 (Šantl in sod., 2021b).....	42
Slika 39: Digitalni model terena za scenarij 2, odsek D1-D5 (Šantl in sod., 2021b).....	43
Slika 40: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje (S0) in različna scenariji (S1, S2) renaturacije. ....	44
Slika 41: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje in različna scenarija (S1, S2) renaturacije. ....	44
Slika 42: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje (S0) in različna scenariji (S1, S2) renaturacije. ....	45
Slika 43: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje in različna scenarija (S1, S2) renaturacije. ....	45

## Kazalo preglednic

Preglednica 1: Izbrana mesta za izvedbo habitatnega modeliranja – ime naselja, Gauss—Krügerjeve koordinate in nadmorska višina (Jenič in sod., 2020). ....	11
Preglednica 2: Nabor pretokov, uporabljenih za habitatno modeliranje na izbranih odsekih Dravinje .....	13



## POVZETEK

Habitatno modeliranje je orodje, ki se v zadnjih letih vse pogosteje uporablja pri iskanju in preverjanju učinkovitih ukrepov na vodotokih. V nalogi smo se posvetili modeliranju habitatne primernosti na izbranih odsekih Dravinje za dve ciljni vrsti, in sicer za platnico (*Rutilus virgo* (Heckel, 1852)) in donavskega potočnega piškurja (*Eudontimyzon vladykovi* Oliva & Zanandrea 1959) z namenom, da zagotovimo najboljšo možno strokovno podporo pri načrtovanju renaturacij na tem območju reke Dravinje.

V prvi fazi smo izbrali tri 150 m dolge odseke Dravinje, na katerih smo s pomočjo zunanjih izvajalcev izvedli geodetske meritve in izdelali hidravlične modele, sodelavci Zavoda za ribištvo Slovenije pa smo podrobno popisali prisotna skrivališča za ribe in velikost delcev substrata. Na podlagi navedenih vhodnih podatkov smo za vsak odsek izdelali habitatni model za trenutno stanje v naravi in za vsak odsek še tri različne scenarije za izvedbo renaturacije (2. faza). Rezultate habitatnega modeliranja smo primerjali ter analizirali, kako posamezen ukrep spremeni habitatno primernost za obe ciljni vrsti.

V tretji fazi smo partnerji skupine projekta LIFE IP NATURA.SI skupaj izbrali nov odsek reke Dravinje v skupni dolžini okoli 380 m, kjer smo z namenom načrtovanja renaturacije ponovili pridobivanje potrebnih vhodnih podatkov in izdelavo hidravličnega in habitatnega modela. Izdelali smo model trenutnega stanja in dva scenarija za izvedbo renaturacije glede na možnosti odkupa zemljišč ob strugi. Rezultati modela kažejo, da oba izbrana scenarija v predvideni izvedbi poslabšata primernost habitata za platnico, primernost za donavskega potočnega piškurja pa ostaja približno enaka. Zaradi odstranitve obeg pragov, predvidene v obsegu renaturacije, so hitrosti vodnega toka na celotnem odseku prevelike, pri čemer tudi dodatni predvideni meandri hitrosti vodnega toka ne upočasnijo dovolj. Pri izvedbi ukrepov na tem odseku je zato nujno potrebno zmanjšanje hitrosti vode s čimbolj sonaravnimi ukrepi. Z modeliranjem habitatne primernosti, ki smo jih izvedli v prvi in drugi fazi, smo ugotovili, da so tolmuni - najbolje v kombinaciji z razvejitvami- ključni elementi v strugi, ki ohranjajo veliko habitatno primernost pri zelo velikem razponu pretokov.



## ABSTRACT

Habitat modeling is a tool that has been increasingly used in recent years and has been used to find and verify effective measures in renaturations. We performed habitat modeling in selected sections of the Dravinja river for two target species, namely the cactus roach (*Rutilus virgo*) and the Danube brook lamprey (*Eudontimyzon vladykovi*), with the aim of providing the best possible support in carrying out renaturations in Project.

In the first phase, we selected three 150 m long sections of the Dravinja river, on which we and external contractors carried out geodetic measurements, created hydraulic models, and made an inventory of fish cover and the size of the substrate particles. For each section, a habitat model for the present situation was created and for each section three different renaturation scenarios (phase 2). We compared the results of the habitat models and analyzed how a different measures changes the habitat suitability for each target species.

In the third phase we made a habitat model on a new section, approximately 380 m long stretch of the Dravinja river. It was previously agreed by the partners of the Project that renaturations will be made on this stretch. We repeated the collection of the required data. We made a model of the present situation and two renaturation scenarios, based on the possibilities of land purchase. The results of modelling show that both predicted scenarios impair the suitability of the habitat for the roach, while the suitability for the Danube lamprey remains approximately the same. Due to the planned removal of the two barriers, the speed of the water flow in the entire section is too high, and even the additional planned meanders do not sufficiently compensate the speed of the water flow. During the physical implementation of measures on this section, it is therefore absolutely necessary to reduce the speed of the water with different measures. In the modeling we carried out in the first and second phases, we found that the pools are key elements in the riverbed that maintain a high habitat suitability in a very large range of flows.





## 1 UVOD

Že tisočletja ljudje reguliramo vodotoke in si jih prilagajamo tako, da nam čim bolj koristijo z vidika potreb po vodi, kmetijskih površinah, energiji, transportu ali poplavni varnosti. V zadnjem stoletju se je pritisk na vodotoke le še stopnjeval. Šele v zadnjih desetletjih je hkrati narasla tudi zavest in težnja k ohranjanju in renaturaciji antropogeno spremenjenih vodotokov. Hkrati z vse pogostejšimi renaturacijami se je razvijalo tudi habitatno modeliranje, za katerega obstaja vrsta različnih orodij; habitatno modeliranje je precej dobro raziskano in lahko bistveno izboljša učinkovito načrtovanje renaturacij. Raziskave so si večinoma enotne, da je kombinacija variabilnega pretoka in morfološke raznolikosti, ob upoštevanju ostalih ključnih dejavnikov, kot je na primer kvaliteta vode, ključna pri vzpostavitvi in ohranjanju dinamičnega ravnovesja v ekosistemih tekočih voda (npr. Osmundson in sod., 2002; Cowx in Gould, 1989; Copp 1990).

**Habitat** ali življenjski prostor posamezne vrste je definiran kot prostor, v katerem vrste najdejo ustrezne življenjske razmere, ki omogočajo njihovo preživetje in razmnoževanje (Tarman, 1992). Vsak dejavnik okolja, ki vpliva na uspešnost določene vrste, se mora nahajati znotraj strpnostnega oziroma tolerančnega območja. Do izbire habitatov prihaja, ko se organizem izogiba določenemu habitatu ali ga uporablja v večjem razmerju kot je njegova razpoložljivost v okolju. V različnih študijah se izrazi izbira habitatov, habitatne preference in habitatne zahteve pogosto zamenjujejo (Rosenberg 2003). Izbira habitatov se pogosto uporablja kot sinonim za preferenco do habitatov, vendar je po Rosenbergu (2003) pravo preferenco do habitatov najbolje določiti s poskusi v kontroliranih pogojih, kot so npr. predacija, kompeticija in razpoložljivost habitatov. Različno uporabo habitatov v divjini zato Rosenberg definira kot izbira habitatov in ne preferenco. Običajno sicer domnevamo, da izbira habitatov kaže tudi na habitatne zahteve vrste, vendar je ta predpostavka z raziskavami le redko potrjena (Rosenberg 2003).

Kompleksni habitatni modeli, ki predvidevajo prisotnost, distribucijo oz. številčnost posamezne vrste, so lahko dveh tipov-t. i. dinamični simulacijski modeli, ki opisujejo demografske procese (npr. analiza viabilnosti populacije) ali statistični modeli, ki se naslanjajo predvsem na korelacijo posameznih dejavnikov, ne pa nujno na vzročnost (Thuiller in Munkenmuller, 2010). Oba tipa modelov sta kompleksna in informacijsko zelo zahtevna. Modeliranje primernosti habitatov je alternativa tema tipoma modeliranja, saj zahteva manj vhodnih podatkov, predvsem pa ne zahteva zelo poglobljenega pogleda v začetno stanje populacije. Cilj modeliranja primernosti habitatov je identificirati najbolj pomembne spremenljivke, ki vplivajo na prisotnost ali odsotnost vrste, število osebkov ali uspešnost preživetja. Ti modeli so vzpostavljeni tako, da se trenutna razširjenost vrste poveže z okoljem, prihodnja razporeditev, prisotnost ali primernost pa je odvisna od sprememb v okolju. Pomanjkljivost teh modelov je, da lahko že minimalne razlike v modelu trenutnega stanja (npr. kvaliteta in natančnost vhodnih podatkov) zelo močno vplivajo na predikcijo stanja v prihodnosti (Thuiller in Munkenmuller, 2010). V naši nalogi smo izbrali modeliranje primernosti habitatov. V nadaljevanju se uporabljeni pojem »**habitatno modeliranje**« nanaša na modeliranje primernosti habitatov.

Habitatno modeliranje omogoča dobro primerjavo posameznih območij (npr. prostorskih enot) v prostoru in času, hkrati pa omogoča lažje načrtovanje različnih čim bolj primernih posegov v



naravo ter olajša izbiro ukrepov za izboljšanje kvalitete habitata. Vseh dejavnikov, ki vplivajo na primernost habitata, ni mogoče izmeriti in jih ovrednotiti, saj za marsikatero ni znano, kako delujejo. K sreči lahko pogosto z le nekaj najpomembnejšimi dejavniki oz. parametri relativno dobro napovemo primernost habitata za izbrane starostne skupine nekaterih vrst rib, pod pogojem, da so tudi ostali parametri v preferenčnem območju izbrane vrste. Parametri, ki se jih najpogosteje uporablja pri modeliranju habitatne primernosti za ribe, so hitrost vodnega toka, globina vode, velikost rečnih usedlin in morebitna prisotnost skrivališč (npr. Mouton in sod., 2007, Wegscheider in sod., 2021). Prenos habitatnih zahtev vrste na druge odseke istega vodotoka ali na druge vodotoke je mogoč le, če se ostali parametri bistveno ne spreminjajo in ostajajo v preferenčnem območju.

V nalogi smo se posvetili habitatnemu modeliranju na izbranih odsekih Dravinje za dve ciljni vrsti in sicer za platnico (*Rutilus virgo* (Heckel, 1852)) in donavskega potočnega piškurja (*Eudontimyzon vladkovi*, Oliva & Zanandrea 1959) z namenom, da zagotovimo najboljšo možno strokovno podporo pri načrtovanju izvedbe renaturacij na tem območju reke Dravinje.

## 2 METODE

Izvedbo habitatnega modeliranja na Dravinji smo razdelili v tri faze. V **prvi** fazi smo izvedli habitatno modeliranje obstoječega stanja na treh odsekih Dravinje. Izbrane odseke smo poimenovali po bližnjih vaseh Koritno, Varoš in Makole. Namen prve faze je bil analizirati obstoječe stanje in ugotoviti, kakšno je trenutno stanje primernosti habitatov in katere značilnosti habitatov so omejujoče za obe ciljni vrsti.

V **drugi** fazi smo na vsakem odseku reke Dravinje predvideli različne ukrepe, s katerimi bi izboljšali stanje primernosti habitatov za izbrani ribji vrsti. Izbrali smo sledeče ukrepe: odstranjevanje pregrad, odstranjevanje vzdolžnih regulacij brežin, povečanje vodnega telesa (površine in dolžine) z izvedbo obvodne struge ali vključevanje sonaravnih ureditev za povečanje morfološke in hidrološke razgibanosti vodotoka. Eden izmed izbranih ukrepov je bil postavitve skal samic v strugo z namenom, da se na ta način poveča raznolikost hitrosti vodnega toka in globin vode. Ta ukrep je pogosto podan v smernicah in projektnih pogojih Zavoda za ribištvo Slovenije pri različnih posegih v vodotoke, zato smo želeli testirati njegovo učinkovitost.

V **tretji** fazi naloge se je skupina projektnih partnerjev, z DRSV kot vodilnim partnerjem te akcije, uskladila glede lokacij in ukrepov, ki se bodo izvedli na Dravinji. V tej fazi je bil izbran še četrti odsek, ki leži tik nad predhodno izbranim odsekom Makole. Ukrepi so bili predhodno predvideni tako na odseku Makole kot na odseku tik nad Makolami, zato smo v tretji fazi ta dva odseka združili v skupen odsek, ki je daljši od prvotno predvidenega. Stroški geodetskih meritev so bili zaradi daljšega odseka višji od predvidenih. Na četrtem, skupnem odseku, smo s hidravličnim modeliranjem preverili obstoječe stanje in izvedli habitatno modeliranje stanja za dva različna scenarija, ki smo ju določili partnerji, udeleženi v tej akciji. V projektni nalogi za izdelavo celotne projektne dokumentacije za izboljšanje stanja ohranjenosti ciljnih vrst in njihovih habitatov na območjih Natura 2000 *Volčke* (SI3000213), *Dravinja s pritoki* (SI3000306) in *Dravinjska dolina* (SI5000005) (Hrovat in sod., 2023) je to območje poimenovano »D1-D5« (D1- mrtvica Makole, D5 - prag Globoko III).

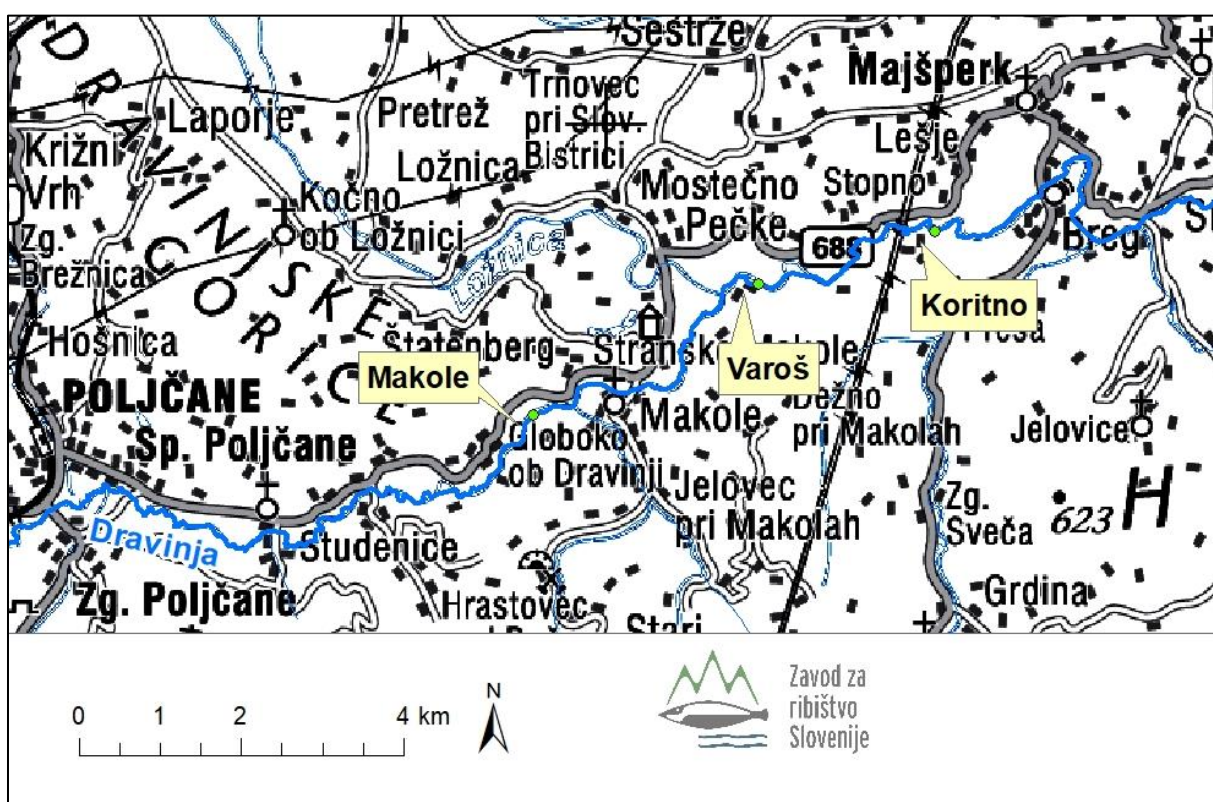


## 2.1 Izbor lokacij za habitatno modeliranje

Izbor lokacij za izvedbo habitatnega modeliranja je potekal v letih 2019 in 2020, ko smo na obravnavanem območju izvajali vzorčenja za oceno stanje platnice in donavskega potočnega piškurja v reki Dravinji in njenih pritokih (Jenič in sod., 2020; Leskošek in sod., 2020). Prvotno so bili za modeliranje predvideni štirje odseki dolžine 150 m, vendar smo kasneje v dogovoru s projektnimi partnerji v prvi fazi izvedli hidravlično in habitatno modeliranje le na treh odsekih. Četrty odsek je bil izbran naknadno, ko je bila sprejeta odločitev glede odseka, na katerem bo renaturacija dejansko lahko izvedena. Na ta način se lahko renaturacija izvede s pomočjo habitatnega modela na izbrani lokaciji, obenem pa so ukrepi v hidravličnem modelu preverjeni tudi z vidika poplavne varnosti, kar pomeni optimizacijo stroškov projekta.

*Preglednica 1: Izbrana mesta za izvedbo habitatnega modeliranja – ime naselja, Gauss—Krügerjeve koordinate in nadmorska višina (Jenič in sod., 2020).*

	Lokacija	GKY	GKY	Nadmorska višina
1	Dravinja, Varoš	553543	132102	239
2	Dravinja, Koritno	555719	132764	236
3	Dravinja, Makole	550770	130503	242



Slika 1: Pregledna karta območja z označenimi mesti odsekov, izbranih za habitatno modeliranje na Dravinji.



## 2.2 Ciljni vrsti

Ciljni vrsti za izvedbo habitatnega modeliranja, platnica (*Rutilus virgo*) in donavski potočni piškur (*Eudontomyzon vladykovi*), sta bili izbrani v fazi prijave projekta. Obe vrsti sta kvalifikacijski vrsti na območju Natura 2000 *Dravinja s pritoki*. V okviru zadnjega izvedenega monitoringa populacij izbranih ciljnih vrst rib prisotnost platnice na tem območju Natura 2000 ni bila potrjena, kar je morda posledica neprimernosti habitata, zato so bile predlagane ciljne raziskave (Bric, 2018). Z izvedbo monitoringa izhodiščnega stanja območja smo prisotnost platnice potrdili le v najbolj spodnjem delu Dravinje, tik pred izlivom v Dravo, izven območja Natura 2000 (Jenič in sod., 2020).

V okviru monitoringa ciljnih vrst rib na izbranem območju Natura 2000 *Dravinja s pritoki* (SI3000306) je bila potrjena prisotnost donavskega potočnega piškurja le na zgornjem, gorvodnem delu območja, zato so bila predlagana dodatna vzorčenja (Bric, 2017). Z izvedbo monitoringa izhodiščnega stanja smo potrdili prisotnost donavskega potočnega piškurja na celotnem območju Natura 2000, vendar so bile gostote populacij majhne v primerjavi z drugimi vodotoki v Sloveniji (Leskošek in sod., 2020).

## 2.3 Vhodni podatki habitatnega modela

Za habitatno modeliranje smo uporabili dve skupini vhodnih podatkov: numerične podatke (v našem primeru so to hidravlični podatki, in sicer globine vode, hitrosti vodnega toka) ter opisni in indeksirani podatki (velikost delcev substrata in tip skrivališča za ribe). Seveda fizikalni dejavniki v okolju še zdaleč niso edini, ki vplivajo na velikost populacije, vendar so vseeno zelo dober pokazatelj primernosti okolja predvsem, ko obravnavamo spremenjenost habitata zaradi antropogenega vpliva (Parasiewicz in Dunbar, 2001). Izbira vhodnih podatkov za uporabo v habitatnem modelu je podobna kot pri primerljivih študijah in je narejena na osnovi empiričnih študij fizičnega in kemijskega okolja.

### 2.3.1 Hidravlični model

Hitrost vodnega toka in globina vode sta odvisni od pretoka, zato je potrebna izdelava hidravličnega modela, ki nam pokaže, kako se ti dve spremenljivki spreminjata s pretokom. Hidravlične modele za izbrane odseke Dravinje je izdelal Inštitut za vode Republike Slovenije (Šantl in sod., 2020, 2021a, 2021b). Izdelani so bili polni 2D hidravlični modeli, ki so primerni za hidravlično in habitatno modeliranje. Za vsak scenarij je bila izvedena nova hidravlična analiza polj hitrosti in globin za serijo pretokov, ki so bili določeni že v 1. fazi naloge. Na podlagi detajlnih geodetskih meritev dna (batimetrija) reke Dravinje na vsakem posameznem odseku je bil pripravljen digitalni model reliefa (DMR). Digitalni model reliefa je bil razširjen z naborom podatkov geodetskih meritev pretočnih profilov reke Dravinje in Lidar podatkov. Rezultati modela so bili izračunani za serijo 23 različnih pretokov, od tega so trije pretoki visokovodni ( $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$  in  $Q_{500}$ ) (Šantl in sod., 2020, 2021a, 2021b). Hidravlični modeli imajo na območju vodnega zemljišča Dravinje zgoščene računske celice dimenzij največ 20 x 20 cm. Hidravlični modeli so zaradi preveritve vpliva možnih ukrepov na poplavno varnost ustrezno podaljšani gor in dolvodno ter razširjeni do obsega poplav, ki je povzet iz integralne karte poplavne nevarnosti. V razširjenem območju je velikost računskih celic večja. 2D hidravlični modeli so



ustrezno umerjeni na podlagi meritev dejanskega stanja in z meritvami pretokov na obstoječi vodomerni postaji. V vseh fazah je Inštitut za vode RS nudil tudi svetovanje, prilagoditve modela in pomoč pri interpretaciji rezultatov hidravličnega modeliranja. Podrobnosti izvedbe polnega 2D hidravličnega modeliranja so navedene v poročilih Inštituta za vode RS (Šantl in sod., 2020, 2021a, 2021b).

*Preglednica 2: Nabor pretokov, uporabljenih za habitatno modeliranje na izbranih odsekih Dravinje*

<b>Pretok (m<sup>3</sup>/s)</b>
0,25
0,5
0,75
1
1,25
1,5
1,75
2
2,25
2,5
2,75
3
3,5
4
4,5
5
5,5
6
6,5
7
10
15
30
50*
60**

\* Velja za odsek Makole (strugotvorni pretok)

\*\* Velja za odseka Varoš in Koritno (strugotvorni pretok)

### 2.3.2 Popis substrata

Popis substrata na prvih treh odsekih smo izvedli jeseni leta 2020, istočasno smo na vseh treh odsekih izmerili pretok in izmerili nekaj profilov struge na vsakem odseku. Popis substrata je potekal tako, da smo natančno pregledali celoten odsek, ga razdelili na pododseke dolžine 20 m in nato na predpripravljene karte vrisali površine posameznih tipov substrata. Velikost substrata smo ocenjevali vizualno in v nekaterih primerih tudi z merjenjem večjih delov. Pri drobnozrnatih substratih (gramoz, pesek in manjše frakcije) smo na posameznih enotnih površinah izmerili tudi debelino sloja. Debelino sloja substrata smo merili s tanjšo kovinsko palico, ki smo jo porinili v substrat in nato izmerili, koliko se je pogreznila. Debelina drobnozrnatega sloja je pomembna predvsem za piškurje, ki se zakopavajo v tak substrat. Pridobljene podatke smo v programskem orodju ArcMap 10.2.2. prenesli v digitalno obliko in izdelali kartografske sloje (shp oblika datoteke). Sloje substratov za predvidene scenarije smo



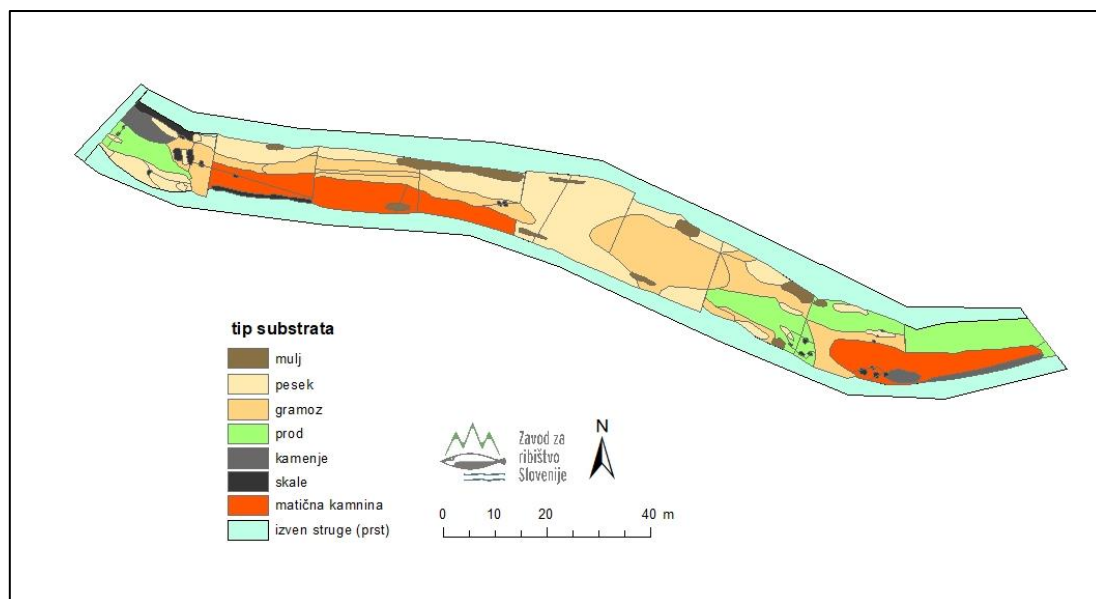
naredili na podlagi rezultatov hidravličnih modelov (polj hitrosti in globin pri različnih pretokih) in ekspertnega znanja.

Glede na velikost delcev (zrnavost) je v uporabi več različnih načinov razdelitve rečnega substrata. Za namen opisa habitata smo uporabili razrede zrnavosti, kategorizirane po AQEM (2002) in jih priredili po Allan in Ibañez Castillo (2009). Za čim bolj natančno in čim lažjo vizualno določitev deleža različnih velikosti delcev substrata ter ob upoštevanju zahtev programskega orodja, smo le-tega glede na premer delcev razdelili v naslednje razrede zrnavosti za habitatno modeliranje:

1. organski material
2. mulj/blato (do 6  $\mu\text{m}$ )
3. pesek (6  $\mu\text{m}$  - 2 mm)
4. gramoz (2 - 20 mm)
5. prod (2 – 6 cm)
6. manjše kamenje (6-20 cm)
7. večje kamenje (20 - 40 cm)
8. skale (nad 40 cm)
9. matična kamnina



*Slika 2: Popis substrata in skrivališč v Dravinji.*



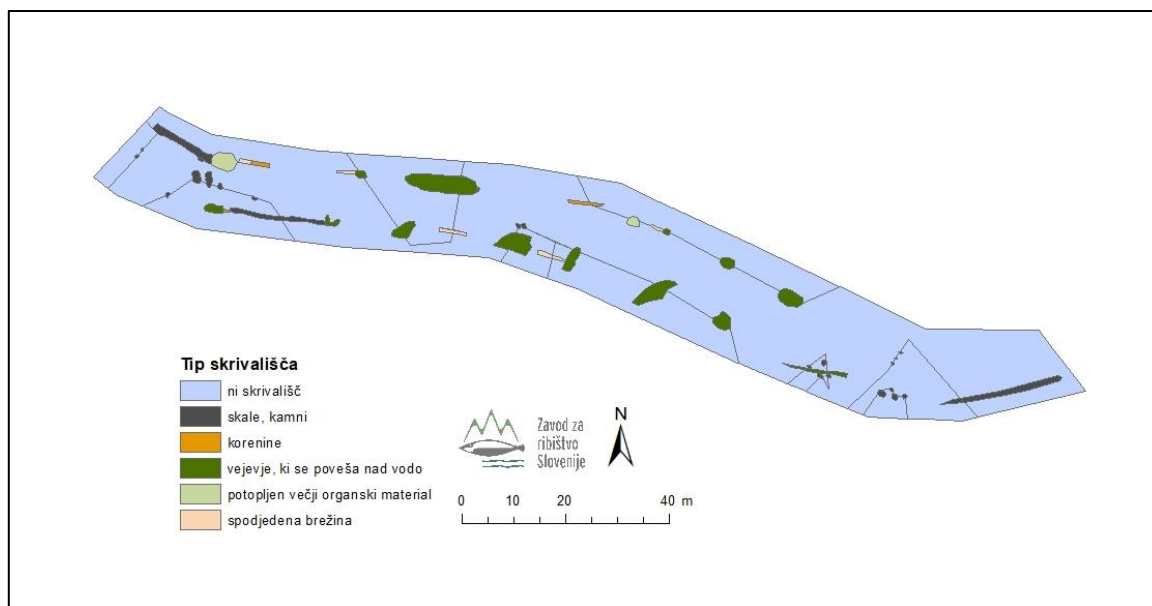
Slika 3: Grafični prikaz popisane substrata na odseku Koritno, obstoječe stanje.

### 2.3.3 Popis skrivališč

Kritje oz. skrivališče je mesto, kamor se riba lahko skrije pred različnimi plenilci (druge ribe, ribojede ptice,...) in je pri nekaterih vrstah rib prepoznano celo kot najpomembnejši dejavnik, ki omejuje gostoto populacije (Nielsen 1986). Popis skrivališč smo izvedli istočasno s popisom substratov. S podrobnim pregledom celotnega izbranega odseka smo na predpripravljene karte vrisali različne tipe skrivališč. Tako pridobljene podatke smo s programskim orodjem ArcMap 10.2.2. prenesli v digitalno obliko. Sloje skrivališč za predvidene scenarije smo izdelali tako, da smo upoštevali obstoječe stanje ter ohranili enako površino in razmerje različnih tipov popisanih skrivališč.

Posamezen odsek smo glede na prisotnost skrivališč razdelili v 9 kategorij:

1. ni skrivališč
2. spodjedena brežina
3. vodno rastlinje
4. vejevje, ki se poveša nad vodo (do 50 cm nad gladino)
5. korenine
6. potopljen večji organski material (npr. debla)
7. skale, kamni
8. razbita vodna površina (turbulenten tok)
9. droben organski material



Slika 4: Grafični prikaz popisanih skrivališč za ribe na odseku Koritno, obstoječe stanje.

#### 2.3.4 Določitev habitatnih zahtev za ciljni vrsti

Za izračun primernosti habitata smo uporabili princip mehke logike (ang. fuzzy logic). Prednost mehke logike je, da je metoda uporabna pri manj raziskanih vrstah, kjer so podatki o habitatnih zahtevah skopi in kjer npr. habitatne zahteve niso dostopne v obliki preferenčnih krivulj. Vključevanje strokovnega znanja in »sive literature« je s to metodo bistveno lažje, saj lahko razdrobljene podatke vključimo semikvantitativno, kar pa lahko hkrati pomeni tudi slabost, saj je strokovno znanje pogosto tudi subjektivno in morda ne upošteva specifik določenega področja. Druga slabost uporabe mehke logike je število uporabljenih parametrov, kjer se z vsakim novim parametrom število mehkih pravil eksponentno povečuje (Noack in sod., 2013).

Osnovni parameter te metode so mehke množice, na katerih slonijo mehka pravila (ang. fuzzy rules), ki omogočajo določanje primernosti habitata pri različnih kombinacijah posameznih dejavnikov. Osnovno načelo mehke logike je, da se številčni (npr. globina vode, hitrost toka) in opisni (npr. substrat, skrivališča, tip vodnega toka) vhodni podatki prevedejo na opisno definirane razrede (ang. fuzzy quantities: npr. nizke, srednje in visoke vrednosti). Razredi niso strogo omejeni na interval od najmanjše do največje vrednosti, temveč predstavljajo mehke množice/nize (ang. fuzzy sets). Razdelitev razredov na mehke množice pomeni, da lahko neka vrednost delno pripada enemu, delno pa drugemu razredu. Vpliv različnih dejavnikov tudi v naravi običajno nima ostrih mej, zato takšna metoda omogoča, da so prehodi med posameznimi razredi podatkov in rezultati modela zvezni, "mehki".

Pridobivanje podatkov o izbiri habitatov v naravi je težko, dolgotrajno in drago. Poleg tega so informacije, ki jih dobimo v naravi na podlagi razlik v gostoti habitatov ali pogostosti uporabe habitatov, velikokrat netočne. Pri zelo nizki gostoti populacije je lahko veliko primernih habitatov nezasedenih, kar ima za posledico napačno sklepanje, da so neprimerni. Nasprotno pa je pri zelo visokih gostotah populacij (npr. zarod v letu zelo uspešne drsti) mogoče opaziti ribe tudi v habitatih, ki niso primerni in v katerih bodo ribe poginile. Sklepanje o habitatnih zahtevah vrste na podlagi izbire habitatov v divjini lahko daje iz leta v leto različne rezultate, ki so odvisni od splošne številčnosti organizmov (Hobbs in Hanley 1990).





Določitev mehkih množic in mehkih pravil, ki zajemajo izbiro habitatov posamezne vrste, je potekala na Zavodu za ribištvo Slovenije. Podatki o preferenčnem habitatu za donavskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon vladykovi*) so zelo redki, deloma tudi zato, ker taksonomski status vrste še ni povsem razjasnjen in gre morda le za podvrsto ali sinonim vrste *Eudontomyzon mariae* (Fishbase, 2022). Na splošno velja, da imajo larve različnih vrst potočnih piškurjev zelo podoben habitat, zato lahko izkušen opazovalec z določeno mero natančnosti napove, kje v vodotoku se nahajajo larve piškurjev (Hardisty in Potter 1971). Podatke o izbiri habitata smo zato prevzeli tudi od drugih vrst potočnih piškurjev. Okvirno za vse larve potočnih piškurjev velja, da so njihovi preferenčni habitati (type 1) v predelih vodotokov, kjer poteka depozicija plavin, substrat pa sestavlja mešanica peska in organskih delcev. Suboptimalni habitat (type 2) predstavljajo predeli, kjer se v sedimentu poleg peska pojavljajo tudi manjše frakcije (mulj) ali večje frakcije (gramoz). V neprimernem habitatu (type 3) je substrat iz večjih delcev, kot so prod, kamenje, skale, ali iz zbitih majhnih delcev, npr. iz gline (Slade in sod. 2003).

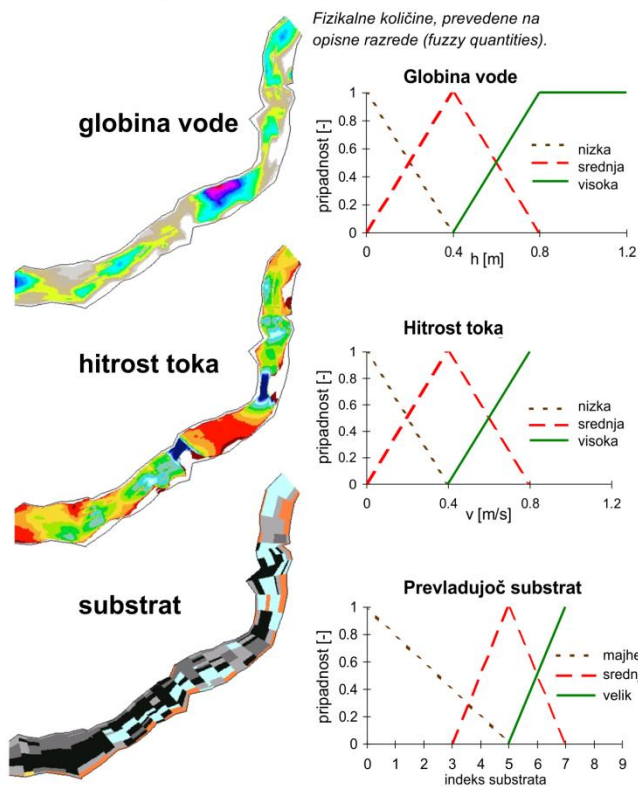
Podatkov o izbiri habitatov za platnico skoraj ni na voljo. Platnica je endemit donavskega porečja in raziskav habitatov te vrste dejansko ni, zato smo si pomagali s podatki ekološko podobnih vrst rib. Pri tem smo se predvsem oprli na lastne izkušnje in strokovno mnenje, saj se pri vzorčenjih ribjih populacij relativno pogosto srečujemo tudi s platnico. Za obe vrsti smo na podlagi poznavanja ekologije in biologije vrste ter dostopne literature pripravili osnovni set mehkih množic in nato s sodelavci, ki bolje poznajo ekologijo teh dveh vrst, skupaj uskladili mehka pravila. Skladnost pravil smo nato preverili in popravili s hipotetičnim modelom vodotoka, ki izpostavi morebitne nekonsistentnosti (Schneider, 2021). Hipotetični model, princip delovanja in uporabe hipotetičnega modela nam je na delavnici habitatnega modeliranja 2021 v Stuttgartu predstavil in predal v uporabo avtor modela. Vsa uporabljena mehka pravila in mehke množice za obe izbrani vrsti so navedena v prilogi.

## 2.4 Izvedba modeliranja

Za modeliranje habitatne primernosti posameznih odsekov reke Dravinje smo uporabili programsko orodje CASiMiR. Le-to je sestavljeno iz treh osnovnih modulov: modula za izbor vhodnih podatkov, modula za strokovno presojo primernosti habitatov s pristopom mehke logike (ang. fuzzy logic) in modula za oceno habitatne primernosti, ki poveže prva dva modula.



## Hidravlika, morfologija



## Strokovno znanje, izraženo s pravili mehke logike (ang. *fuzzy rules*):

ČE je globina vode ...  
IN je hitrost toka ...  
IN je substrat ...,  
POTEM je habitatna primernost ...

Npr.: ČE je globina vode „visoka“  
IN je hitrost toka „srednja“  
IN je substrat „velik“,  
POTEM je habitatna primernost „visoka“.

## Habitatna primernost

**nizka**

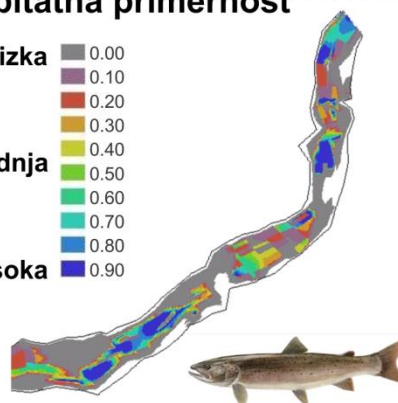
- 0.00
- 0.10
- 0.20
- 0.30
- 0.40

**srednja**

- 0.50
- 0.60
- 0.70

**visoka**

- 0.80
- 0.90



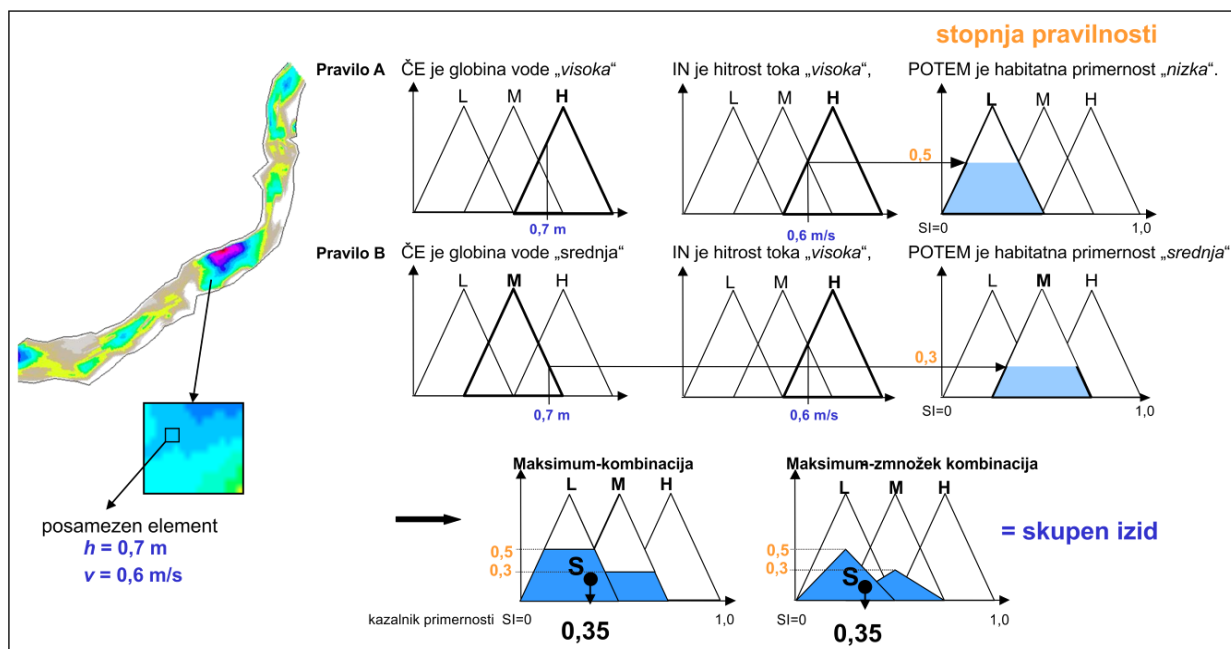
Slika 5: Shema glavnih modulov programskega orodja CASiMiR (prirejeno po Schneider s sod., 2010).

Pri habitatnem modeliranju smo za oceno habitatne primernosti uporabili naslednje parametre: globina vode, hitrosti vodnega toka in velikost delcev substrata, pri oceni habitatne primernosti za donavskega potočnega piškurja pa še podatek o skrivališčih. V začetnih fazah modeliranja in v modele obstoječega stanja smo med parametre primernosti za donavskega potočnega piškurja vključili tudi podatek o debelini sloja sedimenta za sedimente drobnih frakcij (mulj, pesek, gramoz), saj je ta faktor lahko omejujoč pri zakopavanju piškurjev v substrat. Ta parameter smo kasneje izključili iz vseh modelov, saj je napovedovanje debeline substrata pri izvedbi različnih ukrepov izjemno težavno in zato tudi nenatančno; prav tako nismo imeli možnosti uporabe erozijskih modelov, ki napovedujejo masne tokove oz. premike sedimentov. Napovedovanje razporeditve substratov po izvedbi različnih ukrepov je težavno že samo po sebi, saj bi za dobre ocene potrebovali sedimentne modele, napovedovanje debeline sloja drobnozrnatega substrata pa je vsaj še za stopnjo manj natančno in težavno.

Prvi korak pri ugotavljanju habitatne primernosti odseka je izračun primernosti v posamezni celici (cell suitability index CSI) modela. Za vsako celico (velikosti okoli 15 x 15 cm) se iz polj hitrosti in globin iz hidravličnega modela določi globino vode in hitrost vodnega toka, iz GIS slojev se prepisejo podatki o tipu substrata in tipu skrivališč, če jih mehka pravila zahtevajo. Ker se mehke množice delno prekrivajo, običajno ena celica pripada več različnim mehkim pravilom. V nadaljevanju se določi, katerim in koliko mehkim pravilom pripada posamezna celica, nato se za vsako pravilo izračuna primernost, delna pripadnost pravila k celici in stopnja pravilnosti. Dobljene vrednosti se nato lahko združi na različne načine, v našem primeru smo uporabili »maksimum-zmnožek kombinacijo« (Slika 6). V zadnjem koraku sledi



»defuzzyfication«, kjer s principom COG (Center of gravity) dobljeno vrednost standardiziramo v razpon vrednosti med 0 (povsem neprimeren habitat) in 1 (optimalen habitat).



Slika 6: Shema mehkega inferenčnega stroja (povzeto po Schneider s sod., 2010).

Primernost habitata lahko izrazimo kot primernost posamezne celice na zemljevidu primernosti habitatov ali kot integralni parameter; uporabljata se predvsem dva parametra: uporabna korigirana površina (angleško Weighted Usable Area - WUA) in hidravlični indeks primernosti habitata (angleško Hydraulic Habitat Suitability - HHS). Zemljevid habitatov prikazuje enkratno stanje pri določenem pretoku z vsemi razlikami na samem odseku, medtem ko so integralni parametri bolj primerni za hkraten prikaz stanja pri različnih pretokih oziroma kot primerjava različnih odsekov oz. različnih variant istega odseka.

Parameter WUA se izračuna kot vsota vseh produktov skupne primernosti celice in površine celice in je primeren pri primerjavi primernosti habitatov za različne vrste ali različne stadije vrste znotraj enega odseka. Parameter HHS izračunamo tako, da WUA vrednost delimo z vodnato površino in je zato uporaben pri primerjanju odsekov z različno površino.

$$WUA = \sum_{i=1}^n A_i \cdot SI_i = f(Q)$$

$$HHS = \frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i} \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot SI_i = f(Q)$$

kjer sta:

$A_i$  = površina  $i$ -te celice

$SI_i$  = kazalnik habitatne primernosti  $i$ -te celice

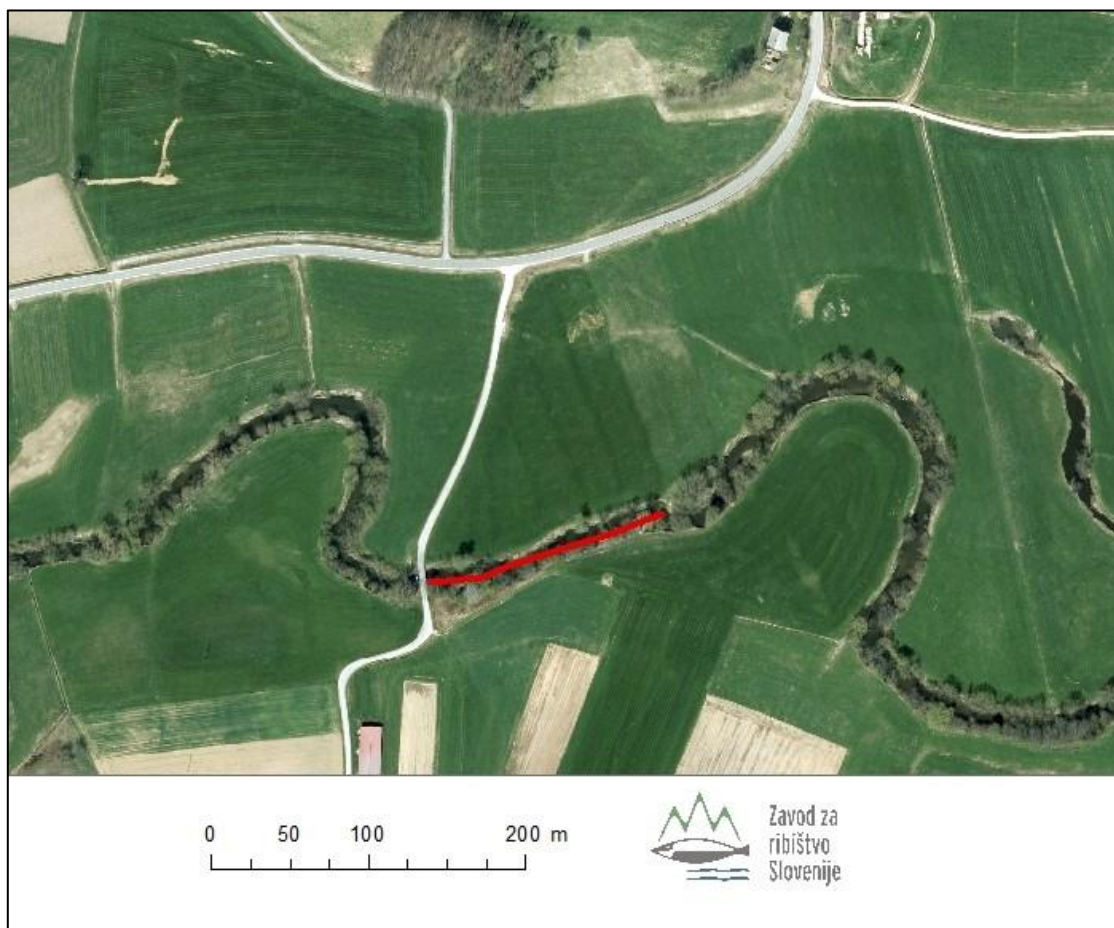


## 3 REZULTATI

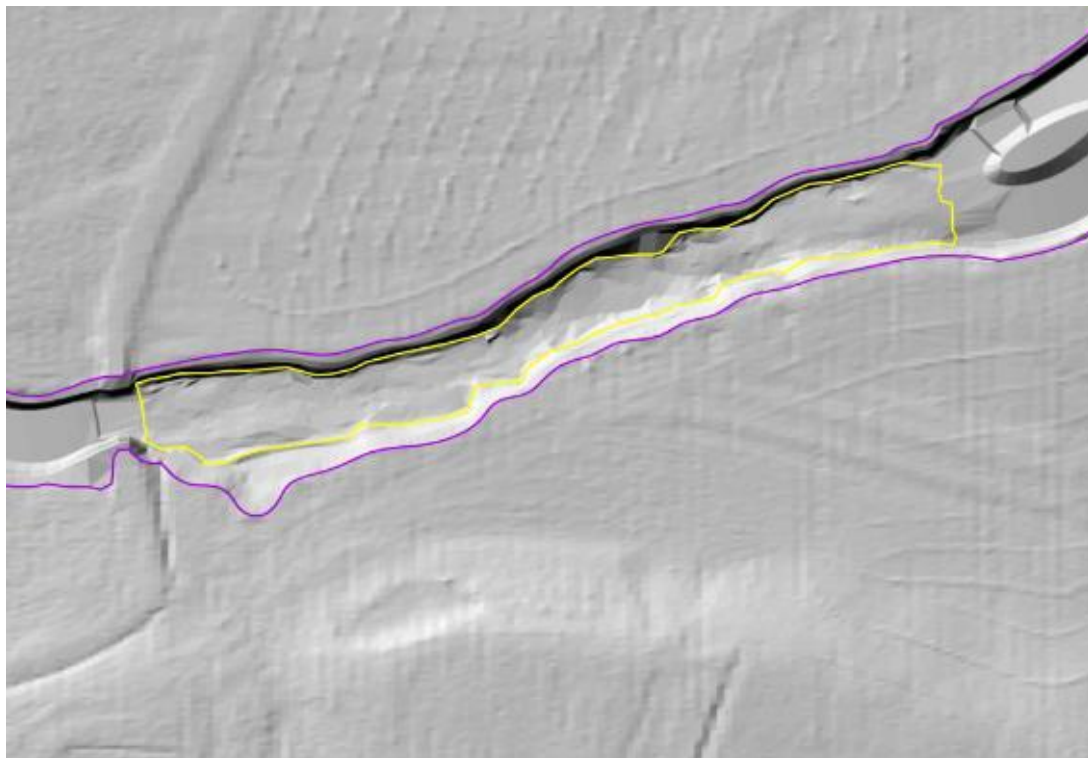
### 3.1 Odsek Dravinja-Koritno

#### 3.1.1 Koritno obstoječe stanje

Odsek Koritno je najbolj dolvodno ležeči odsek Dravinje med vsemi izbranimi odseki, nadmorska višina na tem delu je 234 m. Začetek odseka predstavlja most ceste Koritno – Glivno. Začetni (gorvodni) del odseka je relativno plitek, dno je ravno, hitrosti vodnega toka pa so precej velike. Na območju največjih hitrosti v dnu struge prevladuje matična kamnina, prisotne so tudi posamezne skale. V nadaljevanju se struga poglobi, vodni tok pa umiri. Tolmun je dolg približno 20 m in tudi pri najnižjih pretokih Dravinje globina vode v tolmunu presega 1 m. Substrat v tolmunu je precej droben, prevladuje več kot 30 cm debela plast peska. Proti koncu odseka se tolmun konča, dno, sestavljeno predvsem iz proda in gramozu, pa se znova poravnava. Dravinja se v nadaljevanju razcepi v dva kraka, ki pa se nahajata izven izbranega 150 m dolgega odseka.



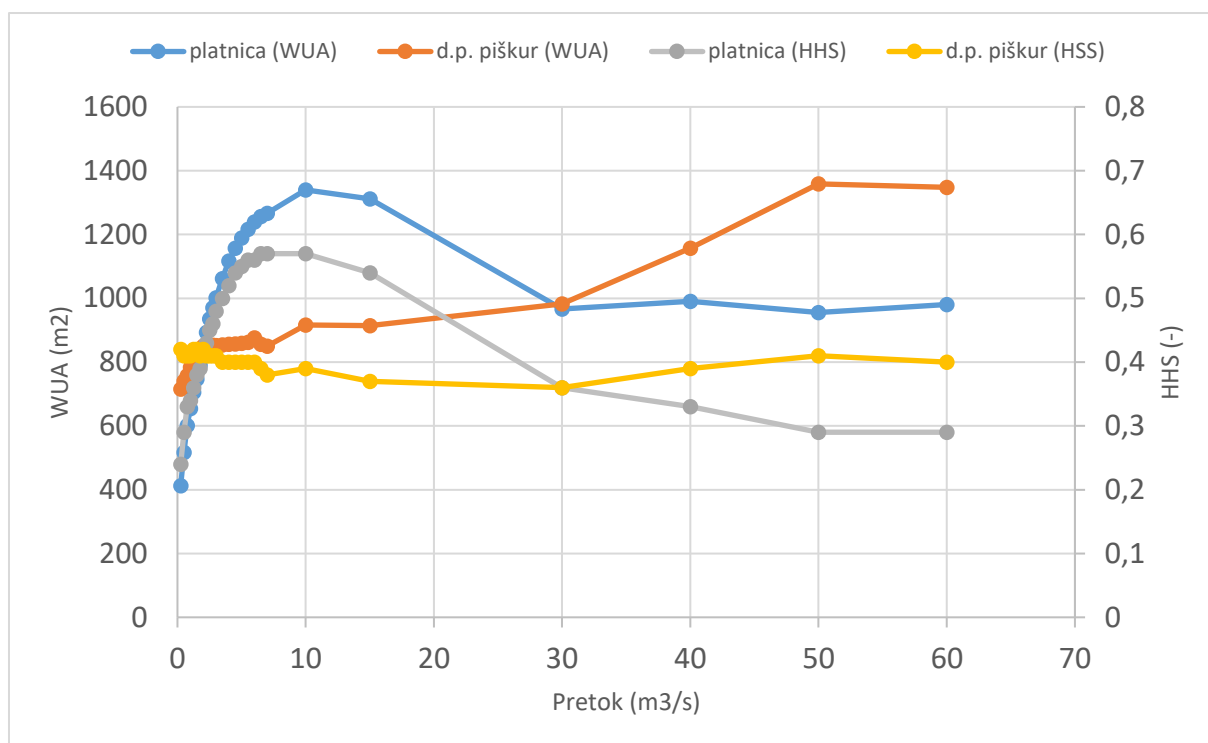
Slika 7: Ortofoto posnetek odseka Koritno z označenim modeliranim odsekom (rdeče).



Slika 8: Digitalni model terena- obstoječe stanje odseka Koritno (Šantl in sod., 2020).

Primernost habitatov na obstoječem odseku Koritno je za platnico najvišja med vsemi tremi odseki. Najvišja WUA vrednost za platnico je dosežena pri pretoku  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  in dosega  $1339 \text{ m}^2$ . Najvišjo vrednost ustreznosti habitata platnica dosega pri povprečnih pretokih Dravinje na tem območju ( $sQ_s \sim 8 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Tudi pri malo manjših ali malo večjih pretokih kažejo habitatni za obe vrsti relativno dobro primernost. K relativno dobri oceni primernosti tega odseka bistveno prispeva prisotnost velikega tolmana. Tolmun ohranja dobro primernost tako pri nižjih pretokih kot pri precej povišanih pretokih. Za platnico je na tem odseku najbolj neprimeren odsek tik nad tolmunom, kjer hitrosti vode z večanjem pretoka hitro naraščajo..

Habitatni model kaže, da habitatna primernost za donavskega potočnega piškurja pri najpogostejših pretokih ostaja razmeroma stalna, le pri nizkih pretokih, ko drobnozrnati habitatni ostajajo na suhem, se primernost hitro zmanjšuje. Vrednosti pri najvišjih pretokih so precenjene in kažejo na anomalijo modela, kjer se ob razlivanju vode na okoliške površine ustvarjajo razmere, za katere smo ocenili zelo veliko habitatno primernost (drobnozrnat substrat, nizke hitrosti vodnega toka in ne prevelika globina). Realno ta habitat ni primeren, saj piškurji v času velikih vod ne migrirajo lateralno in se ne zakopavajo v substrat na poplavljenih travnikih.

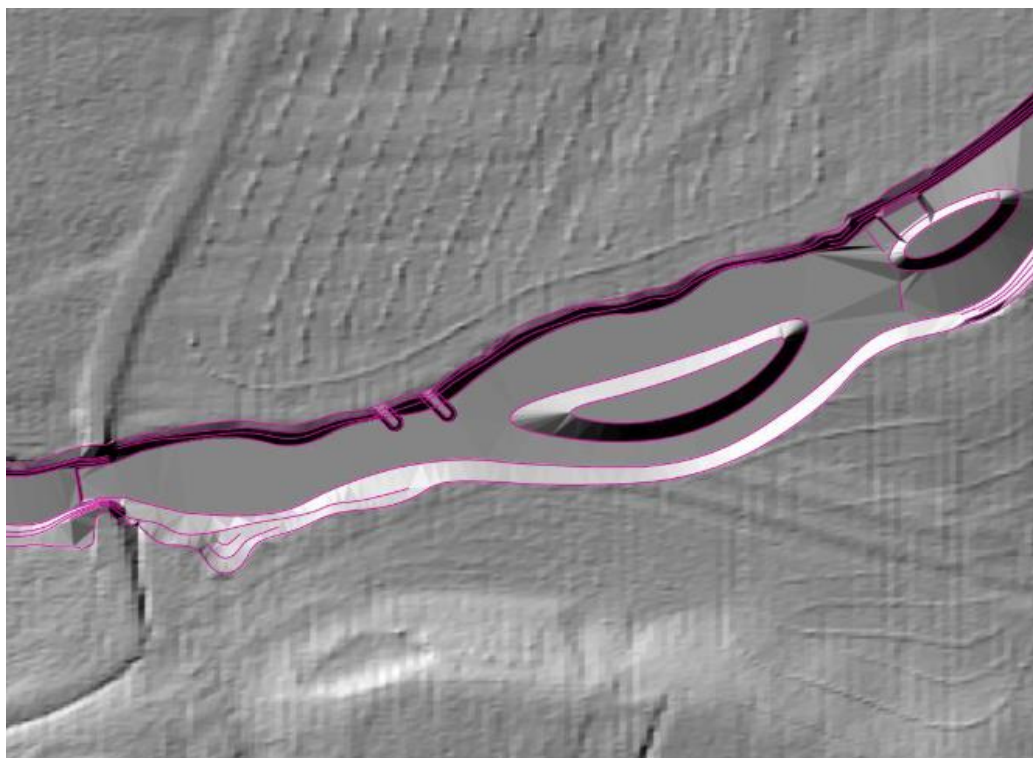


Slika 9: Uporabna korigirana površina (WUA) in hidravlični indeks primernosti (HHS) za obe ciljni vrsti za obstoječi odsek Koritno.

Na odseku Koritno je primernost habitata za donavskega potočnega piškurja relativno velika (HHS~ 0,4; WUA~ 800-1000 m<sup>2</sup>). Pri kontrolnem pregledu odseka Koritno smo tudi potrdili prisotnost piškurjev na mestih, ki jih model pokaže kot najbolj primerna. Za platnico (HHS~ 0,55; WUA~ 1000-1400 m<sup>2</sup>) so te ocene, čeprav večje kot pri piškurju, relativno slabe. Platnica potrebuje večje površine primerne habitatata, saj gre za jatno ribo, kjer so starejši osebki veliki tudi nad 50 cm in presegajo maso 1,5 kg. V primerjavi s potočnimi piškurji je platnica tudi bistveno manj vezana na substrat, ki je pri piškurjih najpomembnejši parameter. V nadaljevanju modeliranja nas je zanimalo, kaj se zgodi s primernostjo habitatata za obe vrsti, če vodni tok poskušamo zgolj popestriti s skalami samicami (Scenarij 2) ali če pustimo, da voda erodira levo brežino, nato pa nadaljnjo erozijo omejimo na sonaraven način – z jezbicami (Scenarij 3). Preverili smo tudi, kaj se zgodi, če se s pomočjo jezbic, ki usmerjajo rečni tok proti sredini struge, formira otok, vodni tok pa se razdeli na dva kraka (Scenarij 1).

### 3.1.2 Koritno S1

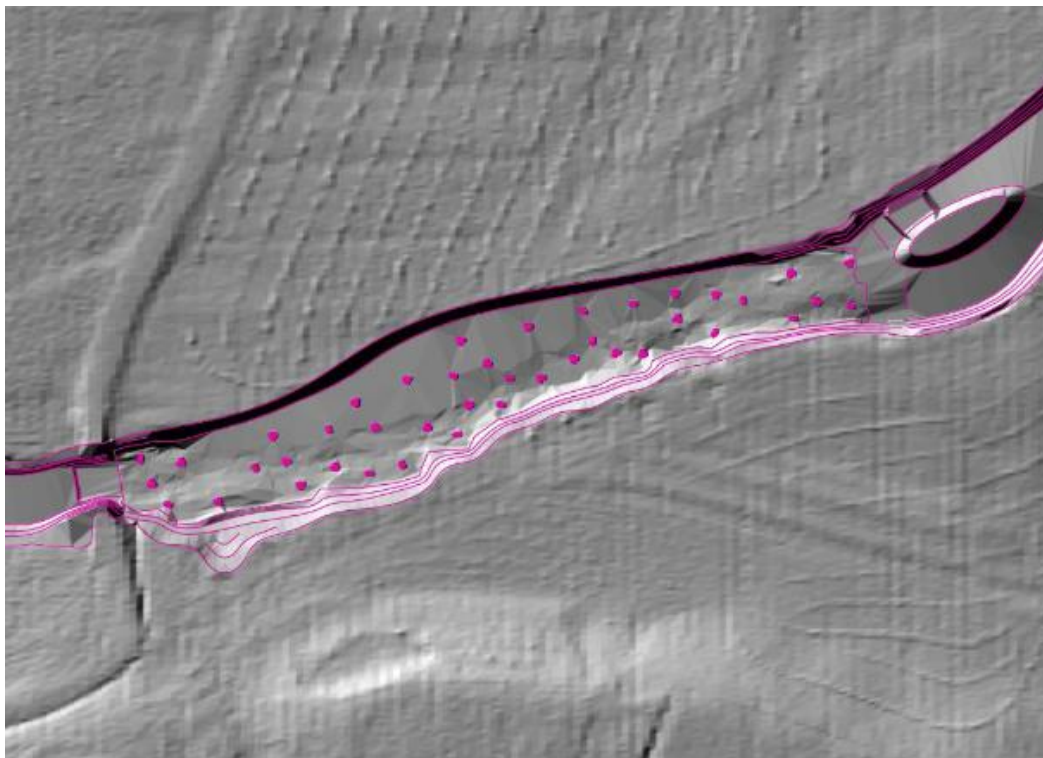
Scenarij 1 (S1) za odsek Koritno predvideva razširitev desne brežine in formiranje otoka na sredini struge. Na začetku razširitve se na levi strani za usmeritev toka proti desni brežini predvidita dve jezbi. Oba kraka struge sta vodnata tudi pri najnižjih pretokih, vendar gre večina vode skozi levi (severni) krak Dravinje. Otok je poplavljen pri pretoku približno 15 m<sup>3</sup>/s. Modelirali smo vzpostavljeno stanje po predvideni eroziji, torej zvezni padec nivelete dna struge od začetka do konca obravnavanega odseka. Po združitvi obeh krakov je v reki dolvodno že prisoten nov otok, ki pa se nahaja izven modela.



Slika 10: Digitalni model terena za scenarij 1 na odseku Koritno (Šantl in sod., 2021a).

### 3.1.3 Koritno S2

Scenarija 2 (S2) in 3 (S3) naslavljata predvsem problematiko višjih pretokov. V scenariju S2 je predvidena razširitev struge in postavitve večjih skal samic po celotni površini odseka struge. Skale so velikosti 0,5 - 1,5 m<sup>3</sup> in so med seboj oddaljene približno 5-10 m. Skale predstavljajo oviro za vodni tok in ga na ta način popestrijo, obenem pa služijo tudi kot skrivališča za nekatere vrste rib.

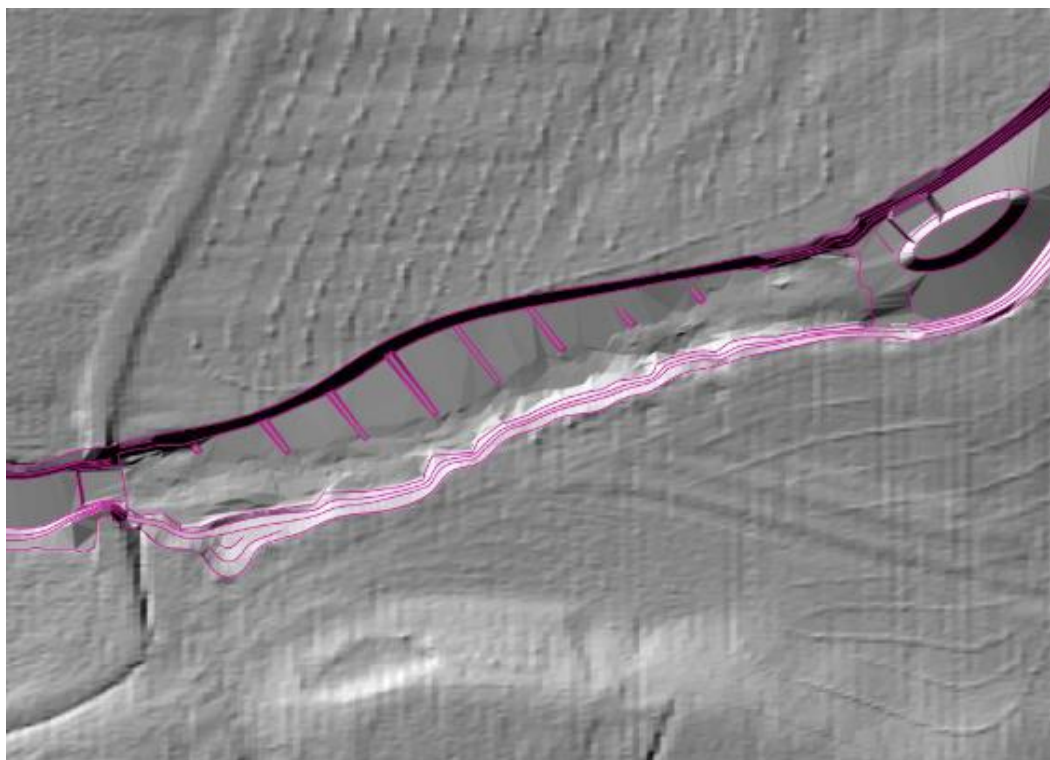


Slika 11: Digitalni model terena za scenarij 2 na odseku Koritno (Šantl in sod., 2021a).

#### 3.1.4 Koritno S3

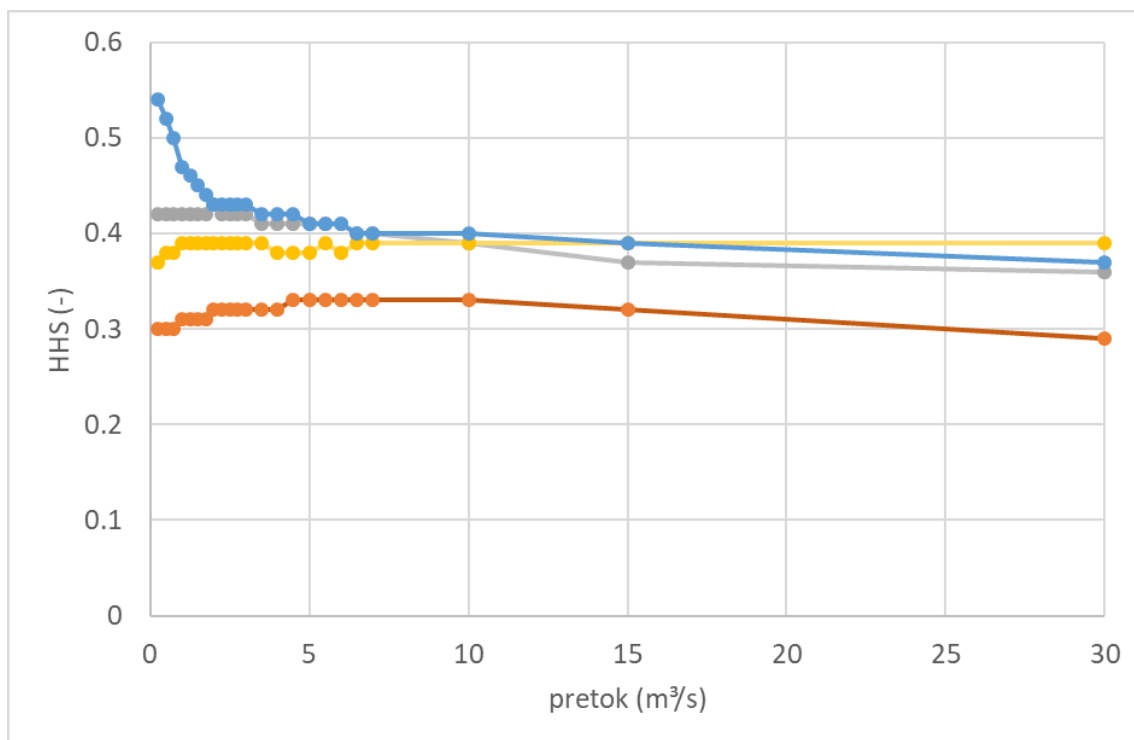
Scenarij 3 (S3) predvideva razširitev struge v enakih gabaritih kot po scenariju S2. Za usmeritev toka pri nizkih pretokih in zaščito brežine pri visokih pretokih se na levi brežini predvidijo vkopane jezbece. Na spodnjem delu odseka se tolmun ohranja.



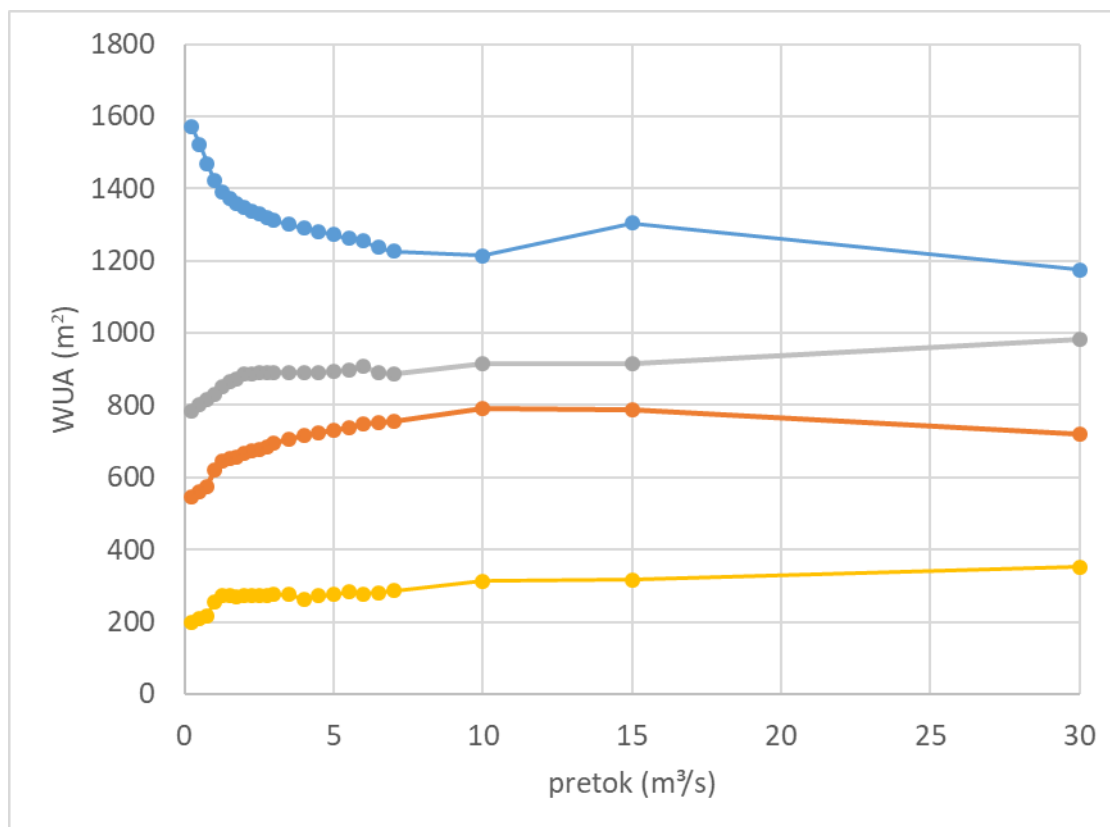


Slika 12: Digitalni model terena za scenarij 3 na odseku Koritno (Šantl in sod., 2021a).

### 3.1.5 Rezultati scenarijev na odseku Koritno in primerjava z obstoječim stanjem



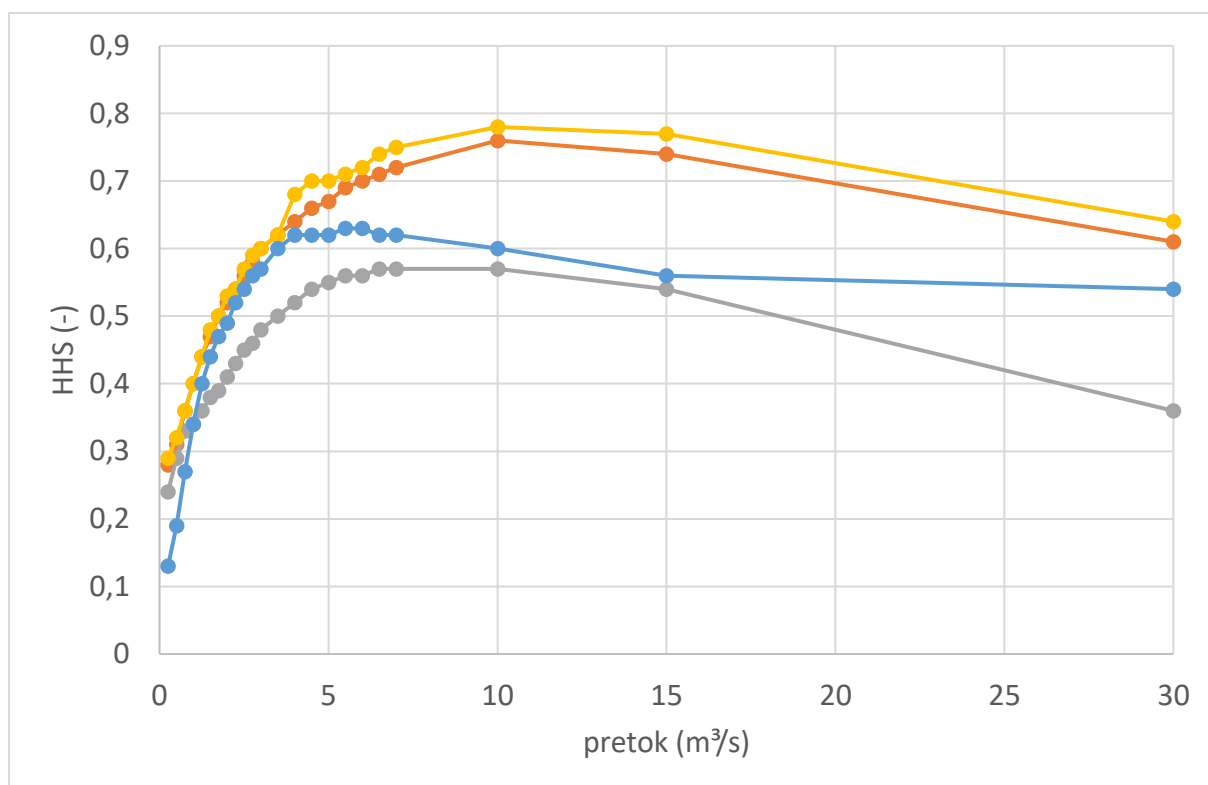
Slika 13: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja na odseku Koritno; primerjava obstoječega stanja in scenarijev (obstoječe stanje - siva barva, S1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno).



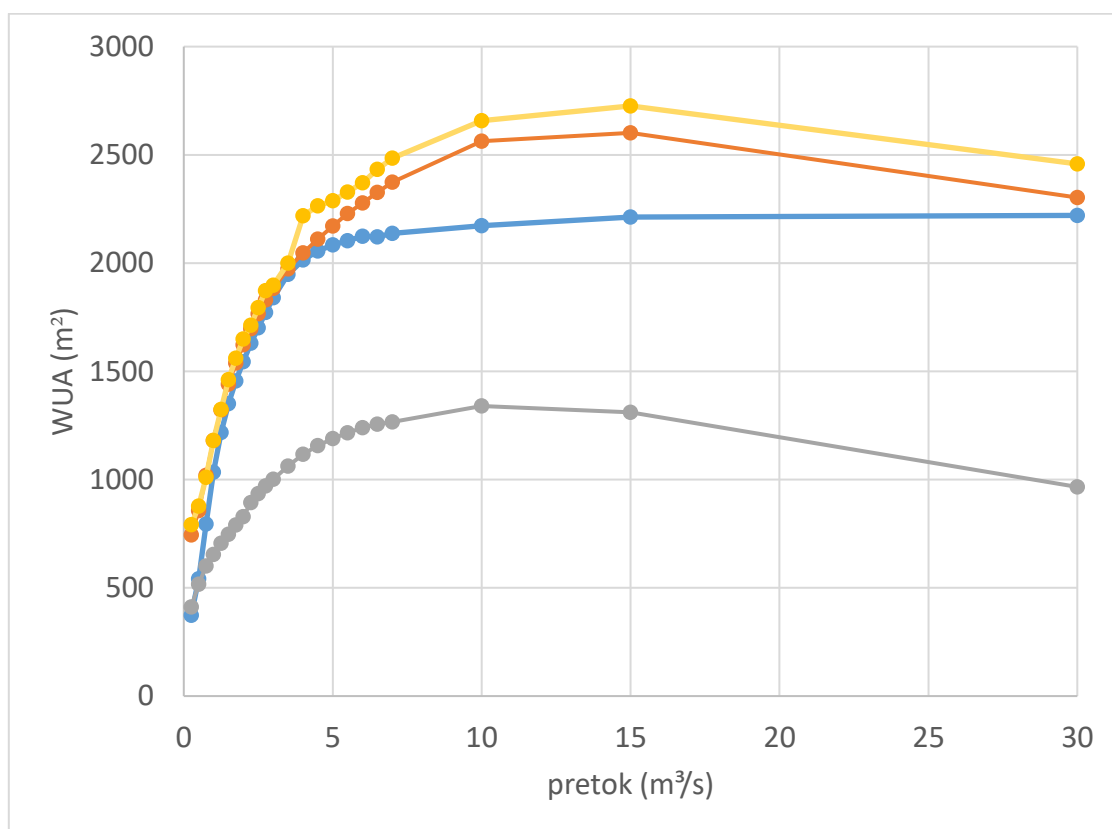
Slika 14: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja na odseku Koritno; primerjava obstoječega stanja in scenarijev (obstoječe stanje - siva barva, scenarij 1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno).

Sliki (Slika 13, Slika 14) prikazujeta habitatno primernost na odseku Koritno za donavskega potočnega piškurja za obstoječe stanje in vse predvidene scenarije. WUA kaže bistveno izboljšanje površine habitata pri S1 v primerjavi z obstoječim stanjem, S2 rahlo zaostaja za trenutnim stanjem, medtem ko se pri S3 stanje precej poslabša (Slika 14).

HHS krivulje kažejo, da je S1 izrazito boljši pri manjših pretokih, medtem ko je pri srednjih in visokih pretokih izboljšanje predvsem posledica večje vodnate površine (Slika 13). Scenarija S2 in S3 na tem odseku predstavljata poslabšanje habitata za donavskega potočnega piškurja. S2 predvidena razširitev struge in razgibanje toka s skalami samicami. V tem primeru je razbitje toka premajhno, da bi se za skalami tvorile dovolj velike krpe primerne substrata, obenem pa je hitrost vodnega toka še vedno relativno velika. Z vidika piškurjev na odseku Koritno širjenje struge in nadaljnjo razbijanje vodnega toka s skalami samicami ali z jezdicami ne izboljša primernosti habitata. Trenutne razmere so na tem odseku relativno ugodne. S1, ki predvideva razdelitev struge na dva kraka, bi glede na rezultate modela edini prispeval k izboljšanju primernosti habitatov za donavskega potočnega piškurja na odseku Koritno.



Slika 15: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico na odseku Koritno: trenutno stanje in vsi scenariji (trenutno stanje- siva barva, S1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno).



Slika 16: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico na odseku Koritno: trenutno stanje in vsi scenariji (trenutno stanje- siva barva, S1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno).



V nasprotju z donavskim potočnim piškurjem vsi predvideni scenariji na odseku Koritno za platnico prikazujejo izboljšanje habitatne primernosti tako pri indeksu WUA kot HSS (Slika 15, Slika 16). Najslabše stanje habitata za platnice se kaže v trenutnih razmerah na Koritnem, kar kaže, da je potrebna razširitev struge, način razgibanja vodnega toka pa na tem odseku ni tako pomemben. Vse modelirane ureditve predstavljajo bistveno izboljšanje tako glede površine primerne habitatne kot tudi glede deleža najbolj primerne habitatne. Očitno je na tem odseku struga Dravinje z vidika platnice preveč utesnjena in se lahko s primerno razširitvijo habitatne primernost bistveno izboljša, pri tem pa ne poslabšamo primernosti habitata pri nizkih pretokih. Natančnejša analiza rezultatov kaže, da do razlik prihaja predvsem zaradi dejstva, da je v trenutnih razmerah na odseku sicer kar nekaj zelo primerne habitatne ampak tudi zelo veliko neprimerne habitatne. V scenarijih, ki predvidevajo širitev struge, pa je površina zelo primerne habitatne rahlo zmanjšana, vendar se močno poveča površina srednje primerne habitatne in zmanjša površina neprimerne habitatne. Pri nizkih pretokih, do pretoka približno 4 m<sup>3</sup>/s, so scenariji med seboj približno enakovredni, pri višjih pretokih pa S2 in S3 kažeta na boljše stanje kot S1. Prednost S1 pri višjih pretokih je, da so površine z najbolj primernimi pogoji relativno stalne in se zelo malo spreminjajo s pretokom.

## 3.2 Odsek Dravinja-Varoš

### 3.2.1 Varoš trenutno stanje

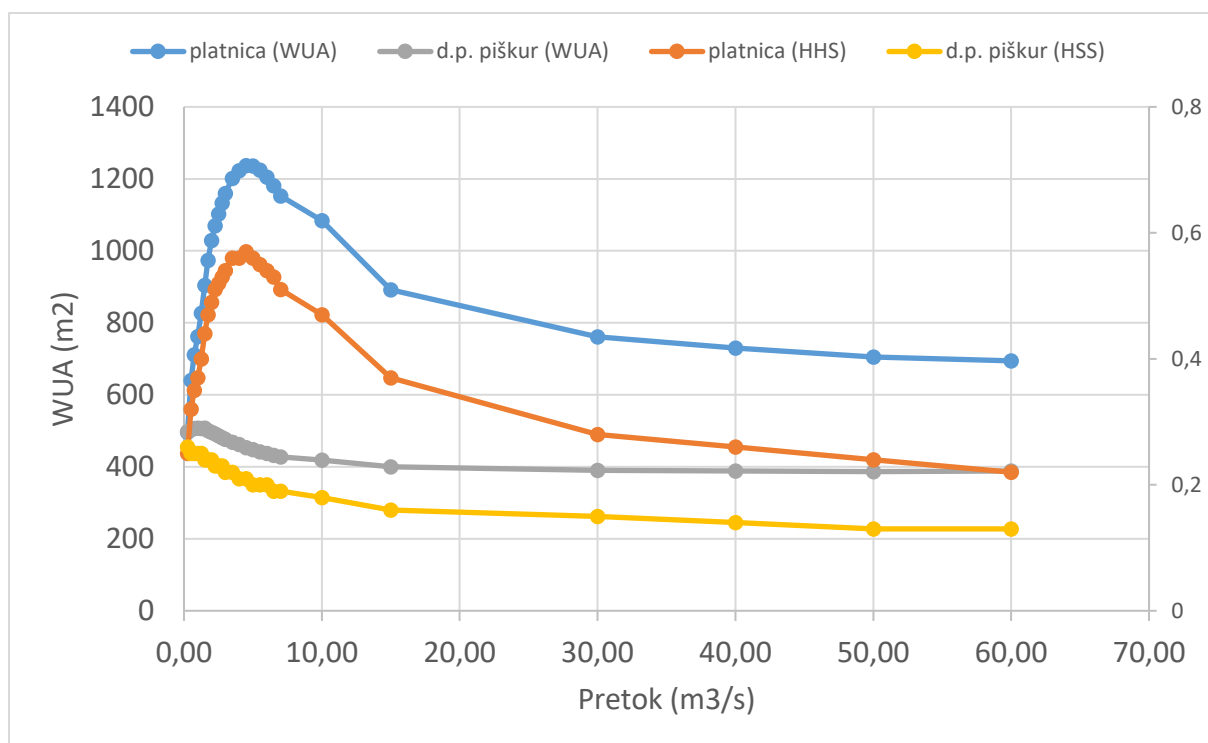
Odsek Varoš se nahaja dolvodno od mostu Varoš – Pečke, tik nad izlivom Ložnice v Dravinjo. Nadmorska višina na tem odseku je približno 237 m. Začetni del odseka tik pod mostom je precej plitev, tu vodni tok dosega največje hitrosti. Proti sredini se dno poglubi in vodni tok upočasni. Tolmun poteka po celotnem profilu struge in je dolg približno 20 m, nato se dno večinoma splitvi, tolmun pa se nadaljuje le še ob levi brežini. Tik za tolmunom so hitrosti vodnega toka največje, kar je razvidno tudi iz razporejenosti substratov. Večji delež substrata predstavlja prod in kamenje, v tolmunu večinoma pesek. Mulj se pojavlja le občasno v ozkih pasovih ob brežinah. Skrivališča predstavljajo večinoma veje dreves, ki rastejo na brežini in se povešajo proti strugi, nekaj je tudi potopljene lesne mase in zelo malo spodjedene brežine.



Slika 17: Ortofoto posnetek odseka Varoš. Z rdečo je označen modelirani odsek.



Slika 18: Digitalni model terena, odsek Varoš trenutno stanje (Šantl in sod., 2020).



Slika 19: Uporabna korigirana površina (WUA), in hidravlični indeks primernosti (HHS) za obe ciljni vrsti za odsek Varoš, trenutno stanje.

Za platnico na odseku Varoš je habitatna primernost ( $WUA = 1236 \text{ m}^2$ ) le malo manjša kot na odseku Koritno, vendar je vrh najvišje habitatne primernosti zelo ozek in se pojavlja pri nekoliko prenizkih pretokih (največja vrednosti je pri pretoku  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Srednji pretok na tem delu Dravinje je približno  $7-8 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Tudi na tem odseku je prisoten tolmun, ki pa je manjši kot na odseku Koritno in zato njegov vpliv ni tako izrazit. Struga Dravinje je na tem odseku ozka in hitrosti vodnega toka so visoke že pri povprečnih pretokih. Habitatna primernost za donavskega potočnega piškurja je majhna in se z višanjem pretokov le še poslabšuje, kar je verjetno posledica relativno hitrega toka in posledično tudi manj primerne substrata. Podobno kot pri odseku Koritno nas je tudi tukaj zanimalo, kaj se zgodi s habitatom, če vodni tok poskušamo popestriti s skalami samicami (Scenarij 1), če pustimo, da voda erodira levo brežino, nato pa nadaljnjo erozijo omejimo na sonaraven način – s serijo vkopanih jezbic (Scenarij 2) oziroma kaj se zgodi, če jezvice vkopljemo na desno brežino in se na sredini struge formira otok (Scenarij 3).

### 3.2.2 Varoš S1

Scenarij 1 za odsek Varoš predvideva popestritev vodnega toka z razpršeno porazdelitvijo skal samic v obliki skalnih blokov velikosti  $0,5-1,5 \text{ m}$ . Skale so med seboj oddaljene približno  $5-10 \text{ m}$  in služijo tudi kot skrivališča za nekatere vrste rib. Širina struge in dno ostajata nespremenjena.



Slika 20: Digitalni model terena za scenarij 1, odsek Varoš (Šantl in sod., 2021a).

### 3.2.3 Varoš S2

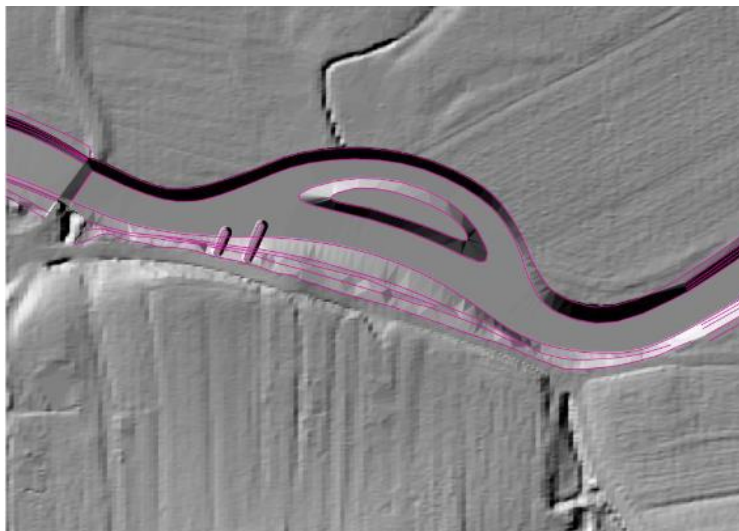
Scenarij 2 za odsek Varoš predvideva razširitev struge z zajedanjem v levo brežino. Za ustavitev erozije se na levi strani vkopljejo jezice. Modelira se vzpostavljeno stanje po končani predvideni eroziji, torej zvezni padec nivelete dna struge od začetka do konca obravnavanega odseka.



Slika 21: Digitalni model terena za scenarij 2, odsek Varoš (Šantl in sod., 2021a).

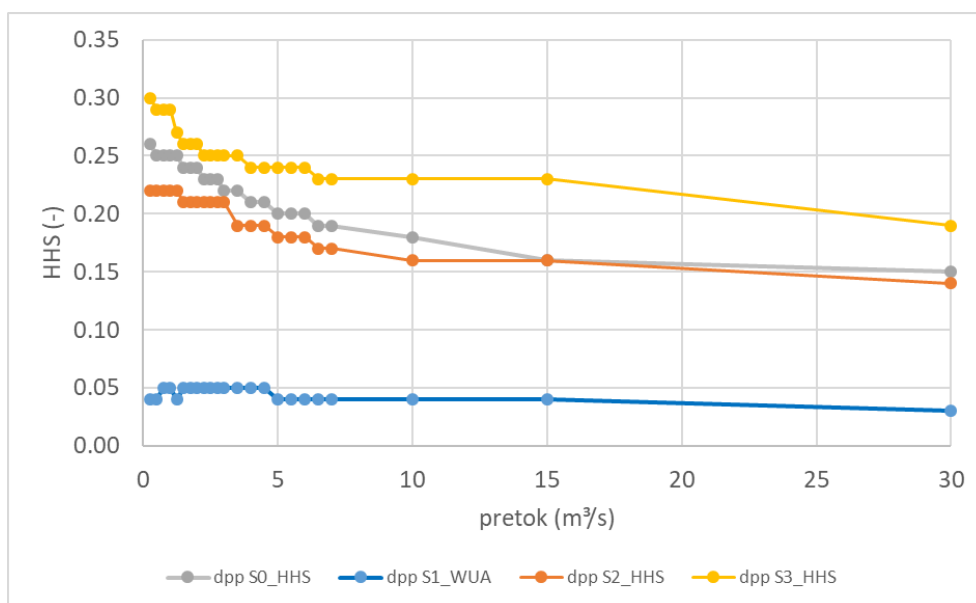
### 3.2.4 Varoš S3

Scenarij 3 za odsek Varoš predvideva razširitev leve brežine in formiranje otoka. Na začetku razširitve se na desni strani za usmeritev toka predvidijo jezbece. Modelira se vzpostavljeno stanje po predvideni eroziji, torej zvezni padec nivelete dna struge od začetka do konca obravnavanega odseka.



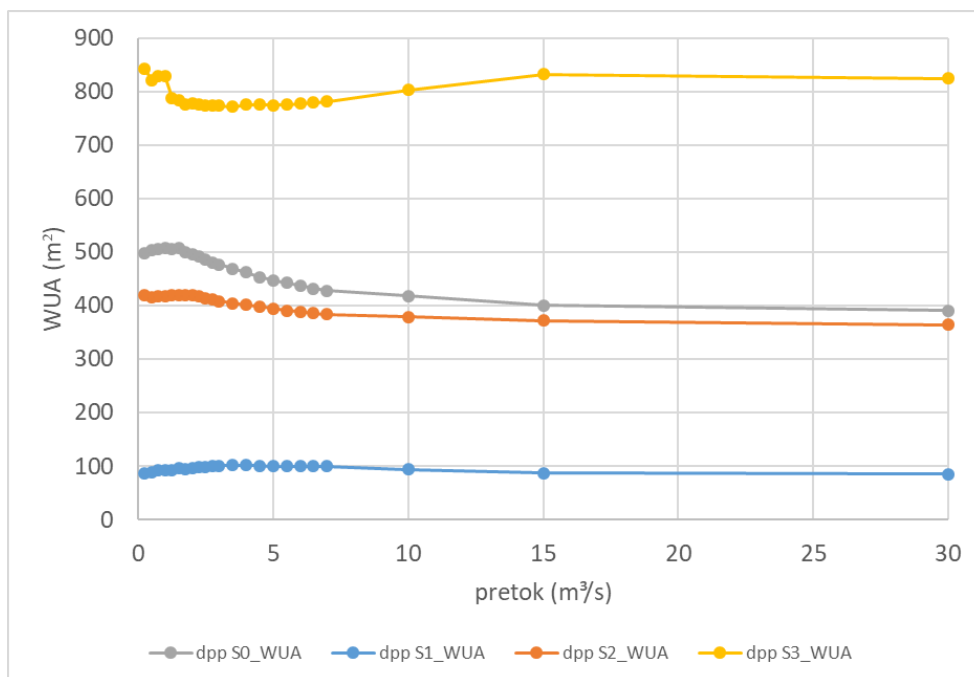
Slika 22: Digitalni model terena za scenarij 3, odsek Varoš (Šantl in sod., 2021a).

### 3.2.5 Rezultati scenarijev na odseku Varoš in primerjava s trenutnim stanjem



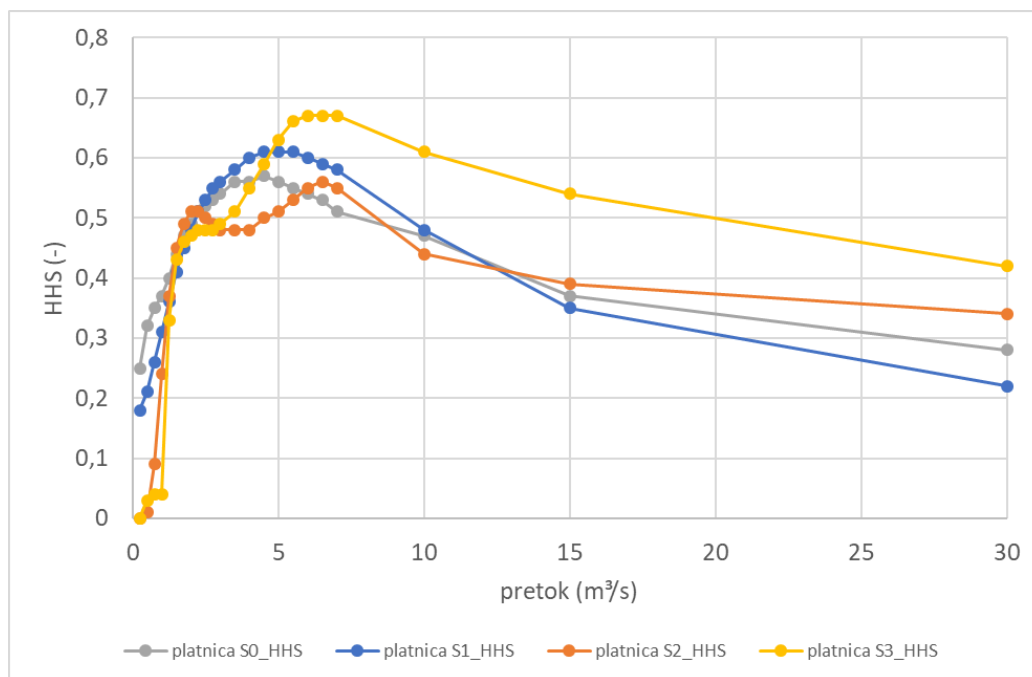
Slika 23: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku Varoš: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije.



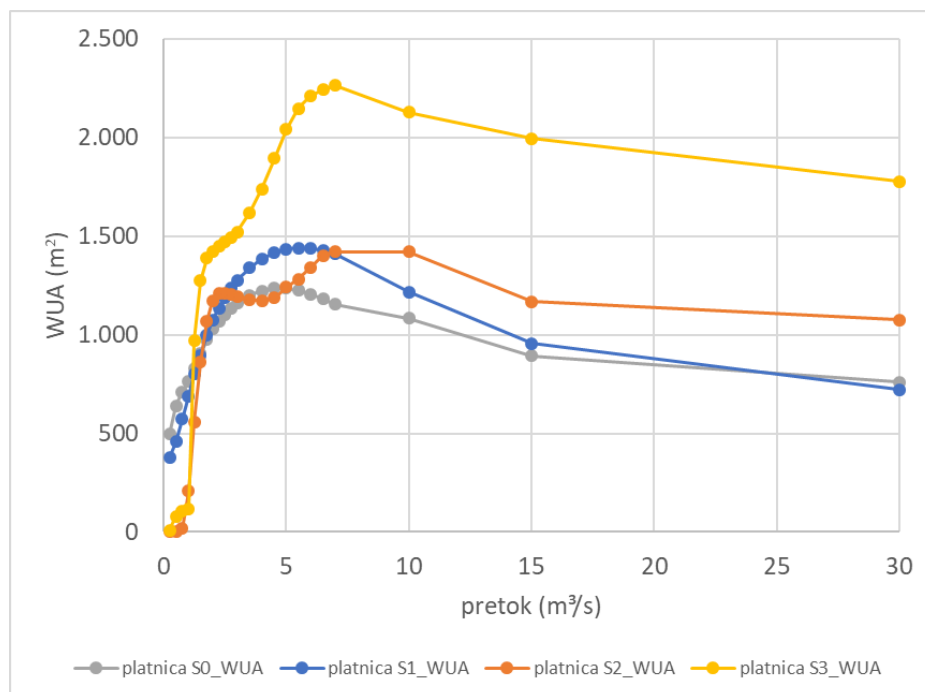


Slika 24: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja na odseku Varoš: trenutno stanje in vsi scenariji (trenutno stanje- siva barva, scenarij 1 – modro, S2 - oranžno, S3 – rumeno).

Na odseku Varoš je za potočnega piškurja razlika v habitatni primernosti med posameznimi scenariji precej jasna. S1, kjer strugo popestrimo zgolj s skalami samicami, sama struga pa ostaja enako široka, pomeni precejšnje poslabšanje za donavske potočne piškurje, kar kažeta oba parametra (Slika 23, Slika 24). Tudi razširitev struge po S2, kjer erozijo preprečujejo jezbece, ne kaže na izboljšanje primernosti habitata. Verjetno so zmanjšanja hitrosti, ki bi omogočile usedanje drobnozrnatih sedimentov, še vedno premajhna, saj se po ekspertni oceni tak material useda le v delu jezbic. Precej veliko izboljšanje pa predstavlja S3 z razdelitvijo struge v dva kraka in formiranjem otoka na sredini. Zelo podobne rezultate smo videli pri S1 v Koritnem, ki tudi predvideva razdelitev struge, le da je v Varošu to izboljšanje še bolj očitno.



Slika 25: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico v Dravinji na odseku Varoš: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije.



Slika 26: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico v Dravinji na odseku Varoš: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije.

Tudi za platnico na odseku Varoš je najbolj primeren S3, torej odsek z razdelitvijo struge v dva kraka, izboljšanje je najbolj očitno pri pretokih Dravinje nad 5 m³/s (Slika 25, Slika 26). Glede

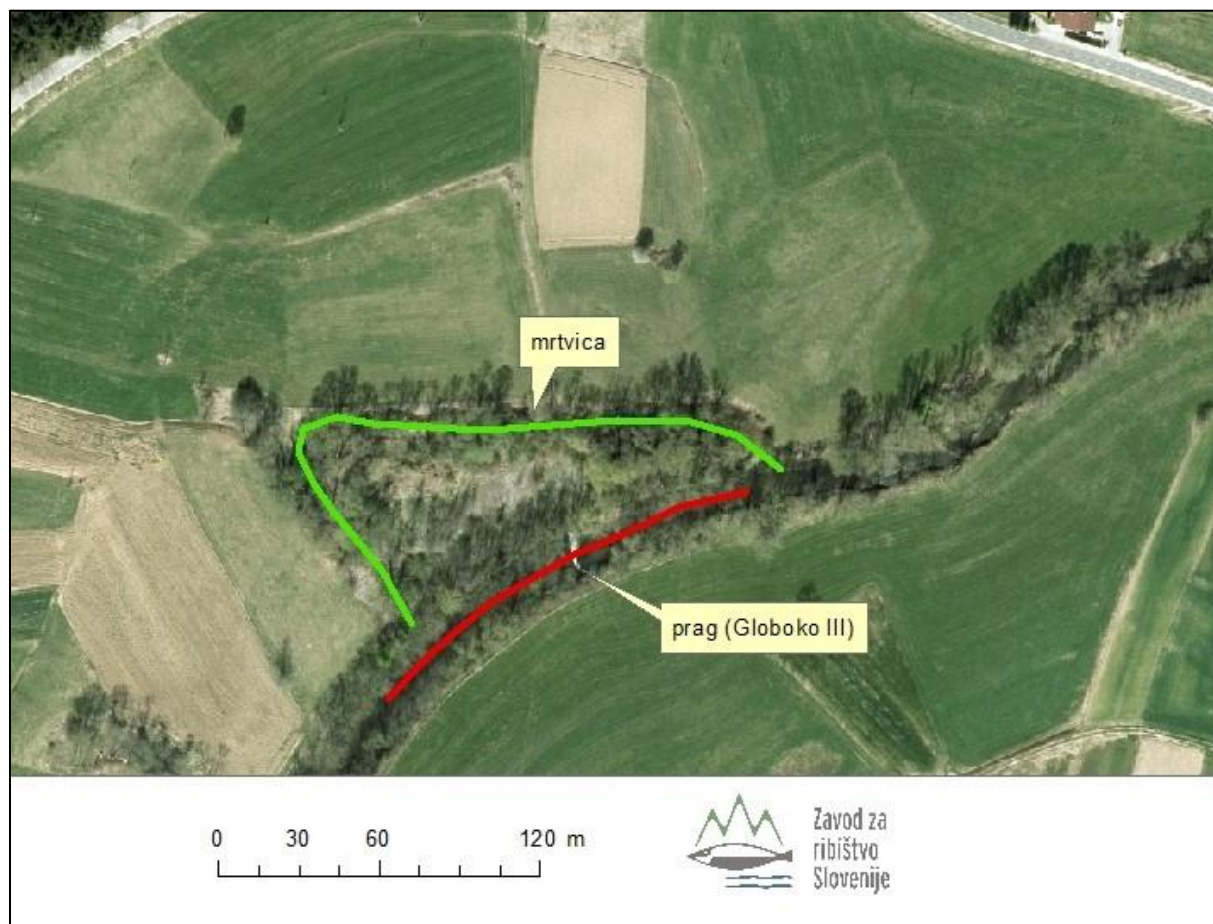


na parameter WUA sta S1 in S2 približno enakovredna. Pri manjših pretokih je primerne površine sicer več pri S1, pri višjih pretokih (nad 7 m<sup>3</sup>/s) pa pri S2, kar je razumljivo, glede na to, da je pri S2 struga razširjena. V scenariju S2 se kaže manjši upad primernosti habitata ravno v območju pretokov 3-5 m<sup>3</sup>/s. Zelo majhna habitatna primernost pri zelo nizkih pretokih pri S2 in S3 je posledica odsotnosti tolmuna, ki je sicer tam prisoten (S0) in smo ga obdržali tudi pri modeliranju S1. Tolmuni so izredno pomembni pri vzdrževanju vsaj minimalnih življenjskih pogojev pri nizkih vodostajih. V S2 in S3 je bil modeliran zvezni padeč nivelete dna.

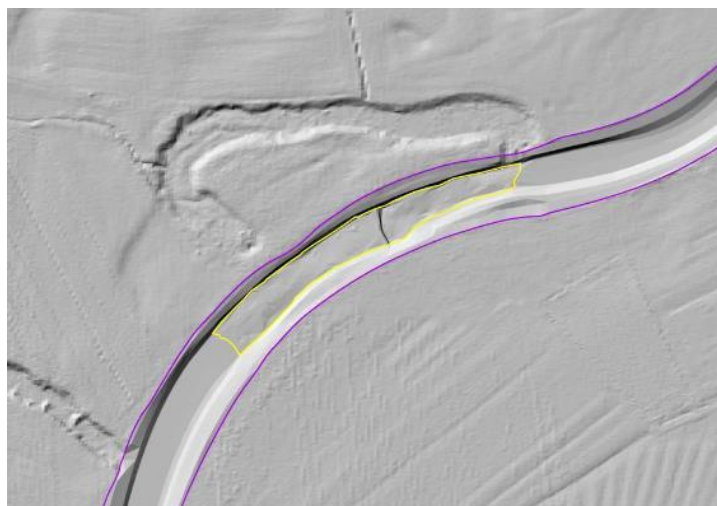
### 3.3 Odsek Dravinja-Makole

#### 3.3.1 Makole trenutno stanje

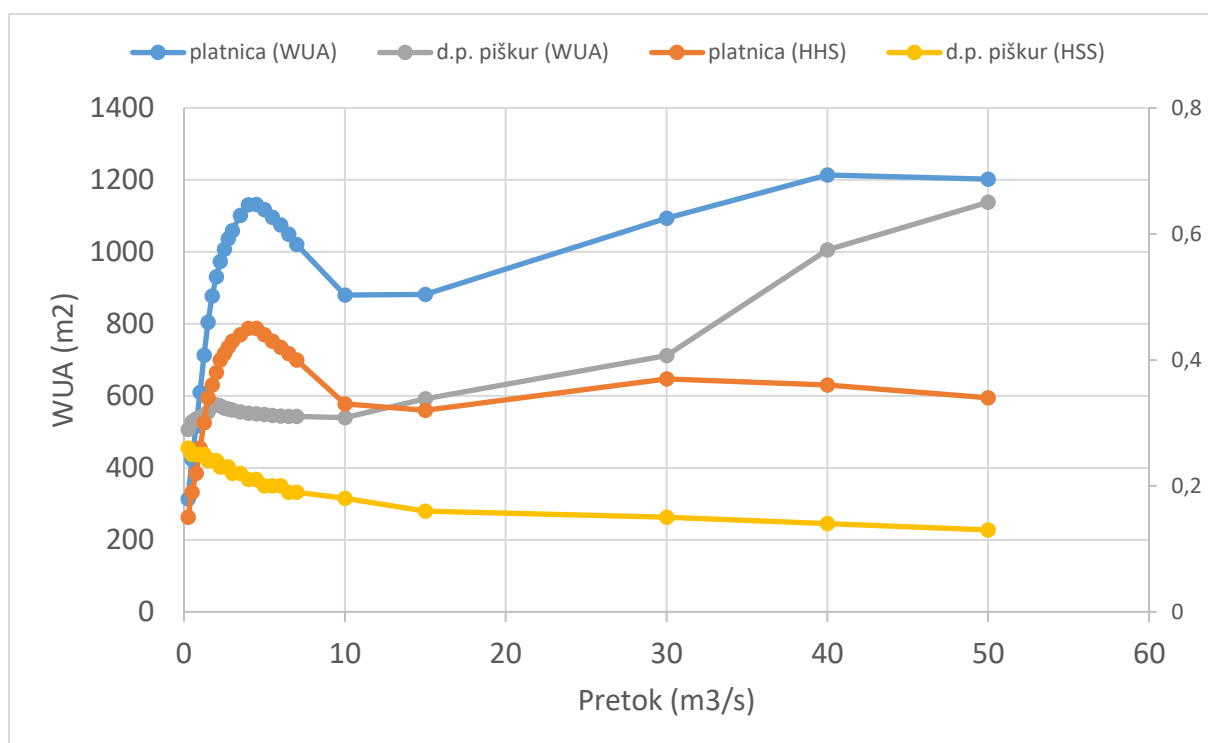
Odsek Makole se nahaja najbolj gorvodno na Dravinji med vsemi izbranimi odseki, nadmorska višina na tem delu je 241 m. Odsek poteka vzporedno z opuščeno mrtvico na levem bregu Dravinje. Približno na sredini modela je v strug Dravinj umeščen delno prehodni prag, pod katerim se nahaja tolmun, ki je najgloblji del na tem odseku. Najvišje hitrosti voda dosega na gorvodnem, zelo plitkem delu in na pragu. Gorvodni del je malenkost razširjen in precej zravnšan, zato pri nizkih pretokih osrednji deli struge ostajajo na suhem. Podlaga je večinoma prodnata, tik pod pragom je več gramoza in nekaj skal, ki so del utrditev. Mulj se pojavlja le v ozkih pasovih ob brežini, nekaj več ga je v spodnjem delu odseka. Približno 100 m nad odsekom se nahaja še en manjši prag in še ena zaraščena mrtvica (Slika 27).



Slika 27: Ortofoto posnetek odseka Makole. Z rdečo je označen modelirani odsek.



Slika 28: Digitalni model terena, odsek Makole trenutno stanje (Šantl in sod., 2020).



Slika 29: Uporabna korigirana površina (WUA), in hidravlični indeks primernosti (HHS) za obe ciljni vrsti za odsek Makole, trenutno stanje.

Krivulja primernosti habitata za oba parametra za platnico na odseku Makole (Slika 29) je podobna kot na odseku Varoš, zelo ozka, vrh habitatne primernosti pa se pojavlja pri nekoliko pre nizkih pretokih (največja vrednosti pri pretoku  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ , srednji pretoki Dravinje na tem delu so približno  $6-7 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Najvišje vrednosti pri nizkih pretokih so nekoliko manjše kot pri Varošu, vendar pa se pri tem odseku habitatna primernost s pretokom vode nad  $15 \text{ m}^3/\text{s}$  znova počasi povečuje. Problematično pri tem odseku je stanje habitatne primernosti pri zelo nizkih pretokih

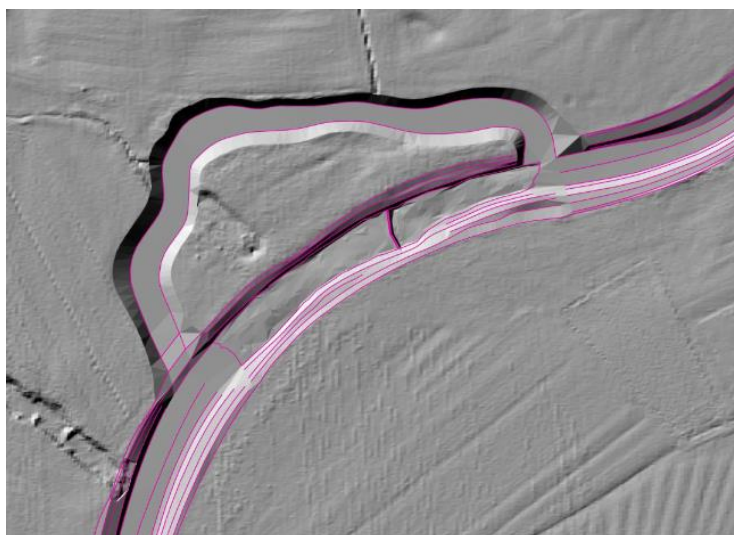


in tudi precejšnje zmanjšanje pri najbolj pogostih pretokih, kar je verjetno posledica manjšega in manj primernega tolmana pod pragom in ozkega osrednjega dela struge.

Tudi za piškurja so ocene primernosti habitata relativno slabe, površina primerne habitata se s povečevanjem pretoka le malo spreminja in zelo počasi pada. Pri iskanju izboljšav za ta odsek smo v S1 predvideli ponovno vzpostavitev opuščene mrtvice na levem bregu, obstoječ prag pa se v tem scenariju modificira tako, da vodo usmerja v mrtvico pri pretoku približno 10 m<sup>3</sup>/s. Iztok iz mrtvice je omočen tudi pri zelo nizkih pretokih. V S2 smo predvideli odstranitev pragu in omejitev erozije s serijo jezbic na levem bregu. V S3 se prag sicer ohranja, vendar pa z odstranitvijo kamnometa na levi brežini dopustimo erozijo, ki jo nato ustavimo s serijo jezbic.

### 3.3.2 Makole S1

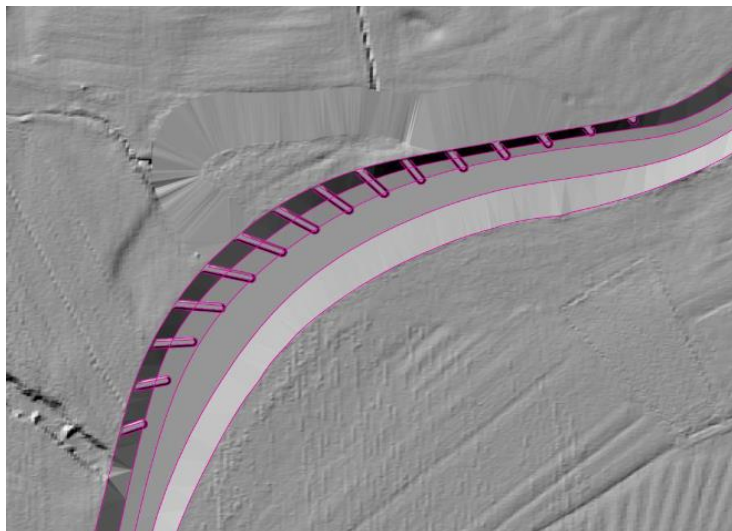
Scenarij 1 za odsek Makole predvideva ponovno vzpostavitev opuščene mrtvice na levi brežini. Vtok v mrtvico je prestavljen okoli 80 m gorvodno za zagotavljanje vtoka pod manjšim kotom. Vtočni prag, ki omejuje vtok v mrtvico, je višinsko umeščen tako, da prične prevajati vodo, ko pretok v strugi preseže vrednost 10 m<sup>3</sup>/s. Naklon dna struge med vtokom ter iztokom mrtvice linearno pada.



Slika 30: Digitalni model terena za scenarij 1, odsek Makole (Šantl in sod., 2021a).

### 3.3.3 Makole S2

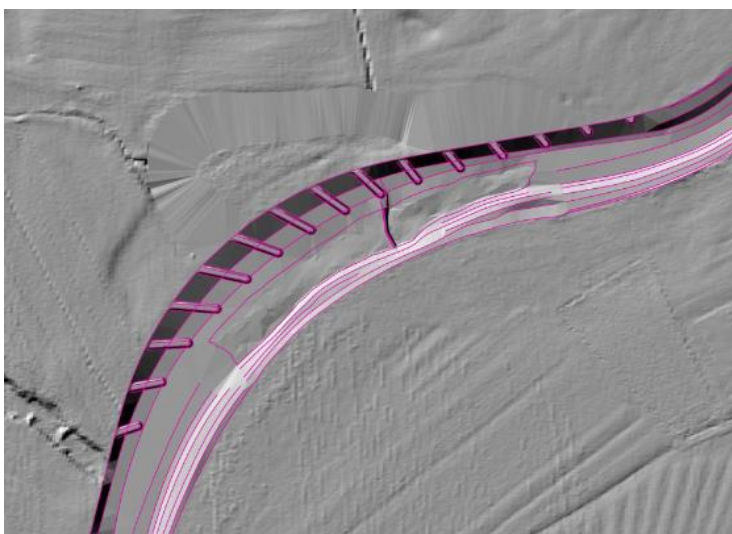
Scenarij 2 za odsek Makole predvideva odstranitev obstoječega pragu. Predvidena je erozija na levi konkavni strani, zato se na tej strani v brežino vkoplje jezbičice, ki na predvideni točki ustavijo erozijo. Modelira se vzpostavljeno stanje po predvideni eroziji, torej zvezni padec nivelete dna struge od začetka do konca obravnavanega odseka.



Slika 31: Digitalni model terena za scenarij 2, odsek Makole (Šantl in sod., 2021a).

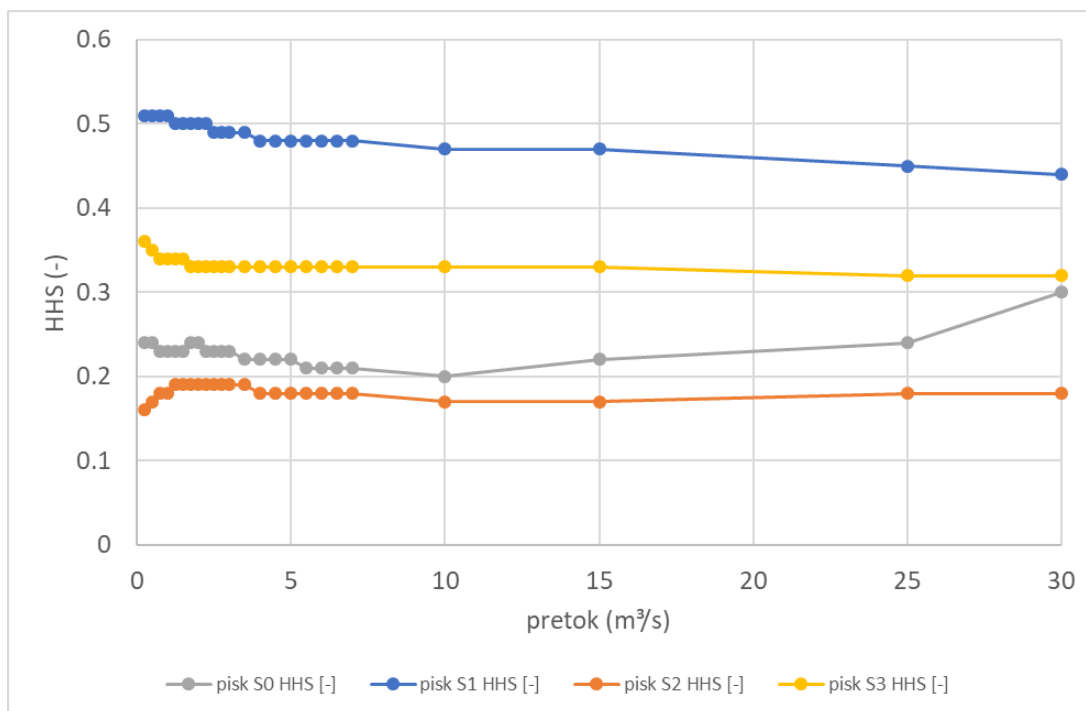
#### 3.3.4 Makole S3

Scenarij 3 za odsek Makole je podoben kot scenarij 2, struga se širi v levo brežino le da se ohranja obstoječ prag. Na območju obravnavanega odseka se na levi (konkavni) brežini vkopljejo jezbece, ki ustavijo predvideno erozijo.

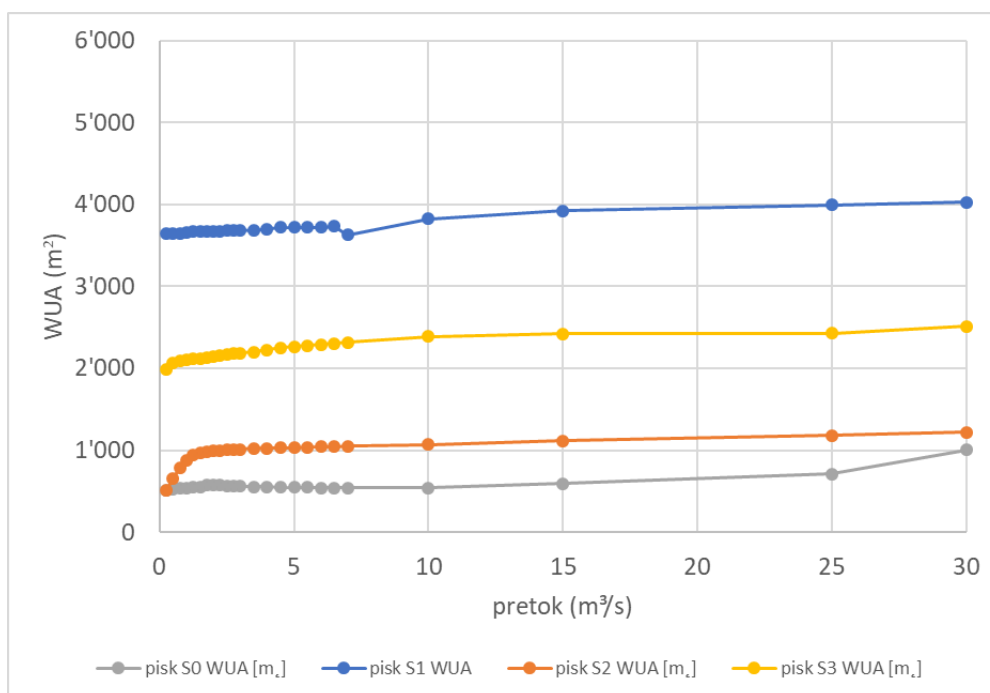


Slika 32: Digitalni model terena za scenarij 3, odsek Makole (Šantl in sod., 2021a).

#### 3.3.5 Rezultati scenarijev na odseku Makole in primerjava s trenutnim stanjem



Slika 33: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije.

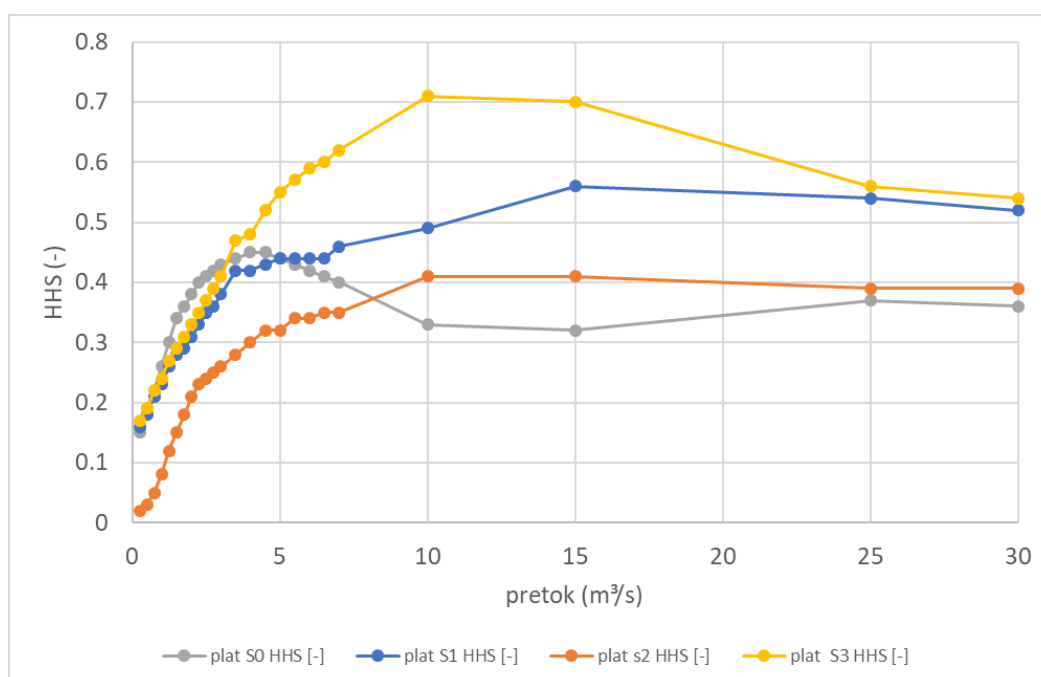


Slika 34: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje in trije različni scenariji renaturacije.

Glede na rezultate habitatnega modela lahko na odseku Makole z različnimi posegi bistveno izboljšamo habitatno primernost za donavske potočne piškurje. Trenutno stanje na odseku je precej slabo, s ponovno vzpostavitvijo mrtvice pa postane cel odsek zelo primeren za piškurje.

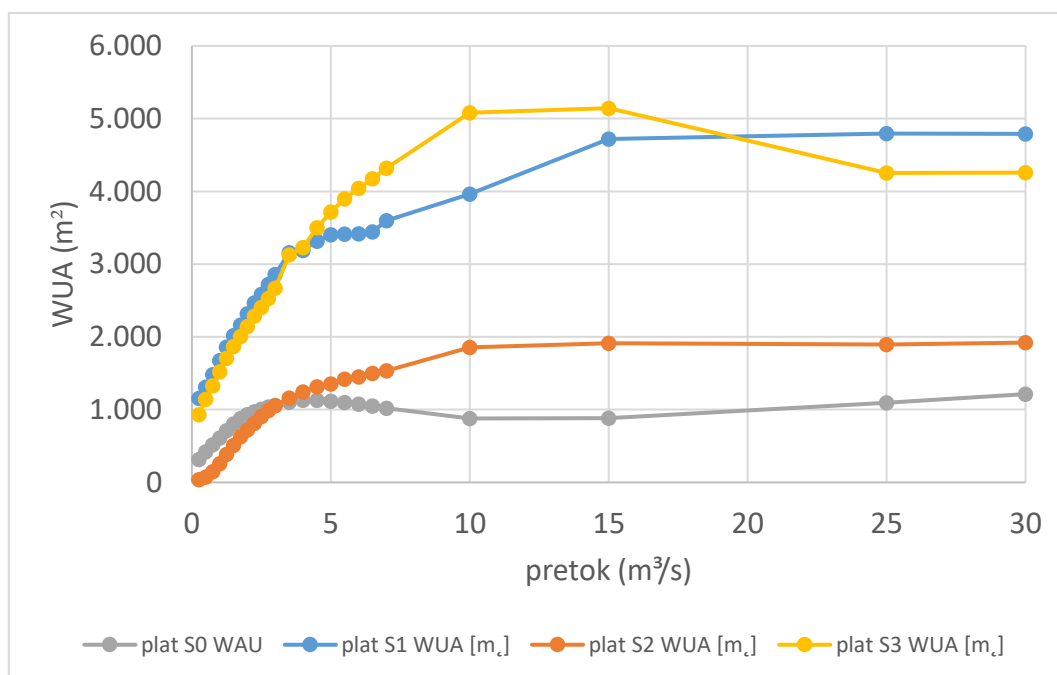


Tudi izboljšanje v S3 je zelo veliko, medtem ko se je sama širitev struge tudi na tem odseku izkazala za precej neučinkovito. Izboljšanje primernosti je le posledica večje omočenosti in ne izboljšanja same kvalitete habitatov. Zaradi odstranitve pragu je hitrost vodnega toka v S2 precej velika in površina vodotoka, kjer se useda drobnozrnat sediment, je v S2 zelo majhna. Pri platnici je slika podobna, le da razlike niso tako očitne. S1 in S3 kažeta bistveno izboljšanje primernosti habitatov, S2 pa vsaj pri nizkih pretokih predstavlja poslabšanje. S3 kaže celo malo večje izboljšanje za platnico kot S1. Zelo očitno so scenariji, kjer se ohranja prag, bistveno boljši kot scenarij, kjer smo prag odstranili, kar kaže na preveliko povečanje hitrosti vodnega toka.



Slika 35: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje (S0) in trije različni scenariji (S1, S2, S3) renaturacije.



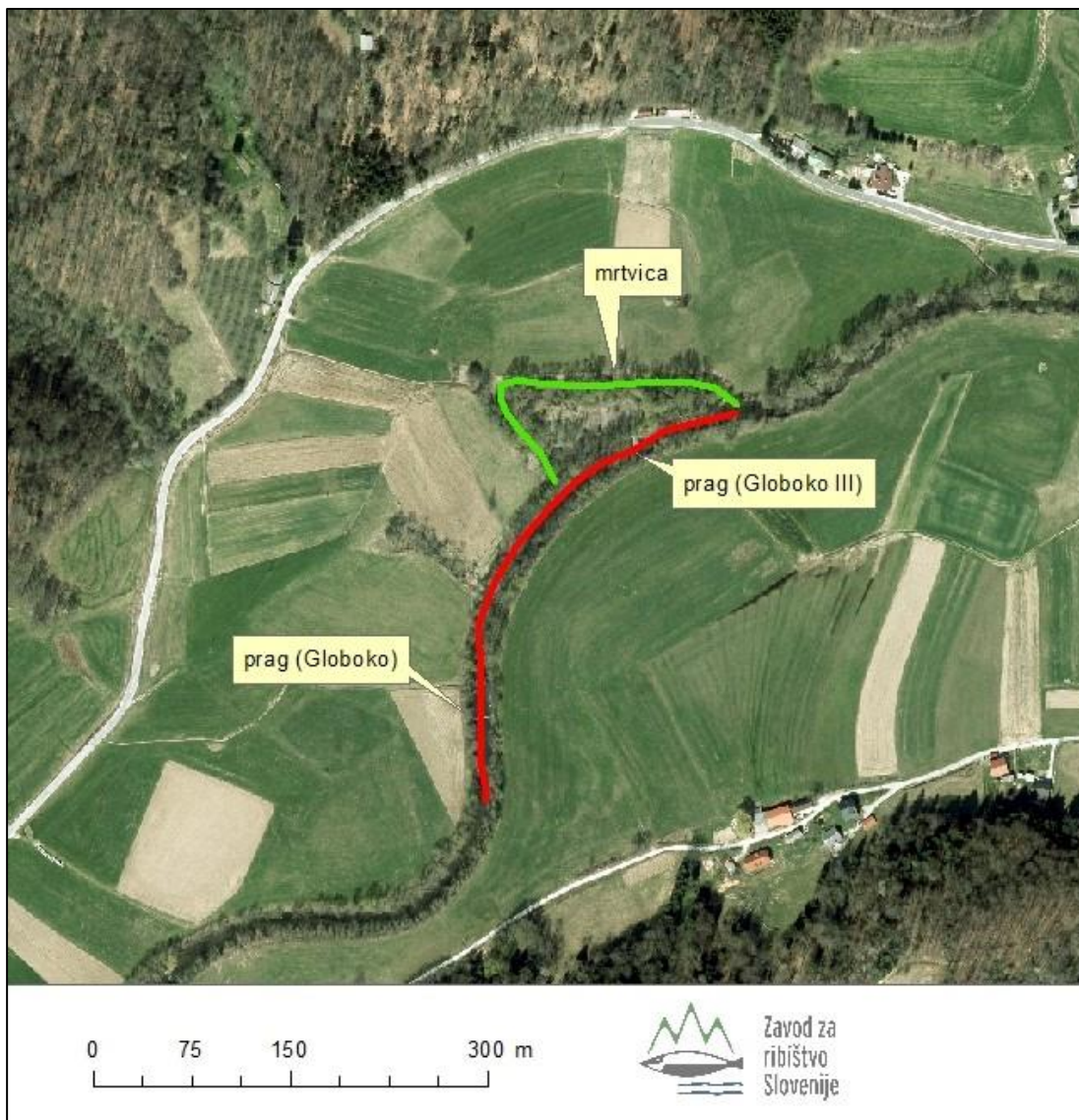


Slika 36: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico v Dravinji na odseku Makole: trenutno stanje in trije različni scenariji renaturacije.

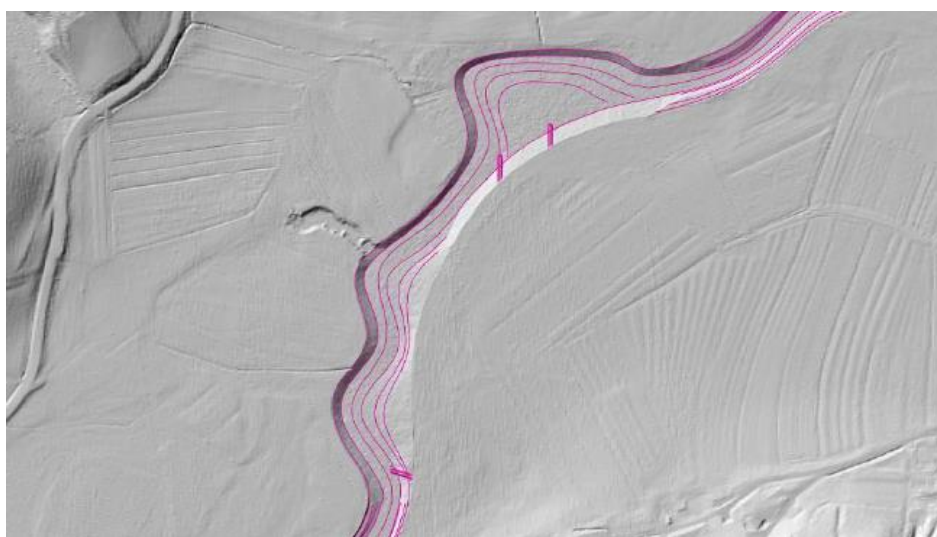
### 3.4 Dravinja-Makole skupni odsek (D1-D5):

Znotraj partnerske skupine projekta je bila sprejeta odločitev, da se med drugimi izvede revitalizacijske ukrepe na odseku Makole in na pragu Globoko. Prag Globoko leži cca. 250 m nad pragom na odseku Makol. V tretji fazi habitatnega modeliranja smo zato izbrali odsek Makole in ga gorvodno podaljšali tako, da je vključen še prag Globoko. V projektni nalogi za izdelavo celotne projektne dokumentacije za izboljšanje stanja ohranjenosti ciljnih vrst Natura 2000 in njihovih habitatov na območjih Natura 2000 Volčke (SI3000213), Dravinja s pritoki (SI3000306) in Dravinjska dolina (SI5000005) (Hrovat in sod., 2023) je to območje poimenovano D1-D5 (D1- mrtvica Makole, D5 - prag Globoko III). V nadaljevanju tako tudi mi poimenujemo ta odsek.

Na odseku D1-D5 smo naredili hidravlični in habitatni model za trenutno stanje in za dva scenarija glede na možnosti odkupa zemljišč ob Dravinji. Realistični scenarij (scenarij 1) predvideva odkup manjšega dela zemljišč na tem odseku in uporabo zemljišč, ki so v lasti Republike Slovenije. Optimističen scenarij pa predvideva tudi odkup parcel vzhodno od obstoječe mrtvice, kar bi omogočilo vzpostavitev večjega meandra na tem območju. Oba scenarija predvidevata odstranitev obeh pragov in umestitev usmerjevalnih jezic, ki usmerijo tok v meandre. Modelirali smo stanje po končani eroziji, ko nadaljnjo erozijo (izven zemljišč, ki so na voljo) preprečuje pasivno obrežno zavarovanje. Rezultat habitatnega modeliranja prikazuje razlike v primernosti habitata trenutnega stanja in predvidenih scenarijev, ne kaže pa izboljšanja zaradi vzpostavitve prehodnosti.



Slika 37: Ortofoto posnetek odseka Makole, D1-D5. Z rdečo je označen modelirani odsek.



Slika 38: Digitalni model terena za scenarij 1, odsek D1-D5 (Šantl in sod., 2021b).



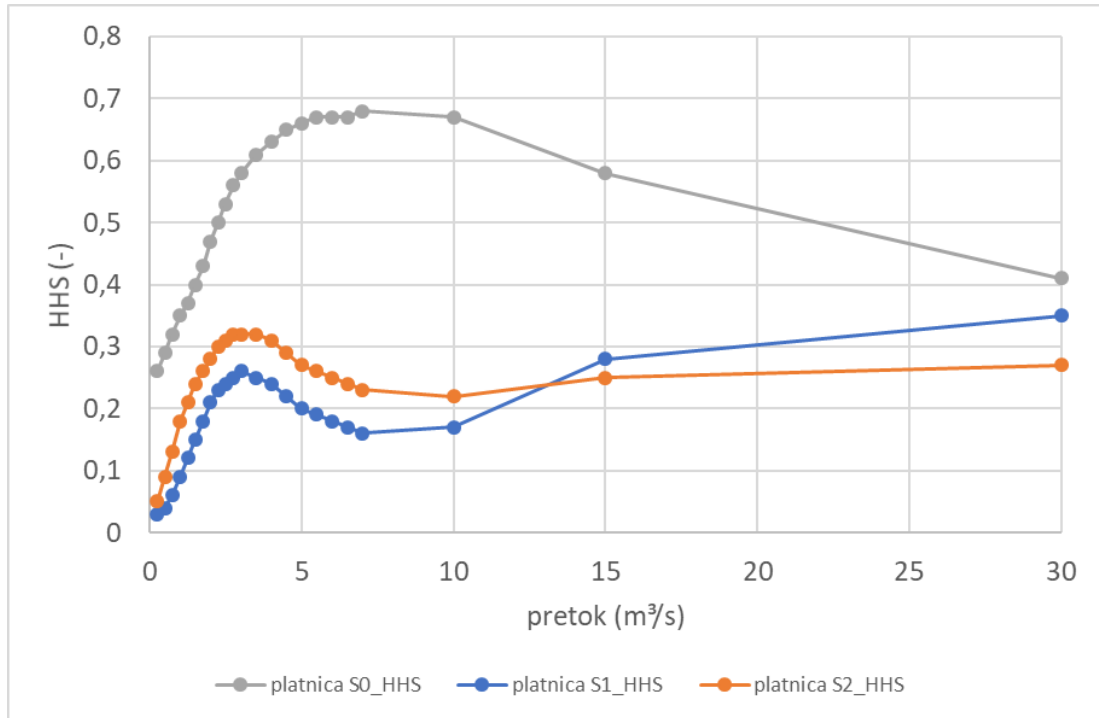
Scenarij 1 za odsek D1-D5 predvideva širitev leve brežine do parcelnih mej, kjer je možen odkup. Največji doseg leve brežine se predhodno zavaruje, nato pa se pusti naravni eroziji, da vzpostavi novo stanje. Zgornji prag se preuredi v jezstico, dodatno se na lokaciji mrtvega okljuka izvede usmerjevalno jezstico, ki usmerja tok v okljuk.



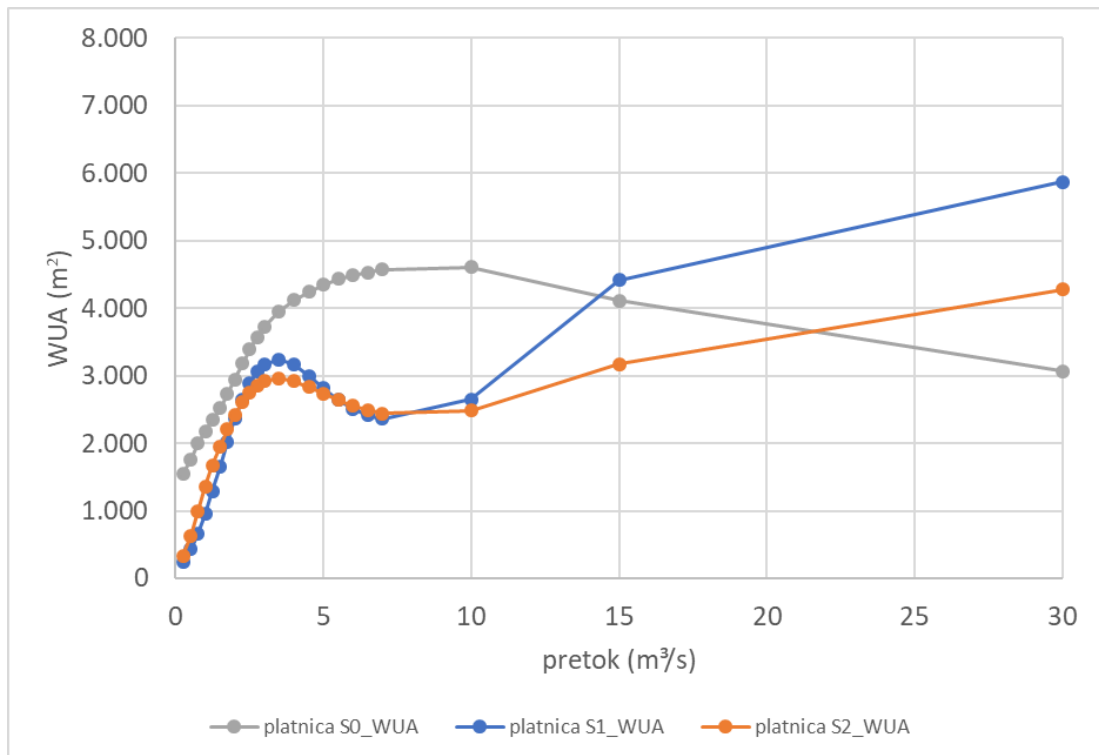
Slika 39: Digitalni model terena za scenarij 2, odsek D1-D5 (Šantl in sod., 2021b).

Za scenarij 2 na odseku D1-D5 je predviden odkup dodatnih parcel vzhodno od obstoječe mrtvice, zato je možna dodatna širitev leve brežine in formiranje daljšega meandra. Največji doseg leve brežine se predhodno zavaruje, nato pa se pusti naravni eroziji, da vzpostavi novo stanje. Zgornji prag se preuredi v jezstico, dodatno se na lokaciji mrtvega okljuka izvede usmerjevalno jezstico, ki usmerja tok v okljuk.

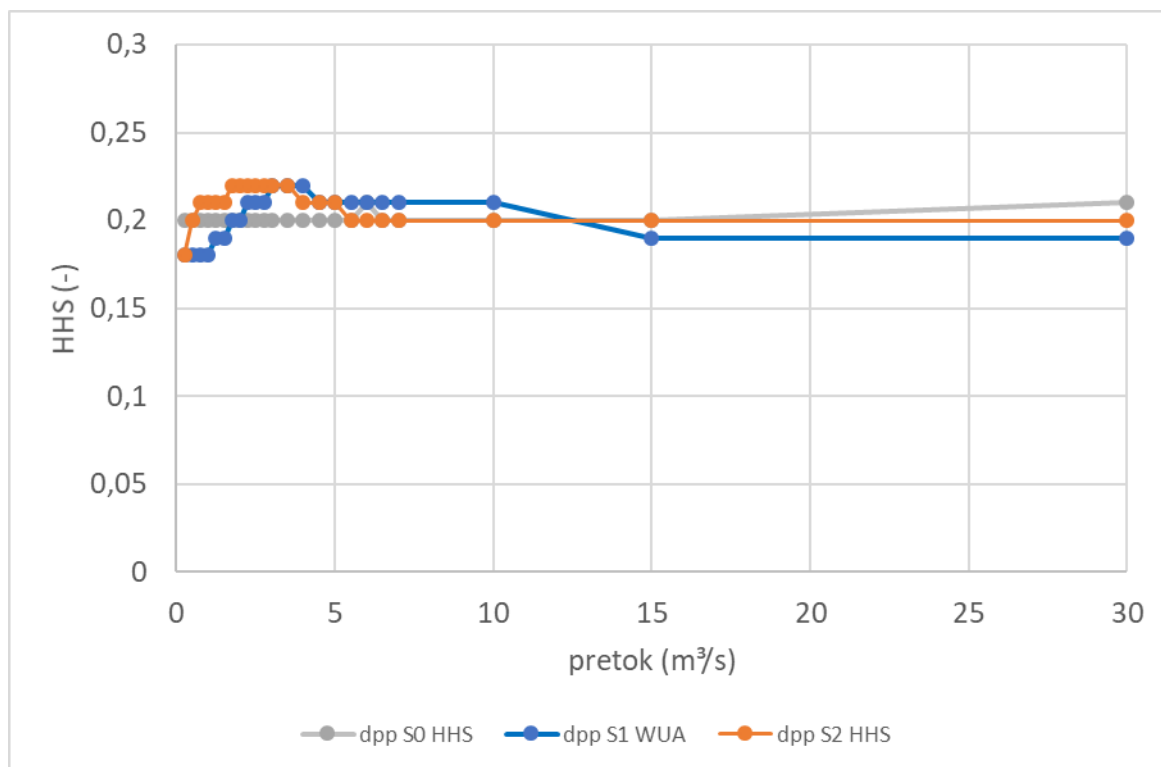
### 3.4.1 Rezultati scenarijev na odseku D1-D5 in primerjava s trenutnim stanjem



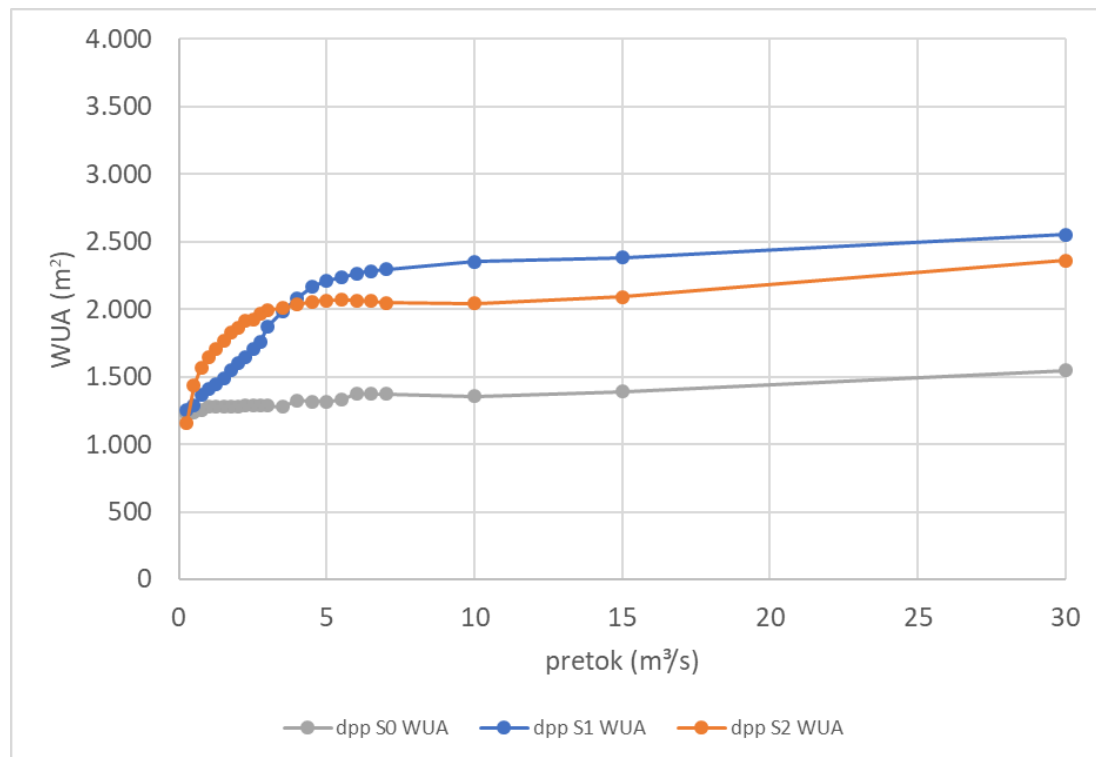
Slika 40: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za platnico v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje (S0) in različna scenariji (S1, S2) renaturacije.



Slika 41: Uporabna korigirana površina (WUA) za platnico v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje in različna scenarija (S1, S2) renaturacije.



Slika 42: Hidravlični indeks primernosti (HHS) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje (S0) in različna scenariji (S1, S2) renaturacije.



Slika 43: Uporabna korigirana površina (WUA) za donavskega potočnega piškurja v Dravinji na odseku D1-D5: trenutno stanje in različna scenarija (S1, S2) renaturacije.



Rezultati habitatnega modela na odseku D1-D5 presenetljivo kažejo, da je trenutno stanje habitata za obe ciljni vrsti boljše kot v obeh predvidenih scenarijih. Podrobna analiza rezultatov je pokazala, da z odstranitvijo obeh pragov na odseku bistveno povečamo hitrosti vodnega toka in tudi novo ustvarjeni meandri ne omilijo dovolj teh hitrosti. Največje poslabšanje habitatne primernosti se zgodi v celicah modela, kjer je stanje pri nizkih pretokih Dravinje (2-5 m<sup>3</sup>/s) razmeroma dobro; hitrost in globina vode sta majhni/srednje veliki. S povečevanjem pretokov hitrost vodnega toka v celicah hitro naraste, globina vode pa narašča počasneje. V takih razmerah se primernost habitata zelo hitro zmanjša. Ob še nadaljnjem naraščanju pretokov se hitrost sicer še vedno povečuje, vendar se poveča tudi globina vode, kar pa pomeni relativno ugodnejše razmere. Zaradi opisanega v obeh predvidenih scenarijih po naključju prihaja do zmanjšanja primernosti habitata ravno v območju najbolj pogostih pretokov. Eden izmed razlogov za tako stanje je verjetno zelo ozka struga Dravinje in njeni strmi bregovi. Ob predpostavki, da bi imela Dravinja na voljo več prostora, bi do zmanjšanja habitatne primernosti prišlo šele pri višjih vodostajih kar ni tako problematično. Zaradi obeh obstoječih pragov do povečanja hitrosti in zmanjšanja habitatne primernosti ne pride v modelu trenutnega stanju. Na pomembnost pragov so nakazovali že rezultati modela iz odseka Makole, vendar smo domnevali, da bomo njihovo funkcijo uravnavali z novo vzpostavljenimi meandri. V modelu, dolgem približno 400 m, smo odstranili 2 pragovala in njun vpliv je na ta odsek prevelik, da bi ju nadomestili z enima ali dvema meandroma.

Za donavskega potočnega piškurja slika habitatne primernosti ni tako jasna. Habitat piškurja je najbolj odvisen od prisotnosti dovolj velikih zaplat primerne substrata in manj od globin oziroma hitrosti vode. Seveda pa je substrat odvisen predvsem od hitrosti vode. Ker so površine primerne habitata za piškurje majhne, lahko tudi majhne razlike pri napovedovanju drobnozrnatega substrata močno spreminjajo končne rezultate. Uporabna korigirana površina sicer kaže na izboljšanje habitatne primernosti pri obeh scenarijih, izboljšanje pa ni vidno pri hidravličnem indeksu primernosti, kar kaže na to, da je izboljšanje predvsem posledica večje omočene površine.

## 4 DISKUSIJA

V hribovitem delu Evrope, kjer nezanemarljiv del električne energije prihaja iz hidroelektrarn in ima protipoplavna varnost visoko prioriteto, so skoraj vsi vodotoki morfološko spremenjeni, prav tako je spremenjen tudi hidrološki režim (Jorde in sod., 2001). Dravinja v tem pogledu ni nikakršna izjema. Na njej se nahajajo obratujoče male hidroelektrarne, posamezni deli reke pa so protipoplavno urejeni ali regulirani tako, da se poveča površina kmetijskih površin.

Izbira vhodnih podatkov je ključna pri habitatnem modeliranju. Empirične študije so pokazale, da lahko za večino vrst rib izmed množice fizikalnih in kemijskih parametrov izberemo le nekaj najpomembnejših in vseeno dosežemo dobro napoved habitatnega modela. Za večino vrst se uporablja zelo omejen izbor parametrov. Za vrste s specifičnim življenjskim prostorom lahko uporabimo tudi nekatere redko uporabljene parametre. Tako smo za piškurja poskusili uporabiti parameter »debeline sloja drobnozrnatega substrata«, vendar smo njegovo uporabo kasneje opustili, ker je napovedovanje tega parametra zelo težko in nenatančno. Zavedati se je potrebno, da kljub temu da najbolj pomembni parametri res napovedujejo osnovno sliko



habitatne primernosti, na habitat vpliva velika množica drugih parametrov, ki lahko precej vplivajo na habitatno primernost. Rezultati modela so poenostavitev kompleksnega naravnega sistema, saj nenazadnje upoštevajo le fizično okolje ne pa tudi interakcij med vrstami.

Kljub poenostavitvi sistema so rezultati habitatnega modela lahko še vedno precej težavni za interpretacijo. Rezultati modela namreč prikazujejo primernost (kvaliteto) habitata in površino (kvantiteto) dostopnega habitata, kar se v naravi ne odraža vedno v velikosti populacije preučevanih vrst. Seveda obstaja jasna, vsaj dolgoročna povezava med velikostjo populacije in primernostjo habitata (če je ta omejujoč), ki pa je pomembna tudi od celotne površine primerne habitata. Površina območja, na katerem izboljšamo primernost habitata (renaturacija), je po našem mnenju zelo pomembna, čeprav glede tega vprašanja v literaturi ni konsenza (Roni, 2019).

Ena izmed težav, ki spremlja habitatno modeliranje je tudi validacija modela. Validacija simulacijskih modelov habitatov je težja kot validacija hidravličnega ali morfološkega modela, ki ga je mogoče zlahka preveriti s terenskimi meritvami. Nepredvidljivost osebkov pa je lahko zelo velika: npr. vsaka krpa primerne habitata ni poseljena s ciljno vrsto, saj običajno osebki zasedajo le določen delež primerne življenjskega prostora. Za prisotnost vrste je razpoložljivost ustreznega habitata le nujni, ne pa zadostni pogoj. Simulacijski modeli habitatov tudi zato ne morejo napovedati populacijske dinamike (Jorde in sod., 2001). V modeliranju na Dravinji smo model kalibrirali za donavskega potočnega piškurja, kjer smo uporabili podatke iz vzorčenj na izbranih odsekih. Kalibracija modela za platnico ni bila možna, saj vrste na obravnavanem območju nismo našli.

Pri simulacijskih modelih je zelo pomembna tudi natančnost pri predvidevanju strukture substrata po izvedenih delih in končani predvideni eroziji, kjer lahko manjše spremembe v obliki struge močno spremenijo končno sliko substratov. Še posebej je to izrazito pri meandrirajočih vodotokih, kjer je slika hitrosti vodnega toka bolj heterogena, posledično je bolj heterogena tudi slika substratov (Mouton in sod., 2007). Za sliko substratov v scenarijih, smo uporabili ekspertno znanje, zato je predvideno stanje verjetno manj natančno, kot bi bilo stanje v naravi in verjetno tudi manj natančno, kot če bi uporabili erozijske modele, ki pa so dragi in prav tako zahtevajo ekspertno znanje. Učinek negotovosti predvidenih substratov je še posebej izrazit pri scenarijih za donavskega potočnega piškurja, kjer je substrat najpomembnejši parameter pri izbiri habitata. Manjše razlike v predvideni površini krp z drobnozrnatim substratom, lahko vplivajo na rezultate modela.

Habitatni model tudi ne prikazuje izboljšanja stanja zaradi vzpostavitve povezljivosti, saj gre za modeliranje na t.i. nivoju mikrohabitata. Vzpostavitev povezljivosti lahko bistveno vpliva na velikost populacije, predvsem v vodotokih kot je Dravinja, za katero so značilne številne neprehodne pregrade, ki onemogočajo rekolonizacijo iz dolvodne smeri. Prihaja tudi do vira onesnaženj, ki povzročajo pogine rib iz gorvodne smeri (Jenič in sod., 2020).

Iz obravnavanih scenarijev je zelo očitno, da postavljanje skal samic v strugo ni vedno koristno, celo obratno, bistveno lahko poslabša primernost habitatov. Zelo izrazit negativen učinek skal samic je viden predvsem pri piškurju. Ta ukrep je verjetno koristen samo pri dovolj širokih in kanaliziranih strugah, kjer je vodni tok počasen in zelo monoton. Dravinja ima ozko strogo, mestoma zelo meandrirajočo strugo, zato skale niso primeren ukrep za izboljšanje stanja habitatov. Zelo zanesljivo pa lahko habitatno primernost v Dravinji izboljšamo z razvejanjem



struge v dva kraka, pri čimer ustvarimo veliko heterogenost vodnega toka. Poleg večje primernosti habitata smo pri teh scenarijih opazili tudi pomemben faktor - krpe zelo primerne habitata se s preminjanjem pretoka bistveno ne spreminjajo, kar pomeni, da niso potrebni premiki rib na druge predele reke.

Odsek, ki je bil izbran za renaturacijo s strani projektne skupine, ima najnižje vrednosti habitatne primernosti in je bil torej dobro izbran. Ukrepi zbrani v scenarijih pa ne zadoščajo za izboljšanje habitata. Odstranitev obeh pragov namreč močno poveča hitrosti vodnega toka do vrednosti, ki so za ciljni vrsti omejujoči. Tudi predvideni dodatni meandri na hitrost ne vplivajo dovolj, zato predlagamo, da se vključi v odsek dodatne ukrepe namenjene upočasnjevanju vode. Teoretični poskusi s skalami samicami ali z enostavno razširitvijo struge, se v modeliranih odsekih Varoš in Koritno niso najbolje izkazali, veliko boljši učinek bomo dosegli s širitvijo struge in razvejitvijo reke v dva kraka. Ta možnost je verjetno najboljša vendar zahteva več prostora. Hitrosti vode lahko sicer zmanjšamo tudi tako, da enega od pragov ne odstranimo popolnoma. Prag se lahko zmanjša in se mu izboljša prehodnost, vendar tudi to ni idealno.

Učinek renaturacij, ki bodo v projektu izvedene, bomo spremljali z monitoringom v zadnji fazi projekta, zato učinki renaturacije morda še ne bodo opazni. Še vedno namreč ni povsem jasno, kakšne so kratkoročne spremembe v populaciji rib po izboljšanju habitata. Glede na velika sredstva, ki se vlagajo v renaturacije vodotokov po svetu, gre za presenetljivo osnovna vprašanja. Kaj pomeni povečanje števila ciljnih vrst na območju renaturacije? Ali renaturacije povečajo abundanco rib ali povzročijo zgolj koncentracijo na renaturiranih odsekih (Roni, 2019)? V preteklosti so negotovost pripisovali predvsem slabemu ali omejenemu spremljanju učinkov renaturacije. Večina zgodnjih ukrepov je bila osredotočena predvsem na povečanje heterogenosti v toku in ustvarjanju skrivališč, s postavljanjem konstrukcij iz hlodov in skal, stabilizacijo brežin in ponovno zasaditvijo obrežne vegetacije. Vendar tudi pri teh ukrepih, učinki niso povsem nedvoumni (Roni, 2019).

## 5 ZAKLJUČKI

Obe ciljni vrsti, platnica in donavski potočni piškur se zaradi zasedanja različnih mikrohabitata in različnih življenjskih strategij drugače odzivata na različne modelirane ukrepe. Pri donavskem potočnem piškurju je najbolj pomembna prisotnost primerne substrata, v katerega so piškurji zakopani večino svojega življenja. Prisotnost drobnozrnatega sedimenta je seveda tudi funkcija hitrosti vodnega toka. Pri platnici zahteve niso tako enostavne, saj je bolj pomembna primerna kombinacija hitrosti, globine in substrata, obenem pa morajo biti krpe primerne habitata večje kot pri piškurju, saj gre za večjo, bolj mobilno in jatno vrsto.

**Umeščanje skal** samic v strugo vodotoka z namenom razbitja vodnega toka je sicer pogost ukrep, vendar se je ta rešitev izkazala za učinkovito za platnico le v primeru Koritnega, ko smo strugo tudi razširili, v primeru odseka Varoš, ko struga ostaja v enakih gabaritih, pa umeščanje skal ni imelo bistvenega pozitivnega učinka. Ukrep je za platnico in verjetno tudi druge ekološko podobne vrste učinkovit v primeru (pre)širokih in (pre)monotonih strug. Za piškurje je ta ukrep v obeh primerih pokazal poslabšanje stanja, v primeru ohranjanja ozke struge je





poslabšanje zelo izrazito. Krpe drobnozrnatega substrata, ki se pojavljajo za skalami so večinoma premajhne, da bi prispevale k izboljšanju primernosti.

Uporaba **jezbic** je morda učinkovita rešitev za ustavitev erozije, vendar zelo malo prispeva k izboljšanju primernosti habitata za obe ciljni vrsti. V utesnjenih strugah kot je to pri Dravinji, je omogočanje erozije zelo dobrodošlo, predvsem so v takih primerih jezovice uporabne kot usmerjevalniki, ko želimo usmerjati erozijo in doseči razvejanje reke. **Razvejanje** Dravinje se je v vseh primerih izkazalo kot **najboljša izmed modeliranih rešitev**. Tudi stare Avstro-ogrske karte na nekaterih mestih na Dravinji prikazujejo razvejitev, ena izmed njih prav na odseku Varoš.

Rezultati kažejo na izredno pomembnost **tolmunov** pri vzdrževanju habitatne primernosti na določenem odseku. Tolmuni omogočajo relativno dobre razmere in zatočišče za ribe v času ekstremnih pretokov, torej tako v času nizkih pretokov, ko ohranjajo dovoljšno globina vode, kot v času visokih pretokov, ko je na odseku tolmunov hitrost toka manjša. V nadaljnjih posegih v Dravinjo je potrebno narediti vse ukrepe, s katerimi bi preprečili zasutje tolmunov in omogočili nastajanje novih.

Renaturacije rek so lahko zelo težavne, saj so procesi v naravi bistveno bolj kompleksni kot jih lahko modeliramo, zato tudi željeni rezultati niso vedno enostavno dosegljivi. Tudi pozitiven vpliv renaturacij na populacije se praviloma pokaže šele v daljšem obdobju, predvsem pri dolgoživih vrstah in pri točkovno razporejenih ukrepih kot so predvideni v projektu. Rezultati habitatnega modela kažejo, da predvidene ureditve na odseku D1-D5 ne izboljšajo habitatne primernosti za obe ciljni vrsti, temveč jo celo zmanjšajo. Zaradi predvidene odstranitve obeh pragov so hitrosti vodnega toka na celotnem odseku prevelike in tudi dodatni predvideni meandri hitrosti vodnega toka ne upočasnijo dovolj. Iz modelov na drugih odsekih Dravinje ugotavljamo, da je **kombinacija tolmunov in razvejitev struge** najbolj primerna kombinacija za izboljšanje stanja za ciljni vrsti.

## 6 VIRI

Copp, G. H. (1990). Effect of regulation on 0+ fish recruitment in the Great Ouse, a lowland river. *Regulated rivers: research & management*, 5(3), 251-263.

Cowx, I. G., & Gould, R. A. (1989). Effects of stream regulation on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L., in the upper Severn catchment, UK. *Regulated Rivers: Research & Management*, 3(1), 235-245.

Bric B., 2017. Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst rib. Donavski potočni piškur. Zavod za ribištvo Slovenije. 108s.

Bric B., 2017. Monitoring populacij izbranih ciljnih vrst rib. Platnica. Zavod za ribištvo Slovenije, 67 s.

Hardisty, M. W., & Potter, I. C. (1971). The biology of lampreys. v. 1-4.



Hobbs, N. T., & Hanley, T. A. (1990). Habitat evaluation: do use/availability data reflect carrying capacity?. *The Journal of Wildlife Management*, 515-522.

Hrovat M., Čakš Copot D., Goljevšček A, Klaneček M., Kavčič I., Repnik P., Smolar Žvanut N., Mazi T. 2023. Projektna naloga za izdelavo celotne projektne dokumentacije za izboljšanje stanja ohranjenosti ciljnih Natura 2000 vrst in habitatov na pilotnih območjih Volčke (SI3000213), Dravinja s pritoki (SI3000306) in Dravinjska dolina (SI5000005), Sklop EJNI: D1-D5, D21, D11, V1. Direkcija za vode Republike Slovenije.

Leskošek, T., Jenič A., Čarf M., Hamzič R., Marguč D. 2020. Stanje donavskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon vladykovi*) na Natura 2000 območju Dravinja s pritoki. Poročilo o evidentiranju izhodiščnega stanja izbranih vrst in habitatnih tipov na IP območjih. Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne. 34 s.

Jenič A., Čarf M., Leskošek, T Hamzič R., 2020. Stanje platnice (*Rutilus virgo*) na Natura 2000 območju Dravinja s pritoki. Poročilo o evidentiranju izhodiščnega stanja izbranih vrst in habitatnih tipov na IP območjih. Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne. 32 s.

Mouton, A. M., Schneider, M., Depestele, J., Goethals, P. L., & De Pauw, N. (2007). Fish habitat modelling as a tool for river management. *Ecological engineering*, 29(3), 305-315.

Noack, M., Schneider, M., & Wieprecht, S. (2013). The habitat modelling system CASiMiR: a multivariate fuzzy approach and its applications. *Ecohydraulics: an integrated approach*, 75-91.

Osmundson, D. B., Ryel, R. J., Lamarra, V. L., & Pitlick, J. (2002). Flow-sediment-biota relations: implications for river regulation effects on native fish abundance. *Ecological applications*, 12(6), 1719-1739.

Parasiewicz, P., & Dunbar, M. J. (2001). Physical habitat modelling for fish. *Arch. Hydrobiol. Suppl*, 1352(4), 239-268.

Roni, P. (2019). Does river restoration increase fish abundance and survival or concentrate fish? The effects of project scale, location, and fish life history. *Fisheries*, 44(1), 7-19.

Rosenfeld, J. (2003). Assessing the habitat requirements of stream fishes: an overview and evaluation of different approaches. *Transactions of the American Fisheries Society*, 132(5), 953-968.

Šantl S., Javornik L., Rozman D., Debeljak B. 2020. Izdelava polnega 2D hidravličnega modela na štirih odsekih reke Dravinje. 1. fazno poročilo. Ljubljana, Inštitut za vode RS, 35 s.

Šantl S., Javornik L., Rozman D., Debeljak B. 2021a. Izdelava polnega 2D hidravličnega modela na štirih odsekih reke Dravinje. 2. fazno poročilo. Ljubljana, Inštitut za vode RS, 35 s.

Šantl S., Javornik L., Rozman D., Debeljak B. 2021b. Izdelava polnega 2D hidravličnega modela na štirih odsekih reke Dravinje. Poročilo. Ljubljana, Inštitut za vode RS, 35 s.



Thuiller, Wilfried, and Tamara Münkemüller. "Habitat suitability modeling." Effects of climate change on birds (2010): 77-85.

Wegscheider, B., Linnansaari, T., Ndong, M., Haralampides, K., St-Hilaire, A., Schneider, M., & Curry, R. A. (2021). Fish habitat modelling in large rivers: combining expert opinion and hydrodynamic modelling to inform river management. Journal of Ecohydraulics, 1-19.

## PRILOGE

Uporabljene mehke množice in mehka pravila za obe ciljni vrsti

### Mehke množice za donavskega potočnega piškurja:

vel	5	flow Velocity	flow velocity [m/s]	membership [-]
VL	very low	231	105 69	NOT_USED
L	low	233 200	67	
	0.00	0.10 0.20		
	1.00	1.00 0.00		
M	medium	150	230 70	
	0.10	0.20 0.60		
	0.00	1.00 0.00		
H	high	71	228 205	
	0.20	0.60 1.20 15.00		
	0.00	1.00 1.00 1.00		
VH	very high	181	177 119	NOT_USED
#				
dep	5	water depth	water depth [m]	membership [-]
VL	very low	231	105 69	NOT_USED
L	low	233 200	67	
	0.00	0.40 0.80		
	1.00	1.00 0.00		
M	medium	150	230 70	
	0.40	0.80 8.00		
	0.00	1.00 1.00		
H	high	71	228 205	NOT_USED
VH	very high	181	177 119	NOT_USED
#				
sub	5	Substrate	Substrate-Index	membership [-]
VL	very low	231	105 69	NOT_USED
L	low	233 200	67	
	0.00	2.00 4.00		
	1.00	1.00 0.00		
M	medium	150	230 70	



2.00	4.00	5.00	6.00	9.00		
0.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
H	high	71	228	205	NOT_USED	
VH	very high		181	177	119	NOT_USED
#						
SI	5	HSI	HSI	membership [-]		
VL	very low		231	105	69	
0.00	0.10	0.30				
1.00	1.00	0.00				
L	low	233	200	67		
0.10	0.30	0.50				
0.00	1.00	0.00				
M	medium		150	230	70	
0.30	0.50	0.70				
0.00	1.00	0.00				
H	high	71	228	205		
0.50	0.70	0.90				
0.00	1.00	0.00				
VH	very high		181	177	119	
0.70	0.90	1.00				
0.00	1.00	1.00				

**Mehke množice za platnico:**

vel	5	flow Velocity	flow velocity [m/s]	membership [-]		
VL	very low		231	105	69	
0.00	0.10					
1.00	0.00					
L	low	233	200	67		
0.00	0.10	0.20	0.30			
0.00	1.00	1.00	0.00			
M	medium		150	230	70	
0.20	0.30	0.60	0.90			
0.00	1.00	1.00	0.00			
H	high	71	228	205		
0.60	0.90	50.00				
0.00	1.00	1.00				
VH	very high		181	177	119	NOT_USED
#						
dep	5	water depth	water depth [m]	membership [-]		
VL	very low		231	105	69	NOT_USED
L	low	233	200	67		
0.00	0.20	0.30				
1.00	1.00	0.00				
M	medium		150	230	70	
0.20	0.30	0.60	0.80			
0.00	1.00	1.00	0.00			
H	high	71	228	205		
0.60	0.80	100.00				



```

0.00 1.00 1.00
VH very high 181 177 119 NOT_USED
#
sub 5 Substrate Substrate-Index membership [-]
VL very low 231 105 69 NOT_USED
L low 233 200 67
0.00 2.00 3.00
1.00 1.00 0.00
M medium 150 230 70
2.00 3.00 7.00 9.00
0.00 1.00 1.00 0.00
H high 71 228 205
7.00 9.00
0.00 1.00
VH very high 181 177 119 NOT_USED
#
SI 5 HSI HSI membership [-]
VL very low 231 105 69 NOT_USED
L low 233 200 67
0.00 0.20 0.40
1.00 1.00 0.00
M medium 150 230 70
0.20 0.40 0.60
0.00 1.00 0.00
H high 71 228 205
0.40 0.60 0.80
0.00 1.00 0.00
VH very high 181 177 119
0.60 0.80 1.00
0.00 1.00 1.00

```

**Mehka pravila (donavski potočni piškur):**

[Dlamprey, amocete]

```

vel dep sub cov SI
A 0
B 2 3 4 5
C 6 10 9 1 7
D 8
#
H L L A M
H L L B M
H L L C M
H L L D VL
H L M A VL
H L M B VL
H L M C VL
H L M D VL

```



H	M	L	A	M
H	M	L	B	M
H	M	L	C	M
H	M	L	D	L
H	M	M	A	VL
H	M	M	B	VL
H	M	M	C	VL
H	M	M	D	VL
L	L	L	A	VH
L	L	L	B	VH
L	L	L	C	VH
L	L	L	D	M
L	L	M	A	VL
L	L	M	B	VL
L	L	M	C	VL
L	L	M	D	VL
L	M	L	A	H
L	M	L	B	VH
L	M	L	C	H
L	M	L	D	M
L	M	M	A	VL
L	M	M	B	VL
L	M	M	C	VL
L	M	M	D	VL
M	L	L	A	H
M	L	L	B	VH
M	L	L	C	VH
M	L	L	D	M
M	L	M	A	VL
M	L	M	B	VL
M	L	M	C	VL
M	L	M	D	VL
M	M	L	A	H
M	M	L	B	VH
M	M	L	C	H
M	M	L	D	M
M	M	M	A	VL
M	M	M	B	VL
M	M	M	C	VL
M	M	M	D	VL

#

### Mehka pravila (platnica)

#[cactus\_roach,adult]

vel dep sub SI

#

H	H	H	L
H	H	L	M



H	H	M	M
H	M	H	L
H	M	L	L
H	M	M	L
H	L	H	L
H	L	L	L
H	L	M	L
M	H	H	M
M	H	L	H
M	H	M	VH
M	M	H	L
M	M	L	M
M	M	M	H
M	L	H	L
M	L	L	L
M	L	M	L
L	H	H	M
L	H	L	H
L	H	M	H
L	M	H	M
L	M	L	M
L	M	M	M
L	L	H	L
L	L	L	L
L	L	M	L
VL	H	H	L
VL	H	L	M
VL	H	M	M
VL	M	H	L
VL	M	L	L
VL	M	M	M
VL	L	H	L
VL	L	L	L
VL	L	M	L
#			