

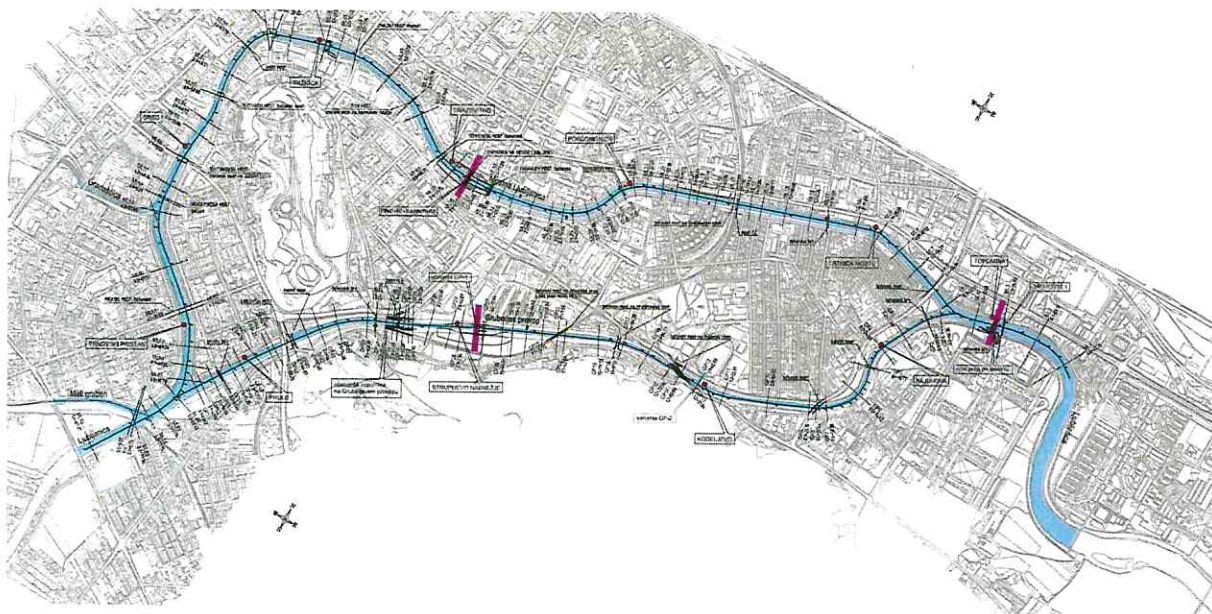
Zasnova ribjih prehodov ob pregradah

Projektna naloga za izdelavo strokovne podlage za potrebe izdelave OPPN plovnosti in energetske izrabe Ljubljanice

Večnamenski projekt Vzpostavitve krožne plovne poti, energetske izrabe in zagotovitve prehodnosti pregrad na Ljubljanici obravnava odsek Ljubljanice od cestnega mostu pri Livadi do peš mostu preko Ljubljanice gorvodno od Fužinskega jezua. Osnova zanj je dogovor Energetike Ljubljana in njenega lastnika MOL, Direkcije za vodo RS ter Elektro Ljubljana, da se zagotovi sklenjena plovna pot po Ljubljanici in Gruberjevem prekopu okrog Grajskega hriba, ustrezno uredi vodna infrastruktura ter sočasno izkoristi razpoložljiv energetski potencial. Vsi posegi in ureditve morajo zagotavljati čim manj vplivov na vodno okolje. S projektom se tudi izboljšuje funkcionalnost obeh obstoječih jezov na Ljubljanici z vidika zagotavljanja poplavne varnosti Barja in jugozahodnega dela Ljubljane ter z vidika prehodnosti za ribe. Prav tako se pričakuje, da se bodo z ureditvijo in rednim vzdrževanjem plovnih poti izboljšale tudi odtočne razmere ob visokih vodah. Navedene rešitve so bile obdelane v strokovni podlagi (1).

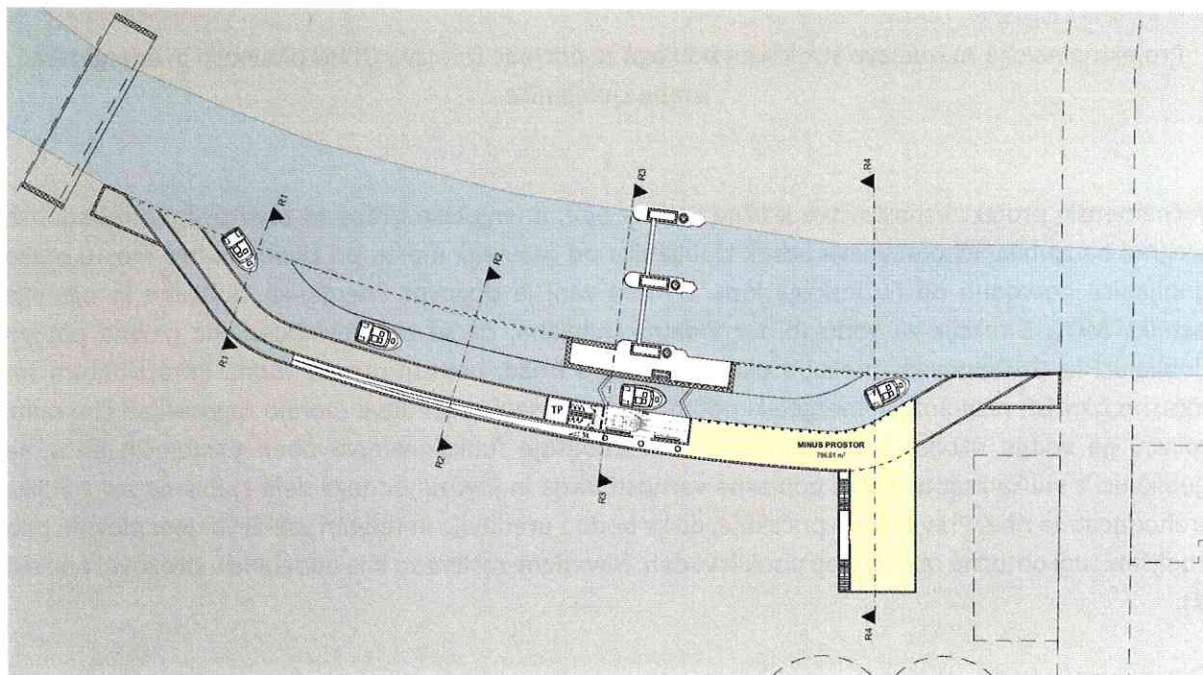
Opis projekta

Trije osnovni elementi večnamenskega projekta so zagotavljanje krožne plovne poti okrog Grajskega hriba na območju med Livado in Fužinami, energetska izraba ter izboljšanje vodne infrastrukture, vključno z zagotovitvijo prehodnosti pregrad za vodne organizme.



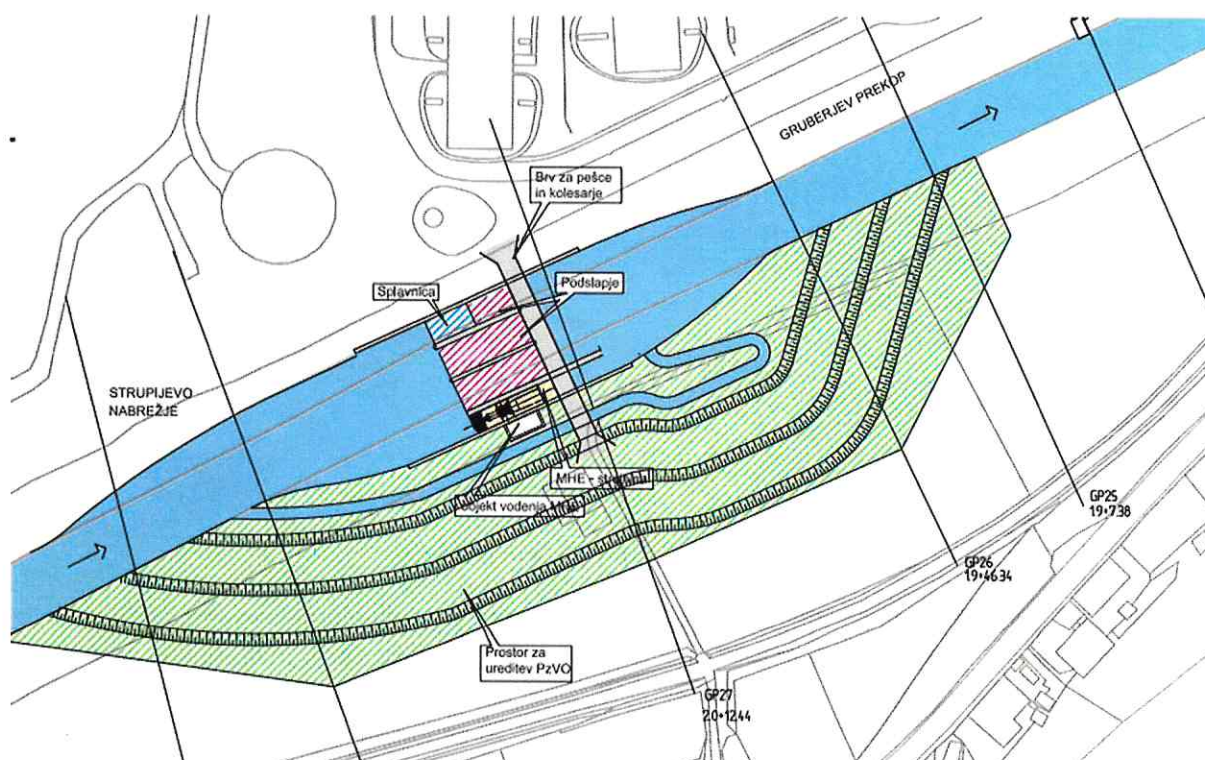
Slika 1: Območje projekta in posegov.

Pri **Plečnikovi zapornici** je na desnem bregu predlagana izgradnja male hidroelektrarne (MHE) z enim klasičnim agregatom inštaliranega pretoka $25 \text{ m}^3/\text{s}$, splavnice za plovila do 10 m dolžine in prehoda za ribe v tehnični obliki. Na pregradi je predvidena tudi zamenjava zapornic. Navedeni objekti in naprave se bodo vključili v predvideno ureditev Ambroževega trga in že obnovljene Cukrarne.



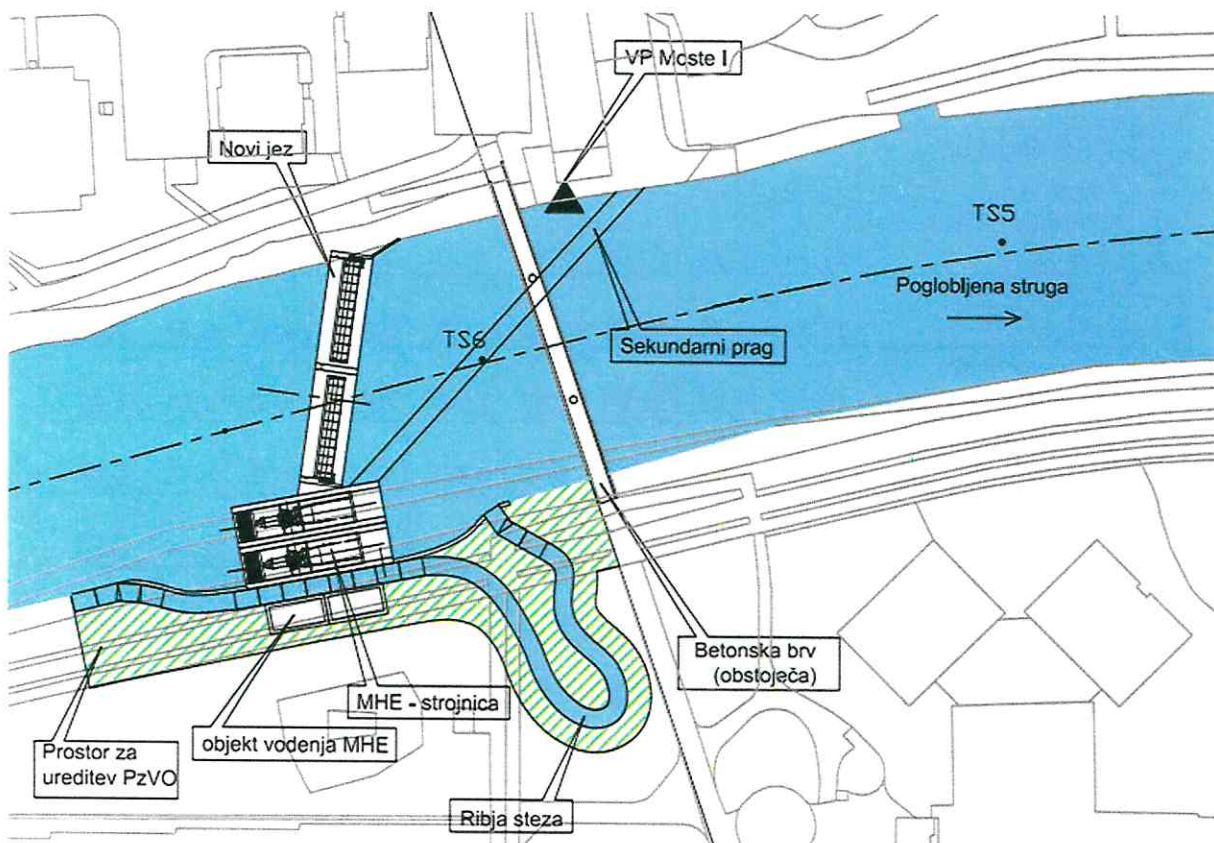
Slika 2: Situacija ureditev na Ambroževem trgu (Scapelab, 2023).

Na Gruberjevem prekopu je predlagana izgradnja jezu z visokovodnim prelivom, sodobna MHE z gibljivo strojnico z inštaliranim pretokom $20 \text{ m}^3/\text{s}$, splavnica za plovila do 10 m dolžine, prehod za ribe v sonaravni izvedbi ter premostitev za peš in kolesarski promet. Širšo okolico tega večnamenskega objekta se uredi kot zeleno območje za rekreacijo z izobraževalnimi vsebinami.



Slika 3: Situacija ureditev pri novem jezu v Gruberjevem prekopu.

Na lokaciji pri Toplarni je predvidena izgradnja nizkega jezusa za potrebe krožne plovbe in energetske izrabe, namestitve dveh gibljivih strojnic s skupnim inštaliranim pretokom $41 \text{ m}^3/\text{s}$ ter poglabitev dolvodne struge v dolžini približno 1800 m (vzdolž celotne soseske Nove Fužine). Enako kot v Gruberjevem prekopu sta tudi tukaj predlagana sodobna pretočna agregata z velikimi izkoristki in majhnim vplivom na okolje, razvita v okviru programa LIFE06, projekt ENV/D/000485.



Slika 4: Situacija novega jezusa pri Toplarni.

Plovba

Glavni poseg za zagotovitev krožne plovne poti okrog Grajskega hriba bo izvedba z dodatnega jezusa pri Toplarni, ki bo zagotavljal plovnost spodnje (vzhodne) zanke tudi ob minimalnih pretokih Ljubljanice. Za prehodnost jezovnih zgradb v mestni Ljubljani in Gruberjevem prekopu bodo na teh lokacijah izvedene splavnice. Tako za plovno pot kot objekte splavnic je predpisano plovilo največje dolžine 10 m, širine 5 m in največjega ugreza trupa 0.6 m. Hitrost plovila ne sme presežati 8 km/h.

V študiji (1) so bili s hidravličnim matematičnim modelom določeni glavni parametri toka na predvidenem območju plovbe (preglednica 1), pomen oznak je naslednji: B = širina proste gladine; H = globina vode; V = hitrost toka. Podane so najmanjše, srednje in največje vrednosti na posameznih odsekih za pričakovani razpon pretokov, pri katerih je plovba še mogoča. Hitrosti so navedene tudi za potrebe ihtioloških obravnav posameznih odsekov.

Preglednica 1: Glavni hidravlični parametri plovbe.

		Bmin	Bmax]	Bpovp	Hmin	Hmax	Hpovp	Vmin	Vmax	Vpovp
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
Mestna Ljubljana	pod zapornico 3 m ³ /s	20,80	41,74	28,13	1,60	3,41	2,48	0,03	0,11	0,06
	pod zapornico 55 m ³ /s	25,55	41,72	29,39	2,40	3,52	2,87	0,56	1,14	0,86
	nad zapornico 3 m ³ /s	22,05	48,39	28,56	2,57	5,10	3,62	0,02	0,05	0,04
	nad zapornico 55 m ³ /s	22,11	49,26	28,77	2,86	5,10	3,74	0,38	0,77	0,63
Gruberjev prekop	pod zapornico 3 m ³ /s	17,19	23,25	19,07	0,52	4,49	2,00	0,05	0,37	0,15
	pod zapornico 55 m ³ /s	18,43	23,25	21,03	1,97	4,48	2,76	0,90	1,51	1,31
	nad NOVO zapornico, 3 m ³ /s	22,27	32,13	25,07	2,53	4,97	3,18	0,02	0,05	0,04
	nad NOVO zapornico, 55 m ³ /s	22,50	49,42	25,76	2,82	5,31	3,39	0,37	1,09	0,87
Skupna	pod sotočjem 10 m ³ /s	41,75	44,16	42,58	2,95	3,29	3,15	0,10	0,10	0,10
	pod sotočjem 90 m ³ /s	41,73	43,98	42,50	2,86	3,25	3,11	0,90	0,93	0,92

Energetika

Energetska izraba Ljubljanice je predvidena na treh lokacijah.

V profilu obstoječe Plečnikove zapornice (lokacija ML) se na desnem bregu vgradi klasični agregat s Kaplan turbino in inštaliranim pretokom 25 m³/s. Nominalni padec znaša 2,37 m, najmanjši izkoristljiv pa 1,5 m. Moč agregata je 510 kW in srednja letna proizvodnja 2,228 GWh.

Na Gruberjevem prekopu se 300 m dolvodno od obstoječe zapornice zgradi nov večnamenski objekt, ki vključuje tudi MHE s t.im. *gibljivo strojnico*, v kateri je nameščena Kaplanova turbina z generatorjem v hruški ter nazivnim pretokom 20,6 m³/s. Nominalni padec znaša 2,31 m, najmanjši izkoristljiv pa 1,5 m. Moč agregata je 410 kW in srednja letna proizvodnja 1,412 GWh.

Pod sotočjem mestne Ljubljanice in Gruberjevega prekopa se v profilu 50 m gorvodno od obstoječe brvi za pešce izvede novo jezovno zgradbo, ki vključuje tudi dve gibljivi strojnici s Kaplanovima agregatoma in generatorjema v hruški in skupnim nazivnim pretokom 39,2 m³/s. Nazivni padec znaša 2,07 m, skupna največja moč obeh turbin 700 kW (2 x 350 kW) in srednja letna proizvodnja 3,056 GWh. V primeru obratovanja samo ene turbine je njena največja moč 440 kW.

Okoljski ukrepi

Izbrana varianta energetske izrabe predvideva obratovalno gladino Ljubljanice 286,00 na obeh gorvodnih zapornicah, kar sočasno pomeni dodatno ekološko funkcijo, saj se s tem ohranja boljša in

trajna omočenost barja na daljšem odseku. Ta gladina je nekoliko višja od sedanje konzervativne prakse, ko se obratuje okrog kote 285,60 m n.m.

Obstoječa zapornica v Gruberjevem prekopu ni prehodna za ribe, na Ambroževem trgu pa je prehodnost zelo omejena oz. ni dokazana. Ob izvedbi predvidenih posegov so zato predlagani omilitveni ukrepi, kot so ureditev prehodov za ribe, ukrepi za vzpodbujanje gorvodnega in dolvodnega ter prečnega prehajanja vodnih organizmov, zasaditev tipične obrežne vegetacije in obogatitev vegetacije na obrežnem pasu, ki bo predstavljala tudi zaščito pred erozijo. Takšna ureditev zagotavlja habitat za različne razvojne stopnje in velikosti ter vrste rib, dopušča nihanje vode zaradi energetske izrabe in je hkrati prilagojena naravnemu sezonskemu pretočnemu režimu s spremenljivimi hitrostmi toka, pretoki in vodnimi količinami.

Vsebina projektne naloge in območje obdelave

V porečju Ljubljanice živi 42 različnih vrst rib in piškur, 33 vrst je domorodnih in devet tujerodnih. Prevladujejo ciprinidne (krapovske) vrste rib. Dve vrsti (sulec in platnica) sta endemita donavskega porečja. Vse vrste se bolj ali manj redno pojavljajo na celi vodni liniji Ljubljanice, ki s svojim kraškim karakterjem nudi ribam tako zadostne količine hrane kot odlične prostore za drst, prehranjevanje in bivanje vseh starostnih kategorij.

Po zadnjih raziskavah živijo v Savi še skoraj vse vrste, ki so v njej živele pred prvimi zaježitvami v 50 letih prejšnjega stoletja, ko so se lahko nemoteno selile gorvodno in dolvodno na drstišča in pasišča. Danes je migracija tako v zgornji kot v spodnji Savi motena, po srednji Savi pa še poteka. S tega vidika je ohranjanje srednje Save in vzpostavljanje preišljene povezave z Ljubljanskim barjem po Ljubljanici izjemno pomembno za ohranjanje ugodnega stanja rib in to ne samo za porečje Save ampak za celo Slovenijo. Sava s pritoki namreč pokriva skoraj tretjino ozemlja. Posebno pozornost je treba posvetiti največji postrvji vrsti na svetu - sulcu, ki ima v porečju Save še zadovoljivo ohranjene habitate. Njegov življenjski prostor je tako v slovenskem kot v evropskem merilu zelo skrčen in populacije tako prizadete, da je vsak dovolj velik zavarovan del vodotoka izjemno pomemben. Za slabo stanje sulčjih populacij na celotnem naselitvenem območju so krivi predvsem regulacijski posegi, ki popolnoma uničijo življenjski prostor sulca in spremljajočih ribjih vrst, ki so zanj kot plenilca vitalnega pomena.

Slovenske populacije sulca so v obstoječem, z jezovi razdrobljenem naselitvenem območju, ki mu je še ostal na razpolago, zaenkrat v ugodnem stanju in verjetno med najkvalitetnejšimi v Evropi. Tak predel je porečje Ljubljanice skupaj s srednjo Savo, kjer so bile njegove populacije še pred 100 leti najštevilnejše v Sloveniji. Zato je ohranjanje tega predela v sedanjem stanju, ob sanaciji obstoječih prehodov in ob vzpostavitvi prehodov za ribe preko sedaj neprehodnih jezov izjemno pomembno pri ohranjanju v ugodnem stanju tako populacije sulca kot populacij vseh ribjih vrst.

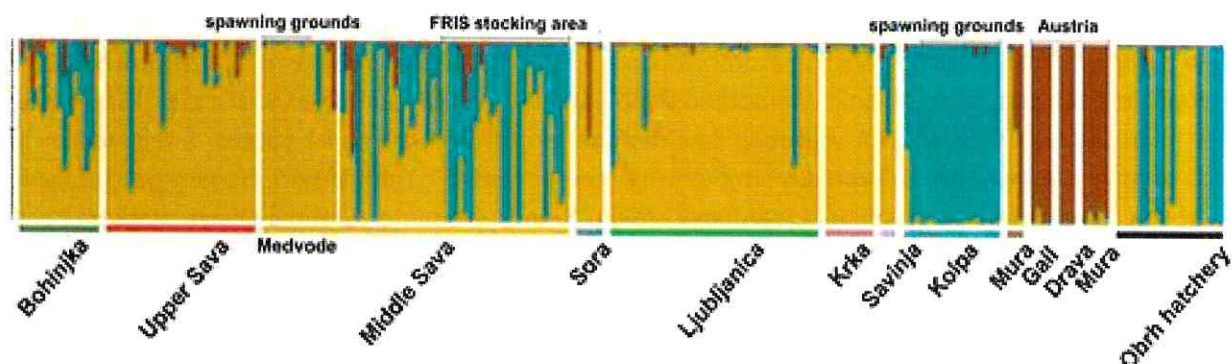
V ta namen je za projekt potrebna **dopolnitev ihtioloških podlag** na podlagi aktualnih razpoložljivih podatkov (brez dodatnih terenskih vzorčenj) ter nato na podlagi ihtioloških usmeritev izdelava idejnih zasnov (IDZ) vseh treh prehodov za ribe: na Gruberjevi zapornici, na Ambroževem trgu (Plečnikova zapornica) in na novem jezu pri Toplarni. Prehodi morajo biti usklajeni s koncepti gradnje na vseh treh lokacijah, ki so prikazani v predhodnem besedilo, t.j. »tehnična« oblika na Ambroževem trgu, sonaravna oblika na novi zapornici v Gruberjevem prekopu in predvidoma sonaravna pri Toplarni, pri čemer se ob ugotovljenem pomanjkanju prostora izvede »tehnična« oblika.

Projekt vzpostavitve plovne poti in energetske izrabe vključuje tudi ponovno vzpostavitev rečnega kontinuuma v porečju Ljubljanice, tako z rekonstrukcijo že obstoječih neprehodnih prehodov za vodne organizme, kot izgradnjo novih na neprehodnih jezovih. Območje naloge obsega krožno plovno pot

po Ljubljani – ob zapornici v Gruberjevem prekopu, ob Plečnikovi zapornici in ob novem jezu pri Toplarni.

Glede na zadnjo genetsko študijo o sulcu (Snoj s sod., 2022) avtorji priporočajo, da se z izoliranimi populacijami sulca v Ljubljani, Krki in Medvodah ter Srednjo Savo upravlja skupaj, a previdno in načrtno. Avtorji predlagajo, da se izolirane populacije sulcev iz Ljubljanice, Krke in Medvod uporabi za poribljavanje Srednje Save, s čimer se zagotovili postopno odstranitev genov, ki so na to območje prišli preko poribljavanja iz rečnega sistema Mura-Drava in Kolpe (Slika 5). Ravno nasprotno pa prenos genov iz Srednje Save, zaradi mešanega genetskega ozadja, v izolirane populacije Ljubljanice in Krke ni zaželen. Iz tega vidika tudi vzpostavitev prehodnosti med Ljubljano in Srednjo Savo za zdaj (še) ne predlagamo.

Z vidika vzpostavljanja ponovne prehodnosti, bomo naredili inventarizacijo rečnih ovir na Ljubljani in pritokih kot sta Mali Graben in Gradaščica ter predlagali njihovo odstranitev oziroma posodobitev, da povežemo razdrobljen habitat sulca znotraj porečja Ljubljanice. Zabeležili bomo GPS lokacijo ovir, jih fotografirali, določili tip, ali se razteza čez celotno strugo, višino ovire, prisotnost prehoda za ribe, ime reke in ali je ovira v delujočem stanju.



Slika 5: Genetska struktura sulca na podlagi mikrosatelitskih podatkov: porečje Save – rumena, Kolpe – modra, Mura-Drava – rjava barva stolpcev (Vir: Snoj s sod., 2022).

Obseg dela

Študijski, uvodni del naloge obsega pripravo:

1. Ihtioloških izhodišč in priporočil v povezavi s temeljnim izhodiščem zagotavljanja in ohranjanja vodnih habitatov ter prehodnosti za ribe,
 - a. podatke o bioloških potrebah in sposobnostih rib in piškurja ter njihovih fizičnih lastnostih pri premagovanju prehodov, ki služijo za nadaljnjo določitev dimenzije prehodov za ribe. Opredelitev največje vrste ter najmanjše in najšibkejšje vrste v smislu plavalnih sposobnosti;
 - b. seznam ciljnih vrst rib;
 - c. določitev selitvenih razdalj rib in piškurja, ki se selijo na obravnavanem območju, na podlagi literature;
 - d. nabor splošnih omilitvenih ukrepov za vzpostavitev rečnega kontinuuma za ribe in piškurja na območju projekta.
2. Pregled in opis ribjih populacij in njihovega življenjskega prostora s pomočjo dostopnih objavljenih in neobjavljenih podatkov ter literature na območju krožne plovne poti,

3. Pogoje posebnega varstvenega režima treh Natura 2000 območij Ljubljansko barje, Ljubljanica – Gradaščica – Mali Graben in Sava – Medvode – Kresnice (Srednja Sava);
4. Popis in pripravo zemljevida ribjih drstišč na vseh treh Natura 2000 območjih;
5. Inventarizacije rečnih ovir na porečju Ljubljanice v radiju 10 km od obravnavanega območja za Ljubljanico, Mali Graben in Gradaščico.
6. Podajanje splošne ocene vpliva postavitve nove, višje vodne pregrade pri Toplarni na habitat in populacije rib in piškurja. Predlog za izvajanje monitoringa prehajanja rib preko ribjih stez z metodo telemetrije in podpornimi metodami, kot je namestitev ustreznih tehničnih naprav na obnovljenih ribjih prehodih, s ciljem pridobiti podatke o uspešnosti prehajanja različnih ribjih vrst tekom različnih stadijev;
7. Pripravo predlogov za zmanjšanje in/ali odstranitev negativnih vplivov na ribje populacije in njihovih habitatov na območju krožne plovne poti.
8. Izvedbo 2 anket o pogostosti plovbe in rabe reke za športno-turistične namene (število plovb, supanja, turističnega čolnarjenja ipd.) ter 2-dnevno beleženje na terenu v aprilu in juliju/avgustu.
9. Predlog izvajanja monitoringa vpliva plovbe in športno-rekreacijskih aktivnosti na ciljne vrste.

Načrtovanje prehodov za vodne organizme je treba postaviti v kontekst porečja ali celo širše ter upoštevati lokalne značilnosti vodotoka, prostora ali življa. Znano je, da so prehodi uporabni za številne ribje vrste, če so zasnovani na sonaraven način, če je vzdrževanje redno in če je obratovanje (m)HE prilagojeno vodnemu življu, sezonskemu nihanju vodostajev in selitvam rib. Vsak odmik od tega se kaže v manjši prehodnosti oziroma v manjšem reprodukcijskem potencialu. Jasno je, da se načrtov prehodov ne da preslikovati z reke na reko, ampak jih je treba prilagoditi lokalnim pogojem, vključno z vodnimi količinami in značilnostim ribje združbe, kot so zastopanost ribjih vrst, velikost populacij, način migracije in podobno.

V pravnih aktih so določila, ki omogočajo izvedbo ukrepov - prehodov za vodne organizme za vzdolžno sklenjenost vodotokov. Opazovanje oz. spremljanje delovanja objekta pa mora zajeti tudi registracijo in opazovanje ribjih drstišč, ki so neposredno povezana z učinkovitostjo prehodov za ribji živelj.

Tehnični del naloge za potrebe priprave IDZ za vse tri prehode obsega:

1. Določitev ciljnih vrst za potrebe dimenzioniranja
2. Določitev merodajnih oz. potrebnih pretokov v ribjih prehodih
3. Določitev dimenzij in oblike elementov ribjih prehodov (sonaravnih in tehničnih)
4. Prostorski izris prehodov v kontekstu ostalih objektov na pregradah

Viri

- [1] Energetska izraba Ljubljanice ob istočasni vzpostavitvi krožne plovne poti. Študija št. HPLJ-B040/084, mapa 0X/M01. IBE in LUZ, september 2016.
- [2] AG-FAH: Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen - final. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien. Schmutz, S. & drugi, 2012.
- [3] Bombač, M., Novak, G., Rodič, P., Četina, M. Numerical and physical model study of a vertical slot fishway. J. Hydrology Hydromech. 62 (2), 150–159). 2014.
- [4] Ciuha, D., Bombač, M., Povž, M., Kvaternik, K., Mlačnik, J. Zasnova, hidravlična optimizacija, projekt in izvedba prehoda za vodne organizme HE Brežice. Zbornik referatov, 28. Mišičev vodarski dan, Maribor, 133–146. 2017.
- [5] Clay, C.H. Design of Fishways and Other Fish Facilities. Dept. of Fisheries of Canada, Ottawa. 1961 in Lewis Publishers, 1995.
- [6] DWA - M509. Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare - Bauwerke, Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung. 2014.
- [7] Mader, H. Konfliktlösungen im Spannungsfeld zwischen ökologischer Funktion und anthropogener Nutzung von Fließgewässern. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser -- Atmosphäre -- Umwelt, Institute für Water Management, Hydrologie und Hydraulik Engineering. 2015.
- [8] Novak, G., Tafuni, A., Domínguez, J. M., Četina, M., Žagar, D. A Numerical Study of Fluid Flow in a Vertical Slot Fishway with the Smoothed Particle Method. Water 11. 2019.
- [9] Pavlov, D. S. Structures assisting the migrations of non-salmonid fish: USSR. Edited by FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Fisheries Technical Paper, 308. 1989.
- [10] Seifert, K. Fischaufstiegsanlagen in Bayern – Hinweise und Empfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb. 2016.
- [11] Schmutz S. Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Institut für Gewässermanagement und Hydrobiologie, der Universität für Bodenkultur, Wien. Dezember 2012.
- [12] Schmutz, S., Mielach, C. Measures for ensuring fish migration at transversal structures - Technical paper. ICPDR. 2012. 2013.
- [13] Williams, J.G., Armstrong, G., Katopodis, C., Larinier, M. Travade, F. Thinking like a fish: a key ingredient for development of effective fish passage facilities at river obstructions. River Research and Applications, Spec. Issue on Fish Passage: An Ecohydraulics Approach. 2011.
- [14] Wang, R. Aspects of Design and Monitoring of Nature-Like Fish Passes and Bottom Ramps. Technische Universität München, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft. 2008.
- Ostale potrebne vire za izvedbo naloge si izvajalec zagotovi sam.

Roki izdelave

	Obseg vsebin	Rok
1	Študijski del – Ihtiološka izhodišča	T0 + 1,5 mesec
2	Študijski del - Inventarizacija rečnih ovir Ljubljanice, Malega Grabna in Gradaščice v radiju 10 km od območja projektne naloge	T0 + 1 mesec
	Študijski del - Podati oceno vpliva postavitve nove, višje vodne pregrade pri Toplarni na habitat in populacije rib in piškurja	T0 + 4 mesec
2	Študijski del – Pogoji varstvenega režima področij Natura 2000	T0 + 1 mesec
3	Študijski del – Izdelava zemljevida drstišč na področjih Natura 2000	T0 + 3 meseci
4	Študijski del – Predlog monitoringa za preverjanje funkcionalnosti ribjega prehoda za različne vrste rib;	T0 + 3 meseci
5	Študijski del – Pregled in opis ribjih populacij	T0 + 4 meseci
	Študijski del – izvedba 2 anket in 2.dnevnega terenskega ogleda o rabi območja PN za namen plove in turistično – rekreativnih aktivnosti tekom pomladi in poletja ter predlog monitoringa;	T0 + 6 mesecev
6	Študijski del – Predlogi za zmanjšanje negativnih vplivov na populacije	T0 + 4 meseci
7	Študijski del – Zaključno, integralno poročilo	T0 + 7 mesecev
8	Projektiranje - Določitev ciljnih vrst in merodajnih pretokov	T0 + 6 mesecev
9	Projektiranje – Določitev dimenzij in oblike elementov prehodov	T0 + 7 mesecev
10	Projektiranje – Izris prehodov in tehnična poročila za 3 lokacije	T0 + 8 mesecev

T0 = datum podpisa pogodbe

