

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Muzica, M., 2016. Zasnova prehoda za vodne organizme na Cajhnovem jezu na Savi. Diplomski nalogi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kryžanowski, A., somentor Sodnik, J.): 57 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5823/>

Datum arhiviranja: 27-09-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Muzica, M., 2016. Zasnova prehoda za vodne organizme na Cajhnovem jezu na Savi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kryžanowski, A., co-supervisor Sodnik, J.): 57 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5823/>

Archiving Date: 27-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO**

Kandidatka:

MAJA MUZICA

**ZASNOVA PREHODA ZA VODNE ORGANIZME NA
CAJHNOVEM JEZU NA SAVI**

Diplomska naloga št.: 318/VKI

**PRELIMINARY DESIGN OF FISH PASS AT THE
CAJHEN WEIR ON THE SAVA RIVER**

Graduation thesis No.: 318/VKI

Mentor:

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Somentor:

viš. pred. mag. Jošt Sodnik

Ljubljana, 15. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE (ERRATA)

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisana študentka Maja Muzica, vpisna številka 26300230, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom Zasnova prehoda za vodne organizme na Cajhnovem jezu na Savi

IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označila;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani, dne 01. 09. 2016.

Podpis študentke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 626.882:627.82(497.4)(043.2)
Avtor: Maja Muzica
Mentor: doc. dr. Andrej Kryžanowski
Somentor: viš. pred. mag. Jošt Sodnik
Naslov: Zasnova prehoda za vodne organizme na Cajhnovem jezu na Savi
Obseg in oprema: 57 str., 6 pregl., 42 sl., 40 en., 3 pril.
Ključne besede: jez, ribji prehod, ribja steza, sonaravni ribji prehod, ribje migracije, Cajhnov jez

Izvleček:

Vodni organizmi se tekom življenjskega cikla selijo vzdolž vodotoka zaradi zadovoljevanja raznovrstnih potreb. Glavni razlogi selitev so iskanje hrane, razmnoževanje, iskanje zatočišč pred plenilci ter ugodnejših pogojev za življenje. Prečni vodni objekti predstavljajo prepreke na migracijski poti, ki jih vodni organizmi brez ustrezno urejenih prehodov ne morejo prečkati. Iz tega razloga je pomembno, da so ribji prehodi projektirani v skladu s potrebami rib in vodnih nevretenčarjev, ki se na obravnavanem odseku gibljejo. Za prehod Cajhnovega jezu na Savi Bohinjki, tik nad sotočjem s Savo Dolinko, je bila v sedemdesetih letih zgrajena tehnična ribja steza z vertikalnimi režami, katera pa zaradi nepravilne zasnove ne omogoča prehoda vodnemu življu, poleg tega je še slabo vzdrževana (zaprojena v spodnjem delu, polna plavin). Ob nizkih vodostajih reke je onemogočena tudi migracija rib dolvodno, saj globina vode v podslapju ne zadošča za prehod.

Namen diplomske naloge je bil seznaniti se z različnimi tipi ribjih prehodov, s ciljnim vrstami rib na območju jezu, njihovimi plavalnimi sposobnostmi in nato poiskati najustreznejšo obliko ribjega prehoda. V nalogi smo zasnovali tri različne predloge možnih sonaravnih ureditev, ki obsegajo hrapavo klančino in hrapav kanal z balvani v rečni strugi ter obtočni kanal, ki je glede na značilnosti območja še najboljša rešitev.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 626.882:627.82(497.4)(043.2)
Author: Maja Muzica
Supervisor: Assoc. Prof. Andrej Kryžanowski, Ph.D.
Co-adviser: Sen. lect. Jošt Sodnik, MSc
Title: Preliminary design of fish pass at the Cajhen weir on the Sava River
Notes: 57 pp., 6 tab., 42 fig., 40 eq., 3 ann.
Keywords: Weir, fish pass, fish ladder, close to nature fish pass, fish migrations, Cajhen weir

Abstract:

Throughout their life cycle, the aquatic organisms migrate along the river stream to fulfil their essential needs. Seeking for food, reproduction, seeking for shelter against predators and seeking for favorable living conditions are some of the main reasons for migrations. Transverse hydraulic structures in watercourses present a barrier for these organisms which cannot be passed without existence of appropriately designed and maintained fish passes. Therefore, these objects need to be designed and built according to the characteristics of fish and aquatic invertebrates living at the section of river in focus. To allow passing the Cajhen weir on the Sava Bohinjka river, just some hundred meters upstream of the confluence with the Sava Dolinka river, a technical fish pass with vertical slots was constructed in 70's. However, due to the inappropriate design it does not allow passing of the weir to any of aquatic organisms. It is also poorly maintained (backfilled with alluvium deposits in the bottom part, branches and timber logs stuck between the vertical slots). During the periods of low water in the watercourse, also migration down the stream is not possible due to the lack of water in the stilling basin in the spillway of weir.

Goal of the presented thesis was to familiarize with the different types of fish passes, with target fish species at the area, their swimming characteristics and to define the most appropriate type of fish pass for the Cajhen weir. Three different solutions were analysed: fish ramp with boulders, bottom ramp and bypass channel. According to the characteristics of the area, the latter is considered to be the most appropriate solution.

ZAHVALA

Lepo bi se zahvalila svojemu mentorju, prof. Andreju Kryžanowskemu, ker je verjel, da mi bo uspelo diplomsko nalogo spraviti pod streho in mi dal možnost, da sem to tudi dokazala. Njegova potrpežljivost in odzivnost sta vredni vsake pohvale.

Zahvalila bi se svojemu somentorju Joštu Sodniku, ker je bil izredno odziven pri nujenju pomoči in svetovanju v ključnih trenutkih nastanka diplomskega dela tudi izven delovnega časa. Njegovi nasveti in pozitivna naravnost so bili več kot dobrodošli.

Veliko bi mi pomenilo, da bi naslednji trije ljudje vedeli, koliko mi je njihova pomoč in podpora v času pisanja zaključnega dela pomenila. Jure, Grega in tata, iskrena hvala, ker ste mi stali ob strani, pomagali reševati težave pri nastanku diplomske naloge, nudili tehnično podporo in spodbudo v napetih trenutkih.

Na koncu bi se zahvalila še ostalim, ki so kakorkoli prispevali k nastanku tega dela. Manuel Entfellner, Matej Šparovec, Rok Velišček, Andreja Kovačič, Primož Cvenkelj, Matic Mohorko, Petja Jankovič, hvala.

Mama, hvala tudi tebi - za vse.

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	<i>Namen naloge</i>	1
2	CAJHNOV JEZ IN RIBJA STEZA SKOZI ČAS	2
2.1	<i>Lokacija</i>	2
2.2	<i>Od nastanka do danes.....</i>	2
2.3	<i>Stanje jezu in ribje steze (terenski ogled v novembru 2015).....</i>	5
2.3.1	<i>Opis stanja jezovne zgradbe</i>	6
2.3.2	<i>Kataster poškodb jezu.....</i>	9
2.3.3	<i>Opis stanja ribje steze.....</i>	13
3	TEORETIČNE OSNOVE.....	15
3.1	<i>Hidrološke karakteristike Save Bohinjke</i>	15
3.2	<i>Pravni okvir</i>	16
3.3	<i>Pregled evidentiranih vrst ribjega življa na območju Cajhnovega jezu.....</i>	20
3.4	<i>Ribji pasovi</i>	20
3.5	<i>Osnove ribjih migracij.....</i>	23
3.5.1	<i>Plavalne sposobnosti rib</i>	25
3.6	<i>Osnove načrtovanja in vrste ribjih prehodov</i>	26
3.6.1	<i>Tehnični bazenski tip z vertikalnimi režami.....</i>	28
3.6.2	<i>Hrapava klančina in hrapav kanal z balvani</i>	28
3.6.3	<i>Obtočni kanal</i>	29
4	ANALIZA OBSTOJEČEGA RIBJEGA PREHODA PREKO CAJHNOVEGA JEZU... 31	
4.1	<i>Opis obstoječe ribje steze</i>	31
4.2	<i>Analiza obstoječe ribje steze.....</i>	33
5	ZASNOVA USTREZNEGA RIBJEGA PREHODA PREKO CAJHNOVEGA JEZU 36	
5.1	<i>Ukrepi pred izvedbo ribjih prehodov.....</i>	39
5.2	<i>Ribja klančina v strugi Save Bohinjke</i>	40
5.2.1	<i>Izračun</i>	40
5.2.2	<i>Komentar rezultatov</i>	43
5.2.3	<i>Opis konstrukcije in postopek izvedbe</i>	43
5.3	<i>Obtočni kanal s tolmoni.....</i>	45
5.3.1	<i>Izračun</i>	45
5.3.2	<i>Komentar rezultatov</i>	47
5.3.3	<i>Opis konstrukcije in postopek izvedbe</i>	48

5.4	<i>Hrapav sonaravni kanal z balvani</i>	48
5.4.1	Izračun.....	48
5.4.2	Komentar rezultatov	52
5.4.3	Opis konstrukcije in postopek izvedbe	52
6	ZAKLJUČEK	54
7	VIRI	56

KAZALO SLIK

Slika 1: Ortofoto širšega območja Cajhnovega zidu (Geopedia, zajem slike 23. 08. 2016.).	2
Slika 2: Prvotni dvostopenjski leseni jez s kamnitim polnilom.	2
Slika 3: Prerez skozi kašno konstrukcijo prvotnega jez.	2
Slika 4: Prikaz sanacijskih ukrepov leta 1967 na levem bregu jezovne zgradbe (Vodna skupnost Gorenjske – Kranj, 1967).	3
Slika 5: Prečni profil novega betonskega jez.	4
Slika 6: Tloris ribje steze na desnem bregu Cajhnovega jez.	5
Slika 7: Ortofoto ožjega območja Cajhnovega zidu (Geopedia, zajem slike 23. 08. 2016.).	5
Slika 8: Zaprojenost akumulacije za jezom in vidne poškodbe krone.	6
Slika 9: Poškodbe v telesu jez.	6
Slika 10: Podslapje je mestoma popolnoma uničeno.	7
Slika 11: Zaraščenost in zaprojenost struge z nasipinami dolvodno od podslapja.	7
Slika 12: Levi del struge dolvodno od objekta je praktično brez pretoka vode.	8
Slika 13: Minimalni tok v desnem delu struge dolvodno od jez.	8
Slika 14: Odzemni kanal za ribogojnico.	9
Slika 15: Odzemni kanal za MHE Boncelj.	9
Slika 16: Rečna struga dolvodno od jez.	13
Slika 17: Zaprojenost spodnjega (vstopnega dela) ribje steze.	14
Slika 18: Naplavine v enem od bazenov ribje steze.	14
Slika 19: Stopnica ob vstopu v ribjo stezo z dolvodne strani jez.	14
Slika 20: Prikaz povprečnih pretokov v posameznem letnem času za dolgoletno obdobje 1988 – 2013.	15
Slika 21: Rekapitulacija povprečnih, minimalnih in maksimalnih pretokov po letnih časih za dolgoletno obdobje 1988 – 2013.	16
Slika 22: Prikaz ribiških revirjev v gornjesavskem ribiškem okolišu (Ivanc s sod., 2010).	18
Slika 23: Prikaz ribjih pasov vzdolž vodotoka (povzeto po DVWK, 2002).	22
Slika 24: Primer tehničnega bazenskega tipa ribjega prehoda z vertikalnimi režami.	28
Slika 25: Primer hrapave klančine.	29
Slika 26: Prikaz hrapavega kanala z balvani.	29
Slika 27: Primer obtočnega kanala.	30
Slika 28: Detajl prehoda med dvema tolmunoma.	32
Slika 29: Pogled z dolvodne strani na klančino ob izstopu iz ribje steze.	32
Slika 30: Stranski pogled na ribjo stezo; prikaz generalnega naklona ribje steze.	33
Slika 31: Situacija profilov za izračun v HEC-RAS programu.	37

Slika 32: Prikaz plitvega območja v strugi dolvodno od jezu (levo) in shematičnega posnetka območja jezu, ki se bo uporabljal v nadaljevanju naloge za prikaz tlorisov zasnovanih ribjih prehodov (desno).....	37
Slika 33: Shematski prikaz urejenosti območja z izgradnjo ribje klančine v strugi Save Bohinjke.	43
Slika 34: Prečni prerez (shema) preko ribje klančine.	44
Slika 35: Prikaz geometrijskih karakteristik elementov obtočnega kanala s tolmuni.	45
Slika 36: Tloris in prečni prerez preko obtočnega kanala.	46
Slika 37: Prečni prerez preko vtočnega objekta v ribjo stezo.	47
Slika 38: Shematski prikaz urejenosti območja z izgradnjo obtočnega kanala.	48
Slika 39: Prikaz dimenzij in ureditev hrapavega sonaravnega kanala z balvani.....	50
Slika 40: Hrapav sonaravni kanal z balvani (povzeto po DVWK, 2002).	51
Slika 41: Shematski prikaz urejenosti območja z izgradnjo obtočnega kanala.	52
Slika 42: Prečni prerez (shema) preko hrapavega sonaravnega kanala z balvani.	53

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Podatki o ribjih vrstah in varstvenem statusu na območju zgornje Save (Ivanc in Bertok, 2016).....	19
Preglednica 2: Karakteristične dimenzije različnih vrst rib, ki se nahajajo na območju Cajhnovega jezu (povzeto po AG-FAH, 2011).....	26
Preglednica 3: Priporočila Avstrijskih smernic za Načrtovanje, izgradnjo in monitoring ribjih stez za različne tipe ribjih prehodov po AG-FAH (2011).....	27
Preglednica 4: Izmerjene geometrijske karakteristike ribje steze na Cajhnovem jezu.	31
Preglednica 5: Primerjava izmerjenih vrednosti geometrijskih karakteristik ribje steze preko Cajhnovega jezu in priporočenih vrednosti po AG-FAH (2011) za ciljne ribje vrste.	33
Preglednica 6: Določitev merodajnega pretoka in gladine vode v Savi Bohinjki iz rečnega modela v programu HEC-RAS.	36

KAZALO PRILOG

PRILOGA 1 – KATASTER POŠKODB NA CAJHNOVEM JEZU.....	P1
PRILOGA 2 – OPIS NAJPOGOSTEJŠIH RIBJIH VRST NA OBMOČJU CAJHNOVEGA JEZU	P4
PRILOGA 3 – TLORIS TER VZDOLŽNI IN PREČNI PREREZ OBSTOJEČEGA RIBJEGA PREHODA PREKO CAJHNOVEGA JEZU	P9

1 UVOD

Mnoge pregrade in jezovi, ki so se v preteklosti gradili z namenom izkoriščanja vodne sile za potrebe obratovanja mlinov, žag, splavarjenja, ipd. se danes uporabljajo predvsem za pridobivanje električne energije ter v sistemu protipoplavnih ukrepov. Prečni objekti v vodotoku povzročijo prekinitev vzdolžne povezanosti vodotokov in s tem neizogibno spremembo vodnega habitata za vodne organizme, ki nimajo več neoviranega prehoda po vodnem telesu, v katerem živijo. Za številne vrste vodnih organizmov so migracije ključnega pomena za ohranitev vrste, zato pregraditve vodotokov lahko povzročijo zmanjševanje populacije ali celo lokalno izginotje, kar vpliva na biotsko raznovrstnost v vodotokih. Za zagotavljanje prehodnosti prečnih vodnih objektov se izvedejo ribji prehodi, ki omogočajo vzdolžne migracije vodnih organizmov. V kolikor so takšni prehodi pravilno zasnovani in zgrajeni ter ustrezno vzdrževani, lahko omilijo posledice obstoja pregradnih konstrukcij v rečni strugi, pri čemur velja poudariti, da je ribji prehod le približek rečnega habitata in nikoli ne more biti ekvivalenten naravnemu okolju v sami rečni strugi. S sonaravno ureditvijo teh objektov se lahko zelo približamo naravnim razmeram v vodotoku. V kolikor nam razmere ne dopuščajo, se odločimo za bolj tehnično naravnane prehode.

V Sloveniji tej problematiki posvečamo mnogo premalo pozornosti, kljub striktnim zahtevam Zakona o sladkovodnem ribištvu glede vzdolžne povezanosti vodotokov so ribje steze običajno slabo zasnovane in neustrezno vzdrževane. Rečemo lahko, da obstojijo bolj zaradi zahtev pri pridobitvi potrebnih dovoljenj kot pa zaradi resnične skrbi glede prehodnosti. Pogosto so problematični tudi pretoki vode skozi ribje steze, saj imetniki vodnih pravic neredko samovoljno iz vodotoka odvzemajo več vode kot jim to dopušča obratovalno dovoljenje, na škodo pretoka skozi ribjo stezo.

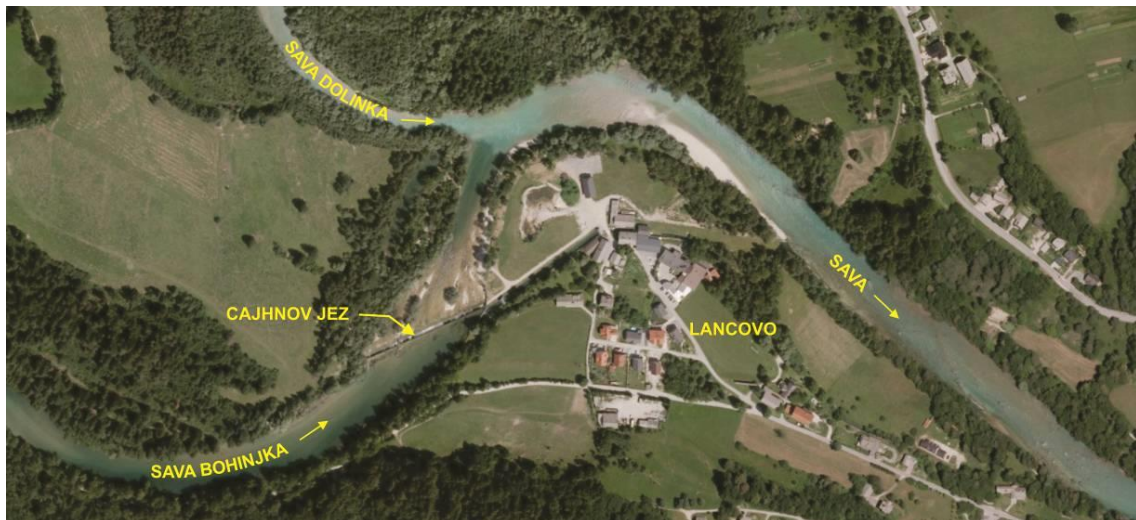
1.1 Namen naloge

Diplomska naloga obravnava prehodnost rečnega odseka za vodne organizme preko Cajhnovega jezu na Savi Bohinjki, tik nad sotočjem s Savo Dolinko. V uvodu naloge bomo analizirali trenutno situacijo in razčlenimo problematiko obstoječega jezu, nato se bomo posvetili detajlni analizi obstoječega ribjega prehoda. V sklopu naloge bomo tako pridobili podatke o rezidenčnih živalskih vrstah s poudarkom na ribjih vrstah, saj so njihove migracijske poti vzdolž zgornjega toka Save ključni podatek pri projektiranju in dimenzioniranju ribje steze. V Sloveniji smernic in standardov, ki bi obravnavali tovrstno tematiko ni, zato se bomo v delu oprli na avstrijske smernice za gradnjo ribjih stez iz leta 2012. Avstrija je izrazito alpska dežela, kamor spada tudi zgornji tok Save s pritoki, zato je uporaba avstrijskih smernic smiselna odločitev. V nalogi bomo tako predstavili možne vrste ribjih prehodov ter na podlagi prikazanih dejstev predlagali idejno rešitev za omogočanje vzdolžne migracije rečnega življa vzdolž Save Bohinjke preko Cajhnovega jezu.

2 CAJHNOV JEZ IN RIBJA STEZA SKOZI ČAS

2.1 Lokacija

Prečni hidrotehnični objekt Cajhnov jez je postavljen poševno v strugi Save Bohinjke približno 350 m nad sotočjem s Savo Dolinko v naselju Lancovo v občini Radovljica. Ortofoto širšega območja Cajhnovega jezu je prikazan na sliki 1.



Slika 1: Ortofoto širšega območja Cajhnovega jez (Geopedia, zajem slike 23. 08. 2016.).

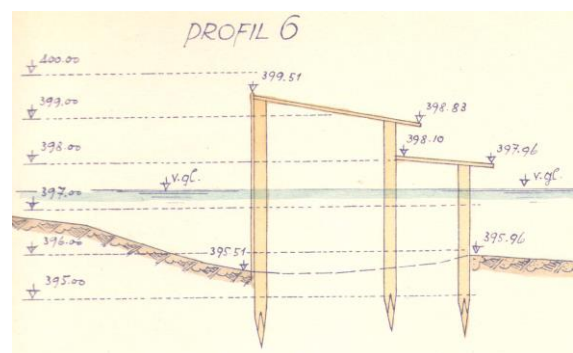
2.2 Od nastanka do danes

Začetki Cajhnovega jez segajo najverjetneje pred leto 1900. Po pripovedovanju Janeza Zupanca (vnuka Franca Zupanca) je med letoma 1900 in 1937 v Lancovem pri Radovljici obratovala Cajhnova elektrarna, za katero je gospod Franc Zupanc iz rodu Cajhen kupil Francisovo turbino. Namen hidroelektrarne je bil razsvetlitev obrata žage, hiše ter gospodarskih poslopij. Pridobljeno električno energijo je koristila tudi Cajhnova žaga, ki se je nahajala v bližini elektrarne.



Slika 2: Prvotni dvostopenjski leseni jez s kamnitim polnilom.

(<http://www.radovljica.si/>)

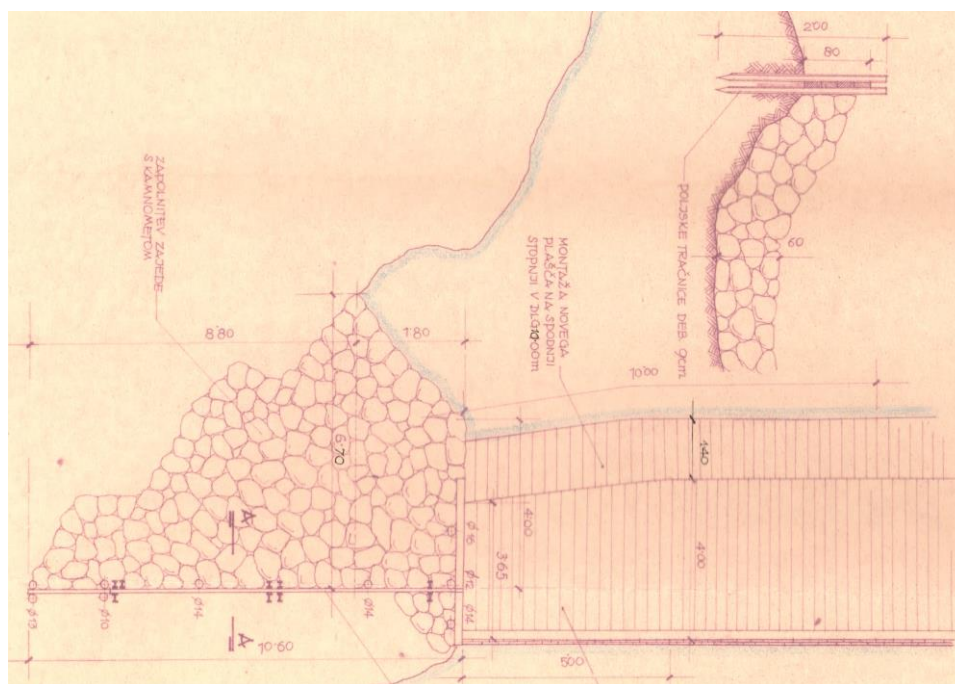


Slika 3: Prerez skozi kaštno konstrukcijo prvotnega jez.

(Vodna skupnost Gorenjske – Kranj, 1964)

V sklopu gradnje elektrarne je bil zgrajen tudi jez dolžine 194.5 m z enim vtokom v industrijski kanal širine 4 m nad prečnim objektom in praznotokom iz industrijskega kanala v dolvodni del struge pod jezovno zgradbo. Prvotni jez je bil dvostopenjske kaštne zasnove kot je razvidno iz slike 2. Jezovno zgradbo sestavlja lesen obod, zgrajen iz lesenih kolov, okroglic in plohov, napolnjen s kamnitim polnilom kot je prikazano na sliki 3.

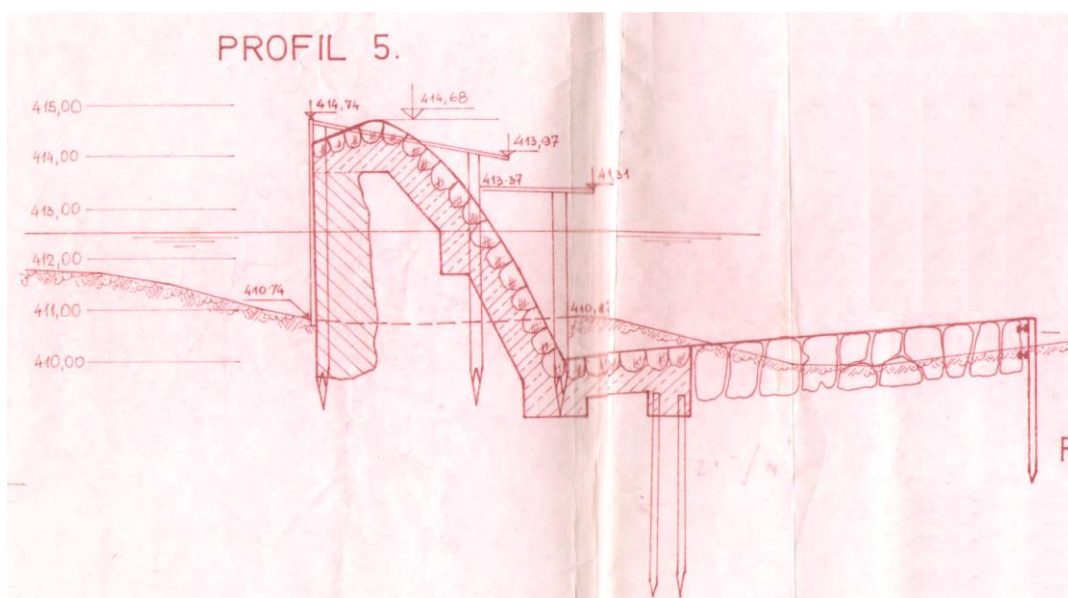
Visoke vode so jez v letih 1963 in 1964 močno poškodovale, v sredinskem delu tudi odplavile, a so ga v letu 1964 popolnoma obnovili. Ker je bil takrat jez že precej dotrajan, so izvedli celovito obnovo konstrukcije (zabijanje novih lesenih pilotov, zapolnitev kaštne konstrukcije s kamenjem iz bližnjih prodišč, montaža novega plašča po površini jezu – Vodna skupnost Gorenjske - Kranj, 1964). Leta 1965 so jesenske visoke vode ponovno poškodovale levi del jezu in odplavile del nabrežja. Sledila je sanacija v letu 1967 (Splošna vodna skupnost Gorenjske – Kranj, 1967). Odplavljeni del nabrežja je bil zapolnjen s skalometom in zgrajena je bila lesena usmerjevalna obrambna stena za odvajanje visokih voda na jezovno zgradbo (slika 4). Tudi na desnem bregu je bil zgrajen skalomet v podporo stabilnosti jezu. Sama konstrukcija jezu je bila sanirana z namestitvijo novega lesenega opaža.



Slika 4: Prikaz sanacijskih ukrepov leta 1967 na levem bregu jezovne zgradbe (Vodna skupnost Gorenjske – Kranj, 1967).

Do sredine sedemdesetih let je bil jez zaradi pomanjkljivega vzdrževanja in visokih voda ponovno tako močno poškodovan, da se je v letu 1975 predvidela nadomestitev starega kaštnega jezu z betonskim jezum s kamnito oblogo neposredno pod nekdanjim kaštnim jezum. Vsled zmanjšanja

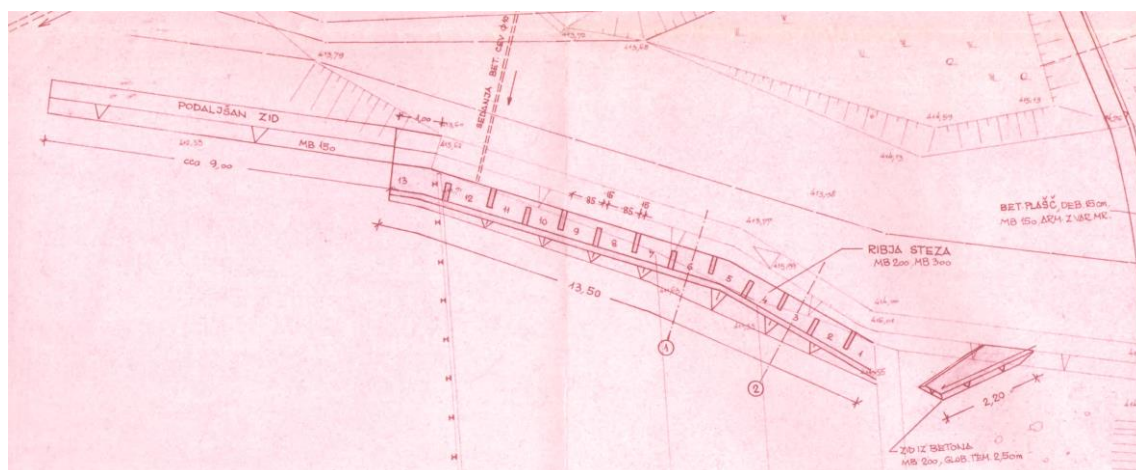
ogroženosti levega brega se je dolžina jezu skrajšala iz 194,5 m na današnjih 150 m, višina zaježitve je ostala praktično nespremenjena. Novi jez je tako Creagerjeve oblike z zaobljeno krono ter nagnjeno prelivno površino. Zgrajen je iz nearmiranega betona in kamnite obloge kot je prikazano na sliki 5. Podslapje je bilo utrjeno z vertikalnimi železniškimi tirnimi profili (jekleni mikro piloti) ter ploščo iz nearmiranega betona in kamnite obloge. Dolvodno od plošče podslapja so bili vgrajeni večji kamni, na dolvodnem koncu zaščiteni s prečnimi in vertikalnimi železniškimi tirnimi profili. Na gorvodni strani je bila za tesnjenje jezovne zgradbe izvedena injekcijska zavesa. Zgrajen je bil tudi nov desno-obrežni oporni zid in podaljšan gorvodno do starega jezu, dolvodno pa je bil zgrajen le do zaključka podslapja. Gradnja novega jezu je bila izvedena v letu 1976. V sklopu gradnje je bil industrijskemu kanalu dodan še kanal za odvzem vode za potrebe ribogojnice.



Slika 5: Prečni profil novega betonskega jezu s prikazom ukrepov za utrditev podslapja (Splošna vodna skupnost Gorenjske – Kranj, 1975).

Za zagotavljanje vzdolžne migracije ribjega življa je bila v letu 1977 na desnem bregu zgrajena še ribja steza bazenskega tipa (dolžina bazenov 85 cm, višinska razlika med bazeni 25 cm, izmenična pregraditev med bazeni na eni in drugi strani širine 15 cm, vrh gornjega bazena 20 cm pod koto krone jezu za zagotavljanje zadostnega pretoka čez ribjo stezo, podaljšan spodnji bazen z globljim talnim pragom - tloris ribje steze prikazan na sliki 6). Vhod v ribjo stezo je izveden nekaj metrov dolvodno od konca podslapja, izhod pa se nahaja kak meter pod vtokom v industrijski kanal. Istočasno je bil podaljšan tudi obrežni zid na desnem bregu.

Ob relativno nizkih pretokih je večina rečne vode speljana v industrijski kanal za rabo MHE Boncelj ter dodatni ozki kanal za potrebe bazenov v ribogojnici. Manjši del rečne vode teče čez prelivno krono jezu.



Slika 6: Tloris ribje steze na desnem bregu Cajhnovega jezui (Splošna vodna skupnost Gorenjske – Kranj, 1977).

Dolvodno od podslapja so se v strugi formirale sipine, ki so mestoma poraščene z drevesi in grmovjem (slika 7). Struga je tako razdeljena na posamezne rokave.



Slika 7: Ortofoto ožjega območja Cajhnovega zidu (Geopedia, zajem slike 23. 08. 2016.).

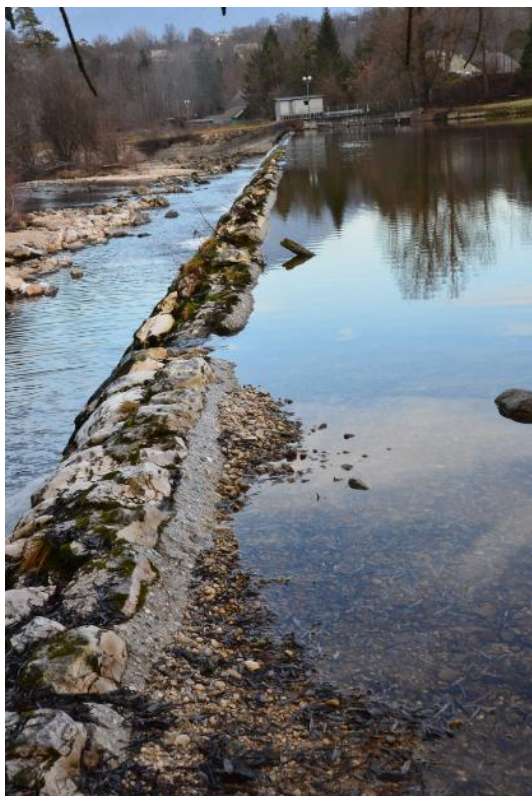
2.3 Stanje jezui in ribje steze (terenski ogled v novembru 2015)

Da bi se seznanili s trenutnim stanjem jezui in ribjega prehoda po skoraj 40 letih od njegove izgradnje brez kakršnikoli sanacij, smo dne 20. 11. 2015 opravili detajlni terenski ogled vseh sestavnih delov Cajhnovega jezui: jezovne zgradbe, podslapja, akumulacije, ribje steze in odvzemnih kanalov. Izdelali smo fotodokumentacijo ter izvedli natančno kartiranje poškodb jezovne zgradbe in podslapja. Nadalje smo za potrebe analize obstoječega ribjega prehoda izvedli

meritve geometrijskih karakteristik ribje steze (dolžine bazenov, širine prehodnih rež, višinske razlike med posameznimi bazeni, globina vode v bazenih in na prehodnih klančinah).

2.3.1 Opis stanja jezovne zgradbe

Terenski ogled je pokazal, da je struga gorvodno od jezua zaprojena z rečnim materialom skoraj do krone objekta – razvidno iz slike 8.



Slika 8: Zaprojenost akumulacije za jezom in vidne poškodbe krone.

Krona jezua je mestoma poškodovana, zato voda prelivnega hrpta jezua ne preliiva enakomerno kot je to razvidno iz slik P1-1 in P1-2 v Prilogi 1. Poškodbe so izrazitejše na levi strani objekta, medtem ko sta centralni in desni del praktično nepoškodovana – prikaz poškodb preliiva jezovne zgradbe na sliki 8).

Del prelivnega hrpta proti levem bregu kaže tudi znake puščanja vode skozi telo jezua. Predvsem na levem delu jezua (gledano dolvodno) v kamniti oblogi manjkajo posamezni kamni, mestoma je načeta tudi nearmirana betonska podkonstrukcija prečnega objekta (slika 9). Poškodbe so največje prav na levem delu jezua, kjer so bili zgodovinsko problemi s poškodbami in stabilnostjo tudi pri njegovem predhodniku.



Slika 9: Poškodbe v telesu jezua (manjkajoči kamni v kamniti oblogi jezua in mestoma erodiran nearmiran beton).

Podslapje je odsekoma popolnoma uničeno, manjka celotna plošča podslapja ali pa je kamnita obloga razbita. Prikaz odsekoma slabega stanja podslapja je prikazan na sliki 10. Skalomet, ki je bil zgrajen dolvodno od plošče podslapja in učvrščen s železniškimi tirnimi profili, je poškodovan na večjem delu jezua, mestoma utrditve ni več in skale so razmetane po strugi navzdol.



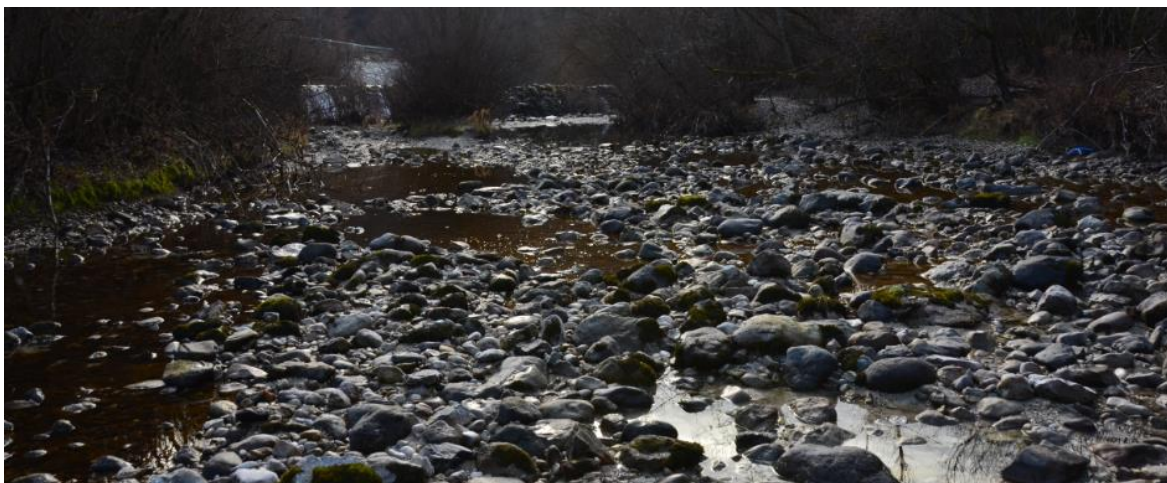
Slika 10: Podslapje je mestoma popolnoma uničeno.

Dolvodno od podslapja se zaradi nanosov proda vodni tok razveji. Ustvari se več rečnih rokavov, ki jih ločujejo nasipine, poraščene z drevjem in grmovjem, kar je razvidno iz ortofoto posnetka na sliki 7 ter posnetka z desnega brega na sliki 11. Poraščenost z vegetacijo kaže na dolgotrajen značaj takega stanja struge, po oceni velikosti dreves traja tako stanje vsaj 10 let. Zanimivo pri tem je dejstvo, da tudi visoke vode ne zmorejo dovolj erodirati rastišča teh dreves in jih odplaviti.



Slika 11: Zaraščenost in zaprojenost struge z nasipinami dolvodno od podslapja.

Matica toka poteka po sredini struge, kjer znaša (ocenjena) globina vode na dan terenskega ogleda zgolj 30 cm. Na merilni hidrološki postaji Bodešče nekaj 100 m gorvodno je bil na ta dan zabeležen pretok $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$, kar je za pozno jesen in običajen letni višek pretokov izrazito nizek pretok – analiza pretokov je prikazana v poglavju 3.1. Levo in desno od sredine struge se torej nahajajo poraščene sipine, onkraj sipin pa večje območje zelo plitke tekoče vode – po oceni iz terenskega ogleda do 10 cm globine (sliki 12 in 13). Območje razširjene in zaprojene struge se razteza do približno 200 m dolvodno od jezu, kjer se struga zoži in poglobi.



Slika 12: Levi del struge dolvodno od objekta je praktično brez pretoka vode.



Slika 13: Minimalni tok v desnem delu struge dolvodno od jezu z vidnim praznotokom.

Cajhnov jez je postavljen pod kotom približno 40° na os Save Bohinjke (slika 7). Iz ortofoto posnetka na sliki 1 je razvidno, da bi ob naravnem poteku reke ta odlagala material na levem bregu, saj je na tem delu viden levi meander. Zaradi načina postavitve jezu pa je situacija ravno nasprotna.

Ob visokih vodah, ki jez prelivajo pravokotno, se glavni tok reke usmeri v levo brežino in jo erodira, prav tako pa povzroča glavnino poškodb na jezu. Jez s svojim obstojem ustvarja desni meander, kar povzroča odlaganje rečnih nanosov na desnem bregu Save Bohinjke.

Iz projektne dokumentacije iz leta 1975 (Splošna vodna skupnost Gorenjske – Kranj, 1975) je na podlagi prečnih profilov razvidno, da se jezovna zgradba niža iz levega brega proti desnemu. Iz tega bi bilo mogoče sklepati, da bi matica toka morala potovati po desnem delu rečnega telesa. Terenski ogled je pokazal, da je matica toka pomaknjena proti sredini, a bližje levemu bregu, kjer se večina vode preliva ob nizkem pretoku čez krono jezu (stacionaža m 60 do m 115 na slikah P1-1 in P1-2 v Prilogi 1).

Na desnem bregu se tik pred jezovno zgradbo nahajata odvzemna kanala za gojitveno ribogojnico (slika 14) in takoj dolvodno še odvzemni kanal za MHE Boncelj (slika 15).



Slika 14: Odvzemni kanal za ribogojnico.



Slika 15: Odvzemni kanal za MHE Boncelj.

2.3.2 *Kataster poškodb jezu*

Za potrebe prikaza in identifikacije poškodb jezovne zgradbe in podslapja smo izdelali kataster poškodb (prikazan na slikah P1-1 in P1-2 v Prilogi 1). Kot osnova služi razviti pogled dolvodnega dela jezu s podslapjem. Fotografirali smo krajše odseke jezu in podslapja, ki smo jih nato z ustreznim računalniškim programom združili v panoramsko sliko s poudarkom na natančnosti združevanja slik za samo jezovno zgradbo in podslapje).

Za potrebe izdelave katastra smo uvedli stacionažo objekta, katere začetna vrednost se prične tik ob ribji stezi na desnem bregu Save Bohinjke (+0 m) in poteka vzdolž krone jezu proti levemu bregu (+150 m).

Ločeno smo ocenjevali poškodbe jezovne zgradbe in podslapja s tristopenjsko skalo: (1) brez poškodb, (2) manjše poškodbe, (3) večje poškodbe oz. uničenje). Na slikah P1-1 in P1-2 v Prilogi 1 smo tako prikazali oceno stopnje poškodb z barvno skalo za posamezne odseke jezu in podslapja (zeleno barvo – brez poškodb, oranžna barva – manjše poškodbe, rdeča barva – večje poškodbe oz. uničenje). Za samo jezovno zgradbo smo detajlno prikazali območja poškodb, intenziteta je prikazana s pobarvanimi območji (brez barve – brez poškodb, oranžna barva – manjše poškodbe v plašču jezu (manjkajoči kamni v kamniti oblogi), rdeča barva – večje poškodbe, ki poleg manjkajočih kamnov v kamniti oblogi jezu obsegajo še deloma erodiran nearmiran beton v telesu jezu).

Opis poškodb jezu in podslapja:

Stacionaža	Jezovna zgradba	Podslapje
m 0 - 10	Brez vidnih poškodb, kamnita obloga v dobrem stanju, krona preliva nepoškodovana, na dan terenskega ogleda je bilo na stacionaži m 4-9 preko preliva prisotno deblo večjega drevesa.	Plošča podslapja v dobrem stanju, večji kamni dolvodno od plošče podslapja nekoliko premaknjeni, a v splošnem še vedno v relativno dobrem stanju, manjkajoči horizontalni železniški tirni profili na koncu urejenega podslapja.
m 10 - 20	Brez vidnih poškodb, kamnita obloga v dobrem stanju, krona preliva nepoškodovana.	Med stacionažama m 18-20 manjka kamnita obloga plošče podslapja, večji kamni dolvodno od plošče podslapja razmetani, manjkajoči horizontalni železniški tirni profili na koncu urejenega podslapja.
m 20 - 30	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20, le manjkajoča kamnita obloga plošče podslapja med stacionažama m 20-21 in deloma med stacionažama m 26-27.
m 30 - 40	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Med stacionažama m 38-40 je plošča podslapja popolnoma uničena, rob je izpostavljen vzdolž celotnega odseka, večji kamni dolvodno od plošče

		podslapja manjkajo, prav tako zaščita teh kamnov z železniškimi tirnimi profili.
m 40 - 50	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Med stacionažama m 40-41 je plošča podslapja popolnoma uničena (slika 10), rob je izpostavljen vzdolž celotnega odseka, večji kamni dolvodno od plošče podslapja manjkajo, prav tako zaščita teh kamnov z železniškimi tirnimi profili.
m 50 - 60	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Plošča podslapja v relativno dobrem stanju, kamni dolvodno premaknjeni, a še vedno opravljajo funkcijo varovanja struge dolvodno, manjkajoči železniški tirni profili na koncu urejenega podslapja.
m 60 - 70	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Plošča podslapja generalno v relativno dobrem stanju z nekaterimi manjkajočim kamni v kamniti oblogi, kamni dolvodno razmetani, viden izpodjeden rob plošče podslapja, manjkajoči železniški tirni profili na koncu urejenega podslapja.
m 70 - 80	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Enak opis kot pri stacionaži m 60-70.
m 80 - 90	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Enak opis kot pri stacionaži m 60-70.
m 90 - 100	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Enak opis kot pri stacionaži m 60-70.
m 100 - 110	Enak opis kot pri stacionaži m 10-20.	Enak opis kot pri stacionaži m 60-70 do stacionaže m 63, od tam dalje brez večjih poškodb elementov podslapja, premaknjeni so le nekateri večji kamni

		dolvodno od plošče podslapja.
m 110 - 120	Brez vidnih poškodb, kamnita obloga v dobrem stanju, krona preliva nepoškodovana do stacionaže m 113. Od tam dalje deloma erodirana krona preliva in manjkajoči posamezni kamni v kamniti oblogi jezu, stopnja poškodovanosti se stopnjuje od stacionaže m 117 dalje, ko je prizadeta večja površina kamnitega plašča.	Brez večjih poškodb elementov podslapja, premaknjeni so le nekateri večji kamni dolvodno od plošče podslapja.
m 120 - 130	Močno poškodovana kamnita obloga in deloma erodirano telo jezu med stacionažama m 120 in 122,5 v srednji tretjini višine jezu. Manjkajoči kamni v oblogi jezu navzgor in navzdol po višini jezu na tem odseku ter močno erodirana krona preliva. Manjše poškodbe v srednji tretjini jezu se nadaljujejo do stacionaže m 124, nato pa sledi odsek nepoškodovanega plašča do stacionaže m 126. Od stacionaže m 126 dalje so prisotne hude poškodbe kamnitega plašča in deloma erodirano telo jezu (slika 9), tokrat v spodnji tretjini, tik nad vodno gladino. Območje manjkajočih kamnov v kamniti oblogi se tu pojavlja v zgornji polovici višine jezu, poškodovana je tudi krona preliva.	Brez večjih poškodb elementov podslapja.
m 130 - 140	Območje hudih poškodb kamnitega plašča in telesa jezu, ki se nadaljuje v spodnji tretjini vse do stacionaže m 131,5, medtem ko se manjše poškodbe	Brez večjih poškodb elementov podslapja.

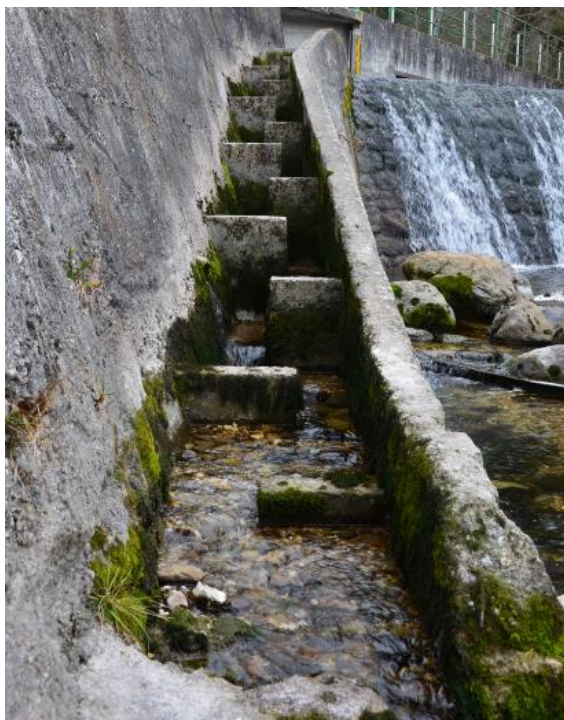
	kamnitega plašča in krone preлива v obliki manjkajočih kamnov na zgornji polovici višine jezu nadaljujejo do konca tega odseka. Omeniti velja še razpoko v kamniti oblogi jezu tik nad vodno linijo med stacionažama m 132-137.	
m 140 - 150	Nadaljevanje manjših poškodb v plašču jezu (manjkajoči kamni) v zgornji polovici višine jezu vse do konca tega odseka. Poškodbe prelivne krone prisotne med stacionažama m 140-142,5 (prikazano na sliki 8).	Brez večjih poškodb elementov podslapja.

2.3.3 Opis stanja ribje steze

Zaradi nevdzdrževanja je ribja steza v zelo slabem stanju. Ob relativno nizkih vodostajih je ribam vstop v ribjo stezo popolnoma onemogočen, saj zaradi zaprojenosti in nizkega vodostaja desne strani struge objekt nima stika z dolvodnim rečnim tokom (slika 16). Zaprojenost ribje steze se v smeri vodnega toka povečuje (slika 17).



Slika 16: Rečna struga dolvodno od jezu ter globina vode na poti med matico toka in ribjo stezo.

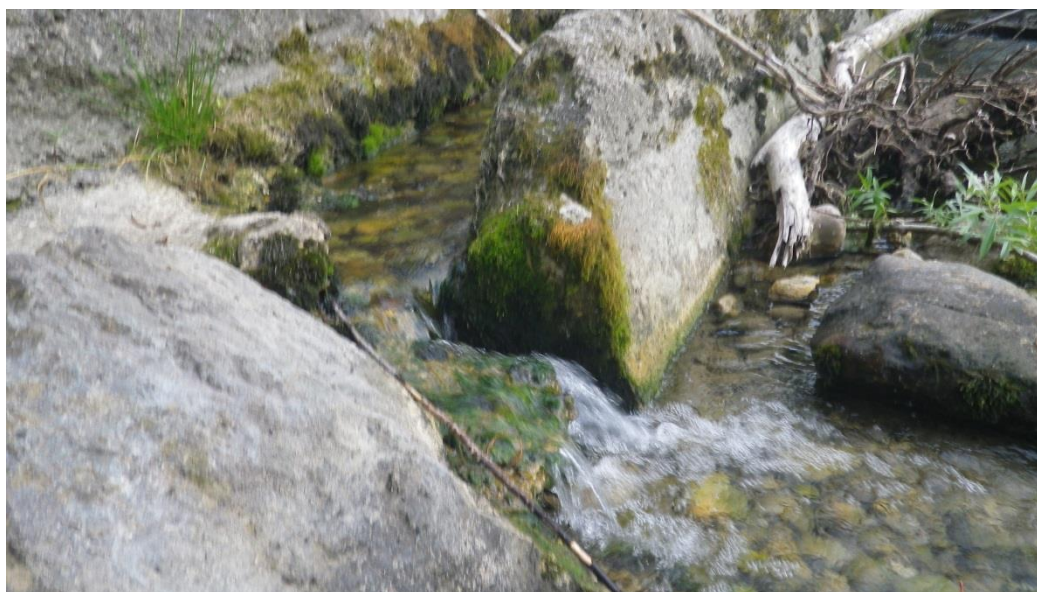


Slika 17: Zaprojenost spodnjega (vstopnega dela) ribje steze.



Slika 18: Naplavine v enem od bazenov ribje steze.

Ker na izstopu iz ribje steze na akumulacijski strani ni konstrukcijsko preprečena možnost vnosa plavin v ribjo stezo, se na vertikalnih režah nabirajo naplavine, ki onemogočajo prehod ribjega žvlja (slika 18). Vstop v ribjo stezo je bil ob terenskem ogledu zaradi zaproyenosti in nizkega vodostaja približno 25 cm nad nivojem gladine vode v vodotoku (slika 19). Količina vode, ki se je stekala skozi ribjo stezo na iztoku pa premajhna, da bi imela učinek atrakcijskega toka.



Slika 19: Stopnica ob vstopu v ribjo stezo z dolvodne strani jezu.

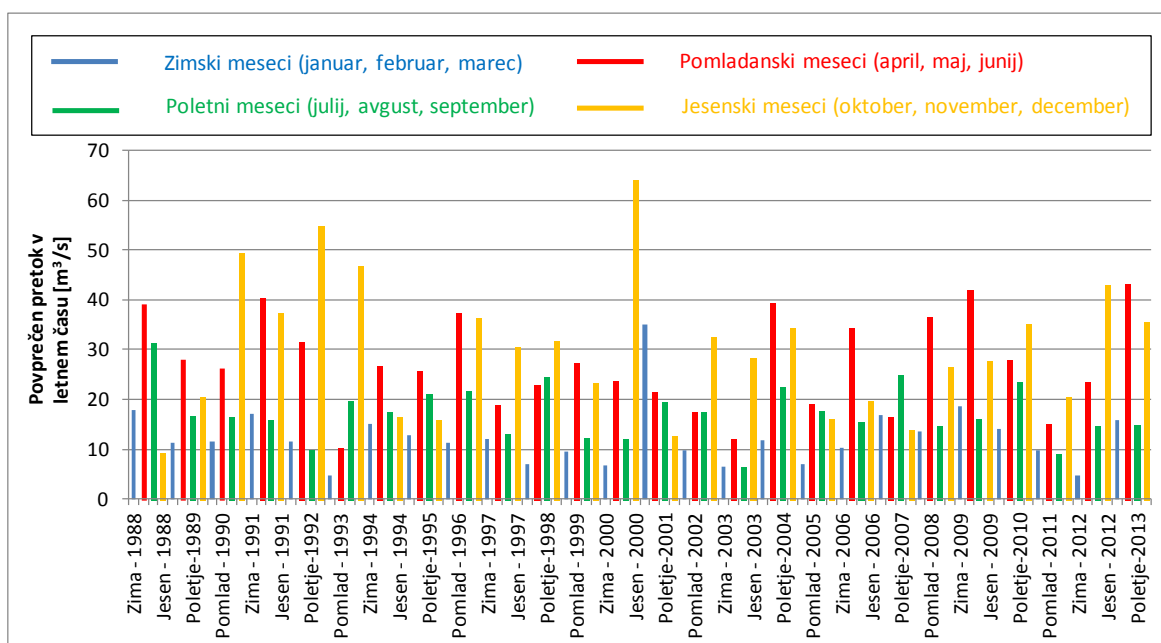
3 TEORETIČNE OSNOVE

V tem poglavju so prikazane teoretične osnove, ki smo jih uporabili pri vrednotenju funkcionalnosti obstoječe in načrtovanju nove ribje steze:

- hidrološke karakteristike Save Bohinjke (vodni režim, pretoki);
- pravni okvir (zahteva za vzpostavitev vzdolžne prehodnosti vodotoka je jasno utemeljena v zakonodaji);
- pregled evidentiranih ribjih vrst na območju Cajhnovega jezu in njihove značilnosti;
- pregled ribjih pasov v vodotokih;
- osnove ribjih migracij;
- vrste ribjih prehodov preko prečnih objektov v vodotokih.

3.1 Hidrološke karakteristike Save Bohinjke

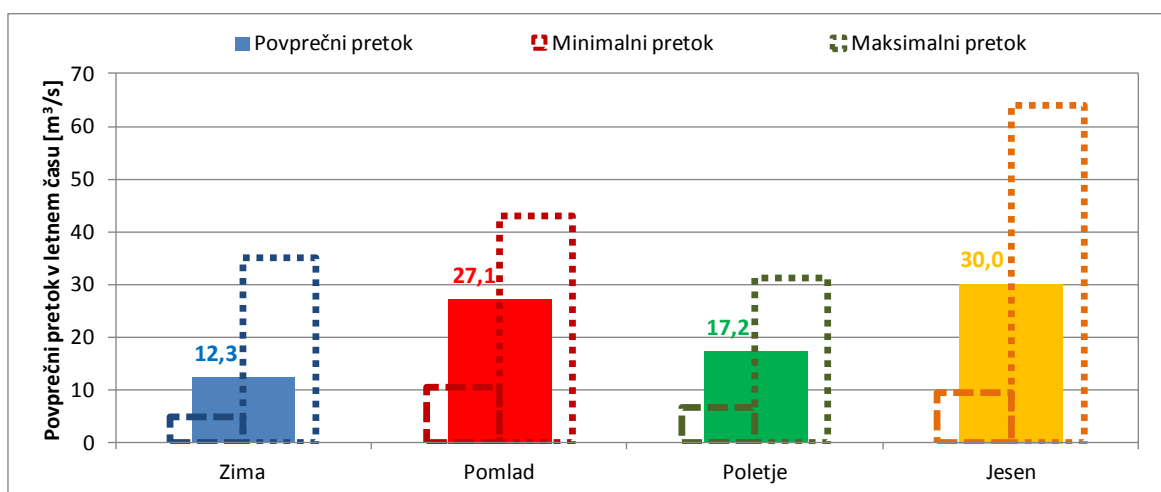
Sava je reka donavskega porečja, katere zgornji in deloma srednji tok poteka na ozemlju Republike Slovenije. Glede na pregledano literaturo se Sava v zgornjem toku uvršča med vodotoke s snežno-dežnim režimom (Blatnik s sod., 2015) z zimskim minimumom, prevladujočim pomladanskim viškom in drugim, manjšim viškom v jeseni.



Slika 20: Prikaz povprečnih pretokov v posameznem letnem času za dolgoletno obdobje 1988 – 2013.

A na podlagi statistične analize podatkov za merilno postajo Bodešče, ki se nahaja nekaj 100 m gorvodno od Cajhnovega jezua, ima Sava Bohinjka na območju akumulacije za Cajhnovim jezom dežno-snežni režim z dvema viškoma, bolj izrazitim jesenskim kot posledice obilnih jesenskih deževij običajno v mesecu novembru ter nekaj manjšim pomladanskim kot posledico taljenja snega v visokogorju – prikazano na sliki 20 in sliki 21, kjer so prikazani povprečni, minimalni in maksimalni pretoki za vsak letni čas.

Za potrebe statistične analize smo pridobili podatke iz arhivov mesečnih obdobjih statistik pretokov za Savo Bohinjko na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO).



Slika 21: Rekapitulacija povprečnih, minimalnih in maksimalnih pretokov po letnih časih za dolgoletno obdobje 1988 – 2013.

Najnižji povprečni pretoki za dolgoletno obdobje 1988-2013 so bili zabeleženi v zimskih mesecih ($12,3 \text{ m}^3/\text{s}$), ko večina padavin na prispevnem območju Save Bohinjke pade v obliki snega in se zaradi nižjih temperatur večinoma obdrži. Najmanjši izmerjeni pretoki v tem obdobju ($4,8 \text{ m}^3/\text{s}$) komajda presegajo zahtevani biološki minimum ($3,8 \text{ m}^3/\text{s}$), predpisan s strani ARSO (pridobljen iz interaktivnega zemljevida Atlas okolja na spletni strani Agencije). Ker je za višje ležeča območja v prispevnem območju Save Bohinjke značilna debela snežna odeja, ki se običajno obdrži še do začetka poletnih mesecev, so povprečni pretoki v poletnih mesecih znatno višji kot v zimskih mesecih (dolgoletno povprečje poletnih mesecev znaša $17,3 \text{ m}^3/\text{s}$), enako velja tudi za minimalne zabeležene povprečne pretoke ($6,6 \text{ m}^3/\text{s}$).

3.2 Pravni okvir

Na področju Republike Slovenije je zagotavljanje prečne in vzdolžne prehodnosti vodotokov zakonsko dobro opredeljeno z Zakonom o vodah ter Zakonom o sladkovodnem ribištvu in njunimi podzakonskimi akti. V slovensko zakonodajo so implementirani vsi zadevni mednarodni

dokumenti: (1) Bonnska Konvencija o varstvu selitvenih vrst prostoživečih živali, (2) Bernska Konvencija o varstvu prosto živečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njihovih življenjskih prostorov iz leta 1979 in (3) vodna direktiva WFD (Water Framework Directive) iz leta 2000.

Krovni zakon (Zakon o vodah) obravnava upravljanje z vsemi celinskimi, morskimi in podzemskimi vodami ter priobalnimi zemljišči, opredeljuje upravljavske pristojnosti, ureja načrtovanje in gradnjo vodne infrastrukture.

Glavni pravni okvir za zagotavljanje vzdolžne in prečne prehodnosti celinskih vodotokov pa predstavlja Zakon o sladkovodnem ribištvu iz leta 2006 (kratko ZSRib). Glavni cilj zakon je opredelitev celostnega načrtovanja in upravljanja rib na teritorialno zaokroženih območjih, varstvo ogroženih ribjih vrst ter varovanje in ohranjanje narave salmonidnih in ciprinidnih voda. Zakon tako opredeljuje pogoje za gradnjo in druge posege v ribiških okoliših. V skladu z zakonom mora biti vsak poseg v ribiški okoliš skrbno načrtovan in izveden na način, ki v največji meri ohranja stanje ribjih vrst. Zakon tako predpisuje, da mora investitor zagotoviti ustrezen prehod za ribe čez grajene objekte, funkcionalnost prehoda pa mora zagotoviti lastnik oziroma najemnik objekta.

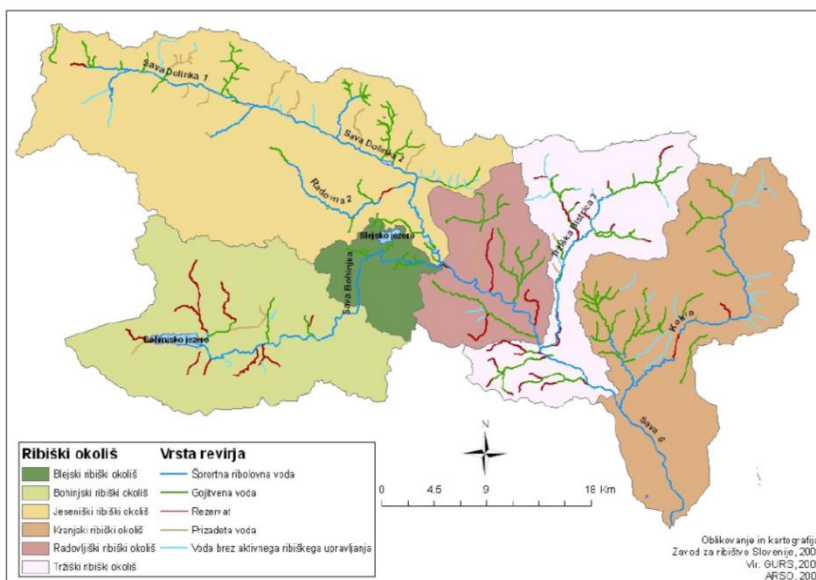
Za izvajanje upravljanja z ribjimi populacijami v ribiških okoliših na podlagi koncesij skrbijo posamezne ribiške družine, ki delujejo v javnem interesu, nad njimi pa bdi Zavod za ribištvo, ki skrbi za strokovno delo koncesionarjev, izvaja monitoring populacij rib in pripravlja strokovne podlage za delo ribiških družin.

Za gospodarjenje z ribjim življem v površinskih vodah morajo ribiške družine pripraviti in izvajati ribiško-gojitvene načrte, v okviru katerih skrbijo za raznovrstnost in ustrezno številčnost populacij na območju upravljanja.

Iz Načrta o ribjem upravljanju v zgornjesavskem ribiškem okolišu (Ivanc s sod., 2010) je razvidno, da območje gorvodno od jezu spada v Blejski ribiški okoliš, območje dolvodno pa v Radovljiški ribiški okoliš (slika 22). Območje od Cajhnovega jezu do Rakovnika tako spada v revir Sava A, kjer deluje Ribiška družina Radovljica. Le-ta ima v lasti tudi gojitveno ribogojnico, ki pridobi vodo preko odvzemnega kanala gorvodno od odvzemnega kanala za MHE Boncelj. Območje od Cajhnovega jezu gorvodno je v upravljanju Ribiške družine Bled (revir 5 od mostu pod Bodeščami do Cajhnovega jezu). Sava je na območju Cajhnovega jezu priljubljen kraj ribolova, predvsem muharjenja.

V Načrtu ribiškega upravljanja v gornjesavskem ribiškem okolišu (Ivanc s sod., 2010) so opredeljeni vsi vidiki upravljanja z ribjim življem na območju gornjega toka Save, določeni ribolovni in gojitveni revirji, območja prisotnosti posameznih ribjih vrst, označena drstišča ter opisane pogostejše vrste rib, ki se nahajajo v vodotokih obravnavanega ribiškega okoliša. Opisano

je gospodarjenje z ribjim življem (izlov, poribljavanje). Načrt povzame tudi podatke o varstvenem statusu evidentiranih ribjih vrst na območju zgornje Save (preglednica 1).



Slika 22: Prikaz ribiških revirjev v gornjesavskem ribiškem okolišu (Ivanc s sod., 2010).

Med 30 navedenimi vrstami je devet vrst varovanih s Habitatno direktivo o evropsko pomembnih vrstah (oznaka H - donavski potočni piškur, sulec, blistavec, mrena, pohra, podust, ščuka, kapelj, menek), katerih naravni habitat je potrebno varovati (vključuje ohranjanje raznolikosti habitata, zlasti pa ohranjanje tistih habitatov, ki so pomembni za bistvene življenjske faze za ohranitev vrste kot so pasišča, drstišča, skupinska prenočišča, prezimovališča in selitvene poti ter s tem povezanost razdrobljenih delov habitata v celoto).

Po Uredbi o zavarovanih prostoživečih živalskih vrstah spadajo tri vrste izmed njih v višjo stopnjo zaščite t.j. zavarovane vrste (oznaka Z v tabeli): blistavec, krap (divja oblika) in donavski potočni piškur. V skladu z uredbo je ribe teh vrst prepovedano zavestno poškodovati, zastrupiti, usmrtiti, loviti ali vznemirjati. Ribolov zavarovanih vrst rib tako ni dovoljen.

Na t.i. Rdeči seznam Pravilnika o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam so kot prizadete vrste uvrščeni donavski potočni piškur, potočna in jezerska postrv, sulec, linj, blistavec, mrena, podust, smuč in menek, v ranljive vrste pa še dodatno lipan, som, ščuka in kapelj.

Načrt kot problematičen izpostavi fragmentacijo habitatov z gradnjo prečnih objektov v strugah vodotokov, ki preprečujejo selitvene poti in onemogočajo vrstno pestrost, povezanost populacij in pretok genskega materiala znotraj posamezne vrste ter dostop, varstvo in ohranjanje drstišč. Na Savi Bohinjki in naprej združeni Savi najdaljši neprekinjen odsek znaša 23 km, z zagotovitvijo

prehodnosti Cajhnovega jezu bi se podaljšal za 12 km. A le za organizme, ki lahko prehajajo manjše ustalitive pragove, ki se nahajajo na tem odseku.

Preglednica 1: Podatki o ribjih vrstah in varstvenem statusu na območju zgornje Save (Ivanc in Bertok, 2016).

Vrsta	Latinsko ime	HD	U	RS	P Mera (cm)	P Varstvena doba ***
donavski potočni piškur	<i>Eudontomyzon vladvkovi</i> (Oliva&Zanandrea 1959)	2	Z,H	E		
potočna postrv	<i>Sahno t. m. Fario</i> (Linnaeus, 1758)			E	25	1.10.-28.2.
jezerska postrv	<i>Sahno t. m. lacustris</i> (Linnaeus, 1758)			E	40	1.10.-31.3.
šarenka	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)					1.12.-28.2.
sulec	<i>Hucho hucho</i> (Linnaeus, 1758)	2,5	H	E	70	15.2.-30.9.
potočna zlatovčica	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814)					1.12.-28.2.
jezerska zlatovčica	<i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus, 1758)					1.12.-28.2.
līpan	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	5		V	30	1.12.-15.5.
rdečeočka	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)					1.4.-30.6.
klen	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)				30	1.5.-30.6.
rdečeperka	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (L.,1758)					1.4.-30.6.
linj	<i>Tinea tinea</i> (Linnaeus, 1758)			E	30	1.5.-30.6.
blistavec	<i>Telestes souffw</i> (Risso, 1827)	2	Z,H	E		
pisanec	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)					1.4.-30.6.
mrena	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)	5	H	E	30	1.5.-30.6.
polira	<i>Barbus balcanicus</i> Kotlik, Ts., Rab&Ber.2002	2,5	H			1.5.-30.6..
podust	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)		H	E	35	1.3.-31.5.
koreselj	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)					1.5.-30.6.
krap (divja oblika)	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758		Z	E		
krap (gojena oblika)	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758					
som	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758			V	60	1.5.-30.6.
navadni ostrīž	<i>Perea fluviatilis</i> Linnaeus, 1758					1.3.-30.6.
smuč	<i>Sander lueioperea</i> (Linnaeus, 1758)			E	50	1.3.-31.5.
ščuka	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758		H	V	50	1.2.-30.4.
kapelj	<i>Coitus gobio</i> Linnaeus, 1758	2	H	V		
menek	<i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)		H	E	30	1.12.-31.3.
sončni ostrīž	<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)					
rdečeočka	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)					1.4.-30.6.
beli amur	<i>Ctenopharyngodon ideUa</i> (Valenciennes, 1844)					
srebrni tolstolobik	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)					
črni amur	<i>Mylopharyngodon pieeu. s</i> (Richardson, 1846)					

Legenda:

Habitatna direktiva = Evropsko pomembna vrsta= Direktiva sveta Evrope 92/43/EGS o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst

Uredba = Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS, št. 46/2004)

Z	zavarovana vrsta
H	vrsta, katere habitat se varuje

Rdeči seznam = Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS, št. 82/2002)

E	prizadeta vrsta
V	ranljiva vrsta

Načrt ugotavlja, da je kot primeren ukrep za zagotavljanje povezanosti vodotokov izgradnja ustrezno zasnovanih prehodov za ribe, kar pa je v Sloveniji, z nekaterimi izjemami, kljub dobro utemeljeni zakonodaji neobstoječa praksa. Izkušnje namreč kažejo, da investitorji ne posvečajo prave pozornosti ribjim prehodom, zato se gradijo nefunkcionalni, nepravilno zasnovani objekti zgolj zaradi zadostitve pogoju za pridobitev gradbenega dovoljenja in obratovalnega dovoljenja. Slabo vzdrževanje dodatno pripomore k neprehodnosti ribjih prehodov, saj je potrebno redno

čiščenje naplavin in prodnih nanosov, da se ohranja zadosten pretok skozi ribjo stezo in s tem zagotavlja prehodnost prečnih ovir za vodne organizme.

3.3 Pregled evidentiranih vrst ribjega življa na območju Cajhnovega jezu

Ribe spadajo med živali, katerih življenjski prostor je vezan izključno na vodo. Po dostopnih podatkih živi v slovenskih celinskih vodah 93 vrst sladkovodnih rib. V zgornjem toku Save (kamor spada tudi območje sotočja Save Bohinjke in Dolinke) je bilo evidentiranih 29 vrst rib in ena vrsta piškurja; večina ribjih vrst (21) je domorodnih, med tujerodne spadajo predvsem šarenka ter potočna in jezerska zlatovčica (Povž, 1990).

Po izkušnjah in opazanjih g. Mateja Šparovca, ribiškega čuvaja iz Ribiške družine Radovljica, je na območju zgornje Save pričakovati naslednji ribji živelj, ki ga podrobneje predstavljamo v Prilogi 2:

- Salmonidne vrste (*fam. Salmonidae* – postrvi, katerih značilni predstavniki so sulci, potočne postrvi in šarenke)
- Lipani (*fam. Thymallidae*)
- Ciproidne vrste (*fam. Cyprinidae* – krapovci, katerih značilni predstavniki so podust, mrena, klen in pisanec)
- Ščuke (*fam. Esocidae*)

Ciljne vrste rib so tiste avtohtone vrste, ki v pretežni meri sestavljajo ribji živelj na posameznem odseku vodotoka in so pomembne za opredelitev salmonidnih oz. ciprinidnih voda. Spremljajoče vrste rib se na opazovanem odseku pojavljajo v podrejenem številu. Na širšem območju Cajhnovega jezu t.j. na odseku Save Bohinjke od izliva Mostnice do sotočja s Savo Dolinko so kot ciljne vrste opredeljeni sulci, lipani in potočne postrvi.

3.4 Ribji pasovi

Lastnosti vodotokov se vzdolž poteka vodotoka precej spreminjajo. Poleg oblike in širine struge ter sestave podlage se spreminjajo tudi hitrosti vodnega toka in kemično-fizikalne lastnosti vode (temperatura, vsebnost kisika, vsebnost polutantov, itd.), kar ustvarja različne življenjske pogoje za vodne organizme in tako botruje raznolikosti življenjskih združb vzdolž vodotoka. Tako so različne vrste rib različno prilagojene na specifične pogoje vzdolž vodotoka. Glede na prevladujoč tip rib v posameznem pasu ločimo naslednjih 6 ribjih pasov v vodotoku. Od tega so podrobno opisani le prvi trije, ki jih najdemo na območju obravnavanega ribjega okoliša; opise povzemamo po Koruza, 2012 in prikazujemo na sliki 23:

a) Postrvji pas

Ime je dobil po ciljni ribji vrsti t.j. potočni postrvi. Postrvji pas se prvenstveno nahaja v povirnih delih rek ter višinskih in nižinskih potokih. Značilna za ta pas je hladna voda (temperatura do 10°C), hitri tok, visoka vsebnost kisika, zelo majhna vsebnost organskih snovi, bistrost. Dno je prekrito z grobimi ali zaobljenimi, večjimi ali manjšimi skalami ter prodnim nanosom. Na obrežnem delu so skale in kamenje obrasli z mahom, alge so priraščene na skale na mestih počasnejšega toka. Spremljajoče ribje vrste v tem pasu so potočni piškur, babica, pisanec, kapelj, itd. Tudi nevretenčarji, ki živijo v postrvjem pasu, imajo telesa izrazito prilagojena hitremu vodnemu toku.

b) Lipanji pas

Ciljna ribja vrsta v tem pasu je lipan. Spremljajoče vrste so potočna postrv, podust, klen, mrena, zvezdogled, globoček, pohra, upiravec in klenič, občasno pa tudi blistavec, menek ter ščuka. Lipanji pas se nahaja dolvodno od postrvjega pasu in je značilen za ravninske dele rek, kjer se vodni tok počasi umirja. V tem pasu so običajno prisotni tudi vtoki stranskih potokov, rečne struge so manj razgibane. Ker je hitrost toka še vedno dokaj visoka, je voda hladna, vsebnost kisika pa visoka. Dno je prekrito z drobnim prodom, na katerega so prirasle alge in drugo vodno rastlinstvo. Zaradi bogatejšega vodnega rastlinstva je več vodnih nevretenčarjev in njihovih ličink kot v postrvjem pasu, ki zaradi manjše hitrosti vodnega toka ne potrebujejo izrazitih prilagoditev za življenje v hitrem vodnem toku.

c) Mrenski pas

Mrena je prevladujoča ribja vrsta v tem pasu, spremljajo jih podusti in kleni. Kjer pa je struga bolj zaraščena, pa se najdejo tudi kleniči, rdečerepke, okuni, redkeje tudi plenilci kot so sulec, ščuka, smuč in ostrži. Mrenski pas je značilen za del vodotoka, ko le-ta prehaja v ravninski del, struga se poglobi in razširi, vodni tok se umiri. Dno je prekrito s prodom in deloma peskom, zaradi počasnejšega toka prihaja do usedanja finejših frakcij in zamuljenosti struge. Temperatura vode v poletnih mesecih doseže tudi 20°C, vsebnost kisika je nekoliko manjša kot v lipanjem pasu. Mrenski pas je bogat z vodnimi nevretenčarji in vodnim rastlinjem.

d) Ploščičev pas

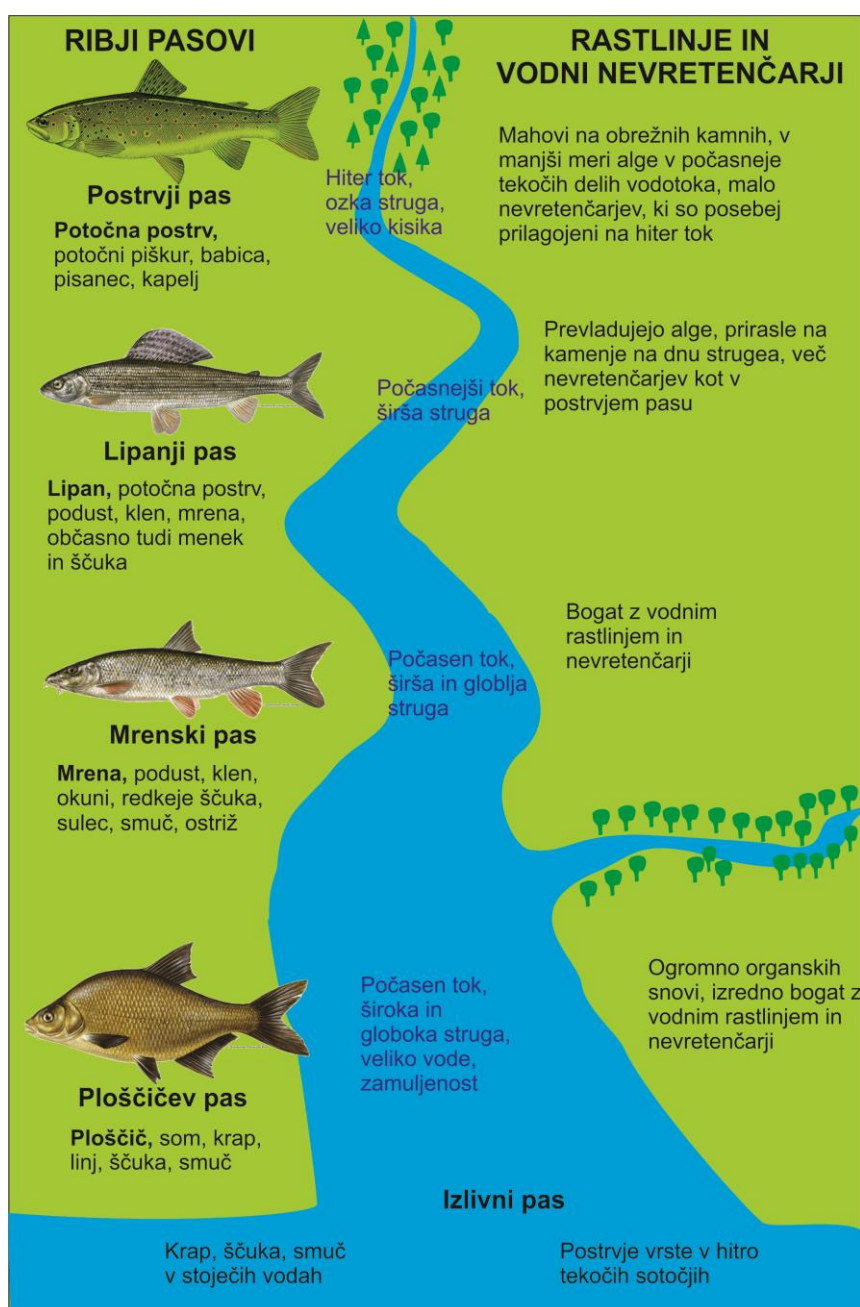
V tem pasu prevladujejo ciprinidne vrste rib, predvsem ploščič, pa tudi som, krap, linj, ščuka, smuč. Rečna struga je široka, tok je počasen, prisotne so velike količine vode. Dno je zamuljeno, v vodi je prisotnih ogromno organskih snovi, veliko je nevretenčarjev, zato ne čudi, da je ploščičev pas najbogatejši glede raznolikosti ribjih vrst.

e) Izlivni pas

Območje, kjer se vodotok izliva v večji vodotok ali jezero. V tem pasu se nahajajo ribje vrste iz obeh vodotokov oz. stoječe vode (slednje so običajno bogate z organskimi snovmi, rastlinjem in nevretenčarji). V izlivnem pasu v stoječi vodi običajno živijo krap, ščuka, smuč, ipd., v sotočju dveh hitro tekočih vodotokov z manjšo vsebnostjo hranilnih snovi pa postrvje vrste.

f) Brakični pas

Območje izliva vodotoka v morje.



Slika 23: Prikaz ribjih pasov vzdolž vodotoka (povzeto po DVWK, 2002).

Poleg prikazane delitve vodotoka glede na prevladujočo vrsto je v svetu uveljavljena še delitev Illiesa (povzeto po DVWK, 2002), ki je vodotoke razdelil na dve osnovni kategoriji: potok oz. rhitron in reko oz. potamon, znotraj tega pa še na zgornji (epi-), srednji (meta-) in spodnji (hypo-) tok. Za potrebe diplomskega dela bomo tako uporabljali kategorijo »epi-potamon«.

3.5 Osnove ribjih migracij

Osnovni namen migracij vodnih organizmov je iskanje življenjskega prostora in hrane, reprodukcija (drst) ter iskanje skrivališč pred plenilci.

Pri preučevanju ribjih migracij je potrebno upoštevati več smeri migracij v vodnem telesu:

- longitudinalna oz. vzdolžna; migracije dolvodno in gorvodno,
- lateralna oz. prečna; migracije med glavnim tokom in stranskimi pritoki, v primeru razdeljene struge tudi med posameznimi strugami in
- vertikalna v posameznem prečnem prerezu.

Migracije ribjega življa so tudi časovno odvisne, ribe se tako selijo:

- dnevno; značilno prehrambnega značaja,
- sezonsko; bodisi zaradi drstenja in iskanja hrane bodisi zaradi spremembe habitata, ki je vezan na zimski ali poletni čas,
- zaradi izrednih razmer; značilne za poplavna obdobja, sprožijo jih lahko tudi temperaturne spremembe v vodotoku, onesnaženje dela vodotoka z biološkimi ali industrijskimi polutanti ter drugih okoljskih dejavnikov.

Z upoštevanjem različnih smeri in časovne odvisnosti migracij tako govorimo o »štiridimenzionalni« povezanosti vodotokov (Blatnik, 2015; DVWK, 2002).

Nekatere vrste rib migrirajo iz sladke v slano vodo ter obratno. Na podlagi teh značilnosti sladkovodne ribe po Avstrijskih smernicah za načrtovanje, izgradnjo in monitoring ribjih stez (AG-FAH, 2011) uvrščamo v naslednje skupine:

- Potamodromne vrste rib migrirajo samo znotraj celinskih voda.
- Diadromne vrste rib v različnih življenjskih obdobjih migrirajo med sladkimi in slanimi vodami. Nadalje jih delimo na:
 - *Katadromne vrste* svoje življenje preživijo v sladkih vodah in se v morju le drstijo. Značilna predstavnik tega tipa je jegulja (*Anguilla anguilla*), ki kot mlada potuje po reki navzgor, kot odrasla pa proti morju.

- *Anadromne vrste* preživijo večino svojega življenja v morju in prihajajo v reke le na drst. K anadromnim vrstam rib spadajo losos, morska postrv, rečni in morski piškur, jeseter, itd. (Koruza, 2012)
- *Amphidromne vrste* redno migrirajo med morjem in sladkimi vodami. Glavni namen teh migracij je prehranjevanje.

Glede na razdaljo poti, ki jih ribe preplavajo v enem letu, ločimo:

- Kratke migracije, ki so lokalnega značaja in niso daljše od 30 km v eno smer.
- Povprečne migracije, ki so dolge med 30 in 300 km v eno smer.
- Dolge migracije, ki so daljše od 300 km v eno smer.

Čas migracij je v večini odvisen od ribjega pasu in letnega časa, ki vpliva na temperaturo in motnost vode ter količino razpoložljive svetlobe glede na dolžino dneva. Ti dejavniki vplivajo na hormonsko dejavnost ribjega organizma. Različne ribje vrste se drstijo v različnih letnih časih. Spomladanske drstnice se pričnejo drstiti, ko se voda ogreje na 10° in je dan že nekoliko daljši. Med spomladanske drstnice spadajo sulec, lipan, podust, klen. Za poletne drstnice se drst prične, ko temperatura vode v vodotoku doseže 17°C in so dnevi najdaljši. Takrat se izmed v zgornjem toku Save evidentiranih ribjih vrst drsti le mrena, izmed ostalih pogostejših vrst pa ploščič, linj, som ter krap. Ko je dan kratek in pade temperatura vode pod 8°C, se drsti potočna postrv. Večina domorodnih vrst rib v zgornjem toku Save torej migrira med marcem in novembrom ali med decembrom in januarjem. Februarja, ko so temperature vode najnižje, je ribjih migracij najmanj. Potočna postrv običajno migrira na drstišča že poleti, kljub temu da je za to vrsto obdobje drstenja med oktobrom in decembrom.

Ribe se drstijo vedno na istih mestih, ki jim pravimo drstišča. Nekatere vrste rib se drstijo na območju, kjer živijo vse življenje ali se zaradi drstenja na različne (daljše ali krajše) razdalje selijo vzdolž vodotoka, kjer iščejo ustrezne pogoje za odlaganje iker (globina vode, zgradba tal, prisotnost oz. odsotnost svetlobe, prisotnost oz. odsotnost vodnega rastlinja). Mrena, na primer, potrebuje globoko vodo, da lahko skriva ike pred svetlobo, medtem ko se podust drsti na prodiščih z maksimalno globino vode do 0,5 m. Nekatere ribje vrste kot so ščuka, pisanka in krap uporabljajo rastline za odlaganje značilno lepljivih iker.

Obstoj ribjih vrst je odvisen od uspešnosti drstenja. Ogrožene so predvsem zaradi onesnaženosti vodotokov ter prečnih hidrotehničnih objektov v strugah vodotokov, ki preprečujejo vzdolžno migracijo. Če so njihove migracijske poti prekinjene z neprehodno oviro, se ribe drstijo in odložijo ike na mestih, kjer pogoji niso najbolj idealni za drst. Rezultat tega je veliko slabša izvalitev ali

celo pogin iker ali mladice. Zaradi teh dveh dejavnikov trpijo tudi ostali vodni organizmi (vodni nevretenčarji).

Za pravilno načrtovanje ribjih prehodov preko prečnih hidrotehničnih objektov je potrebno dobro poznati lastnosti rib na območju, predvsem njihove plavalne sposobnosti in maksimalni možen doseg premagovanja vertikalnih ovir.

3.5.1 Plavalne sposobnosti rib

Plavalne sposobnosti rib so odvisne od oblike telesa, velikosti, količine mišične mase ter temperature vode. Enota za plavalno hitrost je najpogosteje dolžina telesa na sekundo [Lt/s]. Poznane so štiri različne hitrosti (AG-FAH, 2011):

- Trajna plavalna hitrost ribam omogoča plavanje daljše od 200 min brez povečane mišične obremenitve.
- Podaljšano plavalno hitrost lahko ribe vzdržujejo od 20 s do 200 min, saj ta povzroča mišično utrujenost.
- Eksplozivna plavalna hitrost povzroča anaerobne pogoje v metabolizmu in je zaradi nastanka povečane utrujenost v mišicah lahko vzdrževana do 20 s, ki je definirana tudi kot kritična plavalna hitrost.
- Maksimalna eksplozivna hitrost je teoretična največja hitrost, s katero lahko riba plava.

Pri gradnji ribjih prehodov se uporablja t.i. kritično plavalno hitrost. Hitrost toka vode v ribjih prehodih mora biti dovolj nizka, da lahko ribe premagujejo pot gorvodno. V kolikor je hitrost toka prevelika, bo riba omagala in jo bo tok odnesel ven iz ribjega prehoda. Zato je potrebno na daljših odsekih, kjer bi pot preko ribje steze potekala dlje kot 20 s, zgraditi počivalne tolmune, kjer lahko riba počije pred nadaljevanjem poti gorvodno.

Različne vrste rib dosegajo različne hitrosti plavanja. Salmonidne ribe, ki merijo v dolžino med 15 in 30 cm, lahko dosežejo hitrost 10 Lt/s; ciproidne, ki merijo med 20 in 50 cm v dolžino, pa med 4 in 5 Lt/s.

Maksimalna plavalna hitrost odrasle potočne postrvi je 2-3 m/s, kar velja tudi za ostale tipične potamodromne vrste (lipan na primer 2-4 m/s), medtem ko za ciproidne vrste rib ali krapovce znaša maksimalna plavalna hitrost 0,7-1,5 m/s (AG-FAH, 2011). Trajna plavalna hitrost potočne postrvi in lipana znaša do 0,9 m/s, podaljšana pa do 1,8 m/s. Najslabše plavalke so mlade ribe. Zanje velja, da je kritična hitrost, ki jo dosegajo 0,35-0,6 m/s. Zato je potrebno v ribjih prehodih ustvariti pogoje, ki zadostno zmanjšajo tok vode, da jih lahko tudi mlade ribe preplavajo gorvodno. Ustrezne pogoje zagotavljamo s primerno hrapavostjo dna oz. sten ali brežin objekta. Maksimalne hitrosti vode v ribji stezi na rekah naj ne bi presegle 1 m/s, v potokih pa 1,5 m/s.

Na poti po reki ribe naletijo na različno visoke ovire, ki jih morajo premagati. Predvsem za manjše vrste rib že nižje ovire višine 5 cm predstavljajo neprehodno oviro. Mrena lahko preskoči višino do 30 cm, ščuka pa do 20 cm. Najboljši skakalec v slovenskih vodah je potočna postrv, ki lahko preskoči do 1.1 m visoko oviro (manjše postrvi do 20 cm dolžine lahko preskočijo do 75 cm visoko oviro). Precejšen faktor pri doseženi višini je globina vode dolvodno od ovire, ki naj bi znašala vsaj dvakratno dolžino ribjega telesa. Na drugi strani letvice se nahajata lipan in podust, ki ne zmoreta premagovati vertikalnih ovir na poti po strugi navzgor (Šparovec, 2016).

Pri projektiranju ribjih prehodov je potrebno nadalje določiti tudi karakteristične dimenzije posameznih vrst rib, ki bodo migrirale preko načrtovanega prehoda, da se ustrezno določi dimenzije prehoda. Na podlagi večjega števila meritev dimenzij rib Avstrijske smernice (AG-FAH, 2011) podajajo preglednico, kjer so navedene karakteristične dimenzije rib za različne vrste pri različnih dolžinah (prikazane so samo vrste, ki se nahajajo v zgornjem toku Save).

Preglednica 2: Karakteristične dimenzije različnih vrst rib, ki se nahajajo na območju Cajhnovega jezu (povzeto po AG-FAH, 2011)

Ribja vrsta	dolžina [cm]	višina [cm]	širina* [cm]
Potočna postrv	30	6	3
Potočna postrv	40	8	4
Potočna postrv	50	10	5
Lipan	40	9	5
Lipan	50	11	6
Klen	40	8	5
Klen	50	11	6
Mrena	60	11	7
Ščuka	60	8	6
Ščuka	90	12	8
Sulec	80	13	10
Sulec	90	14	12
Sulec	100	16	12
Sulec	120	19	14
Ploščič	50	15	5

* v času drstenja je potrebno ribam prišteti še nekaj dodatnih centimetrov

3.6 Osnove načrtovanja in vrste ribjih prehodov

Po definiciji so ribji prehodi objekti, ki omogočajo gorvodno in dolvodno migracijo vodnih organizmov preko prečnega objekta v vodotoku. S hidravličnega vidika so to objekti za disipacijo energije (Koruza, 2012). Da se ribji prehod smatra kot funkcionalen, mora omogočiti prehod ribjega življa (95% vrst v vodotoku, tudi najmanjših in najšibkejših, vsaj leto dni starih rib) vsaj 300 dni v letu (Blatnik s sod., 2015; BMLFUW, 2012). Nemogoče je namreč zagotoviti prehod

skozi celo leto ob vseh vodostajih, niti to ni smotrno, saj se potrebe po vzdolžnih migracijah rib pojavljajo bolj kot ne le ob času drstitve.

Glavna parametra ribjih stez sta zmožnost lociranja vhoda in prehodnost (AG-FAH, 2011).

Vhod v ribji prehod mora privabiti čim več rib, da le-te ne nadaljujejo poti proti pregradnemu objektu, pri čemer je še posebej vabljev za ribe iztok iz turbin in pretok preko prelivnih polj. Vhod v ribji prehod naj bo tako zasnovan na način, da omogoča vstop ribam iz glavne matice toka kot tudi ribam, ki migrirajo po poteh v bližini bregov. Običajno se za lažje lociranje vstopa ustvarja atrakcijski tok, ki privablja predvsem salmonidne tipe rib, ki večinoma migrirajo po matici toka. Tak način privabljanja pa ne deluje v primeru manjših ribjih vrst, ki migrirajo bližje bregovom v šibkejših tokovih. V ta namen se lahko dolvodno od vhoda v ribji prehod zgradijo usmerjevalni pragovi, ki ribe usmerjajo proti vhodu. Možno rešitev predstavlja tudi izvedba več vhodov z različnimi lastnostmi, ki ustrezajo različnim vrstam rib.

Prehodnost zagotavljamo z zadostnimi dimenzijami za ciljne skupine rib, z ustreznimi minimalnimi hitrostmi vodnega toka (0,3 m/s za salmonidne tipe rib, 0,2 m/s za ostale vrste) ter omejitvijo maksimalnih hitrosti tako, da ribe še zmorejo protitočno plavanje in zmanjšanjem turbulenc, ki zmanjšujejo plavalne sposobnosti rib (Blatnik s sod., 2015).

Preglednica 3: Priporočila Avstrijskih smernic za Načrtovanje, izgradnjo in monitoring ribjih stez za različne tipe ribjih prehodov po AG-FAH (2011).

Podatki o ribjem pasu in karakteristični ribji vrsti										
Ribji pas	Epipotamal - velik		Karakteristična ribja vrsta			Sulec	Dolžina		100 cm	
Disipacija energije			100			Širina		12 cm		
Karakteristične dimenzije glede na smernice za izdelavo ribjih stez										
	Maksimalna razlika med nivoji vode v tolmunih [cm] (1)	Maksimalni nakloni [%]	Minimalna dolžina tolmunov [cm]	Minimalna širina [cm]	Minimalna globina tolmunov [cm]	Volumen tolmunov [m ³]	Pretok [l/s]	Minimalna globina prehodov [cm]	Minimalna širina prehoda [cm]	Minimalna širina reže [cm]
Sonaravna ribja steza s tolmuni	10 - 13	2.7	440	260	110	6.2	490	73		53
Vodni obtočni kanal		0.6			110		560	40	300	
Tehnična ribja steza z vertikalnimi režami	10 - 13		310	210	105	7	550			35
Drča	10 - 13	*	*	*	120	*	*	80	*	52.5

* Posamezne dimenzije se določi za srednji pretok oz. aritmetično sredino vseh pretokov vode v določenem časovnem obdobju.

Glede na višino pregradne ovire, morfologijo terena in plavalne lastnosti ciljnih ribjih vrst se odločimo za eno od naslednjih možnih ribjih prehodov (omenjeni so le tisti, ki pridejo v poštev za prehod preko Cajhnovega jezu + obstoječi tip za analizo ustreznosti objekta in njegove

funkcionalnosti): tehnični bazenski tip z vertikalnimi režami, hrapava klančina in hrapav kanal z balvani ter obtočni kanal.

Po AG-FAH smernicah so priporočene dimenzije za različne tipe ribjih prehodov podane v preglednici 3. Upoštevamo dimenzije, ki veljajo za ribji pas in tip vodotoka, ki je skladen z obravnavanim odsekom Save Bohinjke.

3.6.1 Tehnični bazenski tip z vertikalnimi režami

Ta tip ribje steze je sestavljen iz bazenov, ki so medsebojno povezani z ozkimi režami po celotni globini bazena. V ribjih stezah kjer je reža na bazen ena sama, je ta locirana vedno na isto stran bazena. Alternativa so bazeni z dvema režami, ki so nekoliko manj pogosto v uporabi. Širina reže je najpomembnejši parameter dimenzioniranja in je odvisna od ključne vrste ribe v vodotoku, na katero se ribja steza projektira.



Bazen z režo in stranskim deflektorjem je dimenzioniran tako, da tok po ribji stezi ne ustvarja mrtvih con in nepotrebne turbulence, temveč gladko teče v obliki črke S skozi režo proti središču bazena in tako po celotnem ribjem prehodu (lepo vidno na sliki 24).

Slika 24: Primer tehničnega bazenskega tipa ribjega prehoda z vertikalnimi režami.

(<http://cms.blaibach.de/Tourismus/SportundFreizeitangebote/BlaibacherSee/tabid/11006/language/de-DE/Default.aspx>)

Običajno se za reguliranje pretoka pri tehničnih ribjih stezah uporablja zapornice. Priporočljivo je tudi, da je dno ribje steze prekrito z 20 cm prodnega materiala za zagotavljanje manjših hitrosti vode pri dnu bazena, saj to omogoča šibkejšim ribam lažji prehod in vodnim nevretenčarjem oprijem na podlago. Pozitivna stran te vrste ribjih stez je neobčutljivost na količino pretoka in vsebnost počivalnih con že v sami zasnovi konstrukcije (DVWK, 2002).

3.6.2 Hrapava klančina in hrapav kanal z balvani

Ribja klančina je ribji prehod, ki se gradi na relativno nizkih objektih. Projektira se jo v samo strugo vodotoka ob brežini. Zanj je značilno hrapavo dno, vtok vode v prehod vzporedno z

glavnim tokom reke ter v primeru večjih pretokov tudi stranska prelivna klančina, ki poleg odvajanja odvečne vode preprečuje nastanek mrtvih con v vodotoku. Ribja klančina je hrapav kanal, ki poteka le po delu širine jezu (slika 25).



Slika 25: Primer hrapave klančine.

(Povzeto po AG-FAH, 2011)



Slika 26: Prikaz hrapavega kanala z balvani.

http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/a3_pub_fischaufstiegsanlagen_text.pdf

V tem se bistveno razlikuje od ribje drče, za katero je značilno, da se razteza po celotni širini struge. Splošen pogoj za maksimalen naklon ribjih prehodov je 1:20 za vse ribje prehode, kljub temu je klančina primerna tudi za manjše naklone in različne pretočne razmere. Globina vode mora biti najmanj med 30 cm in 40 cm, hitrost pa ne sme presegati 1,5 m/s. Na dolvodnem prehodu ribjega objekta v strugo reke naredimo vsaj 3-5 m dolgo utrditev dna struge, da je tok tam ne bi erodiral. Taki tipi ribjih prehodov zagotavljajo dober atrakcijski tok in so manj občutljivi na zaprojanje. V kolikor so klančine in drče pravilno dimenzionirane, so prehodne za vse vodne organizme (tudi bentoške nevretenčarje) tako dolvodno kot gorvodno (DVWK, 2002).

3.6.3 Obtočni kanal

Obtočni kanal je sonaravni ribji prehod, ki predstavlja poleg migracijskega koridorja tudi nadomestni habitat za vodne organizme. Predstavlja rešitev, za katero so zaželeni čim manjši nakloni, kljub temu ga lahko dimenzioniramo do naklona 1:20. Velike naklone zmanjšamo z lokalnimi klančinami in tolmunji, v katerih večji kamni služijo kot zatočišče ribam in prostor za počitek. Za umestitev obtočnega kanala potrebujemo veliko prostora. Oblikuje se ga lahko na raznovrstne načine. Struga je lahko sestavljena iz tolmunov, pragov ali pa skrbno razporejenih balvanov po celotni površini dna. S takimi ukrepi zagotovimo primerno hitrost vode in s tem

prehodnost tudi najšibkejšim plavalcem. Migracijo omogoča tako ribam kot tudi vodnim nevretenčarjem. Primeren je za gorvodno in dolvodno selitev vodnih organizmov (DVWK, 2002).

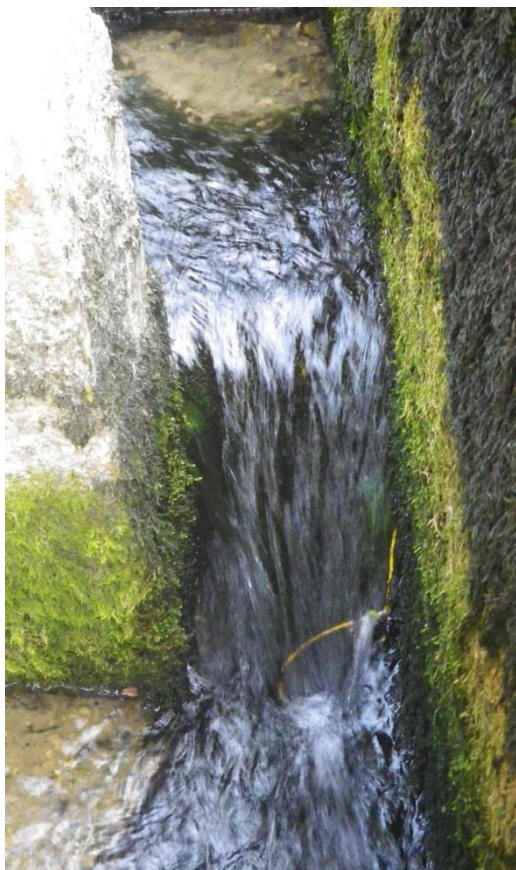


Slika 27: Primer obtočnega kanala.

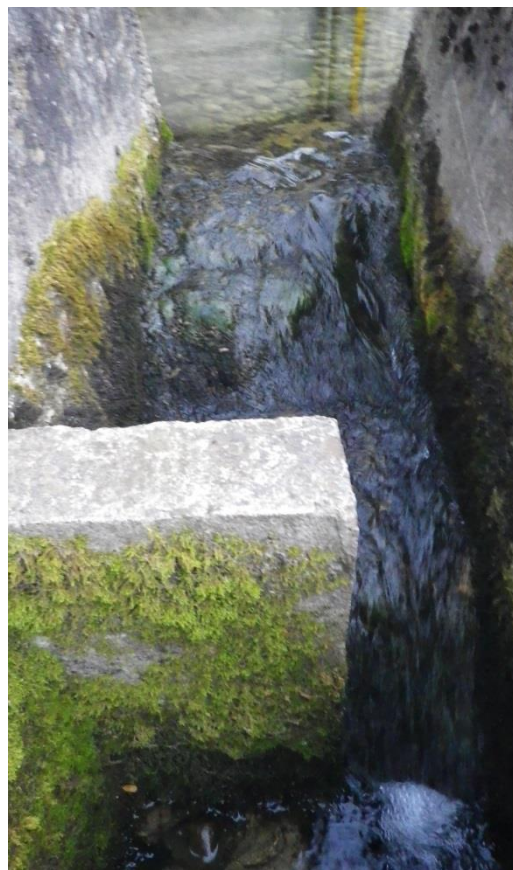
(http://www.lung.mv-regierung.de/dateien/a3_pub_fischaufstiegsanlagen_text.pdf)

Širina rež za prehod rib med predelno steno in zunanjo steno ribje steze znaša med 11 in 25 cm. Reže opredeljujejo vertikalne predelne stene, izmenično na eni in drugi strani. V režah je narejena klančina z naklonom preko 45° (višinska razlika približno 25 cm, dolžina klančine približno 20 cm kot je to prikazano na vzdolžnem prerezu na slikah P3-1 in 28). Globina vode na teh prehodih znaša približno 1 cm. Tik po iztoku iz akumulacije ribja steza v tolmunu z oznako M poteka kar po prelivni oblogi ter tako ustvarja klančino višine 35 cm kot je to prikazano na sliki 29. Generalni naklon ribje steze znaša približno 15° (višinska razlika 4 m na dolžini 13 m) – prikazan na sliki 30.

Na sliki 6 je gorvodno od izstopa iz ribje steze vrisan deflektor, zid iz betona, ki naj bi oviral vnos plavin v akumulacijo in ščitil vtok vode v ribjo stezo. V zdajšnji izvedbi tega zidu ni na predvidenem mestu. Namesto tega je zgrajena premostitvena konstrukcija preko vtočnega kanala za MHE Boncelj.



Slika 28: Detajl prehoda med dvema tolmunoma.



Slika 29: Pogled z dolvodne strani na klančino ob izstopu iz ribje steze.



Slika 30: Stranski pogled na ribjo stezo; prikaz generalnega naklona ribje steze.

4.2 Analiza obstoječe ribje steze

Analiza obstoječe steze je bila izvedena glede na priporočila Avstrijskih smernic za načrtovanje, izgradnjo in monitoring ribjih stez (AG-FAH, 2011). Analizirane so bile vse tri ciljne vrste rib na območju Cajhnovega jezu (glede na Načrt za izvajanje ribiškega upravljanja v gornjesavskem ribiškem območju za obdobje 2017-2022, Ivanc in sod., 2016): sulec dolžine 100 cm, potočna postrv dolžine 40 cm in lipan dolžine 50 cm. Primerjava med izmerjenimi vrednostmi ribje steze na Cajhnovem jezu in priporočil za tehnično ribjo stezo z vertikalnimi pregradnimi stenami je podana v preglednici 5.

Preglednica 5: Primerjava izmerjenih vrednosti geometrijskih karakteristik ribje steze preko Cajhnovega jezu in priporočenih vrednosti po AG-FAH (2011) za ciljne ribje vrste.

(vse dimenzije v [cm])	Cajhnov jez	Sulec 100 cm		Potočna postrv 40 cm		Lipan 50 cm	
		AG-FAH	Ustreznost	AG-FAH	Ustreznost	AG-FAH	Ustreznost
Maksimalna višinska razlika med sosednjima tolmunoma	40	13	ne	20	ne	13	ne
Minimalna širina reže	11	32	ne	15	ne	20	ne
Minimalna globina prehoda med predelnimi stenami	1	90	ne	70	ne	60	ne
Minimalna globina tolmunov	1	100	ne	80	ne	80	ne

Iz preglednice 5 je razvidno, da je ribja steza z maksimalno višinsko razliko 40 cm med dvema sosednjima tolmunoma popolnoma neprimerna za vse tri ciljne vrste rib. Prav tako je neprimerna širina reže, saj minimalna znaša borih 11 cm. Ob nizkih vodostajih je povsem neprimerna globina vode na prehodih, ki znaša 1 cm, glede na priporočila Avstrijskih smernic pa bi morala minimalna

globina vode na prehodih znašati minimalno 60 cm oz. 90 cm za prehod kapitalnih sulcev. Prav tako je ob majhnih pretokih povsem neprimerna globina vode v tolmunih (1 do 5 cm), katera bi za prehod kapitalnih sulcev morala znašati vsaj 100 cm oz. 80 cm za potočno postrv in lipana. Vertikalni naklon drče na režah je prevelik, da bi ga lipan, ki ne more premagovati vertikalnih ovir, lahko premagal. Višina drče ni prevelika za potočne postrvi in sulce, ki brez težav premagajo višinske ovire višine do 30 cm, ampak pri tem potrebujejo dovolj globoko vodo v tolmunu na dolvodni strani (vsaj dvakratnik dolžine ribe), ki pa jo ribja steza preko Cajhnovega jezu ne nudi. Generalni naklon je s približno 15° prevelik, tok vode ob večjih pretokih prehiter, saj so tolmuni prekratki, ribja steza pa tudi preozka, da bi izmenične vertikalne reže lahko umirjale tok s povratno vodo gorvodno od predelne stene. Glede na dolžino ribje steze, naklon in hitrost vodnega toka bi takšna ribja steza potrebovala vmesne počivalne tolmune, kjer bi ribe lahko počivale pred nadaljevanjem poti gorvodno.

Glede na priporočila AG-FAH (2011) je torej obstoječa zasnova ribje steze popolnoma neprimerna za prehod ciljnih tipov rib, tako pri majhnih kot velikih pretokih in ne omogoča nikakršne gorvodne migracije ribjega življa. Kot taka torej predstavlja neprehodno oviro v vodotoku in povzroča razliko v številčnosti in raznovrstnosti ribjih populacij gorvodno in dolvodno od jezu.

Nad nedelujočim objektom ne skriva nezadovoljstva niti pristojna ribiška družina. Dne 22. 07. 2016 je smo opravili telefonski pogovor z g. Matejem Šparovcem, ribiškim čuvajem iz Ribiške družine Radovljica. G. Šparovec smatra ribjo stezo, ki naj bi služila prehodu ribjega življa preko Cajhnovega jezu, za izredno neprimerno dimenzioniran objekt, ki ne služi svojemu namenu. G. Šparovec je izpostavil nekaj glavnih težav v povezavi z ribjo stezo in pretokom Save Bohinjke:

- Ribe plavajo pretežno v glavnem t.j. srednjem toku vodotoka, ki se nahaja nekaj deset metrov dolvodno od jezovne zgradbe. Gorvodno od te točke je pretok ob nizkem vodostaju razpršen po relativno široki strugi s premajhno globino toka, da bi lahko ribe priplavale do ribje steze. Iz tega je moč sklepati, da bi obstoječa ribja steza ob nizkih pretokih reke bila učinkovita le v primeru bistveno daljšega objekta, ki bi segal v del struge, kjer bi bil vhod v objekt pozicioniran v glavni tok Save Bohinjke. Tako bi ribe pri migraciji gorvodno lažje našle namenski objekt, s čimer bi se izognili premajhni globini vode v času nizkih pretokov Save Bohinjke, katera za ribe predstavlja nepremostljivo oviro na migracijski poti.
- G. Šparovec je omenil, da je opazil ob večjih pretokih na ribji stezi šarenke, a le nekje do višine tretjega bazena, od tam naprej pa ne, kar kaže na neustreznost zasnove obstoječega ribjega prehoda (premajhna globina bazenov, prehiter vodni tok, odsotnost počivalnih bazenov).

- Sulec je riba, ki nemalokrat doseže velikost od 100 do 120 cm v dolžino. Obstoječa ribja steza je dimenzij, ki ne dovoljujejo prehoda tako velikih rib. Gospod Šparovec je mnenja, da bi morala biti ribja steza široka vsaj 2 m ter brez stopničastih struktur in tako nudila prehodnost čim večjemu številu vrst vodnih organizmov. Ne smemo zanemariti dejstva, da je ribja steza uspešno zgrajena, v kolikor nudi prehodnost 95% vseh vodnih organizmov na obravnavanem območju (BMLFUW, 2011).
- Velik problem predstavlja nihanje pretoka Save Bohinjke preko jezovne zgradbe, ki po opažanjih ribjega čuvaja niha na dnevni ravni zaradi obratovanja MHE Boncelj. Sprememba vodne gladine med jutrom in večerom naj bi bila tudi za 40 cm glede na opažanja g. Šparovca. Zaradi takih nihanj je težko zagotoviti ustrezen pretok na ribjo stezo ter biološki minimum v obdobjih nizkih pretokov reke. Reguliranje vtoka vode, ki steče skozi odzemni kanal za MHE, se zdi prepuščen volji upravljavca elektrarne, ki ga nekoliko zmanjša ob pozivih ribiške družine. Nihanje gladine je ribji čuvaj opisal kot velik problem predvsem pri procesu drstenja rib. Te izležejo ikre v vodi, ki zaradi upada gladine ostanejo na suhem in se posušijo. Ribja družina skrbi za uravnavanje populacije šarenke, potočne postrvi in sulca z gojenjem teh vrst v gojitvenih potokih in ribogojnici ter vlaganjem mladice v reko. Številčnost rib, živečih na območju zgornje Save, je po mnenju nadzornika Ribje družine Radovljica tako večinoma prepuščena ravnanju koncesionarja za izrabo vodnega vira v namen proizvodnje električne energije.

5 ZASNOVA USTREZNEGA RIBJEGA PREHODA PREKO CAJHNOVEGA JEZU

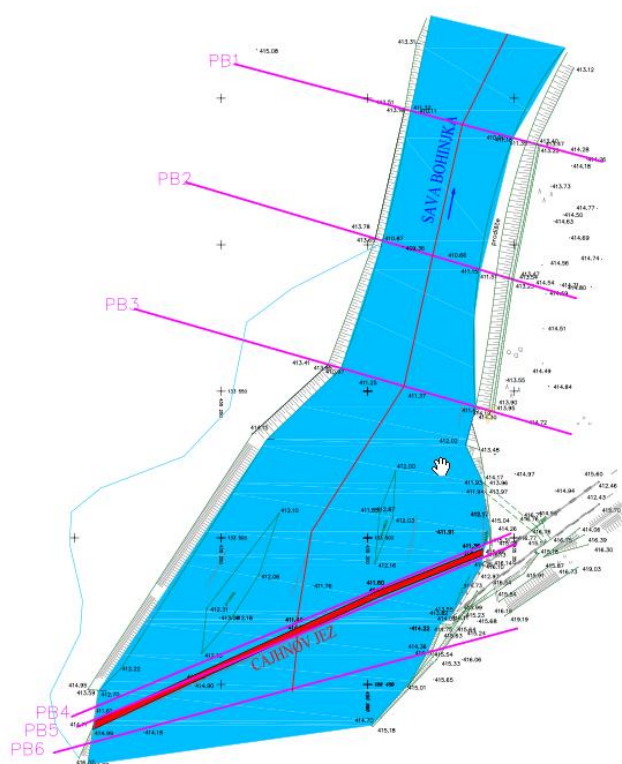
Na podlagi statistike meritev podatkov pretokov iz podatkovne baze ARSO za hidrološko postajo Bodešče smo določili merodajni pretok, ki ga struga Save Bohinjke prevaja večino leta. Zagotoviti namreč moramo, da bo ribja steza funkcionalna najmanj 300 dni na leto (Blatnik s sod., 2015). V preglednici 6 so navedeni podatki iz modela struge Save Bohinjke ob različnih pretokih, ki smo ga pridobili v podjetju VGP d.d. iz Kranja ter nekoliko spremenili in dopolnili za namen diplomske naloge. Za nas so pomembne predvsem gladine, nad in pod jezovno zgradbo, saj na podlagi teh dimenzioniramo ribji prehod. Prečni profili v preglednici 6 so nanizani po vrsti od PB6 proti PB1 v smeri toka reke kot je to prikazano na sliki 31.

Preglednica 6: Določitev merodajnega pretoka in gladine vode v Savi Bohinjki iz rečnega modela v programu HEC-RAS.

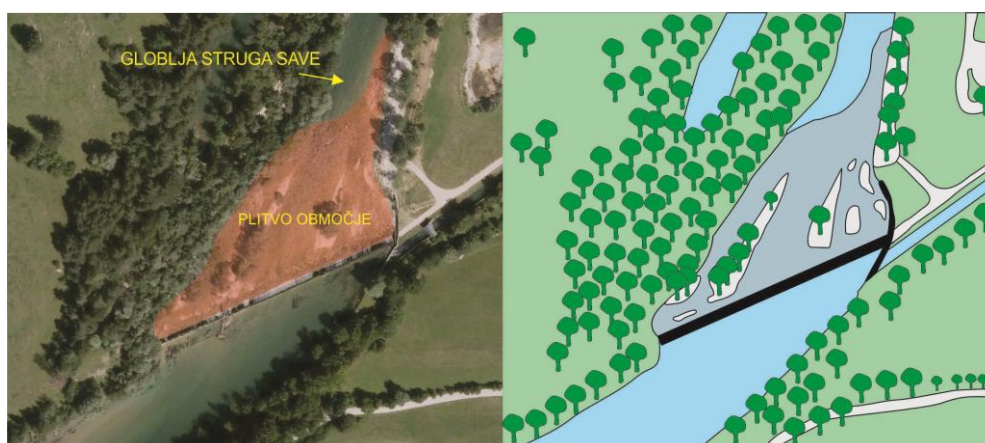
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Fr Chl
Sava Bohinjka PB6	261,013	Q100	698	414.18	416.23	415.81	416.67	0.003887	2.93	238.1	127.52	0.68
	261,013	Qvp	225	414.18	415.5	415.02	415.62	0.002025	1.55	145.5	125.65	0.46
	261,013	Qsp	23.3	414.18	414.83	414.44	414.84	0.000341	0.37	62.52	120.32	0.17
	261,013	Qes	3.8	414.18	414.66	414.31	414.66	0.00003	0.09	42.92	115.14	0.05
	261,013	Qnp	2.34	414.18	414.64	414.29	414.64	0.000014	0.06	40.04	114.37	0.03
Sava Bohinjka PB5	244,299	Q100	698	414.52	415.91	415.91	416.55	0.009471	3.53	197.65	157.38	1.01
	244,299	Qvp	225	414.52	415.23	415.23	415.53	0.012018	2.46	91.6	150.6	1.01
	244,299	Qsp	23.3	414.52	414.74	414.74	414.81	0.019993	1.17	19.9	145.83	1.01
	244,299	Qes	3.8	414.52	414.63	414.63	414.66	0.026245	0.73	5.23	96.35	0.99
	244,299	Qnp	2.34	414.52	414.61	414.61	414.63	0.028363	0.66	3.53	79.13	1
Sava Bohinjka PB4	238,698	Q100	698	411.36	415.33	413.29	415.44	0.000467	1.46	476.56	145.86	0.26
	238,698	Qvp	225	411.36	413.43	412.34	413.49	0.000727	1.1	203.82	134.37	0.29
	238,698	Qsp	23.3	411.36	411.56	411.73	414.21	1,146,967	7.21	3.23	32.26	7.27
	238,698	Qes	3.8	411.36	411.44	411.57	413.91	3,511,173	6.97	0.55	13.25	10.96
	238,698	Qnp	2.34	411.36	411.43	411.54	413.44	3,689,877	6.29	0.37	10.94	10.88
Sava Bohinjka PB3	147,166	Q100	698	410.97	414.39	414.19	415.27	0.004772	4.22	203.76	126.84	0.8
	147,166	Qvp	225	410.97	412.65	412.65	413.27	0.009687	3.51	64.14	51.97	1.01
	147,166	Qsp	23.3	410.97	411.61	411.61	411.77	0.015244	1.8	12.92	40.25	1.02
	147,166	Qes	3.8	410.97	411.32	411.32	411.39	0.020133	1.17	3.24	23.69	1.01
	147,166	Qnp	2.34	410.97	411.26	411.26	411.33	0.019711	1.16	2.02	14.76	1
Sava Bohinjka PB2	101,560	Q100	698	409.36	413.92	413.58	415.02	0.00505	4.65	153.75	61.97	0.84
	101,560	Qvp	225	409.36	412.29	411.95	412.75	0.004693	3.02	74.61	43.62	0.74
	101,560	Qsp	23.3	409.36	410.8	410.45	410.89	0.003134	1.34	17.35	25.61	0.52
	101,560	Qes	3.8	409.36	410.31	409.89	410.32	0.000735	0.51	7.44	15.74	0.24
	101,560	Qnp	2.34	409.36	410.23	409.8	410.24	0.000429	0.37	6.32	14.51	0.18
Sava Bohinjka PB1	55,697	Q100	698	410	413.41	413.41	414.73	0.006844	5.12	148.64	75.43	0.96
	55,697	Qvp	225	410	411.71	411.71	412.43	0.009351	3.76	59.8	41.96	1.01
	55,697	Qsp	23.3	410	410.43	410.43	410.61	0.014379	1.91	12.21	33.35	1.01
	55,697	Qes	3.8	410	410.18	410.17	410.22	0.016023	0.97	3.93	32.47	0.89
	55,697	Qnp	2.34	410	410.15	410.14	410.18	0.016013	0.8	2.93	32.37	0.85

Razširitev struge v prečnem profilu struge na mestu jezu je tako velika, da je globina vode pri nizkih pretokih na tem predelu ter dolvodno zelo problematična. Prenizek vodostaj je tudi eden od razlogov nedelovanja obstoječe ribje steze. Od profila PB3 naprej se struga močno zoži. Voda doseže primerno globino za lociranje vhoda v novi ribji prehod približno 190 m dolvodno jezu

(merjeno po levi brežini). Iz ortofoto posnetka na sliki 32 vidimo, da je v tem delu struga globlja vse do sotočja s Savo Dolinko. Zaradi pogostih nizkih pretokov reke je zato pomembno, da se ribja steza naredi do točke, kjer je gladina vode v strugi dovolj visoka, da bo vzpostavljena vzdolžna povezanost vodotoka preko ribje steze. Ne sme se namreč ponoviti, da bi voda iz ribje steze tekla v "suho strugo", saj bi bil tako ribam prehod ponovno onemogočen.



Slika 31: Situacija profilov za izračun v HEC-RAS programu.



Slika 32: Prikaz plitvega območja v strugi dolvodno od jezua (levo) in shematičnega posnetka območja jezua, ki se bo uporabljal v nadaljevanju naloge za prikaz tlorisov zasnovanih ribjih prehodov (desno).

Ribji prehodi so dimenzionirani tako, da iztok sega do drugega profila (PB2) s stacionažo dna 414,36 mnv, ki je že zelo blizu sotočja obeh rek. Zato imajo večji pretoki Save Dolinke vpliv na

gladino vode v Savi Bohinjki. Vpliv visoke gladine vode na sotočju rek se namreč prenaša po toku navzgor. Problem ostajajo nizki pretoki rek, ki na gladino bistveno ne vplivajo. Zaradi zagotavljanja primerne gladine vode na spoju ribjega prehoda in glavne struge vodotoka smo bili primorani speljat ribji prehod do profila PB2, kjer je struga Sava Bohinjka tudi najgloblja. Samo na takšen način lahko zagotovimo, da bo pri vходу v ribji prehod dovolj velik vodostaj in s tem vzpostavljen stalen migracijski koridor.

Rešitev sedanjega stanja, kjer je prehod vodnih organizmov popolnoma onemogočen, predstavljajo trije različni predlogi opisani v nadaljevanju. Ključen dejavnik pri izbiri ribjega prehoda je zagotovitev ustreznih količin vode, da lahko ribji prehodi nemoteno obratujejo tudi ob nizkih pretokih, kar trenutna situacija v matični strugi ne zagotavlja.

Vsi trije analizirani ribji prehodi so locirani na levi strani struge za razliko od obstoječega ribjega prehoda, ki se nahaja ob desni brežini. Ta odločitev je primerna iz več vidikov. Na desnem bregu je vtok v kanal za MHE, ki lahko ribe pri migraciji preusmerja, saj je zgrajen zraven jezu. Pod jezo na desni brežini je odtočna cev iz industrijskega obrata, ki je bila namenjena odvajanju onesnažene vode. Ni znano, ali je v uporabi tudi v zdajšnjih časih, ko so kriteriji odvedene vode v vodotoke bistveno strožji kot v preteklosti. Kljub temu je potrebno poudariti, da so ribe izredno občutljive na spremembe v vodi (kemične in fizikalne) in bi bil katerikoli iztok vode v bližini vstopa v ribjo stezo z drugačnimi lastnostmi kot voda Save Bohinjke precejšnja prepreka, katere bi bila najverjetnejša posledica neuporaba ribje steze. Naslednji argument je povezan z visokimi vodami. Te se zlivajo pravokotno čez pregrado in zato proti levemu bregu ter izpodjedajo brežino. Z lociranjem ribjega prehoda na to stran in njegovo primerno utrditvijo, se lahko zaščiti erodirano brežino in s tem prepreči širjenje glavne struge zaradi vpliva jezu.

Druga skupna točka predlogov ribjih prehodov je v zagotavljanju dovolj velike globine vode pri iztoku vode iz ribjega objekta. To je pogoj, zaradi katerega je ribja klančina oz. hrapav kanal v rečni strugi dolg 194 m. Taki dolžini se zaradi problematike nizkega vodostaja ob nizkih pretokih (v tem kontekstu niso mišljeni največji nizki pretoki) Save Bohinjke, ki so glede na vse pretoke kar običajni, ne moremo izogniti. Z ozirom na zapisano lahko le sklepamo, da je glede na pretočne razmere in širino struge najbolj primerna rešitev za zagotavljanje uspešnih migracij vodnega življa taka, ki je čim manj odvisna od vodnih razmer struge in njenih pretokov ter omogoča kar najbolj nespremenljive razmere na poti, po kateri se ribe in vodni nevretenčarji gibljejo. Kljub temu smo z izdelavo več različnih rešitev poskušali zadostiti kriterijem uspešnih selitev v čim bolj raznolikih razmerah (raznolikost pretokov Save Bohinjke, spremenljiv vodostaj v matični strugi,...) s kar najbolj konstantnimi pogoji (vpliv raznolikih okoliščin se da omiliti z dimenzioniranjem in ustrezno umestitvijo v prostor).

V strugi Save Bohinjke dolvodno jezu je ogromno materiala, ki bi ga lahko uporabili v izgradnji ribjega prehoda. Za sonaravne ureditve migracijskih poti je zaželeno, da se uporabi material iz samega vodotoka, saj je ta najbolj pristen in domač vodnim organizmom, ki tam živijo. V primeru posega v strugi, kar se nanaša na hrapav kanal in klančino, bo potrebna približno eno-metrski odstranitev vrhnjega sloja v namen izgradnje temelja konstrukcije. Ta material se lahko tako na licu mesta vrne v samo konstrukcijo in s tem zniža stroške izgradnje ribjega prehoda.

Za sonaravne oblike ureditev prehodov so kriteriji dimenzioniranja manj togi kot pri dimenzioniranju tehničnih ribjih prehodov, kjer je vsaka dimenzija skrbno definirana. To izhaja predvsem iz tega, ker simulirajo naravne razmere in obliko vodotoka. Zato so dimenzije in ostale količine v sonaravnih prehodih, ki jih izračunamo samo približne ter je pri izgradnji potrebno prilagajanje objekta danim razmeram v vodotoku. Po začetnem poskusnem obratovanju in monitoringu učinkovitosti delovanja ribjega prehoda se izvedejo ustrezne korekcije objekta, da se zagotovijo načrtovane razmere v ribjem prehodu (DVWK, 2002).

Po pregledu literature in analizi rečnega odseka ter določitvi prisotnosti ribjih vrst na obravnavanem območju smo ugotovili, da Sava Bohinjka v tem odseku izraža sledeče značilnosti:

- odsek spada v kategorijo reke v zgornjem toku, kar jo uvršča v epi-potamonski ribji pas,
- zgornji kriterij določa tudi prisotnost ribjih vrst na tem območju, ki jih definira mrenski pas
- zaradi njene povprečne širine na obravnavanem odseku, ki je v intervalu [25,100] m ji pripisujemo naklon dna med 0,125-0,033 %,
- glede na njen povprečni srednji pretok (23,3 m³/s) je določen najmanjši pretok v ribjih prehodih, ki znaša 0,82 m³/s,
- razlika gladin v ribjih prehodih za epi-potamon sme znašati med 0,10 m in 0,13 m,
- največji naklon dna mora biti v mejah od 1:30 do 1:50,
- minimalna hitrost vodnega toka v ribjem prehodu mora biti 1 m/s (lahko je manjša v obtočnih kanalih), maksimalna pa 1,5 m/s, pri čemer nikjer v prehodu ne sme presegati 2 m/s.

V nadaljevanju smo kot možne rešitve ribjih prehodov preko Cajhnovega jezu analizirali ribjo klančino in hrapav kanal z balvani v strugi Save Bohinjke ter izvedbo obtočnega kanala s tolmuni.

5.1 Ukrepi pred izvedbo ribjih prehodov

Kot smo že omenili v poglavju 2.3, je jez dotrajan in poškodovan. Najbolj kritično je stanje zadnjih 40 metrov proti levi brežini, kamor smo umestili nov ribji prehod (klančino in hrapav kanal), čigar izhod nalega na samo telo jezu. Mnenja smo, da bi bilo potrebno pred izvedbo ribjega objekta jez

in podslapje temeljito sanirati ter mu tako podaljšati pričakovano življenjsko dobo. Poškodbe na kroni povzročajo vodne izgube in znižanje prelivne višine na jezu. Posledica so manj natančni izračuni in nepopolno poznavanje prelitih vodnih količin ter gladin čez zaježitveni objekt. Iz zgodovine projektne dokumentacije je razvidno, kako agresivne so lahko vode do levega dela jezu, ki je bil že večkrat saniran. Zaradi tega se odpira vprašanje o morebitni ogroženosti stabilnosti konstrukcije, saj poškodba v telesu jezu povzroča konstantno pronicanje vode skozi razpoke ter s tem erozijo v notranjosti pregrade. Za detajlno komentiranje dejanske ogroženosti stabilnosti jezovne zgradbe bi bilo potrebno narediti bolj poglobljeno analizo konstrukcije, ki je v nalogi podrobneje ne obravnavamo. Kljub temu se zdi smiselno opozoriti, da novega objekta (ribje klančine ali hrapavega kanala) ni priporočljivo nalegati na poškodovan jez brez njegove predhodne sanacije. Glede na življenjsko dobo takih objektov, ki bi po naši oceni morala presegati 50 let, od izgradnje današnje oblike jezu v letu 1976 do danes ni bilo zaznati dodatnih posegov v konstrukcijo poleg naknadne izgradnje obstoječe ribje steze. Zato so vsaj manjše poškodbe na jezu po tolikšem času pričakovane.

5.2 Ribja klančina v strugi Save Bohinjke

5.2.1 Izračun

Projektirana ribja klančina se razteza po približno 194 m v strugi vodotoka ob levem bregu dolvodno od jezu. Njen naklon znaša:

$$I = \frac{\Delta h}{L} = \frac{4,03 \text{ m}}{193,75 \text{ m}} = 0,0208 = 2,1 \% = 1:48 \quad (1)$$

Širina struge je dimenzionirana tako, da omogoča pretok $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in s tem konstantno gladino vode po celi dolžini klančine. Ker smo uporabili pogoj kritičnega toka $F_r = 1$, s čimer smo na meji med mirnim in deročim tokom (slednji se v ribji stezi ne sme pojaviti, predvsem ne na daljših razdaljah), uvedemo več odsekov z zmanjšanim naklonom. Odseki s kritičnim tokom niso daljši od 20 m. Vmesni odseki z blažjim naklonom so namenjeni počivanju rib. Na tem delu se hitrost vode zmanjša, gladina pa nekoliko dvigne.

Hitrost v ribjih prehodih (ne glede na vrsto prehoda) mora biti manjša od 2 m/s. Pogoji na ribji klančini ustvarjajo hitrost toka, ki je ugodna za privabljanje rib k vhodu ribjega objekta. Za atrakcijski tok velja priporočilo, da naj bo njegova hitrost med 0,8 m/s in 2 m/s (DVWK, 2002), kar je v našem primeru doseženo. Zahtevano hitrost zagotovimo z medsebojnim ujemanjem hrapavosti, dimenzij prečnega preseka ter naklona dna. Upoštevali smo smernice DVWK, ki določajo minimalno višino gladine vode za ribje klančine in drče. Le-ta ne sme biti manjša od 0,2 m. Zaradi

tega smo pri dimenzioniranju pazili, da bo ob hitrosti vode, ki je manjša od 2 m/s, višina gladine vsaj 0,3 m.

$$h_{kr} = \frac{v^2}{g} = \frac{1,9 \text{ m/s}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 0,37 \text{ m} = 37 \text{ cm} \quad (2)$$

Ker so klančine sonaravni prehodi, na katerih se dopušča manjše gladine (a še vedno $h > 0,2 \text{ m}$) kot v tehničnih ribjih stezah in ker pretoka vode vanje na jezcu s fiksno krono ne reguliramo, se projektirajo na srednji povprečni pretok (DVWK, 2002), ki je v Savi Bohinjki $Q_{sr} = 23,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Pretoki, ki so večji od Q_{sr} , se prelivajo čez desni rob klančine v glavno strugo. Odprtina prehoda, ki je vrezana v krono jezovne zgradbe, prevaja $Q_{es} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Širina po omenjenih smernicah ne sme biti manjša od 2 m. Glede na navedene zahteve smo določili, da mora biti širina pravokotnega korita klančine S naslednja:

$$Q = 3,8 \text{ m}^3/\text{s} = v \cdot S = 1,9 \text{ m/s} \cdot S \quad (3)$$

$$S = 2 \text{ m}^2 = B \cdot h_{kr} \rightarrow B = \frac{S}{h_{kr}} = \frac{2 \text{ m}^2}{0,37 \text{ m}} = 5,4 \text{ m} \quad (4)$$

Hidravlični radij potemtakem znaša

$$R = \frac{S}{O} = \frac{S}{B + 2 \cdot h_{kr}} = \frac{5,4 \text{ m}^2}{6,14 \text{ m}} = 0,325 \text{ m} = 33 \text{ cm} \quad (5)$$

Hrapavost struge lahko izračunamo na dva načina. Prvi je uporaba Manningove enačbe za hitrost, drugi pa s pomočjo Colebrook-White enačbe. Manningova enačba nam poda rezultat $n_g = 0,035$, ki pove, da ustrezne pogoje na klančini (hitrost vodnega toka, višino gladine vode) dobimo, če dno prekrijemo z mešanico proda in grušča.

$$v = \frac{1}{n_g} \cdot \sqrt{I} \cdot R^{\frac{2}{3}} \rightarrow n_g = \frac{\sqrt{I} \cdot R^{\frac{2}{3}}}{v} = \frac{\sqrt{0,0208} \cdot (0,325 \text{ m})^{\frac{2}{3}}}{1,9 \text{ m/s}} = 0,035 \quad (6)$$

Rešitev Colebrook-White-ove enačbe smo dobili z orodjem Reševalec v Excelu po naslednji enačbi:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R \cdot I} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot R \cdot I} = \sqrt{\frac{8 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,325 \text{ m} \cdot 0,0208}{\lambda}} \quad (7)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \frac{k_s}{R} = -2 \cdot \log \frac{k_s}{14,84} \quad (8)$$

Z združitvijo enačb 7 in 8 dobimo:

$$k_s = \frac{v \cdot R \cdot 14,84}{-2 \cdot \log \sqrt{8 \cdot g \cdot R \cdot I}} = \frac{1,9 \text{ m/s} \cdot 14,84}{-2 \cdot \log \sqrt{8 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,325 \text{ m} \cdot 0,0208}} = 0,24 \text{ m} \quad (9)$$

Izračunan parameter k_s nam pove, kolikšna mora biti višina hrapavosti uporabljenega materiala na klančini.

Osrednji del ribjega prehoda smo s tem izračunom zaključili, na iztoku so potrebni pogoji zagotovljeni, vtočne razmere pa je potrebno še izračunati. Pri izhodu iz objekta (vtočni profil ribje steze) smo predvideli široki prag. Ta je postavljen v krono samega jezu, zato je na tem delu krona znižana za takšno višino vtoka vode, da bo odprtina prevajala pretok $Q_{es} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ pri širini, ki je enaka širini prej dimenzionirane klančine in je izračunana v spodnji enačbi.

$$Q = m \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_0^{\frac{3}{2}} \rightarrow h_0 = \left(\frac{Q}{m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,60 \text{ m} = 60 \text{ cm} \quad (10)$$

Koeficient pretoka preliwa m znaša 0.34 (Agroskin s sod., 1964).

$$h_0 = h + \frac{v^2}{2 \cdot g}; \quad v = \frac{Q}{h \cdot B} \quad (11)$$

Z združitvijo enačb 10 in 11 ter interpolacijo (opravljena v Excelu) dobimo:

$$h = h_0 - \frac{Q^2}{h} = h_0 - \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot h^2 \cdot B^2} = \frac{(3,8 \text{ m}^3/\text{s})^2}{2 \cdot 9,81 \cdot h^2 \cdot 5,4^2} = 0,5 \text{ m} = 50 \text{ cm} \quad (12)$$

Višina odprtine na jezovnem objektu je odvisna od velikosti pretoka, na katero jo projektiramo. Kot zahtevo smo postavili, da odprtina v pregradi prevaja pretok $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Iz gledišča višin gladin, ki se pojavljajo ob različnih pretokih na kroni pregrade, je najbolj kritična tista, ki zagotavlja najmanjšo gladino. Veliki pretoki se, kot že omenjeno, prelivajo iz ribje klančine (bočno prelivanje) v strugo glavnega korita vodotoka. Iz tega lahko zaključimo, da mora biti odprtina v jezu naslednjih dimenzij:

$$B = 540 \text{ cm} \\ h_{krona} = h - h_{gl;Q_{es}} = 50 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 45 \text{ cm} \quad (13)$$

kjer je $h_{gl;Q_{es}}$ višina gladine vode, ki se preliwa preko krone pregrade pri pretoku $Q_{es} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

5.2.2 *Komentar rezultatov*

Dimenzioniranje korita klančine na kritični tok (ko je $F_r = 1$) je lahko sporno z vidika dolžine takega odseka. Ker smo s hitrostjo vode na zgornji dovoljeni meji, se moramo vprašati, koliko metrov gorvodno lahko riba preplava proti toku s hitrostjo skoraj 2 m/s. Naša klančina je dolga 194 m z višinsko razlika med spodnjo in zgornjo vodo 4 m. V smernicah najdemo priporočila, da naj se umirjevalni oziroma počivalni tolmuni na nahajajo na maksimalni preplavani razdalji 30 m dolžine in 2 m višinske razlike. V kolikor izpolnjujemo take pogoje, je rešitev smiselna. V nasprotnem primeru je tak prehod za ribe neuporaben, saj jih plavanje proti kritičnemu toku s hitrost 1,9 m/s toliko izčrpa, da jih po zgolj desetini opravljene poti gorvodno po ribjem prehodu odplavi dolvodno.

Druga različica rešitve zajema postavitev velikih balvanov v korito, ki ustvarijo zatočišča za ribe z lokalnim zmanjšanjem hitrosti vode. Tak primer je podan v poglavju 5.4.

Velikost vtoka na širokem pragu smo dimenzionirali na pretok $3,8 \text{ m}^3/\text{s}$ zaradi tega, da bi bil v rečni strugi (v tem kontekstu je mišljen ribji prehod kot nadomestni vodotok) vedno zagotovljen ekološko sprejemljiv pretok. Hidroelektrarne morajo svoje obratovanje dosledno regulirati glede na ta robni pogoj, ki je velikokrat neizpolnjen. Ta problematika je izpostavljena pri večjem številu MHE, saj imajo le-te redko avtomatiziran sistem, ki regulira odvzem vode iz vodotoka in s tem v vseh pogojih pušča v strugi pretok Q_{es} .

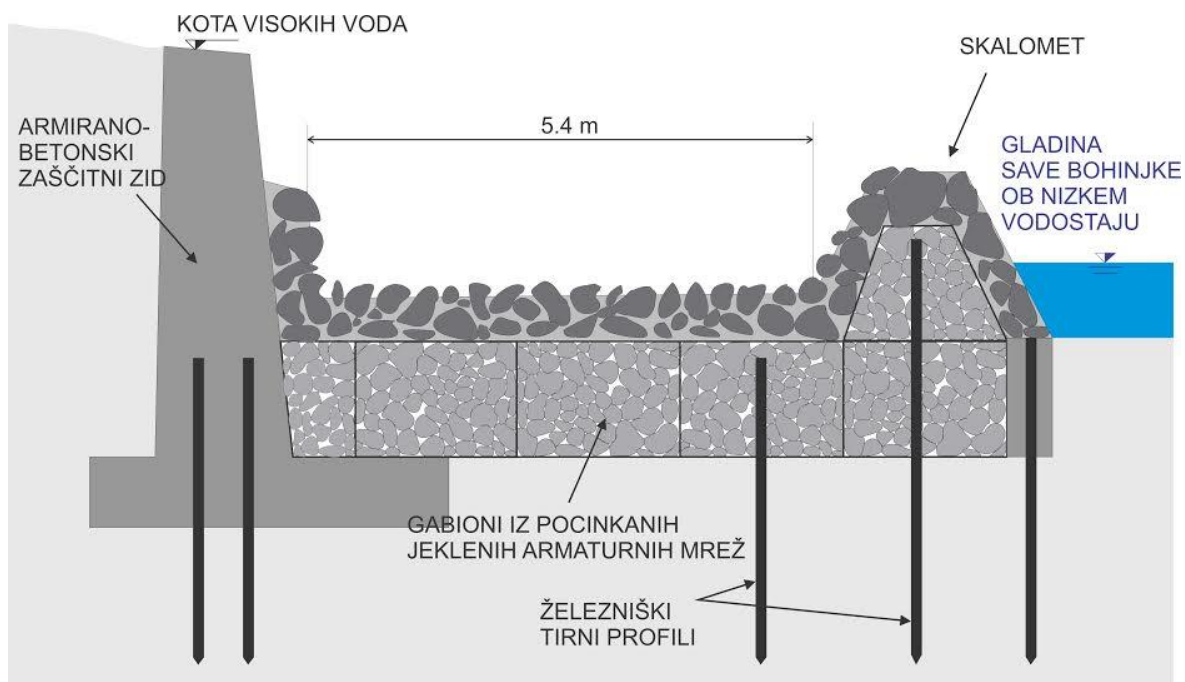
5.2.3 *Opis konstrukcije in postopek izvedbe*



Ribja klančina je postavljena ob levi breg Save Bohinjke (slika 33). Vtok v ribji prehod se začne z vtokom vode v konstrukcijo preko širokega pragu. Na več odsekih celotne višinske razlike objekta so nekaj metrov dolgi odseki z manjšo hitrostjo vode ter večjo globino, kjer si ribe lahko odpočijejo zaradi plavanja po ribjem prehodu, v katerem je hitrost vode skoraj mejne vrednosti za ribje prehode.

Slika 33: Shematski prikaz urejenosti območja z izgradnjo ribje klančine v strugi Save Bohinjke.

Ribja klančina je omejena z dvema zidovoma, od katerih je desni namenjen prelivanju pretokov, ki so večji od $Q_{es} = 3,8 \text{ m}^3/\text{s}$. To smo postavili kot pogoj, da ustvarimo kar najbolj konstantne razmere na samem prehodu in čim večjo neodvisnost delovanja ribjega prehoda od nihanja rečnih pretokov. Levi zid je višji (sega do kote visokih voda) in ne dovoljuje prelivanja vode. Namen samega objekta ni samo prehod vodnih organizmov, ampak tudi zaščita leve brežine vodotoka pred erozijo, ki jo povzročajo visoke vode ter širitev struge. Voda Save Bohinjke ima tolikšno transportno moč, da je akumulacija za jezom skoraj do kote krone zaprojena. Zaradi velikosti zareze v jezovni zgradbi bo potrebno prod v akumulaciji pred vtokom na ribjo klančino delno odstraniti s poglobitvijo ob levi brežini. Dolvodna poglobitev struge bo potrebna v takem obsegu, kot to zahteva sidranje konstrukcije z železnimi tiri v dno vodotoka in izravnava nivelete z najnižjo točko dna, kjer ribja klančina prehaja v matično dno struge. Izvedba konstrukcije bo sonaravna. Prvotno se bo odstranilo 1 m materiala na območju nove ribje klančine in se s železnimi tirnicami temeljilo konstrukcijo iz gabionov, narejenih iz vroče cinkanih jeklenih mrež in polnjenih z rečnim prodom, ki se v obilju nahaja na mestu gradnje. Nato bo na tako podlago narejen ribji prehod, ki bo imel kamenje vtisnjeno v betonsko podlago. Hrapavost ribje klančine bo nato korigirana z dodatnim materialom, ki bo nameščen v strugo glede na zgornje izračune. Prelivna stranska brežina bo izvedena iz vtisnjenega kamenja v beton z naklonom 1:1 s spodaj ležečim gabionom s poševnimi stranicami. Prečni prerez konstrukcije je predstavljen na sliki 34.



Slika 34: Prečni prerez (shema) preko ribje klančine.

5.3 Obtočni kanal s tolmini

Obtočni kanal je glede na značilnosti terena, dimenzij struge Save Bohinjke in pretočnih razmer ob različnih pretokih najbolj primerna rešitev za migracijo vodnega življa. Pri dimenzioniranju tega primera smo se zgledovali po smernicah nemškega združenja za znanost o vodah DVWK iz leta 2002, avstrijskih standardih za dimenzioniranje ribjih stez, ki jih je izdalo Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo, okoljevarstvo in vodarstvo leta 2012 ter AG-FAH smernicah iz leta 2011.

5.3.1 Izračun

Obtočno strugo smo dimenzionirali po priporočilih iz literature (AG-FAH, 2011) – minimalne predpisane geometrijske karakteristike so podane v preglednici 3.

Tolmuni so trapezne oblike z naklonom brežin 1:1.

Sprememba višine med vtočnim in iztočnim profilom obtočnega kanala je $\Delta H = 4 \text{ m}$. Dolžina kanala naj bo $L = 240 \text{ m}$. Naklon je v tem primeru:

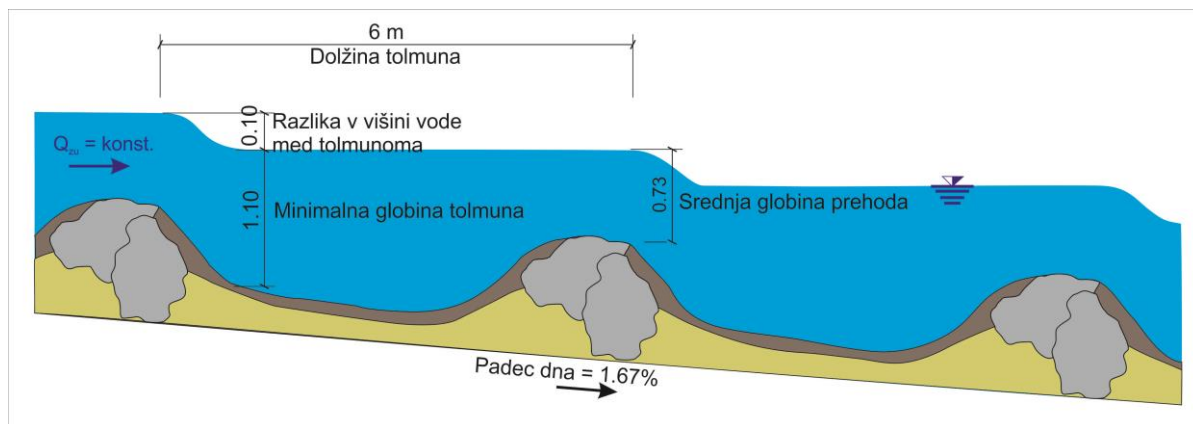
$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{4 \text{ m}}{240 \text{ m}} = 0,0167 = 1,7 \% < 2,7 \% \quad (14)$$

Razlika med gladinami posameznih tolmunov je $\Delta h = 0,1 \text{ m}$.

$$\frac{\Delta H}{\Delta h} = \frac{4 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} = 40 \text{ tolmunov} \quad (15)$$

$$\frac{L}{40 \text{ tolmini}} = 6 \text{ m} > 4,4 \text{ m} \quad (16)$$

Geometrijske karakteristike bazenov, višinskih razlik med bazeni in višine prehodov za izračunan obtočni kanal so prikazane na sliki 35.



Slika 35: Prikaz geometrijskih karakteristik elementov obtočnega kanala s tolmini.

Iz pogoja, da mora biti širina dna najmanj 2.5-kratnik minimalne svetle odprtine med balvani $b = 0,53 \text{ m}$, dobimo potrebno širino dna obtočnega kanala $b_{dna} = 1,33 \text{ m}$. Ker hitrost nikjer v strugi ne sme presegati 2 m/s , preverimo še maksimalno hitrost v najbolj kritičnem prerezu.

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,1 \text{ m}} = 1,4 \text{ m/s} \quad (17)$$

Srednja hitrost v bazenih je:

$$v_{min,sr} = \frac{Q_{min}}{A} = \frac{0,49 \text{ m}^3/\text{s}}{b_{dna} \cdot h_{sr} + m \cdot h_{sr}^2} = \frac{0,49 \text{ m}^3/\text{s}}{1,33 \text{ m} \cdot 1,15 \text{ m} + 1 \cdot (1,15 \text{ m})^2} = 0,17 \text{ m/s} \quad (18)$$

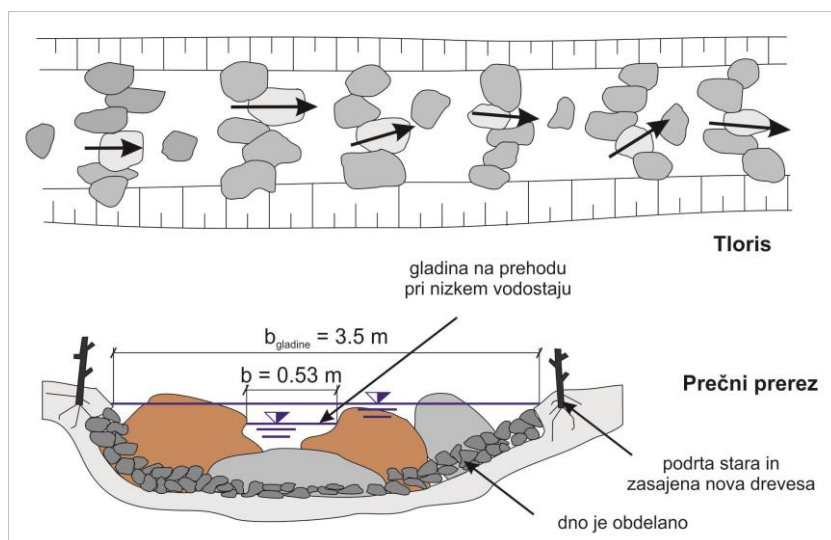
kjer je

$$h_{sr} = \frac{a + c}{2} = \frac{1,1 \text{ m} + 1,2 \text{ m}}{2} = 1,15 \text{ m} \quad (19)$$

a je globina na začetku in c globina na koncu tolmana. Sledi izračun širine kanala na nivoju gladine vode.

$$B_{gladine} = b_{dna} + 2 \cdot m \cdot h_{min} = 1,33 \text{ m} + 2 \cdot 1 \cdot 1,1 \text{ m} = 3,5 \text{ m} > 2,6 \text{ m} \quad (20)$$

Vse geometrijske karakteristike so prikazane na sliki 36.

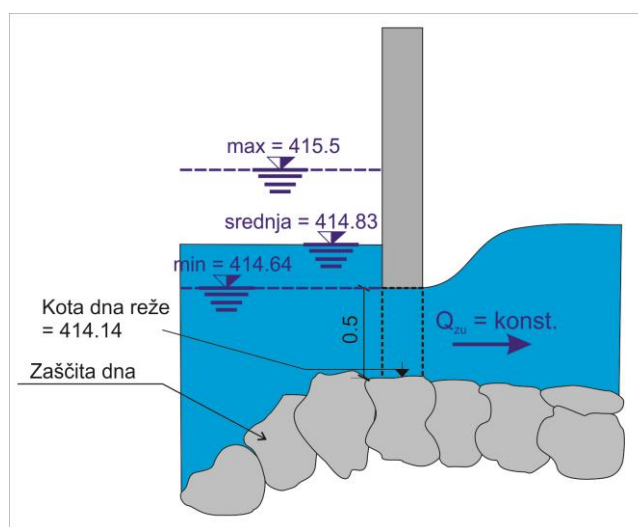


Slika 36: Tloris in prečni prezek preko obtočnega kanala.

Po enačbi za iztok iz potopljene odprtine izračunamo površino odprtine, ki jo potrebujemo za prevajanje zahtevanega minimalnega pretoka po kanalu $Q_{min} = 0,49 \text{ m}^3/\text{s}$. Vrednost koeficienta μ naj bo 0,60 kot pri kratkih nastavkih (Steinman, 2010). Širina odprtine mora biti 53 cm in dobimo

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \rightarrow A = \frac{0,49 \text{ m}^3/\text{s}}{0,6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ m}}} = 0,26 \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$A = b_{odp} \cdot h_{odp} \rightarrow h_{odp} = \frac{A}{b_{odp}} = \frac{0,26 \text{ m}^2}{0,53 \text{ m}} = 0,5 \text{ m} \quad (22)$$



Slika 37: Prečni prerez preko vtočnega objekta v ribjo stezo.

Vtok v obtočni kanal poglobimo na koto 414,14 mnv kot je to prikazano na sliki 37, da bo vtok s prosto gladino le ob minimalnih povprečnih pretokih po Savi Bohinjki. Vtočni prerez je zasnovan kot reža pravokotne oblike.

5.3.2 *Komentar rezultatov*

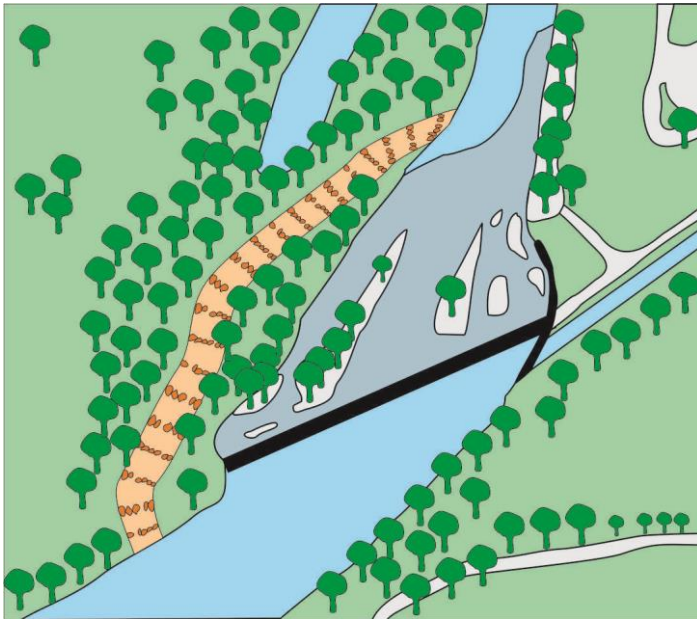
Obtočni kanali predstavljajo zaradi simuliranja naravnih razmer v vodotoku, nepravilnosti v obliki dna ter balvanov, s kateri ustvarjamo tolmuje, tak primer ribjih prehodov, ki so z računskega vidika najmanj natančno izračunani in največkrat potrebujejo popravke na terenu po izgradnji in poskusnem obratovanju.

Izračuni so pokazali, da dimenzionirana nadomestna struga izpolnjuje vse predpisane pogoje. Hitrosti so v mejah in ne presegajo 2 m/s, globina je večja od 0,2 m, širina kanala je večja od 1,2 m in pretok je večji od $q = 100 \text{ l/s m}$ (DVWK, 2002).

Na terenu je leva stran Save Bohinjke pogosto ob visokih vodah poplavljenjena. Zaradi tega je na terenu videti več nastalih mlak, ki to vodo zadržujejo. Ta naravna vodna zajetja imajo popolnoma drugačen ekosistem, kar je razvidno iz rastlinja, ki se razprostira po gladini vode teh stoječih voda. Pomislili smo, da bi del teh stoječih voda uporabili kot del naravnega korita obtočnega kanala, a

smo zamisel odločno opustili zaradi tako različnih lastnosti ekosistema v primerjavi s tistim, kar potrebujejo naše vrste rib. Obtočni kanal bo speljan tako, da se ogne vsem obstoječim stoječim vodam na terenu. S štiridesetimi tolmoni in spremembo gladine za 0,1 m med posameznimi tolmoni bo to dobra rešitev za prehodnost vodnih organizmov vseh vrst in primeren nadomestni habitat ali celo novo drstišče za ribje vrste.

5.3.3 Opis konstrukcije in postopek izvedbe



Slika 38: Shematski prikaz urejenosti območja z izgradnjo obtočnega kanala.

Obtočni kanal se izvede v kompletu, preden se vanj spusti voda. Po izkopu struge se dno kanala izvede z ustrezno komprimiranim rečnim prodom, ki se v velikih količinah nahaja na mestu izgradnje. Nato se nanese plast kamenja v betonu ali kamenja v suho ter razporedi balvane tako, da tvorijo bazene. Odprtine naj bodo izmenično na levi in desni strani, da se tvori slomski tok vode (slika 38). Brežine zaščitimo s kamnom v betonu, da je izgled struge čim bolj naraven.

5.4 Hrapav sonaravni kanal z balvani

5.4.1 Izračun

Ribji prehod v tem poglavju je kombinacija klančine in večjega kamenja, ki vzajemno delujeta vsak s svojo hrapavostjo in odporom vodnemu toku za zagotovitev primernih plavalnih razmer za ribe. Pri projektiranju ribjih drč in klančin je pomembno upoštevanje plavalnih sposobnosti rib, saj so omenjeni prehodi lahko zaradi visokih hitrosti in turbulence hitro neprehodni. Z računskega vidika se hitrost plavanja ribe odšteje od hitrosti vodnega toka v ribjem prehodu, zato moramo biti zlasti pozorni, da pri drčah in ribjih klančinah vsaj na 30 m dolžine naredimo tolmane, kjer lahko ribe počivajo. S pravilno porazdelitvijo in velikostjo balvanov po dnu, lahko tudi dosežemo manjšo hitrost vode in zatočišča za ribe. Tak primer je prikazan v nadaljevanju, kjer dimenzioniramo strugo in

balvane tako, da lahko po strugi nemoteno teče zadostna količina vode ob upoštevanju omejitev glede hitrosti vodnega toka. Smernice in izračuni v tem poglavju so povzeti po DVWK (2002).

Želeni pretok po ribji klančini znaša $Q_{np} = 2,34 \text{ m}^3/\text{s}$. Klančina se začne na jezu, kjer je krona lokalno znižana, da prevaja Q_{np} in konča po 194 m, kjer je globina vode pri nizkih pretokih primerna za spajanje konstrukcije z rečnim dnom. Kot pogoj pri dimenzioniranju je postavljena minimalna globina vode na objektu, ki ne sme biti manjša od $h = 0,4 \text{ m}$. Površina prečnega trapeznega prereza klančine bo :

$$A = b_{dna} \cdot h + m \cdot h^2 = 5 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m} + 2 \cdot (0,4 \text{ m})^2 = 2,32 \text{ m}^2 \quad (23)$$

Omočen obod in hidravlični radij sta:

$$O = b_{dna} + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = 5 \text{ m} + 2 \cdot 0,4 \text{ m} \cdot \sqrt{1 + 2^2} = 6,8 \text{ m} \quad (24)$$

$$R = \frac{A}{O} = \frac{2,32 \text{ m}^2}{6,8 \text{ m}} = 0,34 \text{ m} \quad (25)$$

Širina prečnega prereza klančine na vodni gladini je

$$b_{sp} = b_{dna} + h \cdot m \cdot 2 = 5 \text{ m} + 2 \text{ m} \cdot 2 \cdot 0,4 \text{ m} = 6,6 \text{ m} \quad (26)$$

Sledi izračun vpliva balvanov na razmere na klančini. Prvotno predpostavimo razdaljo med posameznimi kamni in glede na dolžino klančine izračunamo hrapavost na objektu. Omočena površina balvanov je:

$$A_S \approx d_s \cdot h_{omočen} = 0,5 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m} = 0,2 \text{ m}^2 \quad (27)$$

Določimo število balvanov, ki jih potrebujemo po celotni dolžini ribjega prehoda. Razporedimo jih tako, da je medsebojna oddaljenost med njimi 1 m. Na odseku, dolgem 10 m, je približno 28 balvanov. Za celotno klančino dolžine 193,75 m jih tako potrebujemo 532.

$$\sum A_S = 532 \cdot A_S = 106,4 \text{ m}^2 \quad (28)$$

Veljati morajo naslednji pogoji, ki so v našem primeru zadoščeni:

$$a_x = a_y = 1,5 \text{ do } 3 \text{ } d_s \quad (29)$$

$$a_y - d_s > 0,3 \text{ m} \quad (30)$$

V nadaljevanju izračunamo $A_{0,tot}$ (površina omočenega oboda celotnega kanala) in hrapavost balvanov λ_S po celotni strugi.

$$A_{0,tot} = L \cdot O = 193,75 \text{ m} \cdot 6,8 \text{ m} = 1315,3 \text{ m}^2 \quad (31)$$

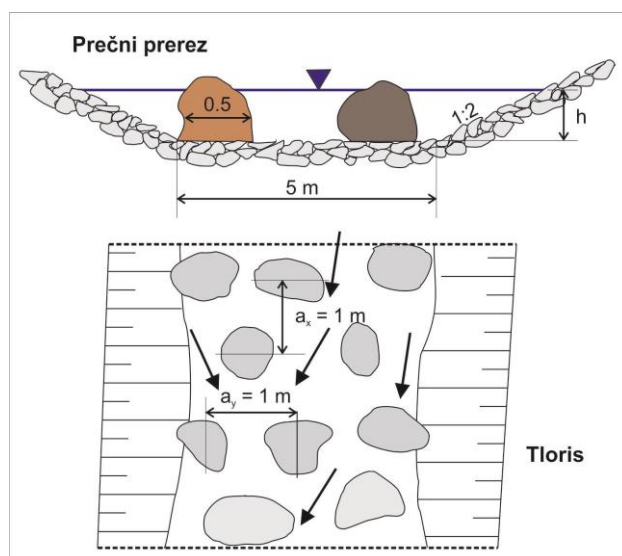
Hrapavost balvanov znaša:

$$\lambda_S = 4 \cdot c_W \cdot \frac{\sum A_S}{A_{0,tot}} = 4 \cdot 1,5 \cdot \frac{106,4 \text{ m}^2}{1315,3 \text{ m}^2} = 0,485 \quad (32)$$

kjer je c_W koeficient odpornosti v tekočini in je odvisen od oblike balvanov. Izračunamo še hrapavost dna λ_0 in skupno hrapavost kanala λ_{tot} .

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_0}} = -2 \cdot \log \frac{\frac{k_S}{R}}{14,84} = -2 \cdot \log \frac{\frac{0,12}{0,34}}{14,84} \rightarrow \lambda_0 = 0,095 \quad (33)$$

$$\epsilon_V = \frac{\sum V_S}{V_{tot}} = \frac{532 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_S^2 \cdot h_{omocen}}{l \cdot A} = \frac{532 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_S^2 \cdot 0,4}{449,5 \text{ m}^3} = 0,09 \quad (34)$$



Slika 39: Prikaz dimenzij in ureditev hrapavega sonaravnega kanala z balvani.

$$\epsilon_0 = \frac{\sum A_{0,S}}{A_{0,tot}} = \frac{532 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_S^2}{1315,3 \text{ m}^2} = 0,079 \quad (35)$$

$$\lambda_{tot} = \frac{\lambda_S + (1 - \epsilon_0)}{(1 - \epsilon_V)} = 0,631 \quad (36)$$

Srednja hitrost po Darcy-Weisbachu po celem kanalu z balvani je:

$$v_m = \sqrt{\frac{8 \cdot g \cdot R \cdot I}{\lambda_{tot}}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 9,81 \cdot 0,34 \cdot 0,025}{0,631}} = 1,03 \text{ m/s} \quad (37)$$

Izračunamo pretok, ki ga kanal podanih dimenzij prevaja:

$$Q = v_m \cdot A = 10,3 \text{ m/s} \cdot 2,32 \text{ m}^2 = 2,39 \text{ m}^3/\text{s} \quad (38)$$

Ugotovimo, da smo dimenzije pravilno določili, kajti vse hitrosti so znotraj meja dovoljenih vrednosti. Preverimo, če je $Fr < 1$, kar bi pomenilo vodni tok mirne narave.

$$Fr^2 = \frac{v_m^2 \cdot b_{sp}}{gA} = \frac{1,03^2 \cdot 6,6}{9,81 \cdot 2,32} = 0,307 \rightarrow Fr = 0,55 < 1 \quad (39)$$

Zanima nas maksimalna hitrost vode med balvani, ki ne sme preseगत 2 m/s. Upoštevamo prečni presek največje površine balvanov (na mestu 3 vzporednih balvanov).

$$v_{max} = \frac{v_m}{1 - \frac{\sum A_{S,3}}{A_s}} = \frac{1,03}{1 - \frac{3 \cdot 0,2}{2,32}} = 1,39 \text{ m/s} < 2 \text{ m/s} \quad (40)$$

Na najožjem delu, kjer je širina kanala $b_{ef} = 5,1 \text{ m}$ in $A_{ef} = 1,72 \text{ m}^2$, je $Fr = 0,57 < 1$.

Zasnovan hrapav sonaravni kanal z balvani bi v naravi izgledal podobno tistemu na sliki 40.



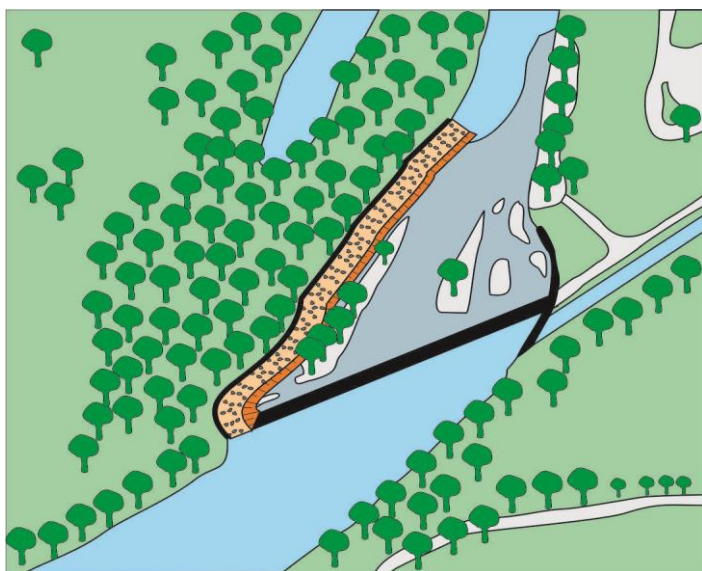
Slika 40: Hrapav sonaravni kanal z balvani (povzeto po DVWK, 2002).

5.4.2 *Komentar rezultatov*

Opisan in izračunan hrapav kanal je idealen način kako ustvariti primerne pogoje za vodne organizme na klančini s konstantnim naklonom po celi dolžini ribjega prehoda. Razporejeni balvani ustvarjajo lokalna zavetišča z nižjo hitrostjo vode za ribe ter vodne nevretenčarje. Razporejeni so izmenično po dolžini in ne v vrstah zato, da ustvarijo čim več energijskih izgub, ki posledično spremljajo znižanje vodne hitrosti.

V izračunanem primeru smo zagotovili vse pogoje prehodnosti, ki so za vodni živelj pomembni ter tudi dovolj veliko globino vode, ki je lahko pri takem tipu prehoda problematična.

5.4.3 *Opis konstrukcije in postopek izvedbe*

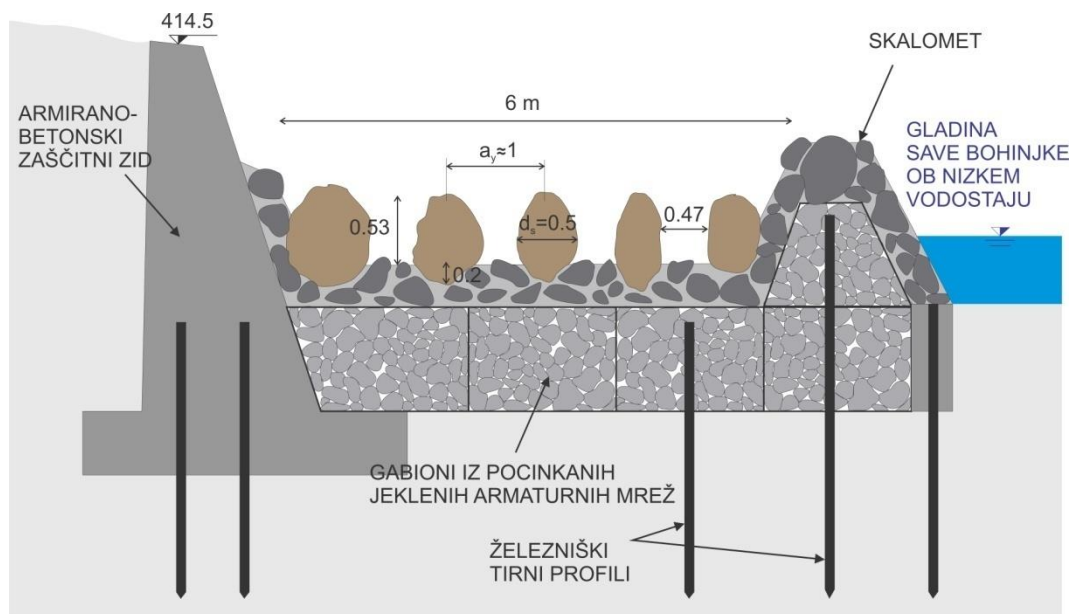


Hrapav kanal z balvani je podobno zasnovan kot ribja klančina. Postavljen je ob levem bregu Save Bohinjke (slika 41). Vtok v ribji prehod se začne z vtokom vode v konstrukcijo preko širokega pragu. Omejen je z dvema zidovoma, od katerih je desni namenjen prelivanju pretokov, ki so večji od $Q_{es} = 2,34 \text{ m}^3/\text{s}$. S prelivanjem desne brežine kanala ustvarimo kar najbolj konstantne pretočne razmere.

Slika 41: Shematski prikaz urejenosti območja z izgradnjo obtočnega kanala.

Levi armiranobetonski zid pa je namenjen zadrževanju višjih voda, da se le-te ne prelivajo ven iz struge in s tem dodatno erodirajo brežino, ki jo želimo zaščititi. Voda Save Bohinjke ima tolikšno transportno moč, da je akumulacija za jezom skoraj do kote krone zaprojena. Zaradi velikosti preboja v jezovni zgradbi bo potrebno prod za jezom pred vtokom v hrapav kanal odstraniti s poglobitvijo ob levem bregu. Dolvodna poglobitev struge bo tudi potrebna in sicer v takem obsegu, kot to narekuje sidranje konstrukcije z železnimi tiri v dno vodotoka in izravnavo nivelete z najnižjo točko dna, kjer hrapav kanal prehaja v matično dno struge. Izvedba konstrukcije bo sonaravna. Prvotno se bo odstranilo 1 m materiala na območju novega hrapavega kanala in se s železnimi tiri temeljilo konstrukcijo iz gabionov, narejenih iz vroče cinkanih jeklenih armaturnih mrež in polnjenih z rečnim prodom, ki se na licu mesta nahaja v velikih količinah. Nato bo na tako

podlago narejen hrapav kanal, ki bo imel kamenje vtisnjeno v betonsko podlago ter balvane razporejene po kanalu. Prelivna stranska brežina bo izvedena iz vtisnjene kamenja v beton z naklonom 1:1 s spodaj ležečim gabionom s poševnimi stranicami. Karakterističen prečni prerez je predstavljen na sliki 42.



Slika 42: Prečni prerez (shema) preko hrapavega sonaravnega kanala z balvani.

6 ZAKLJUČEK

Skozi postopek pisanja diplomske naloge smo spoznali različne vrste ribjih prehodov, njihove značilnosti, prednosti ter slabosti. Ker vsaka vrsta prehoda ni primerna za vse vrste rib, predvsem pa ne za raznolike značilnosti lokacij, ki so lahko zelo specifične, smo morali preučiti, kaj je za odsek urejanja pomembno. Ključni so bili podatki pridobljeni s terenskega ogleda, značilni pretoki Save Bohinjke, ki jih arhivira DRSV (Direkcije Republike Slovenije za vode) in analiza razmer v strugi. Pri razumevanju ribjih potreb nam je pomagal pogovor z ribjim čuvajem ribiške družine Radovljica. Pri dojetanju pretočnih razmer Save Bohinjke na tem področju je pripomogla pridobljena projektna dokumentacija, ki sega v čas, ko je bil jez še lesen in daljši.

V Sloveniji predpisov, smernic ali standardov, ki bi obravnavali projektiranje ribjih stez nimamo, zato smo se osredotočili na Avstrijske smernice in priporočila. To ima smisel tudi iz vidika, da je Avstrija alpska država, v to kategorijo pa spada tudi Sava Bohinjka s svojimi pritoki.

Cajhnov jez se nahaja v Lancovem v neposredni bližini Radovljice. Trenutno ima na tem jezu pravico za rabo vode MHE Boncelj za proizvodnjo električne energije. Ker je Sava Bohinjka v močno razširjenem delu pod jezovno zgradbo pogosto problematična z vidika nizkega vodostaja, je to eden od razlogov neučinkovitosti obstoječe ribje steze za migracijo rib, saj nima stika z dolvodno vodo. Zato smo pri dimenzioniranju treh različic ribjih prehodov v diplomski nalogi pazili, da izpolnjujemo vse kriterije po avstrijskih standardih ter se izognemo težavam, ki so prisotne pri trenutni ureditvi prehodnosti vodnega življa.

Specifične lastnosti našega odseka, s katerimi smo se morali spopasti pri diplomski nalogi, so naslednje:

- ob nizkih pretokih (v tem kontekstu niso mišljeni najnižji pretoki Save Bohinjke), je primerna globina za tekoč prehod iz ribje konstrukcije v matično strugo nekaj več kot 190 m dolvodno jezu,
- visoke vode Save Bohinjke ob visokih vodah erodirajo levi breg struge,
- na desnem bregu je vhod v vtočni kanal MHE, zato ta lokacija ni primerna za postavitev ribjega prehoda,
- razlika v gladinah med nizkimi in visokimi vodami je dovolj velika, da popolnoma spremeni pretočne razmere v ribjem prehodu.

- zaradi razpršenosti vode po strugi in nizkega vodostaja dolvodno jezu morajo biti ribji prehodi dimenzionirani tako, da zagotavljajo atrakcijski tok na vhodu v migracijski prehod ob nizkih in visokih vodah.

Prostorske možnosti (široka struga dolvodno od jezu) nam dovoljujejo izgradnjo prostorsko bolj potratnih sonaravnih rešitev, ki se bodo lepo vklopile v slikovito dolino Save Bohinjke. Zgoraj navedene ugotovitve smo tako upoštevali v zasnovi treh različnih sonaravnih tipov ribjih prehodov: hrapavo klančino in hrapav kanal z balvani v rečni strugi ter obtočni kanal. Glede na danosti območja smo prišli do zaključka, da je najboljša rešitev za vzpostavitev prehodnosti Save Bohinjke obtočni kanal.

7 VIRI

- AG-FAH. 2011. **Grundlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs)**. Dunaj, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: 87 str.
- Agroskin, I. I., Dmitrijevič, G.T., Pikalov, F.I. 1964. **Hidraulika**. Zagreb, Tehnička knjiga: 331 str.
- ARSO. Atlas okolja: Vrednost biološkega minimuma za območje Cajhnovega jezua.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 26. 8. 2016.)
- Batistič, M. 1975. **Obnova Cajhnovega jezua na Lancovem**. Projekt št. 1/75. Kranj, Splošna vodna skupnost Gorenjske Kranj.
- Blatnik, Š., Blaž, I., Hren, B., in sod. 2015. **Po kreativni poti do praktičnega znanja – Ocena stanja in predlogi izboljšav za prehodnost vodnih organizmov na Zgornji Savi**. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 129 str.
- BMLFUW. 2012. **Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen**. Dunaj, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: 102 str.
- DVWK, FAO. 2002. **Fish passes – Design, dimensions and monitoring**. Rim, FAO: 119 str.
- Ivanc, M., Bertok, M. 2010. **Načrt za izvajanje ribiškega upravljanja v gornjesavskem ribiškem območju za obdobje 2011-2016**. Ljubljana, Zavod za ribištvo Slovenija: 93 str.
<http://www.zzrs.si/uploads/files/Gornjesavsko.pdf> (Pridobljeno 14. 7. 2016.)
- Ivanc, M., Bertok, M. 2016. **Načrt za izvajanje ribiškega upravljanja v gornjesavskem ribiškem območju za obdobje 2017-2022**. Ljubljana, Zavod za ribištvo Slovenije: 77 str.
http://www.mkgp.gov.si/fileadmin/mkgp.gov.si/pageuploads/podrocja/Ribistvo/upravljanje_2017-2022/gornjesavski_RO.pdf (Pridobljeno 14. 7. 2016.)
- Knific, J. 1964. **Cajhnov jezu na Lancovem pod Radovljico**. Predračun. Kranj, Vodna skupnost Gorenjske Kranj.
- Knific, J. 1967. **Popravilo Cajhnovega jezua na reki Savi na Lancovem pod Radovljico**. Projekt št. 1967/22. Kranj, Vodna skupnost Gorenjske Kranj.
- Koruza, J. 2012. **Gradnja prehodov za ribe po sodobnih smernicah**. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Koruza): 50 str.

Manning's n for Channels:Tabela 2.

http://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/8_Hydraulic_Reference/Mannings_n_Tables.htm

(Pridobljeno 18. 8. 2016.) (Povzeto po Chow, 1959).

Občina Radovljica. *Cajhnova električna naprava na Lancovem.*

[http://www.radovljica.si/files/other/dynamiccontent/112/701s3\)%20Cajhnova%20elektricna%20naprava%20na%20Lancovem.pdf](http://www.radovljica.si/files/other/dynamiccontent/112/701s3)%20Cajhnova%20elektricna%20naprava%20na%20Lancovem.pdf) (Pridobljeno 23. 11. 2015.)

Pleskovič, M. 1974. *Rekonstrukcija jezovne naprave na Savi Bohinjki v Lancovem.* Idejni-glavni projekt št.H-481. Ljubljana, Projekt nizke zgradbe.

Pleskovič, M. 1977. *Ribja steza na Cajhnovem jezu.* Projekt št. 2/77. Kranj, Vodno gospodarsko podjetje Kranj.

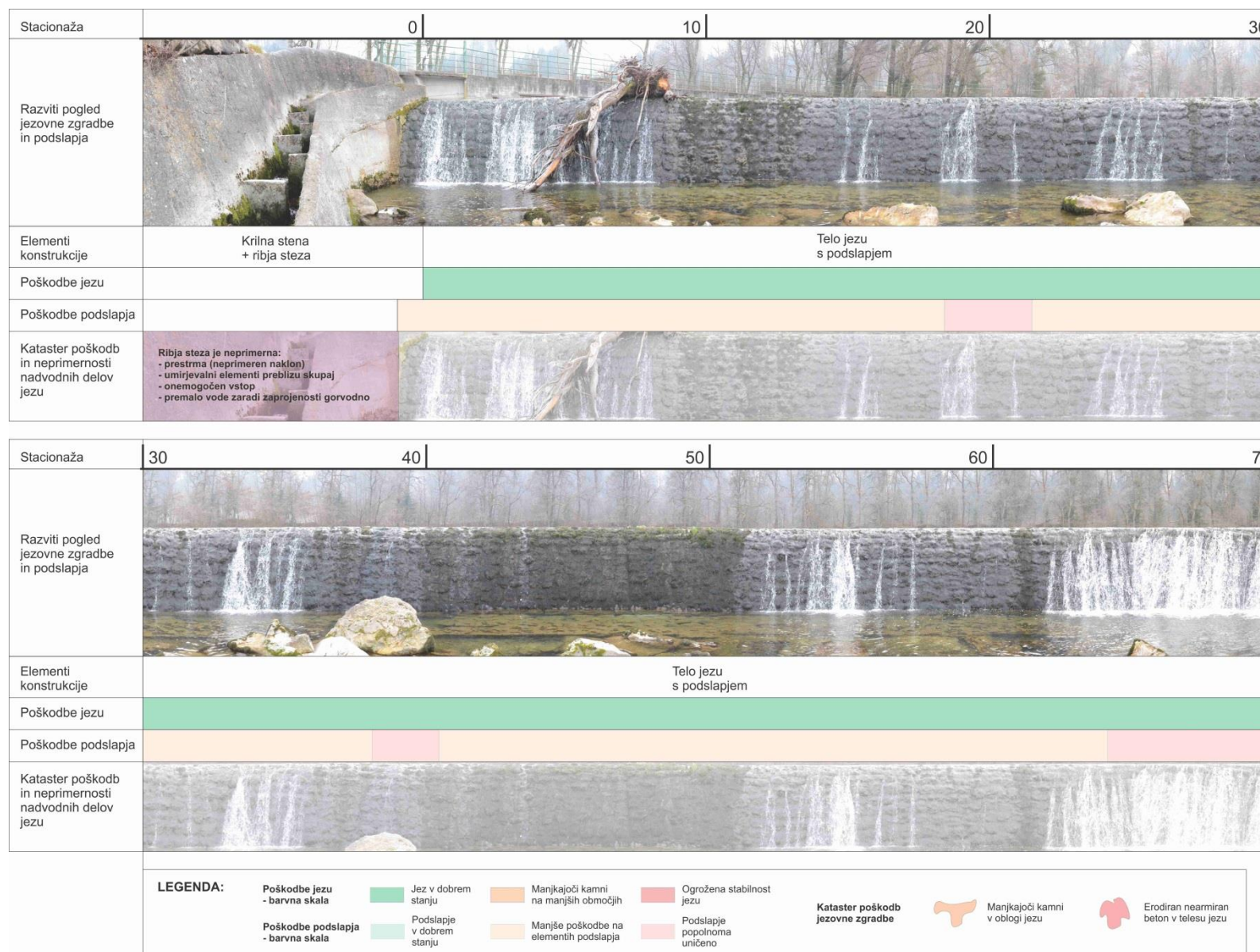
Povž, M., Sket, B. 1990. *Naše sladkovodne ribe.* Ljubljana, Mladinska knjiga: 369 str.

Sodnik, J. Petje, U. 2011. *Hidrološko-hidravlična študija. Preverba poplavne varnosti lokacije za gradnjo rekreacijsko turističnega centra Lancovo.* Študija. Kranj, VGP d.d. Kranj: 11str.

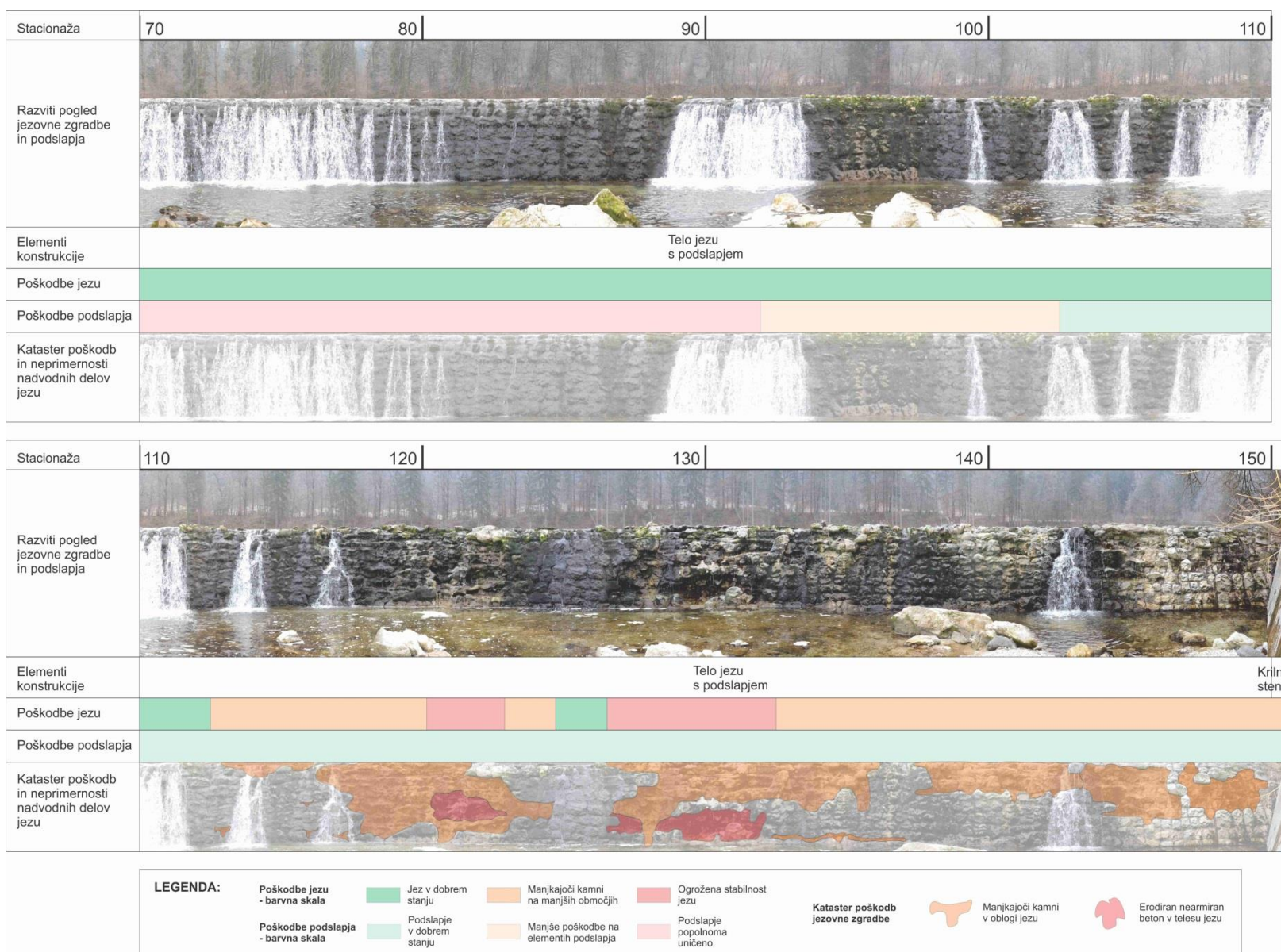
Steinman, F. 2010. *Hidravlika.* Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: 294 str.

Šparovec, M. 2016. Informativni pogovor o ribjih vrstah in razmerah za ribje migracije na območju Cajhnovega jezua . Telefonska komunikacija. (22. 7. 2016).

PRILOGA 1 – KATASTER POŠKODB NA CAJHNOVEM JEZU





Slika P1-1: Razviti pogled na dolvodno prelivno površino jezovne zgradbe in podslapja s katastrom poškodb jezovne zgradbe in podslapja (stacionaža 0 -70 m).







Slika P1-2: Razviti pogled na dolvodno prelivno površino jezovne zgradbe in podslapja s katastrom poškodb jezovne zgradbe in podslapja (stacionaža 70 -150 m).

1.1.3 PRILOGA 2 – OPIS NAJPOGOSTEJŠIH RIBJIH VRST NA OBMOČJU CAJHNOVEGA JEZU

Slovensko ime: Sulec	Latinsko ime: <i>Hucho hucho</i>
 <p data-bbox="226 824 683 860">Slika P2-1: Sulec (www.sl.wikipedia.org)</p>	<p data-bbox="874 495 1396 884">Je največja sladkovodna riba v Sloveniji iz družine postrvi. Spolno dozori v 4. ali 5. letu starosti, ko meri 65-70 cm v dolžino. Maksimalne dolžine odraslih sulcev presegajo tudi 120 cm. Drsti se v parih med oktobrom in sredino februarja na prodnatih tleh. V tem času se seli v manjše pritoke, kjer samica odlaga ikre v luknjo, ki jo sama izkoplje. Odrasli sulci se prehranjujejo z ribami, mladi pa z nevretenčarji in zarodom drugih rib (predvsem podusti). Sulca najdemo med postrvjim in lipanjim pasom. Odrasle ribe živijo v večjih vodotoki, medtem ko mlade v manjših potokih. Nanj ima negativni vpliv zajeze v zgornjih delih rek. Najbolj občutljiv je na slabšanje kakovosti vode. Zavarovanje delov, kjer živijo odrasli sulci, in drstišč bi bil najustreznejši ukrep za zagotavljanje ohranitve vrste, saj se sulec že ob najmanjših premikih ob vodi med drstenjem vznemiri.</p>
Slovensko ime: Potočna postrv	Latinsko ime: <i>Salmo trutta m. fario</i>
 <p data-bbox="226 1682 783 1718">Slika P2-2: Potočna postrv (www.sl.wikipedia.org)</p>	<p data-bbox="874 1323 1396 1713">Spolno dozori v 2. ali 3. letu starosti ter se drsti med oktobrom in februarjem na prodnatih predelih potokov. Zraste do 50 cm, redko do 70 cm. Prehranjuje se z nevretenčarji in žuželkami, ki letijo nad vodo, le delno z ribami. Naseljuje od hitro tekočih gorskih potokov do nižinskih širokih rek. Pomemben življenjski prostor za potočno postrv so tolmuni, skrivališča ob brzicah, čisti pritoki za drstišča, itd. Rada se skriva za večjimi skalami ter koreninskimi sistemi rastlin, ki rastejo ob brežinah struge. Nanjo negativno vpliva nihanje vodostaja v reki, ki je velikokrat povezano z izkoriščanjem vode v namen proizvodnje električne energije. Potočna postrv je s svojo obliko telesa prilagojena premagovanju hitrega vodnega toka in močnega curka.</p>

Slovensko ime: Šarenka , tudi amerikanka	Latinsko ime: <i>Oncorhynchus mykiss</i>
 <p data-bbox="228 734 735 763">Slika P2-3: Šarenka (www.rd-mura-paloma.si)</p>	<p data-bbox="1034 421 1398 801">Spolno dozori v 2. ali 3. letu starosti. Drsti se na območju običajnega življenjskega prostora in se torej ne seli vzdolž vodotoka v času drstenja (med februarjem in aprilom). Življenjsko okolje si deli s potočno postrvjo, tud prehranjuje se enako. Običajno živi v jatah v globljih delih vodotoka ali tolmunih. V Slovenijo so jo priselili leta 1890.</p>
Slovensko ime: Lipan	Latinsko ime: <i>Thymallus thymallus</i>
 <p data-bbox="228 1429 711 1458">Slika P2-4: Lipan (www.rd-mura-paloma.si)</p>	<p data-bbox="1034 1064 1398 1697">Spolno dozori v 3. ali 4. letu starosti ter se drsti med marcem in aprilom v hladnejši vodi na prodnatem dnu. Ikre odlaga podobno kot sulec v izkopano jamo. Lipanu so glavna hrana nevretenčarji, žuželke, ki letijo nad gladino vode ter ikre in zarod drugih rib. V povprečju zraste 25-35 cm, lahko pa tudi do čez 60 cm. Njegov habitat je čista, hitro tekoča in hladna voda z veliko vsebnostjo kisika. Temperatura vode ne sme presegati 20°C. Najdemo ga v zgornjem in srednjem toku večjih vodotokov. Najbolj mu škodi onesnaženje v rekah in regulacije na vodotokih.</p>

Slovensko ime: Podust	Latinsko ime: <i>Chondrostoma nasus</i>
 <p data-bbox="213 689 710 719">Slika P2-5: Podust (www.rd-mura-paloma.si)</p>	<p data-bbox="975 367 1398 748">Spolno zrelost doseže v 4. letu življenja. Drsti se od aprila do junija v vodi, ki ni globlja od pol metra in vedno na istem mestu. Rečna prodišča (njena primarna drstišča) med drstenjem obiščejo v velikih jatah, ki preplavajo razdalje večje od 100 km. Njena hrana so ličinke nevretenčarjev, predvsem pa rastline (npr.alge). Živi v srednjem toku alpskih rek v pasu lipana ter pasu mreine in ploščiča ter pasu postrvi, kjer je bolj redka. Kljub temu, da spada med najštevilčnejše ribe v naših vodotokih, je ogrožena z longitudinalnimi prekinitvami vodotokov, saj so njene migracijske poti dokaj dolge. Ustrezna zaščita te ribje vrte so ribji prehodi na jezovih in zaščita drstišč ali gradnja umetnih. Podust doseže velikost med 35 in 40 cm.</p>
Slovensko ime: Mrena	Latinsko ime: <i>Barbus barbus</i>
 <p data-bbox="213 1473 710 1503">Slika P2-6: Mrena (www.rd-mura-paloma.si)</p>	<p data-bbox="1066 1151 1398 1532">Samice mreine spolno dozori v 3. ali 4. letu starosti, medtem ko samci v 5. letu. Drsti se med majem in junijem tako da se v jatah seli gorvodno po vodotoku. Ikre odlaga na kamenje v srednje globokem vodotoku s prodnatim ali peščenim dnom. Hrani se po dnu s pobiranjem ličink, maloščetincev, rakcev ter drugimi ribami. Živi v hitrih rekah, ki imajo visoko vsebnost kisika s prodnatim ali peščenim dnom. Neugoden vpliv na mreino imajo regulacije in nerazgibanost rek.</p>

Slovensko ime: Klen	Latinsko ime: <i>Leuciscus cephalus</i>
 <p data-bbox="226 683 702 712">Slika P2-7: Klen (www.rd-mura-paloma.si)</p>	<p data-bbox="948 362 1398 750">Klen se drsti med aprilom in junijem na plitkih prodiščih kjer je tok vode močan. Ikre odlaga na kamenje, les ali rastlinske dele. V dolžino zraste tudi do 60 cm, a njegova povprečna velikost je 20-40 cm. Njegova hrana so vodne žuželke in njihove ličinke, ikre, mehkužci ter občasno tudi rastline. Odrasle ribe se prehranjujejo tudi z drugimi ribami. Naseljuje vodotoke z zelo razgibanim dnom struge ter močni pretokov vode, najdemo ga pa tudi v večjih jezerih (npr. Bohinjsko). V globokih delih rek preživi zimo, spomladi se seli v plitve dele reke. Živi v jatah v pasu postrvi, lipana, mreene in ploščiča. Ogroža ga predvsem onesnaženje vodotoka in uničenje drstišč zaradi regulacij vodotokov.</p>
Slovensko ime: Pisanec	Latinsko ime: <i>Phoxinus phoxinus</i>
 <p data-bbox="226 1523 734 1552">Slika P2-8: Pisanec (www.rd-mura-paloma.si)</p>	<p data-bbox="1050 1146 1398 1585">Spolno zrelost doseže v 2. letu življenja. Drsti se od aprila do junija v plitki vodi. Drstišča obično v velikih jatah in tam odloži ikre na kamenje ali rastline. Njegova hrana so majhni nevretenčarji. Živi v jatah v manjših potokih, večjih vodotokih ter jezerih (npr. Bohinjsko). Najdemo ga v pasu postrvi, kjer je čista voda in veliko raztopljenega kisika ter pasu lipana. Zraste 7-10 cm v dolžino. Najbolj ga ogroža onesnaženost voda.</p>

Slovensko ime: **Ščuka**

Latinsko ime: *Esox lucius*



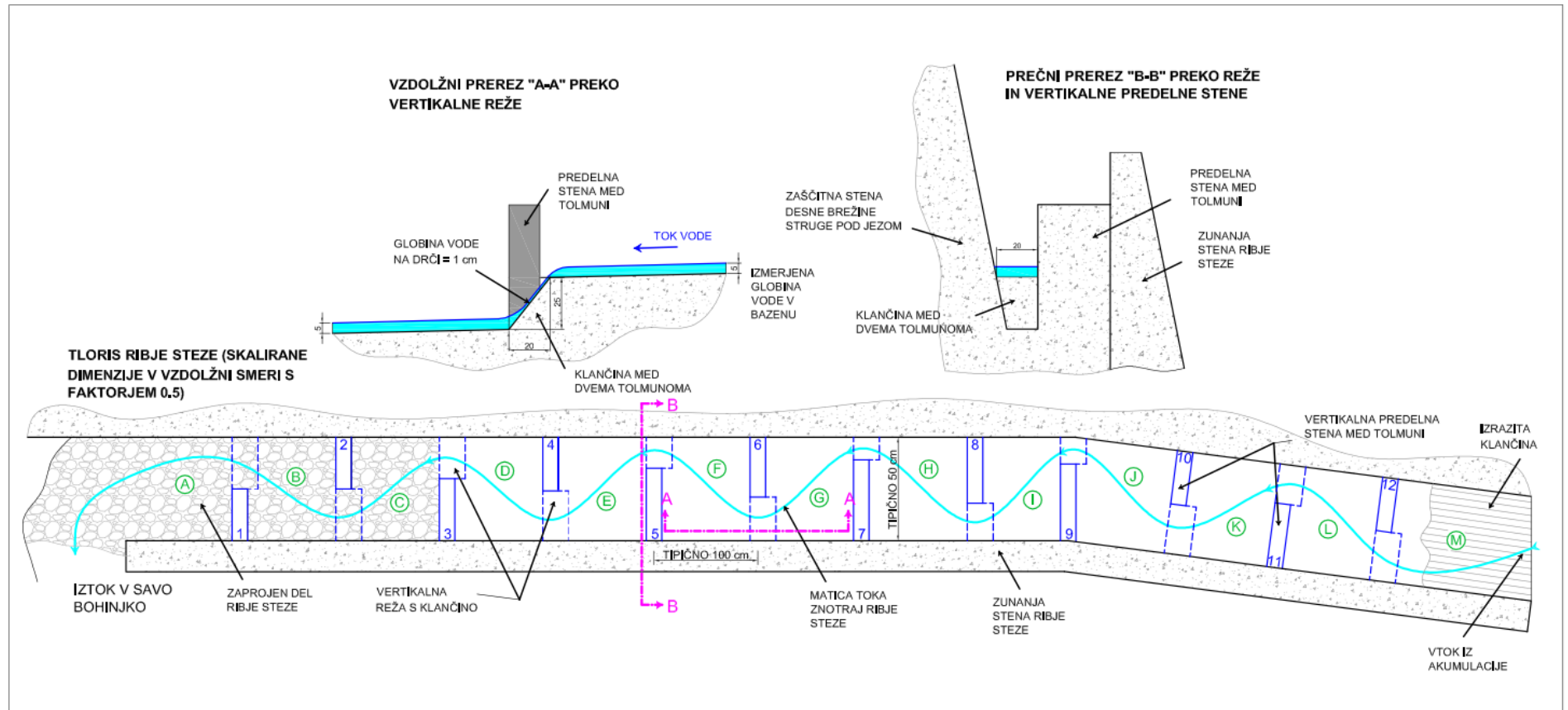
Slika P2-9: Ščuka (www.dpdbled.si)

Starost spolne zrelosti je odvisna od spola ribe. Samice jo dosežejo v 3. letu starosti, samci pa leto prej. Drstijo se v plitvih in z rastlinami poraščenih brežinah vodotokov ter stoječih vod med majem in aprilom. Ščuke se v mladosti prehranjujejo s planktonom, kasneje pa z drugimi ribami. Zrastejo do 150 cm v dolžino.

Ker je ščuka plenilec, je pomembna

za vzdrževanje ravnotežja v vodotokih z velikim številom rib. Najbolj ji ustrezajo stoječe vode in rečni zatoni ali vode s počasnim tokom ter rečni rokavi. Najdemo jo v Savi od Radovljice navzdol ter drugih slovenskih rekah ter jezerih (npr. Blejsko) in akumulacijah. Najbolj jo prizadenejo regulacije vodotokov zaradi uničenja drstišč ter v manjši meri onesnaženost voda.

**PRILOGA 3 – TLOORIS TER VZDOLŽNI IN PREČNI PREREZ OBSTOJEČEGA
RIBJEGA PREHODA PREKO CAJHNOVEGA JEZU**



Slika P3-1: Tloris ter vzdolžni in prečni prerez skozi ribjo stezo na Cajhnovem jezu.