

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:

Lesjak, S., 2015. Načrtovanje ribjih prehodov: primer ureditve ribjega prehoda na Homškem jezu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Rusjan, S., somentor Kryžanowski, A.): 64 str.

Datum arhiviranja: 06-10-2015

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:

Lesjak, S., 2015. Načrtovanje ribjih prehodov: primer ureditve ribjega prehoda na Homškem jezu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Rusjan, S., co-supervisor Kryžanowski, A.): 64 pp.

Archiving Date: 06-10-2015

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 PRVE STOPNJE  
VODARSTVO IN OKOLJSKO  
INŽENIRSTVO

Kandidat:

**SIMON LESJAK**

**NAČRTOVANJE RIBJIH PREHODOV: PRIMER  
UREDITVE RIBJEGA PREHODA NA HOMŠKEM JEZU**

Diplomska naloga št.: 47/B-VOI

**DESIGN OF FISH PASSES: EXAMPLE OF DESIGNING  
A FISH PASS ON HOMEK WEIR**

Graduation thesis No.: 47/B-VOI

**Mentor:**

doc. dr. Simon Rusjan

**Somentor:**

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Ljubljana, 24. 09. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

**IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Simon Lesjak izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Načrtovanje ribjih prehodov: Primer ureditve ribjega prehoda na Homškem jezu«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 21. 9. 2014

Simon Lesjak

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>626.882(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Simon Lesjak</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Simon Rusjan</b>
<b>Somentor:</b>	<b>doc. dr. Andrej Kryžanowski</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Načrtovanje ribjih prehodov: Primer ureditve ribjega prehoda na Homškem jezu</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>64 str., 3 pregl., 37 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>ribji prehodi, ribje steze, ribje vrste, migracije, pregrade, vhod v ribji prehod, izhod iz ribjega prehoda, monitoring, Homški jez</b>

### **Izvleček**

Za vodne organizme neprehodni hidrotehnični objekti lahko povzročijo številne negativne vplive na vodno okolje. V vodotokih, ki niso podvrženi človeškemu posegom, se ribe lahko gibljejo gor in dolvodno. Z grajenjem pregrad zapiramo njihove selitvene poti in s tem zmanjšujemo pestrost in številčnost ribjih vrst ter ostalih vodnih organizmov. Pomembno je, da skušamo poiskati rešitve za vzpostavitev vzdolžne povezanosti tekočih voda in jih tudi uresničiti. Ena od najboljših rešitev je ureditev ribjih prehodov, ki ribam omogočajo prehajanje preko objektov. V prvem delu diplomske naloge so predstavljena teoretična izhodišča za projektiranje ribjih prehodov. Obravnavani so kriteriji, ki jih je potrebno pri načrtovanju upoštevati, zakonodaja, projektiranje posameznih elementov ribjega prehoda, monitoring, vzdrževanje in zaščita ribjih prehodov pred negativnimi vplivi. Opisane so tudi razmere prehodnosti vodotokov v Sloveniji. V drugem delu je obravnavan primer ureditve ribjega prehoda na Homškem jezu, ki se nahaja na reki Kamniški Bistrici. Predstavljene so lokalne razmere, nato pa še kriteriji, ki jih je potrebno pri projektiranju ribjega prehoda na tem območju upoštevati. V nadaljevanju je obravnavano načrtovanje ribjega prehoda in prikazana predlagana umestitev.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UCD:</b>	<b>626.882(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Simon Lesjak</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Asist. Prof. Simon Rusjan, Ph.D.</b>
<b>Cosupervisor:</b>	<b>Assoc. Prof. Andrej Kryžanowski, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>Fish passage design: Example of designing a fish pass on Homec weir</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – University Studies</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>64 p., 3 tab., 37 fig.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>fish passes, fishways, fish species, migration, barriers, fish pass entrance, fish pass exit, monitoring, Homec weir</b>

**Abstract**

Impassable water barriers for aquatic organisms can have a negative impact on aquatic environment. In watercourses, that are not influenced by human interventions, the fish can swim up and downstream. With building barriers we block their migration paths and by that reduce diversity and abundance of fish species and other aquatic organisms. It is important that we try to find and realize the solutions for longitudinal connectivity of running waters. One of the best solutions is to built fish passes, which allow fish to pass obstacles. In the first part of the thesis, the theoretical bases of designing fish passages are introduced. Design factors that must me taken into account when planing, legalisation, design of specific elements of the fish pass, monitoring, maintenance and protection of the fish passes from possible negative influences are discussed. The situation related to fish passes in Slovenia is also described. In the second part, the example of designing a fish pass on Homec weir on Kamniška Bistrica river is discussed. The local conditions are described, along with criteria, that must be taken into account when designing a fish passage on present area. Further, the design of the fish pass and suggested positioning of the fish passage is made.

## **ZAHVALA**

Zahvalil bi se svojemu mentorju doc. dr. Simonu Rusjanu za vso pomoč.

Zahvala gre tudi Ribiški družini Bistrica Domžale in podjetju Hidrotehnik d.d. ter vsem ostalim, ki so mi pomagali pridobiti potrebne podatke.

Rad bi se zahvalil tudi vsem svojim najbližjim, ki so mi v času študija stali ob strani.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>VRSTE OVIR PRI RIBJIH MIGRACIJAH .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ZAKONODAJA.....</b>	<b>3</b>
3.1	Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib) .....	3
3.2	Okvirna direktiva o vodah (WFD).....	3
3.3	Zakon o vodah (ZV-1) .....	4
3.4	Pravilnik o določitvi odsekov površinskih voda, pomembnih za življenje sladkovodnih vrst .....	4
3.5	Program upravljanja rib v celinskih vodah Republike Slovenije .....	4
<b>4</b>	<b>DEJAVNIKI, KI JIH MORAMO UPOŠTEVATI PRI GRADNJI RIBJEGA PREHODA ..</b>	<b>6</b>
4.1	Ribje migracije.....	6
4.2	Ribji pasovi.....	7
4.2.1	Postrvji ribji pas .....	7
4.2.2	Lipanski ribji pas .....	7
4.2.3	Mrenski ribji pas .....	7
4.2.4	Ploščičev ribji pas .....	7
4.3	Ribje plavalne sposobnosti.....	7
4.4	Fizikalno-kemijski dejavniki .....	10
4.4.1	Temperatura.....	10
4.4.2	Kisik .....	11
<b>5</b>	<b>PROJEKTIRANJE RIBJEGA PREHODA.....</b>	<b>12</b>
5.1	Lokacija ribjega prehoda.....	12
5.2	Vhod v ribji prehod .....	12
5.3	Izhod iz ribjega prehoda .....	15
5.4	Dimenzioniranje elementov ribjega prehoda .....	16
5.5	Dno ribjega prehoda.....	20
<b>6</b>	<b>OBRATOVALNI ČAS .....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>ZAŠČITA .....</b>	<b>22</b>
7.1	Zaščita pred človeškimi dejavniki.....	22
7.2	Zaščita pred plavinami.....	22
<b>8</b>	<b>VZDRŽEVANJE .....</b>	<b>23</b>



<b>9</b>	<b>MONITORING IN UČINKOVITOST RIBJEGA PREHODA.....</b>	<b>24</b>
<b>9.1</b>	<b>Načini monitoringa.....</b>	<b>24</b>
9.1.1	Ribje pasti.....	24
9.1.2	Blokirna metoda.....	25
9.1.3	Označevanje.....	25
9.1.4	Elektro izlov.....	26
9.1.5	Avtomatske naprave.....	26
<b>10</b>	<b>STROŠKI IZGRADNJE RIBJEGA PREHODA.....</b>	<b>27</b>
<b>11</b>	<b>VRSTE RIBJIH PREHODOV .....</b>	<b>28</b>
<b>11.1</b>	<b>Bazenski tip.....</b>	<b>28</b>
<b>11.2</b>	<b>Prehod Denil .....</b>	<b>29</b>
<b>11.3</b>	<b>Zapiralno ribje dvigalo .....</b>	<b>30</b>
<b>11.4</b>	<b>Ribje dvigalo sistema »ujemi in prenesi« .....</b>	<b>31</b>
<b>11.5</b>	<b>Drča .....</b>	<b>32</b>
<b>11.6</b>	<b>Obtočni kanal.....</b>	<b>34</b>
<b>11.7</b>	<b>Ribji prehodi za jegulje in njihove mladice .....</b>	<b>34</b>
<b>12</b>	<b>RIBJI PREHODI V SLOVENIJI.....</b>	<b>36</b>
<b>13</b>	<b>UREDITEV RIBJEGA PREHODA NA HOMŠKEM JEZU .....</b>	<b>38</b>
<b>13.1</b>	<b>Hidrološki opis razmer na Kamniški Bistrici .....</b>	<b>38</b>
13.1.1	Homška mlinščica .....	39
<b>13.2</b>	<b>Prisotne ribje vrste .....</b>	<b>40</b>
<b>13.3</b>	<b>Opis jezua.....</b>	<b>42</b>
13.3.1	Zgodovina jezua.....	42
13.3.2	Sedanje stanje.....	43
13.3.2.1	Glavni jez .....	44
13.3.2.2	Podslapje glavnega jezua .....	44
13.3.2.3	Zapornica za talni izpust.....	45
13.3.2.4	Stabilizacijski prag .....	45
13.3.2.5	Bočni preliv .....	46
13.3.2.6	Podslapje bočnega preliva .....	46
13.3.2.7	Krilni zid.....	46
<b>13.4</b>	<b>Kriteriji .....</b>	<b>47</b>
13.4.1	Ribji pas in vsebnost kisika.....	47
13.4.2	Temperatura vode.....	47

---

13.4.3	Ciljne ribje vrste .....	48
<b>13.5</b>	<b>Načrtovanje ribjega prehoda na Homškem jezu .....</b>	<b>49</b>
13.5.1	Obstoječ primer ribjega prehoda na podobni jezovni zgradbi – Bokalški jez .....	49
13.5.2	Izbira tipa ribjega prehoda na Homškem jezu .....	51
13.5.3	Lokacija .....	52
13.5.4	Dimenzioniranje osnovnih elementov .....	53
13.5.4.1	Dimenzije bazenov .....	53
13.5.4.2	Glavni jez.....	54
13.5.4.3	Stabilizacijski prag.....	54
13.5.5	Vhod v ribji prehod.....	54
13.5.6	Izhod iz ribjega prehoda .....	55
13.5.7	Vzdrževanje in zaščita pred plavinami .....	56
13.5.8	Monitoring .....	56
13.5.9	Predlagana umestitev .....	57
13.5.10	Ugotovitve .....	57
<b>14</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>59</b>
<b>VIRI</b>	<b>.....</b>	<b>61</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Graf za določanje maksimalne plavalne hitrosti rib v odvisnosti od njihove dolžine telesa in temperature vode (Armstrong in sod., 2010) .....	9
Slika 2: Graf za določanje vzdržljivosti rib pri maksimalni hitrosti plavanja v odvisnosti od dolžine njihovega telesa in temperature vode (Armstrong in sod., 2010).....	9
Slika 3: Shema obtočnega kanala in ribjega prehoda s predprostorom (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).....	13
Slika 4: Nasip, ki povezuje vhod ribjega prehoda z rečnim dnom (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).....	14
Slika 5: Shema zbiralne galerije (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002) .....	14
Slika 6: Shema dodatnega izhoda iz ribjega prehoda, ki zagotavlja neoviran izhod tudi ob nizkih vodostajih (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).....	15
Slika 7: Grob substrat na dnu ribjega prehoda (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002) .....	20
Slika 8: Bazenski tip ribjega prehoda z vertikalnimi prehodi med bazeni (Kolman, Mikoš, 2010) .....	29
Slika 9: Shema Denil ribjega prehoda (Kolman, Mikoš, 2010) .....	30
Slika 10: Zapiralno ribje dvigalo na manjših pregradah (Kolman, Mikoš, 2010).....	31
Slika 11: Dvigalo sistema »ujemi in prenesi« (Kolman, Mikoš, 2010) .....	32
Slika 12: Drča urejena čez celoten prečni profil vodotoka (Kolman, Mikoš, 2010).....	33
Slika 13: Drča urejena ob obrežnem delu vodotoka (Kolman, Mikoš, 2010).....	33
Slika 14: Shema obtočnega kanala (Kolman, Mikoš, 2010) .....	34
Slika 15: Ribji prehod za jegulje in njihove mladice (Kolman, Mikoš, 2010).....	35
Slika 16: Karta neprehodnih pregrad v Sloveniji (Čarf in sod., 2014).....	36
Slika 17: Zapornica, ki regulira pretok po Kamniški Bistrici (Foto: Simon Lesjak) .....	40
Slika 18: Zapornica, ki regulira pretok po Homški mlinščici (Foto: Simon Lesjak) .....	40
Slika 19: Orto-foto posnetek z označeno lokacijo Homškega jezua (Atlas okolja, 2015).....	42
Slika 20: Poškodbe na bočnem prelivu, podslapju bočnega preлива in kar je ostalo od talnega praga (Vir: Hidrotehnik d.d.) .....	43
Slika 21: Poškodbe krilnega zidu in desne brežine (Vir: Hidrotehnik d.d.).....	43
Slika 22: Situacija Homškega jezua (Foto: Simon Lesjak).....	44
Slika 23: Glavni jez (Foto: Simon Lesjak).....	44
Slika 24: Talni izpust z zapornico (Foto: Simon Lesjak).....	45
Slika 25: Stabilizacijski oz. talni prag (Foto: Simon Lesjak).....	45
Slika 26: Bočni preliv (Foto: Simon Lesjak).....	46
Slika 27: Krilni zid (Foto: Simon Lesjak).....	47

---

Slika 28: Srednje mesečne temperature Kamniške Bistrice v obdobju 1954-2013 na vodomerni postaji Kamnik I.....	48
Slika 29: Bokalški jez z ribjo stezo ob zapornici (Foto: Simon Lesjak).....	50
Slika 30: Zapornica za Mestno Gradaščico (levo) in Mali Graben (desno) (Foto: Simon Lesjak) .....	50
Slika 31: Ribja steza na Bokalškem jezu (Foto: Simon Lesjak).....	51
Slika 32: Detajl ribje steze (Foto: Simon Lesjak).....	51
Slika 33: Potek matice toka ob nizkih vodostajih (odebeljena črta) (Vir podloge: Atlas okolja, 2015)	52
Slika 34: Glavnina toka dolvodno od jezua teče ob desnem bregu (Foto: Simon Lesjak).....	55
Slika 35: Naplavine dolvodno od stabilizacijskega praga (Foto: Simon Lesjak) .....	56
Slika 36: Odlaganje plavin tik ob zapornici pod glavnim jezom (Foto: Simon Lesjak).....	56
Slika 37: Shema predlagane umestitve ribjega prehoda na glavnem jezu (1) in stabilizacijskem pragu (2) (Vir podloge: Atlas okolja, 2015) .....	57

## **KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Reprezentativne dolžine in širine teles nekaterih večjih ribjih vrst v odraslem obdobju (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002 in Schmutz, Mielach, 2013) .....	16
Preglednica 2: Disipacije energije v bazenih in višinske razlike med njimi glede na ribji pas (Schmutz, Mielach, 2013) .....	19
Preglednica 3: Seznam ribjih vrst v revirju KB3 in KB4 z rdečim seznamom (Ribiški kataster, 2015)	41

## 1 UVOD

Gradnja hidroelektrarn, jezov in drugih pregrad lahko negativno vpliva na vodno okolje. Posledice tega so, da so številne živalske vrste izumrle, postale redke ali ogrožene. Za skoraj polovico ribjih vrst, ogroženih zaradi človekovega vpliva, je bilo ugotovljeno, da je glavni vzrok ravno v neprelovnih vodnih objektih in pregradah (Zabrc in sod., 2014). Velikokrat obstajajo rešitve, s katerimi lahko te vplive omejimo oz. popolnoma odpravimo. Pravilno je, da poskušamo takšne rešitve poiskati in jih tudi uresničiti. Na ta način lahko še vedno izkoriščamo vodne vire, obenem pa tudi ohranjamo naravno bogastvo.

V tekočih vodah, ki niso podvrženi človeškemu posegom v vodno okolje, imajo ribe in ostali organizmi prosto pot, da se gibljejo gor in dolvodno po vodotoku. Če na nekem odseku zgradimo hidroelektrarno, jez, pregrado oz. kakšno vodno zgradbo, ki zapre celoten prečni profil, to pot presekamo in jim gibanje onemogočimo. Zato je potrebno urediti dodatne objekte, ki ribam omogočajo varen in nemoten prehod mimo teh ovir. Tem objektom pravimo ribji prehodi.

V diplomski nalogi bom v prvem delu predstavil teoretične osnove glede projektiranja ribjih prehodov. Obravnaval bom zakonodajo, ki narekuje vzdolžno povezanost vodnega ekosistema, nato pa še dejavnike, ki so pomembni pri umeščanju ribjih prehodov v prostor. Lotil se bom tudi samega načrtovanja prehoda, od primerne lokacije, dimenzioniranja posameznih elementov, zaščite takšnih objektov, vzdrževanja in monitoringa. Na kratko bom povzel tudi stanje ribjih prehodov v Sloveniji.

V drugem delu diplomske naloge se bom na podlagi teoretičnih izhodišč lotil urejanja ribjega prehoda na konkretnem primeru, na Homškem jezu, ki se nahaja na Kamniški Bistrici. Skušal bom izbrati najboljšo lokacijo za uspešno prehodnost ter izbrati ustrezen tip ribjega prehoda glede na možnosti prostora in številne druge dejavnike, ki jih moramo pri projektiranju upoštevati.

## **2 VRSTE OVIR PRI RIBJIH MIGRACIJAH**

Poznamo veliko vrst ovir, ki lahko ribam preprečujejo migriranje po vodotoku. Največkrat so povezane z izrabo hidroenergetskega potenciala. Ovire vzdolžno in prečno spreminjajo kontinuiteto struge ter prekinjajo povezanost vodnega ekosistema in tako lahko bistveno vplivajo na ribje populacije. Med fizične ovire spadajo jezovi, pregrade, zapornice, objekti za zadrževanje vode za potrebe kmetijstva, nasipi, prepusti, zacevljeni in kanalizirani vodotoki, erozijska zaščitna dela in druge regulacije vodotokov. Fizična ovira je lahko različnih dimenzij in razdalja, ki jo morajo ribe preplavati, da pridejo čez oviro, je eden ključnih dejavnikov pri gradnji ribjega prehoda (Kolman, Mikoš, 2010).

Poznamo tudi vedenjske ovire, ki nastanejo kot posledica sprememb strukture habitata. Med vedenjske ovire spadajo izgradnja akumulacij v vodotokih, sprememba naravne strukture vodotoka v izravnani vodotok (posledično uničenje obrežne vegetacije), onesnaženje vode, spremembe temperature (razni izpusti), svetlobne motnje ipd. (Kolman, Mikoš, 2010).

### **3 ZAKONODAJA**

Zagotavljanje vzdolžne in prečne prehodnosti vodotokov pri nas temelji na zakonski podlagi. Migratorne vrste rib, njihov življenjski prostor in povezanost njihovega selitvenega območja so zaščiteni tako z mednarodno, kot s slovensko zakonodajo. Na globalni ravni je migriranje prostoživečih vrst utemeljena z Bonsko (Konvencija o varstvu selitvenih vrst prostoživečih živali; Bonn, 1979) in Bernsko konvencijo (Konvencija o varstvu prosto živečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov; Bern, 1979), z Direktivo o habitatih in Okvirno direktivo o vodah pa na evropski ravni (Zabrc in sod., 2014).

Med zakonske akte, ki v Sloveniji obravnavajo vzdolžno povezanost vodotokov, spadajo Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib), Okvirna direktiva o vodah (WFD), Zakon o vodah (ZV-1), Pravilnik o določitvi odsekov površinskih voda, pomembnih za življenje sladkovodnih vrst in Program upravljanja rib v celinskih vodah Republike Slovenije.

#### **3.1 Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib)**

ZSRib je bil sprejet 30.5.2006. Zakon opredeljuje sladkovodno ribištvo kot upravljanje ribolovnih virov v celinskih vodah (1. člen, ZSRib). Tematiko poseganja v okolje in prehajanja ribjih vrst obravnava 19. člen ZSRib (2006), v 1. in 3. odstavku:

19. člen

(gradnje in drugi posegi na območju ribiškega okoliša)

(1) Vsak poseg v ribiški okoliš mora biti načrtovan in izveden na način, ki v največji mogoči meri zagotavlja ohranjanje rib, njihove vrstne pestrosti, starostne strukture in številčnosti.

(3) Zaradi prehajanja rib čez grajene objekte v vodah mora investitor zagotoviti ustrezen prehod za ribe. Funkcionalnost prehoda zagotavlja lastnik oziroma najemnik objekta.

V 45. členu ZSRib (2006) so podeljene naloge za izvajanje monitoringa ribjih populacij Zavodu za ribištvo Slovenije, javnemu zavodu Republike Slovenije.

#### **3.2 Okvirna direktiva o vodah (WFD)**

Okvirna direktiva o vodah (OVD) oz. Water Framework Directive (WFD) je bila sprejeta 23.10.2000. WFD določa upravljanje z vodami, da se prepreči in zmanjša onesnaževanje, spodbudi trajnostna raba vode, zagotovi varstvo vodnega okolja, izboljša stanje vodnih ekosistemov ter ublaži učinke poplav in suš (Skupna strategija izvajanja za Okvirno direktivo o vodah, 2009).



Med pomembne pokazatelje ekološkega stanja vodotokov spadata kontinuiteta rečnega toka, ki prikazuje hidromorfološke kvalitete vodotoka, ter številčnost, vrstna in starostna sestava ribjih združb. Zato je eden glavnih ciljev WFD tudi ohranjanje in vzpostavljanje prehodnosti vodotokov za vodne organizme (Zabrc in sod., 2014).

### **3.3 Zakon o vodah (ZV-1)**

ZV-1 je bil sprejet 12.7.2002. ZV-1 (2002) ureja upravljanje z morjem, celinskimi in podzemnimi vodami ter vodnimi in priobalnimi zemljišči, kar obsega varstvo ter urejanje voda in odločanje o njihovi rabi. Javno dobro in javne službe na področju voda, vodni objekti ter naprave in druga vprašanja v zvezi z vodami so prav tako urejena z ZV-1 (1. člen, ZV-1). ZV-1 (2002) obravnava tudi posege v vodni prostor, s tem pa določa tudi ohranjanje kakovosti voda in zagotavljanje zadostne količine vode v vodnem okolju:

#### 5. člen

(posegi v vode, vodna in priobalna ter druga zemljišča)

(1) Rabo in druge posege v vode, vodna in priobalna zemljišča ter zemljišča na varstvenih in ogroženih območjih ter kmetijska, gozdna in stavbna zemljišča je treba programirati, načrtovati in izvajati tako, da se ne poslabšuje stanja voda, da se omogoča varstvo pred škodljivim delovanjem voda, ohranjanje naravnih procesov, naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov, ter varstvo naravnih vrednot in območij, varovanih po predpisih o ohranjanju narave.

(2) Vsakdo je dolžan varovati kakovost in količino voda ter jo uporabljati tako, da čim manj vpliva na naravno ravnovesje vodnih in obvodnih ekosistemov, skladno s pogoji, ki jih določa ta zakon in drugi predpisi.

### **3.4 Pravilnik o določitvi odsekov površinskih voda, pomembnih za življenje sladkovodnih vrst**

Pravilnik natančneje opredeljuje površinske vode in odseke površinskih voda, ki so pomembni za življenje sladkovodnih ribjih vrst in jih je potrebno zavarovati ali izboljšati, da se omogoči življenje rib (1. člen). Sprejet je bil 4.2.2005 na podlagi 23. člena Zakona o varstvu okolja (ZVO-1), ki določa standarde kakovosti okolja (Pravilnik o določitvi odsekov površinskih voda..., 2005).

### **3.5 Program upravljanja rib v celinskih vodah Republike Slovenije**

Aktualni Program upravljanja rib v celinskih vodah RS velja za obdobje 2010-2021. Osnovan je na podlagi ZVO-1 in ZOV-1 (Javna predstavitev Programa... 2015). Je podlaga za pripravo ribiškega upravljanja za ribiška območja in ribiško gojitvene načrte za ribiške okoliše (Program upravljanja rib..., 2012).

Program vsebuje oceno stanja, cilje ter usmeritve za varstvo in trajnostno rabo rib, naloge in ukrepe za doseganje ciljev upravljanja rib, ukrepe za ohranjanje ugodnega stanja ogroženih rib v skladu s predpisi o ohranjanju narave, oceno pričakovanih učinkov in vire sredstev potrebnih za doseganje ciljev ter nosilce posameznih nalog (Program upravljanja rib..., 2012).

## 4 DEJAVNIKI, KI JIH MORAMO UPOŠTEVATI PRI GRADNJI RIBJEGA PREHODA

Pred samo izgradnjo ribjega prehoda moramo upoštevati nekatere značilnosti življenjskega prostora vodnih organizmov, kjer se bo ta gradila. Raziskati moramo katere so prisotne ribje vrste in preučiti njihove lastnosti in navade. Preučiti je potrebno njihove plavalne sposobnosti, saj je za izgradnjo učinkovite ribje steze potrebno zagotoviti prehod vsem ribjim vrstam, tudi tistim najšibkejšim. Priporočljiv je tudi pregled fizikalno-kemijskih dejavnikov, saj vplivajo na ribje vedenje in posledično na njihove selitve.

### 4.1 Ribje migracije

Ribe so si glede selitve med seboj precej različne. Nekatere vrste najdejo vse kar potrebujejo za preživetje na majhnem območju, nekatere pa imajo ta območja precej prostorsko ločena. Za slednje velja, da jih vodne ovire še posebej prizadenejo (Kolman, Mikoš, 2010). Pri nas je tak primer podust, ki poznana kot riba selivka. Za drstenje prepotuje razdaljo tudi nad sto kilometrov (Povž, Sket, 1990). Njen stalež je pomemben za razvoj sulca, saj je njegova prva spomladanska hrana (Svetina, Verce, 1969). Torej, če presekamo selitvene poti podusti, vplivamo ne samo na njeno populacijo, temveč tudi na populacijo sulca in drugih plenilskih ribjih vrst.

Glavni razlogi zaradi katerih ribe migrirajo so drstenje, disperzija, prehranjevanje, iskanje zavetišča, poplave ter onesnaženja (Armstrong in sod., 2010).

Ribje migracije v glavnem delimo v dve skupini (Kolman, Mikoš, 2010):

#### Potamodromne migracije

Ribe migrirajo samo v celinskih vodah. Prehranjevalna območja in območja, kjer se ribe drstijo so oddaljena od nekaj metrov do 100 kilometrov.

#### Diadromne migracije

Ribe migrirajo med celinskimi vodami in morjem. Razdalje, ki jih preplavajo, da dosežejo primerna območja za drst in iskanje hrane, so tudi nekaj 1000 kilometrov.

Diadromne migracije delimo še na:

- Anadromne migracije – ribe preživijo večji del življenja v morju, drstijo pa se v celinskih vodah (npr. losos)
- Katadromne migracije – ribe živijo večino časa v celinskih vodah, drstijo pa se v morju (npr. jegulja)

- Amphidromne migracije – življenjski krog rib se odvija delno v morju, delno v celinskih vodah, zaradi potreb prehranjevanja in iskanja skrivališč

## **4.2 Ribji pasovi**

Vodotok je življenjski prostor mnogo različnih živalskih vrst. Razmere vzdolž vodotoka se spreminjajo in tako se spreminja tudi njegova vrstna sestava. Reko delimo na več delov, glede na določene lastnosti, in jih poimenujemo glede na vodilno ribjo vrsto, ki je najpogostejša v tistem delu vodotoka. Tako razdelimo vodotok v več ribjih pasov (Luštek in sod., 2008).

### **4.2.1 Postrvji ribji pas**

Je zgornji del vodotoka, kjer je tok vode hiter. Voda je hladna, čista in nasičena s kisikom. Poleg postrvi tukaj najdemo še kaplja, babico in pisanca.

### **4.2.2 Lipanski ribji pas**

Sledi postrvjemu. Vodni tok se umirja, voda pa je še vedno hladna in bogata s kisikom. Poleg lipana tukaj živijo še sulec, podust, klen, globoček, zvezdogled, pohra, mrena, potočna postrv in blistavec.

### **4.2.3 Mrenski ribji pas**

Tok je bolj umirjen, struga je širša in globlja. Poleg mreke so tukaj še klen, jez, bolen, platnica, rdečeperka, upiravec, čep, smrkež, klenič, zelenika...

### **4.2.4 Ploščičev ribji pas**

Vodni tok se še bolj upočasni, vsebnost kisika pa se zmanjša. Nastajajo rečni okljuki, kjer se nabirata mulj in blato. Poleg ploščiča so prisotni še krap, ščuka, smuč, som, rdečeperka...

## **4.3 Ribje plavalne sposobnosti**

Eden glavnih faktorjev, ki vplivajo na izbiro ribjega prehoda, so vsekakor plavalne sposobnosti ribjih vrst, ki se na tem območju urejanja nahajajo oz. migrirajo.

Poznamo tri različne hitrosti, ki jih ribe lahko uporabljajo pri plavanju (Armstrong in sod., 2010):

- Trajna hitrost – hitrost, ki jo ribe lahko vzdržujejo v daljšem časovnem obdobju (ure)
- Podaljšana hitrost – hitrost, ki jo ribe lahko vzdržujejo do 200 minut
- Eksplozivna hitrost – hitrost, ki jo ribe lahko vzdržujejo pod 20 sekund

Počasne hitrosti lahko ribe ohranjajo dlje časa, medtem ko največje hitrosti samo nekaj deset sekund ali manj. Točne meje med opisanimi hitrostmi so odvisne od posamezne ribje vrste (Armstrong in sod., 2010).

Mišice izpostavljene hladnim temperaturam se premikajo počasneje kot mišice izpostavljene toplim temperaturam. Zato ribe, ki migrirajo v poletnih mesecih, lažje premagujejo ovire kot ribe, ki npr. migrirajo jeseni, ko je voda že bolj hladna. Iz tega izhaja, da na maksimalno plavalno hitrost vpliva dolžina ribjega telesa in temperatura vode (Armstrong in sod., 2010).

Enačba po Wardlu (1975) nam pove maksimalno plavalno hitrost ribe v odvisnosti od razdalje, ki jo riba preplava z enim gibom njenega telesa (s predpostavko, da imajo vse ribe enake plavalne sposobnosti) (Armstrong in sod., 2010):

$$U = 0,7 \cdot \frac{L}{2t}$$

Kjer je:

$U$  – maksimalna plavalna hitrost ribe [m/s],

$L$  – dolžina ribjega telesa [m],

$t$  – čas trzljaja krčenja mišic [s].

Čas trzljaja krčenja mišic lahko izračunamo s pomočjo naslednje enačbe (Armstrong in sod., 2010):

$$t = 0,17L^{0,4288} + 0,0028 \cdot \log_e T - 0,0425L^{0,4288} \cdot 0,4288 \cdot \log_e T - 0,0077$$

Vzdržljivost ribe je prav tako odvisna od dolžine ribjega telesa in temperature ter je določena kot količina zaloge glikogena v mišicah. Rezerve glikogena se začnejo porabljati, ko riba preseže svojo trajno hitrost. Hitrost porabe zalog pa je odvisna od temperature vode in same velikosti ribe – večja je riba, večje so zaloge glikogena v mišicah (Armstrong in sod., 2010).

Enačba bo Beachu (1984) nam pove, koliko časa lahko ribe vzdržujejo svojo eksplozivno hitrost (Armstrong in sod., 2010):

$$t_m = \frac{E}{P_c - P_r}$$

Kjer je:

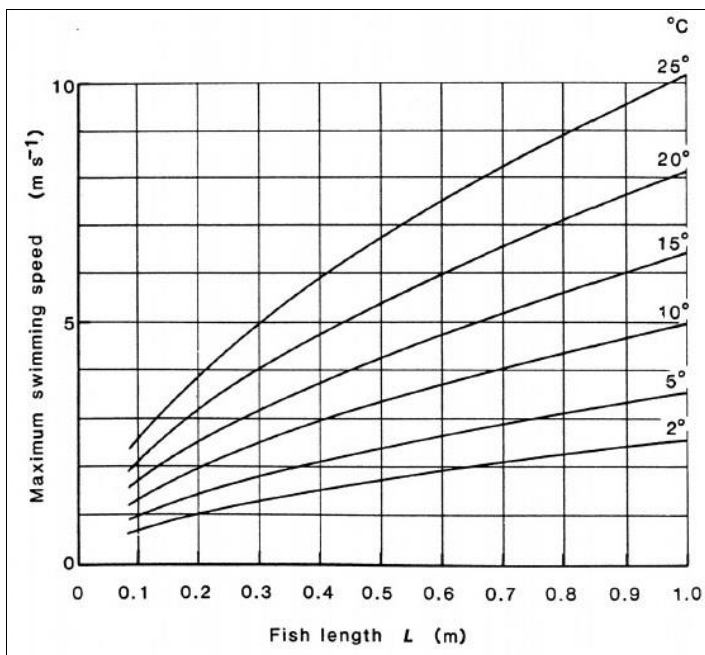
$t_m$  – vzdržljivost [s],

$P_c$  – kemična moč [W],

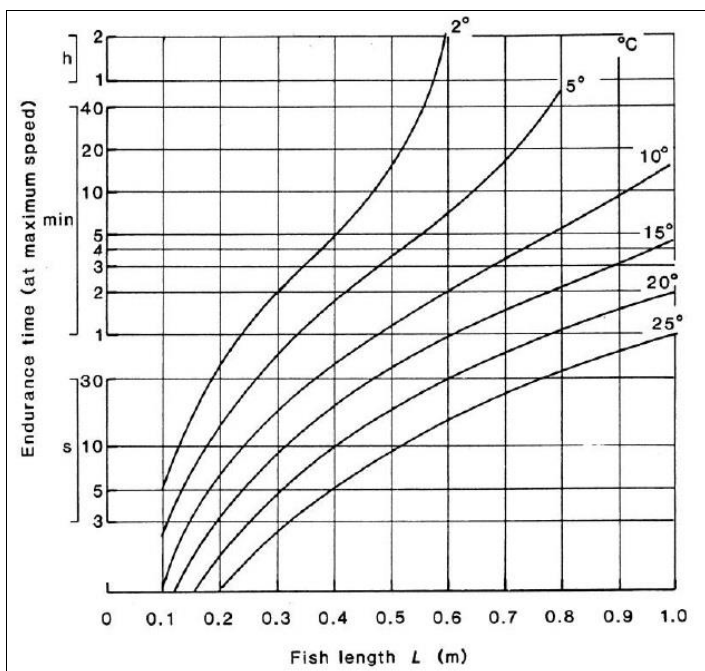
$P_r$  – moč pridobljena s porabo kisika [W],

$E$  – celotna zaloga energije [J/Kg].

Iz enačbe za čas trzljaja krčenja mišic ( $t$ ) in iz enačbe za vzdržljivost ( $t_m$ ) izhajata naslednja dva grafa, ki prikazujeta maksimalno plavalno hitrost ribe (Slika 1) ter njeno vzdržljivost pri tej hitrosti (Slika 2) v odvisnosti od dolžine ribjega telesa in temperature. V obeh primerih je predpostavljeno, da imajo vse ribje vrste enake plavalne sposobnosti (Armstrong in sod., 2010).



Slika 1: Graf za določanje maksimalne plavalne hitrosti rib v odvisnosti od njihove dolžine telesa in temperature vode (Armstrong in sod., 2010)



Slika 2: Graf za določanje vzdržljivosti rib pri maksimalni hitrosti plavanja v odvisnosti od dolžine njihovega telesa in temperature vode (Armstrong in sod., 2010)

Zgoraj opisani postopki se načeloma uporabljajo za projektiranje ribjih prehodov za salmonidne vrste rib (Armstrong in sod., 2010). Za ciprinidne vrste (tudi za salmonidne) obstajajo še drugi postopki za ugotavljanje ribjih plavalnih sposobnosti. Večinoma so to tabele z navedenimi vrednostmi hitrosti, ki so nastale na podlagi eksperimentov in laboratorijskih raziskav.

Pri dimenzioniranju ribjih prehodov je priporočljivo upoštevati zdravo mero tolerance, da se ribe pri prečkanju popolnoma ne izčrpajo. V bazenskih tipih ribjih prehodov naj bi bile hitrosti prečkanja rib v prehodih med bazeni v okviru njihovih maksimalnih hitrosti, v bazenih pa naj bi bila hitrost toka v takšnem območju, da lahko ribe vzdržujejo podaljšano ali trajno hitrost. V prehodih, kjer morajo ribe preplavati velike razdalje, naj bi bile hitrosti toka manjše od eksplozivne hitrosti ciljnih ribjih vrst (Armstrong in sod., 2010).

Pri premagovanju ovir ribe uporabljajo tudi svoje skakalne sposobnosti. V tehničnem poročilu Fish Passage and Screening Design (2007) je ribja skakalna sposobnost definirana kot funkcija plavalne hitrosti in globine vode ter je maksimalna višina, ki jo riba lahko doseže glede na vrsto in starost. Starejše in večje ribe lahko dosežejo večje skakalne višine, nekatere ribe pa sploh nimajo skakalnih sposobnosti.

Po Horvatu (1993) naj bi skakalne sposobnosti ciprinidov znašale 20-30 cm, salmonidov pa 50-60 cm. To so višine, ki so jih posamezne skupine ribjih vrst še sposobne premagovati.

#### **4.4 Fizikalno-kemijski dejavniki**

##### **4.4.1 Temperatura**

Temperatura vode je pomemben dejavnik, ki vpliva na ribje vedenje in njihove migracije. Mnogo ribjih vrst je vajenih določenih temperatur, ki najbolj ustrezajo njihovem delovanju. Takšne vrste ne prenašajo dobro večjih temperaturnih sprememb. Že majhna sprememba temperature, kot je npr. izpust vode za hlajenje industrijskih obratov v vodotok, lahko negativno vpliva na njihovo populacijo (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Temperatura vpliva tudi na drst rib in je od vrste do vrste različna. Npr. potočna postrv se drsti samo pri temperaturah pod 5<sup>0</sup>C, podust se drsti pri 8<sup>0</sup>C, drst pisanca se prične pri 11<sup>0</sup>C, nekatere vrste rib iz nižjih ribjih pasov, kot npr. krap, pa se drstijo šele pri temperaturah, ki presegajo 20<sup>0</sup>C (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Temperatura in temperaturne spremembe pa imajo velik pomen tudi za ribje migracije, kar nas pri projektiranju ribje steze še posebej zanima (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002). Na primer temperatura, pri kateri migirira losos gorvodno (preko ovir) je ocenjena na okrog 5<sup>0</sup>C. Za mladice jegulj je temperatura, pri kateri migirirajo, od 6 do 8<sup>0</sup>C, medtem ko je v odraslem obdobju za

jegulje ta temperatura okrog 13-14<sup>0</sup>C. Za večino ciprinidov, je temperatura pri kateri migrirajo 9-10<sup>0</sup>C (Armstrong in sod., 2010). Višja temperatura spodbudi ribe k migriranju dolvodno. Enako velja za gorvodne migracije, vendar pa obstajajo mejne temperature, pri katerih ribe več ne migrirajo. To je zaradi vpliva temperature na njihov metabolizem, kar oslabi njihove fizične sposobnosti (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002). Salmonidi ne migrirajo več pri temperaturi nad 21<sup>0</sup>C, ciprinidi pa pri temperaturi nad 28<sup>0</sup>C oz. je za to zelo majhna verjetnost (Armstrong in sod., 2010).

#### **4.4.2 Kisik**

Eden od pomembnih dejavnikov vodnega okolja je vsebnost kisika v vodi. Topnost kisika je večinoma odvisna od temperature vode. V zgornjih ribjih pasovih je voda bogata s kisikom, medtem ko se vsebnost kisika s tokom navzdol zmanjšuje. Nekatere ribe so tako zelo občutljive na pomanjkanje kisika v vodi, druge pa so se takšnim razmeram prilagodile in lahko prenesejo različne vsebnosti kisika. Potočna postrv živi v zgornjih ribjih pasovih, kjer je voda mrzla in nasičena s kisikom. Zaradi tega je vajena preživeti samo v takšnih razmerah in ni razvila odpornosti na manjše koncentracije kisika – ne zdrži dolgo pod 9 mg kisika na liter vode. Na drugi strani pa je krap, ki živi v ploščičevem ribjem pasu, vaje pomanjkanja kisika – preživi lahko v razmerah z 2 do 3 mg kisika na liter vode. Na pomanjkanje kisika lahko vpliva tudi izpust organskih snovi (npr. kanalizacije in odplak) v vodotok, zaradi česar se kisik hitreje porablja (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).



## 5 PROJEKTIRANJE RIBJEGA PREHODA

### 5.1 Lokacija ribjega prehoda

Ribji prehod oz. ribjo stezo je potrebno umestiti na mesto, kjer smo opazili, da se ribe zbirajo oz. kjer nameravajo oviro prečkati. Informacije te narave lahko dobimo z opazovanjem, možno pa je uporabiti tudi različne naprave za ta namen, kot so npr. radio-tracking, acoustic-tracking. Gre za metode, s katerimi se ribam sledi s pomočjo frekvence zvoka, ki jih z oddajnikom oz. sprejemnikom zaznavamo. Priporočljivo je, da se pred samim projektiranjem naredijo takšne analize, saj lahko tako določimo lokacijo ribjega prehoda, ki ribam najbolj ustreza. Če teh podatkov nimamo, potem mora lokacijo določiti projektant na podlagi svojih izkušenj (Armstrong in sod., 2010).

Lokacija ribjega prehoda se običajno nahaja ob enem ali drugem bregu, saj večina vrst tam migrira (še posebno salmonidi). V nekaterih primerih je prehod potrebno namestiti na obeh bregovih (običajno na večjih vodotokih). Prednost tega, da je nameščen ob bregu, je tudi lažje vzdrževanje in monitoring. Če je mogoče, se umestitvi ribje steze na sredinskem odseku vodotoka izogibamo, razen, če je za to mesto očitno, da tam ribe migrirajo in se zaradi konfiguracije terena tega ne da zlahka spremeniti. Prav tako se poskušamo izogniti tistim delom vodotoka, kjer voda prinaša večje količine materiala, saj obstaja velika verjetnost zasutja ribjega prehoda (Armstrong in sod., 2010).

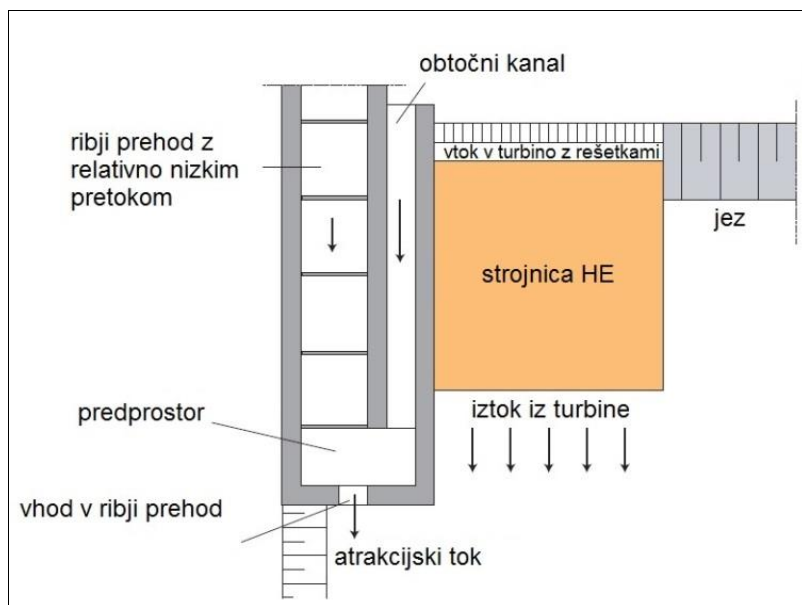
### 5.2 Vhod v ribji prehod

Vhod je ključen element pri projektiranju ribje steze, od njega je namreč odvisna učinkovitost celotnega objekta (Kolman, Mikoš, 2010). Pri vhodu v ribjo stezo glavno vlogo igra pretok oz. vodni curek, ki se na tem mestu ustvarja. Ribe namreč pri premikanju gorvodno plavajo proti glavnemu toku, ribe, ki nimajo dobrih plavalnih sposobnosti, pa plavajo ob njegovem robu (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002). Zato moramo pri vhodu v ribjo stezo zagotoviti dovolj velik pretok, ki bo ribe privlačil, da zaplavajo v prehodni objekt. Nadaljnje gibanje v prehodu za ribe ne predstavlja velikega npora (Kolman, Mikoš, 2010), seveda s predpostavko, da je pravilno dimenzioniran za prehajanje ciljnih ribjih vrst.

Kot že rečeno, so za optimalno lokacijo ribjega prehoda, in tudi samega vhoda potrebna opazovanja, da ugotovimo, kje se ribe pred oviro zadržujejo, in tako določimo območje njihovih migracijskih poti (Kolman, Mikoš, 2010). Območja, kjer se zadržujejo oz. poskušajo prečkati oviro pa so odvisna od vodnih tokov pod pregrado in strukture pregrade oz. hidroelektrarne. To je običajno pod jezum ali pa pri izpustu iz turbine hidroelektrarne. Priporočljivo je, da je vhod v ribjo stezo nameščen vzporedno z glavnim tokom, zato da ribam pri vstopu v prehod ni potrebno spreminjati smeri plavanja. Če je mogoče, je lokacija vhoda čim bližje pregradi, ker v nasprotnem primeru ribe vhod težje najdejo (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

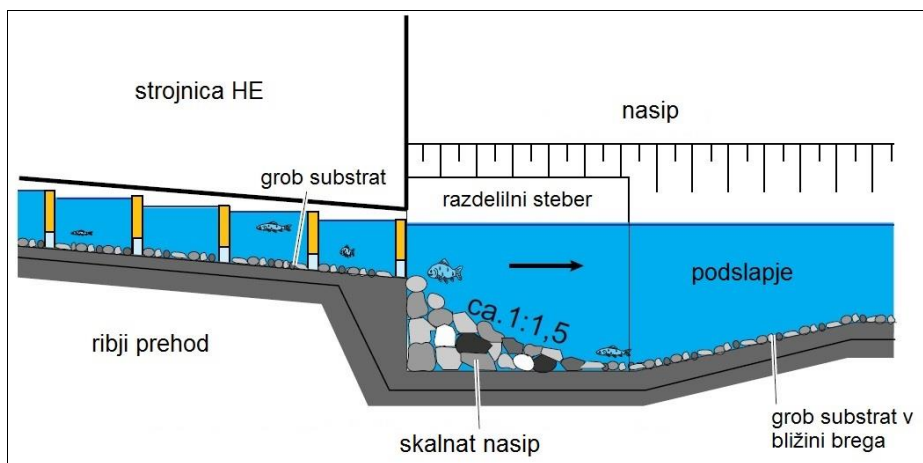
Na lastnosti privabljaljočega curka pri vhodu vplivajo hitrost vode, stopnja turbulence vodnega toka, kot nastajajočega toka ter razmerje med celotnim pretokom vodotoka in pretokom v ribjem prehodu. Pomembno je, da je privabljaljoč tok dovolj zaznaven za ribe, da lahko ribe najdejo vhod. Da to dosežemo, mora biti hitrost vodnega toka, ki prihaja iz ribje steze med 0,8 in 2,0 m/s (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Tam, kjer privabljaljoči vodni curek iz vhoda ni dovolj močan, lahko uredimo poseben obtočni kanal, ki preusmerja del pretoka od glavnega toka k vhodu v ribji prehod. Na ta način ustvarimo pri vhodu še dodaten vodni curek, ki poveča pretok vode in tako še dodatno privablja ribe. S tem tudi zmanjšamo hitrost vodnega toka v samem prehodu, kjer velike hitrosti niso potrebne. Večji hitrosti vodnega toka so namreč potrebne samo pri vhodu, za privabljanje rib. Obtočni kanal lahko uredimo v obliki odprtega kanala (imitacija vodotoka) ali pa v obliki cevi. Slednja možnost pride v poštev zlasti takrat, kadar zaradi prostorskih omejitev odprt kanal ni mogoč. Pri obtočnem kanalu moramo paziti, da dodaten vodni curek rib ne ovira pri vstopanju v ribji prehod. Velja, da naj bi bila največja hitrost vodnega curka iz obtočnega kanala 2 m/s, razen v posebnih primerih. Vodni tok iz ribje steze in vodni tok iz obtočnega kanala lahko tudi združimo in ju nato skupaj spustimo iz ribje steze s pomočjo predprostora, kot je prikazano na Sliki 3. V tem primeru lahko ribe uporabljajo obtočni kanal tudi za dolvodno migriranje (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).



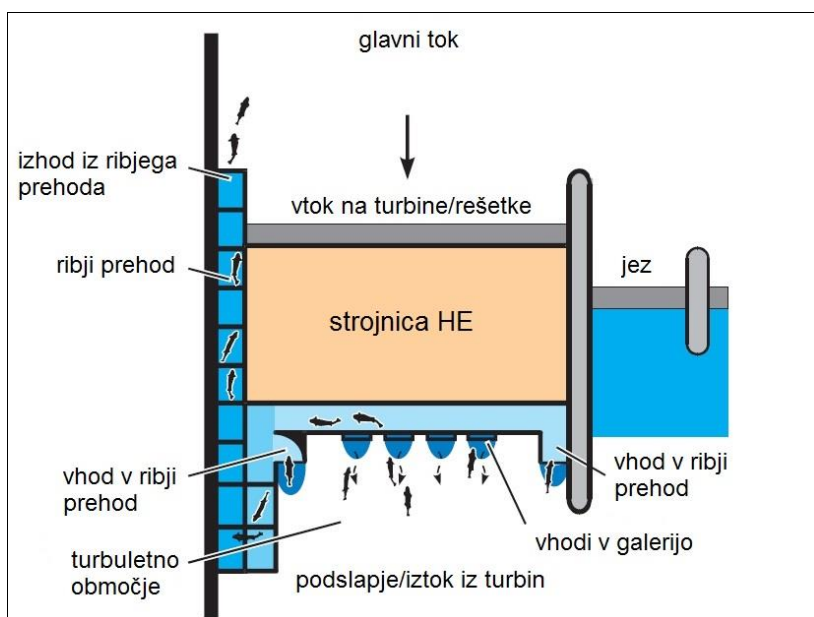
**Slika 3: Shema obtočnega kanala in ribjega prehoda s predprostorom (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002)**

Največji izziv predstavlja izgradnja takšnega vhoda v ribji prehod, ki omogoča prehajanje tudi ob nizkih vodostajih. Ribji prehod mora omogočati prehodnost tudi v takšnih pogojih, da je lahko učinkovit. To uredimo s postopnim prehajanjem, tako, da povežemo s pomočjo nasipa (rampe), pri katerem je lahko največji naklon 1:2, vhod ribjega prehoda z rečnim dnom (Slika 4) (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).



Slika 4: Nasip, ki povezuje vhod ribjega prehoda z rečnim dnom (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002)

V ZDA se na hidroelektrarnah uporablja sistem, imenovan zbiralna galerija (Slika 5), ki služi kot posebna vrsta vhoda v ribjo stezo. Nameščena je vseskozi vzdolž pregrade, kjer turbina hidroelektrarne spušča vodo. Na tem mestu se ribe zaradi privlačnosti iztoka vode rade zbirajo, vendar ovire ne morejo prečkati. Princip sistema zbiralne galerije je, da je pod turbino nameščen poseben kanal (galerija) z razporejenimi odprtini, iz katerih priteka tok, ki ribe privlači. Ribe nato zaplavajo skozi eno izmed odprtin v zbiralno galerijo, ki poleg ribjega vhoda prav tako vodi v ribji prehod. Dobra lastnost takšnega sistema je, da če ribe ne zaplavajo v vhod v ribjo stezo, lahko vstopijo vanjo preko galerije. Tako izločimo možnost, da bi se ribe zadrževale pod pregrado. Slaba lastnost tega sistema pa je, da ni primeren za ribe, ki se zadržujejo pri dnu reke (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).



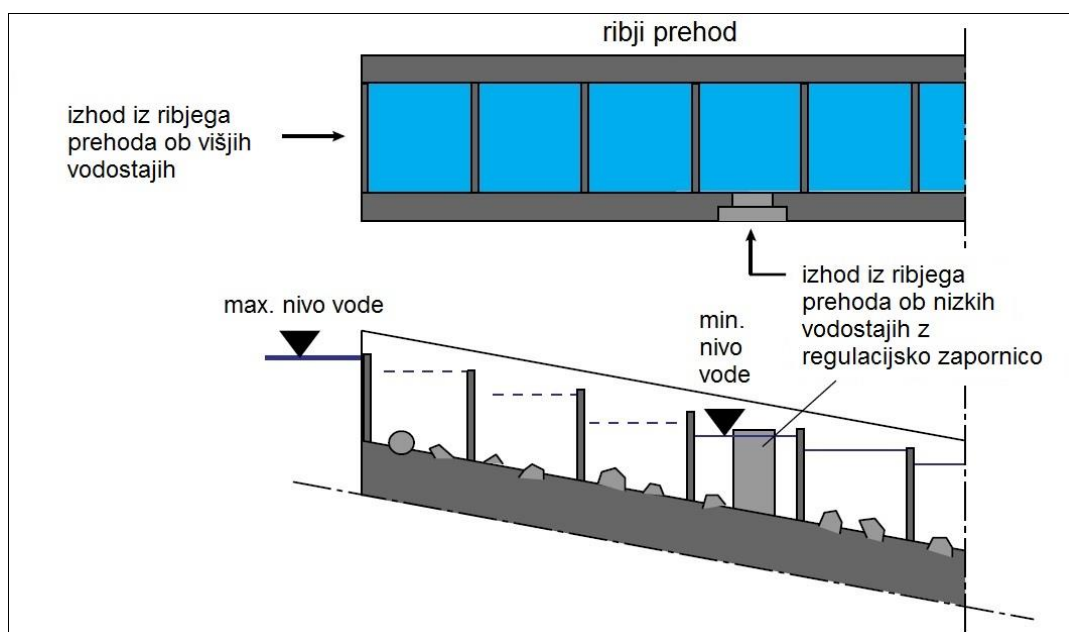
Slika 5: Shema zbiralne galerije (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002)

Nekatere ribe migrirajo čez dan, ko je svetlo, zato moramo poskrbeti, da je ribja steza izpostavljena dnevni svetlobi. Če to ni mogoče, pa moramo stezo umetno osvetliti na način, da je svetloba kar se da podobna naravni (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

### 5.3 Izhod iz ribjega prehoda

Če se ribji prehod nahaja na hidroelektrarni, je pomembno, da je izhod iz njega na gorvodni strani nameščen na dovolj veliki razdalji od mesta, kjer je urejen vtočni objekt na turbine. V nasprotnem primeru se lahko zgodi, da ribe tok povleče v turbino, ko zaplavajo iz prehoda. Minimalna razdalja, ki je potrebna med tem mestom in izhodom iz steze je 5 m. Če je glavni tok vodotoka večji od 0,5 m/s, pa je potrebno mesto izhoda podaljšati do glavnega toka s pregrado (zidom) (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002). Globina izhoda mora biti primerljiva z globino vode v ribjem prehodu (Kolman, Mikoš, 2010).

Na pregradah, kjer je gladina zaježitve vseskozi precej konstantna, ureditev izhoda ni preveč zahtevna. Problem nastane na tistih pregradah, kjer vodostaj zelo niha. Pri teh primerih so potrebni posebni ukrepi. To lahko uredimo z izgradnjo takšnega tipa ribjega prehoda, pri katerem nihanje gladine vode nima velikega vpliva na učinkovitost le-tega, ali pa z nekaterimi strukturnimi prilagoditvami izhoda. Če gladina vode variira od 0,5 do 1 m, lahko to uredimo z izhodom v obliki vertikalne reže. Če so odstopanja večja, pa je potrebna namestitev enega ali več dodatnih izhodov na različnih višinah vzdolž ribje steze (Slika 6). S tem zagotovimo potreben pretok vode v ribji stezi in neoviran izhod iz nje ob vseh nivojih vode (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).



Slika 6: Shema dodatnega izhoda iz ribjega prehoda, ki zagotavlja neoviran izhod tudi ob nizkih vodostajih (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002)

Na velikost pretoka skozi ribji prehod lahko vplivamo tako, da namestimo naprave za reguliranje v obliki zapornic. Lahko so avtomatične ali pa ročno upravljive. Pri tem moramo paziti, da ne prihaja do napak in da je prehod vseskozi učinkovit (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Dobro je, če izhod iz ribje steze in rečno dno povežemo z nasipom, podobno kot pri vhodu v ribji prehod. Tako omogočimo prehajanje tudi bentoškim organizmom. Velikim turbulencam pri izhodu in hitrostim toka nad 2 m/s se moramo izogniti, da lahko ribe lažje zaplavajo iz prehoda v rečni tok. Izhod moramo tudi s posebnimi zaščitnimi napravami zavarovati pred naplavinami in plavjem, ki jih prinaša tok, ker se lahko odlagajo ali zagostijo v ribji stezi (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

#### 5.4 Dimenzioniranje elementov ribjega prehoda

Nekateri glavni elementi, na katere moramo biti pozorni pri dimenzioniranju ribjega prehoda, so: naklon, dolžina in širina prehoda, globina vode ter dimenzije počivalnih bazenov in odprtin za prehajanje. Katere so optimalne dimenzije pa je odvisno od različnih dejavnikov, med drugim od razpoložljivega pretoka voda in vrste ribjega prehoda (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Še en dejavnik, ki ga moramo pri dimenzioniranju upoštevati, je velikost največje ribje vrste, ki je na obravnavanem območju prisotna oz. jo lahko v njenem migracijskem obdobju pričakujemo. Paziti moramo namreč tudi na to, da imajo ribe v prehodu dovolj prostora, še posebno v prehodih med bazeni. Pri projektiranju uporabimo reprezentativne mere telesa največje ciljne ribje vrste. Dimenzije teles nekaterih bolj pogostih večjih ribjih vrst so podane v Preglednici 1 (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

**Preglednica 1: Reprezentativne dolžine in širine teles nekaterih večjih ribjih vrst v odraslem obdobju (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002 in Schmutz, Mielach, 2013)**

Ribja vrsta		Dolžina telesa [m]	Širina telesa [m]
Jeseter	<i>Acipenser sturio</i>	3,0	0,36
Som	<i>Silurus glanis</i>	1,6	0,22
Ščuka	<i>Esox lucius</i>	1	0,07
Sulec	<i>Hucho hucho</i>	1	0,1
Jezerska postrv	<i>Salmo trutta f. lacustris</i>	1	0,1
Mrena	<i>Barbus barbus</i>	0,8	0,09
Krap	<i>Cyprinus carpio</i>	0,8	0,13
Ploščič	<i>Abramis brama</i>	0,7	0,07
Jez	<i>Leuciscus idus</i>	0,7	0,08
Klen	<i>Leuciscus cephalus</i>	0,6	0,07
Lipan	<i>Thymallus thymallus</i>	0,5	0,05
Potočna postrv	<i>Salmo trutta fario</i>	0,5	0,05

Pri določevanju dimenzij ribjega prehoda pa je potrebno upoštevati še plavalne sposobnosti ribjih vrst v vseh starostnih skupinah na obravnavanem območju. Zagotoviti moramo, da je prehod omogočen tudi najšibkejšim ribjim vrstam v njihovem najmlajšem obdobju (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Največji dovoljen naklon pri tehničnih tipih ribjih stez je nekje od 1:5 do 1:10, odvisno od posameznega tipa prehoda. Pri naravnih tipih ribjih prehodov pa mora biti naklon manjši od 1:15 glede na naklon vodotoka (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Pomembno je, da v ribji prehod umestimo prostore, kjer se lahko ribe med vzponom spočijejo in nato nadaljujejo s plavanjem. Pri nekaterih tipih ribjih prehodov so ti prostori že v sami njihovi zasnovi, npr. pri bazenskem tipu ribjega prehoda. Pri ostalih tipih prehodov, ki tega nimajo, pa jih je na vmesnih lokacijah priporočljivo ustvariti, npr. pri skalni drči. Pri ribjih prehodih, brez počivalnih bazenov in dolžin, ki presegajo ribje plavalne sposobnosti, je umestitev dodatnih bazenov nujna. Vmesne lokacije bazenov določimo na podlagi naklona ribjega prehoda in na razdalji ne več kot 2 m višinske razlike med bazeni. Pri tipu Denil ribjega prehoda moramo narediti počivalne bazene vsaj na vsakih 10 m vodoravne razdalje za salmonidne in na vsaj 6-8 m za ciprinidne ribje vrste (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

S hidravličnega vidika je pri dimenzioniranju pomembna predvsem maksimalna dovoljena pretočna hitrost oz. energija vodnega toka skozi ribji prehod. Maksimalna hitrost toka v prehodih med bazeni oz. v območju zožitev je odvisna od višinske razlike med ovirami in jo lahko izračunamo s pomočjo energijske enačbe (Schmutz, Mielach, 2013):

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

Kjer je:

$v$  – maksimalna hitrost toka,

$h$  – višina ovire,

$g$  – gravitacijski pospešek.

Obratno lahko s pomočjo maksimalnih hitrosti toka določimo maksimalne višinske razlike med bazeni ribjega prehoda (Schmutz, Mielach, 2013). Priporočljivo je, da je maksimalna višinska razlika med sosednjima bazenoma 0,2 m. Takšna razlika še zagotavlja sprejemljiv pretok vode tik pri dnu ribjega prehoda, da ga lahko prečkajo tudi ribe s šibkejšimi plavalnimi sposobnostmi. Izogibati se je potrebno slapovom, prostemu prelivanju vode in ozračenim curkom (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Pri naravnih tipih ribjih prehodov s konstantnim padcem, lahko maksimalno hitrost toka izračunamo z enačbo (Schmutz, Mielach, 2013):

$$v = \sqrt{I}$$

$I$  – padec

V ribjem prehodu moramo zagotoviti tudi minimalne hitrosti vodnega toka. S tem ribam omogočimo orientacijo, še posebno reofilnim vrstam (vrstam, ki potrebujejo hitro in čisto vodo) (Schmutz, Mielach, 2013).

Na ribje plavalne sposobnosti negativno vpliva turbulenca, ki povzroča izčrpanost, lahko pa tudi poškodbe rib. Definirana je kot redukcija moči glede na volumen bazena ali disipacija energije. Spreminja se glede na gladino vode nad pregrado (zgornjo vodo) in gladino vode pod pregrado (spodnjo vodo). Disipacijo energije za bazenske tipe ribjih prehodov izračunamo z enačbo (Schmutz, Mielach, 2013):

$$P_D = \rho_w \cdot g \cdot Q \cdot \frac{\Delta h}{V}$$

Kjer je:

$P_D$  – disipacija energije vodnega toka,

$\rho_w$  – specifična gostota vode,

$Q$  – pretok,

$\Delta h$  – višinska razlika med sosednjima bazenoma,

$V$  – prostornina bazena.

Pri obtočnem kanalu pa jo izračunamo z enačbo (Schmutz, Mielach, 2013):

$$P_D = \rho_w \cdot g \cdot v_m \cdot I$$

Kjer je:

$v_m$  – srednja hitrost toka,

$I$  – padec.

Za bazenske tipe ribjih prehodov z vertikalnimi prekati so po avstrijskih smernicah (BMLFUW 2012) disipacije energije v bazenih in višinske razlike med njimi podane v naslednji tabeli. V njej je upoštevan tudi varen prehod majhnim ribam in mladnicam. Ustrezne vrednosti se določijo glede na ribji pas.

**Preglednica 2: Disipacije energije v bazenih in višinske razlike med njimi glede na ribji pas (Schmutz, Mielach, 2013)**

Ribji pas	Višinska razlika med bazeni	Disipacija energije v bazenih - PD [W/m <sup>3</sup> ]
zgornji postrvji	0,2	160
spodnji postrvji (z lipanom)	0,18	140
spodnji postrvji (brez lipana)	0,18	130
lipanski	0,15	120
mrenski	0,13 - 0,10	100
ploščičev	0,08	80

Z višinsko razliko zgornje in spodnje vode pri pregradi in maksimalno razliko med sosednjima bazenoma, lahko dobimo skupno število bazenov potrebnih za prečkanje celotne višine pregrade z naslednjo enačbo (Schmutz, Mielach, 2013):

$$n = \frac{h_{tot}}{\Delta h} - 1$$

Kjer je:

$n$  – število bazenov,

$h_{tot}$  – višinska razlika med gladino zgornje in spodnje vode,

$\Delta h$  – višinska razlika med sosednjima bazenoma.

Po Schmutz in Mielach (2013) lahko skupno dolžino ribje steze določimo glede na število bazenov, dolžino posameznega bazena in širino ločilne stene med bazeni:

$$l_{tot} = n \cdot (L_p + w_b)$$

Kjer je:

$l_{tot}$  – skupna dolžina ribjega prehoda [m],

$L_p$  – dolžina bazena [m],

$w_b$  – širina ločilne stene med bazeni [m].

Izbira primernega tipa ribjega prehoda za določen primer pregrade lahko določimo s pomočjo naslednjih kriterijev (Schmutz, Mielach, 2013):

- vrsta pregrade
- prostor, ki ga imamo na voljo in naklon
- za velike višinske razlike in malo prostora so primerni tehnični tipi ribjih prehodov



- za male višinske razlike in veliko prostora izberemo naravne tipe prehodov
- za velike višinske razlike in veliko prostora so možne kombinacije naravnih in tehničnih tipov prehodov

### 5.5 Dno ribjega prehoda

Dno celotne ribje steze, vključno z izhodom in odprtinami, je priporočljivo prekrito z grobim substratom. Najbolje je, da je vrsta substrata enaka ali kar se da podobna tistemu, ki se nahaja na dnu vodotoka, na katerem urejamo ribji prehod. Substrat sestavimo iz kamenčkov različnih oblik in velikosti, kot je prikazano na Sliki 7. Na ta način tvorimo raznolike razpoke in skrivališča, med katerimi se lahko pred tokom skrivajo mladice, manjše ribe ter bentoški nevretenčarji. Debelina substrata v ribjem prehodu mora biti vsaj 0,2 m. Dobra lastnost grobega substrata je tudi, da preprečuje erozijo (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

S hidravličnega vidika grob substrat povzroča večjo hrapavost dna in upočasnitev ter neenakomerno porazdelitev pretočnih hitrosti po globini. Maksimalne hitrosti, ki jih lahko izračunamo po enačbi iz prejšnjega poglavja, se zato proti dnu hitreje zmanjšujejo (pri gladini vode so največje). Z grobim substratom tako ustvarimo ob dnu manjše hitrosti toka in s tem omogočimo prehod mladim in majhnim ribam (Schmutz, Mielach, 2013).

Pri nekaterih tehničnih tipih ribjih stez substrata po dnu ni mogoče položiti (npr. Denil ribji prehod), s tem pa je tudi onemogočen prehod bentoškim nevretenčarjem. Te vrste ribjih stez zato ne izpolnjujejo enega izmed osnovnih ekoloških pogojev za ribje prehode (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).



Slika 7: Grob substrat na dnu ribjega prehoda (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002)

## 6 OBRATOVALNI ČAS

Še posebno je pomembno, da je ribji prehod učinkovit v obdobju ribjih migracij. Obdobja migracij pa se razlikujejo glede na posamezne ribje vrste. V splošnem večina ciprinidnih vrst migrira spomladi in poleti, medtem ko se salmonidne vrste selijo bolj v jesenskem in zimskem času zaradi drstenja. Bentoški nevretenčarji migrirajo skozi celo leto. Različna so tudi časovna obdobja v dnevu, ko organizmi migrirajo. Ure, kadar so ribe najbolj aktivne pri migriranju se prav tako razlikujejo od ribje vrste, pri vsaki vrsti pa se te ure lahko skozi leto tudi spreminjajo. Bentoški nevretenčarji najraje migrirajo v večernem in nočnem času (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Zaradi različnih selitvenih obdobj je ribji prehod obratovati skozi celotno leto (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002). Za funkcionalen ribji prehod lahko označimo tistega, ki deluje vsaj 300 dni na leto (Kolman, 2014). Omejeno delovanje je dovoljeno ob zelo visokih oz. nizkih pretokih. V takšnih razmerah se namreč tudi aktivnost ribjih migracij zmanjša. Ribji prehod mora prav tako delovati 24 ur na dan zaradi bentoških nevretenčarjev, ki se počasi premikajo in bi ob nenadni presušitvi ribje steze pomrli (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

V primeru nižjih jezovnih objektov in pragov lahko struga vodotoka postane prehodna, ko pretok v vodotoku preseže določeno vrednost. V tem primeru je ovira prehodna le določeno število dni na leto. Ali je v tem primeru potrebno zgraditi prehodni objekt je po vsej verjetnosti odvisno od obdobj višjih pretokov, velikosti ovire, ribjih vrst, njihovega obnašanja, plavalnih in skakalnih sposobnosti rib ipd. Če so obdobja prehodnosti pregrade dovolj dolga in v času, ko ribje vrste na območju migrirajo, potem mogoče izgradnja ribjega prehoda ni nujna. Če pa je ovira prehodna le nekaj 10 dni v letu, pa je že potrebno razmisliti o ureditvi prehoda. Odgovor na to vprašanje verjetno najlažje pridobimo z opazovanjem razmer na določenem oz. obravnavanem primeru.

## **7 ZAŠČITA**

### **7.1 Zaščita pred človeškimi dejavniki**

Ribji prehod moramo zaščititi pred motečimi dejavniki pri vhodu, izhodu in v njem samem. Eden izmed teh dejavnikov je lahko ribolov v bližini ribje steze, ki ga je potrebno na takih mestih prepovedati. Za to so pristojne ribiške družine. Ribje prehajanje lahko zmotijo tudi različne vodne dejavnosti, namenjene rekreaciji, kot so plavanje in vožnja s plovili (kajak, kanu ipd.). Zato moramo poskrbeti, da se takšne aktivnosti ne izvajajo v neposredni bližini ribje steze (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Dostop do ribjega prehoda mora biti omogočen samo pooblaščenemu osebju, kot so vzdrževalni delavci, nadzorniki, strokovnjaki. V primeru, da so v ribji stezi nameščena okna za monitoring, moramo poskrbeti, da lahko nadzorniki ribe vidijo, ne pa obratno (npr. zatemnjena stekla). Prav tako delovanje ribjega prehoda ne sme biti ogroženo v primeru vodnih del v njegovi bližini (poglobitvi struge, rekonstrukciji pregrade oz. njenih elementov, namestitvi turbine ipd.) (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

### **7.2 Zaščita pred plavinami**

V kolikšni meri je potrebno zaščititi ribji prehod oz. ali je zaščita pred plavinami sploh potrebna, je odvisno od samega vodotoka ter koliko in kakšne plavine prinaša, še posebno v času ribjih migracij. Odvisno je tudi od tipa ribjega prehoda, nekateri so namreč bolj nagnjeni k temu, da se zamašijo, drugi manj. Vrste zaščit, ki jih lahko uporabimo so: plavajoča debela, rešetke, površinski odbojniki, vrste ograj ali pilotov gorvodno od ovire oz. kombinacije naštetih (Armstrong in sod., 2010).

## **8 VZDRŽEVANJE**

Za neovirano delovanje ribjega prehoda je zelo pomembno njegovo redno vzdrževanje. Velikokrat so vzroki za nedelovanje zamašitev vhoda ali odprtin v ribjem prehodu, fizična poškodba ali pa okvara naprave za uravnavanje pretoka skozi prehod. Z rednim vzdrževanjem je vse te nepravilnosti mogoče odkriti in jih pravočasno odpraviti. V ta namen je potrebno poskrbeti za neoviran in varen dostop do ribjega prehoda. Zagotoviti moramo tudi možnost, da za potrebe vzdrževanja lahko kadarkoli prekinemo pretok vode v prehodu (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Bolj tehnični tipi ribjih prehodov zahtevajo bolj redno in skrbno vzdrževanje. Tam so okvare namreč bolj pogoste. Ribji prehodi, ki delujejo na principu imitacije naravnih vodotokov, ne potrebujejo toliko pozornosti. Nimajo namreč tehničnih elementov, ki bi se okvarili, redko pa se zamašijo v tolikšni meri, da je pretok skozi prehod popolnoma prekinjen. Pogostost oz. urnik preverjanja delovanja se zato določi na podlagi tipa ribjega prehoda. Pregled ribjega prehoda je še posebno priporočljiv po visokih vodah oz. poplavih (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

## 9 MONITORING IN UČINKOVITOST RIBJEGA PREHODA

Umestitev naprave za monitoring ni preveč zahtevna in ne preveč draga, če le imamo na voljo dovolj prostora. Prostora za postavitev takšne naprave pa niti ne potrebujemo veliko. Dovolj je že 1-2 m prostora, dostikrat pa še manj. Tipične naprave za monitornig delujejo na principu video ali infra-rdeče tehnologije, merjenja upornosti in PIT tag tehnologije. Vsaka izmed njih ima svoje prednosti in slabosti glede kakovosti pridobljenih podatkov (Armstrong in sod., 2010). Načini monitoringa bodo podrobneje predstavljeni v naslednjem poglavju.

Namen monitoringa ribjih prehodov je, da ugotovimo, ali ribe lahko najdejo vhod v ribji prehod in da se prepričamo o njeni učinkovitosti. Monitoring je priporočljiv pri vseh ribjih prehodih, še posebno pa pri tistih, pri katerih nimamo veliko izkušenj iz preteklosti. To je pri novih tipih oz. variacijah že poznanih konstrukcij, pri konstrukcijah, ki imajo specifične, še nepreizkušene dimenzije ali pa pri ribjih prehodih, ki so na vodotokih, kjer ni (veliko) takšnih objektov. Dobro je, če je naprava za izvajanje monitoringa nameščena že pri izgradnji ribje steze ali pa kmalu po tem, saj lahko tako hitro določimo njeno učinkovitost in zgodaj odpravimo morebitne nepravilnosti. Lahko se jo namesti tudi naknadno po izgradnji, vendar je potrebno to pri projektiranju upoštevati. (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Za razliko od monitoringa prehajanja rib, ki ga je s pravim pristopom in interesom mogoče izvajati, pa je težko določiti migracije bentoških nevretenčarjev skozi ribji prehod. Na podlagi dosedanjega znanja je ugotovljeno, da je z neprekinjenim substratom na dnu ribjega steze, bentoškim nevretenčarjem prehod omogočen (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

### 9.1 Načini monitoringa

#### 9.1.1 Ribje pasti

Ribja past je standardna metoda monitoringa, ki jo lahko uporabljamo tako pri tehničnih, kot pri naravnih tipih ribjih prehodov. Past mora biti nameščena čez celoten prečni profil ribjega prehoda in čim bližje njegovemu dnu. Postaviti jo je potrebno pri izhodu iz ribje steze. Ribje pasti so lahko v obliki škatle (kvadrata), stojal ali posebnih ribjih pasti. Katero uporabimo je odvisno od vrste ribjega prehoda in lokalnih okoliščin (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Najbolj pogosta je škatlasta oblika ribje pasti. Najpogosteje se jo uporablja pri bazenskih tipih ribjih prehodov, njene dimenzije pa določimo glede na dimenzije bazena, v katerem bo nameščena. Če jo namestimo v vmesni bazen, ne dobimo podatkov, ki nam povedo ali ribe lahko preplavajo celotno dolžino ribjega prehoda. Zato jo moramo postaviti v bazen, ki je najbližje izhodu iz prehoda. Škatlasta oblika ribje pasti je zgrajena iz okvirja, preko katerega je napeljana mreža. Mreža je narejena iz močnih plastičnih materialov temnih barv. Največja dolžina stranice luknje v mreži je 10-12 mm, da

se lahko vanjo ujamejo tudi manjše ribe. Enaka priporočila veljajo tudi za druge vrste ribjih pasti (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Ribje pasti zahtevajo skrbno ravnanje, saj se lahko zgodi, da se pri zajemanju ribe poškodujejo. Velika verjetnost za to je, ko se v past ujame večje število rib, kar je običajno v obdobju povečanih migracij. Da se tem nezgodam izognemo, je potrebno pogosto zajemanje/praznjenje ribjih pasti (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Ko ribe ujamemo v past, jih izmerimo ter preučimo lastnosti, ki nas zanimajo, nato pa jih spustimo nazaj v vodotok. Ribje pasti nam dajo kakovostne podatke glede gorvodnih migracij. Njihova slaba lastnost pa je, da naj bi zaradi postavitve preprečevale dolvodne migracije (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

### **9.1.2 Blokirna metoda**

Pri tej metodi z mrežo zapremo izhod iz ribjega prehoda, da ribe ne morejo skozi. Tako ugotovimo, s katere strani so ribe priplavale v prehod in s tem za kakšno vrsto migracij gre. Nato ribe polovimo z elektro izlovom ali pa z izsušitvijo ribjega prehoda. Metoda je primerna za ribje prehode, ki imajo bazene oz. prostore, kjer ribe vmes počivajo. Ni primerna za tiste tipe prehodov, kjer morajo ribe preplavati celotno dolžino ribjega prehoda v enem poskusu (npr. Denil ribji prehod). Težave, ki se lahko pojavijo so zamašitev blokade z raznimi delci in naplavinami (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

### **9.1.3 Označevanje**

Tehnika označevanja rib je primerna za naravne tipe ribjih prehodov in za preučevanje migracij na splošno. Ribe lahko označujemo z barvnimi injekcijami ali pa z oznakami (PIT tag). Ribe najprej ujamemo v bližini izbrane lokacije monitoringa, jih označimo, nato pa spustimo nazaj v vodotok pod pregrado (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Pri PIT tag (Passive Integrated Transponder) oddajnikih lahko nato ribe spremljamo pri prehajanju s pomočjo sprejemnikov, ki so nameščeni v ribjem prehodu. Vsak PIT tag oddajnik ima specifično kodo, po kateri lahko prepoznamo točno določen primerek označene ribe (PIT tags: The full story, 2010).

Pri označevanju z barvnimi injekcijami pa je potrebno za nadaljnje raziskave označene ribe ponovno ujeti, medtem ko prehajajo ali pa potem, ko so že prešle ribji prehod. To lahko storimo z ribjimi pastmi ali pa elektro izlovom. Dodatne informacije lahko pridobimo še s poročanjem ribičev, ki ujamejo označene ribe gorvodno od pregrade (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Za kakovostne podatke pri obeh tehnikah, je potrebno označiti večje število rib, različnih velikosti in vrst, saj je ponovni ujem označenih rib običajno relativno majhen. Pri analizah je potrebno upoštevati razmerje med vsemi označenimi ribami ter tistimi, ki smo jih ponovno ujeli (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

#### **9.1.4 Elektro izlov**

Elektro izlov je pogosto uporabljena metoda za ugotavljanje zalog ribjih populacij. S posebnimi napravami, ki ustvarjajo električno polje ribe privabimo, jih omrtvičimo in nato ujamemo. Nato jih lahko preučimo glede na lastnosti, ki nas zanimajo. S pravilno uporabo opreme pri elektro izlovu rib ne poškodujemo (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Za potrebe monitoringa ribjega prehoda, elektro izlov izvajamo dolvodno in gorvodno od pregrade. S tem dobimo bazo podatkov o ribjih zalogah na tem območju, kar nam služi pri nadaljnjem ugotavljanju učinkovitosti prehoda. S kombinacijami z ostalimi tehnikami monitoringa (npr. označevanjem rib) lahko ugotovimo učinkovitost ribjega prehoda (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

#### **9.1.5 Avtomatske naprave**

Prednost avtomatskih naprav za monitoring je, da rib pri opazovanju ne vznemirjamo. Naprave za monitoring ribjih prehodov lahko delujejo na podlagi senzorjev za zaznavanje gibanja ali svetlobe (oz. prekinitve svetlobe), video nadzora, veliko naprav pa je še v fazi razvoja. Senzorji za zaznavanje svetlobe in gibanja imajo to pomanjkljivost, da lahko beležimo samo število prehodov skozi ribjo stezo, ne moremo pa ugotoviti velikosti in vrst rib. Pri video napravah je to mogoče, vendar mora biti globina ribjega prehoda dovolj velika, da jih lahko namestimo. Avtomatske naprave za monitoring so v večini primerov nameščene v bližini izhoda iz ribjega prehoda. Slaba lastnost takšnega načina monitoringa je, da je potrebno redno in drago vzdrževanje (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

## **10 STROŠKI IZGRADNJE RIBJEGA PREHODA**

Gradnja ribjega prehoda poteka v težkih in nepredvidljivih pogojih. Gradbena dela ovirajo različni dejavniki, med katere spadajo otežen dostop, možnost poplav, uhajanje vode v konstrukcijo med gradnjo ipd. Če bi se podobno obsežen projekt z gradbenega vidika gradil na terenu, kjer takšne oteževalne okoliščine niso prisotne, bi bila gradnja precej manj zahtevna in posledično bi bili tudi stroški manjši. Zaradi nevarnega delovnega okolja so potrebni tudi večji varnostni ukrepi (Armstrong in sod., 2010).

Običajno so stroški projekta precej večji od pričakovanih, predvsem zaradi nepredvidljivih okoliščin, še posebno pri izgradnji tehničnih tipov ribjih prehodov. Točno vrednost investicije je težko predvideti, saj zelo variira glede na tip ribjega prehoda, lokacijo, okoliščine... (Armstrong in sod., 2010). Povprečen strošek izgradnje ribje steze naj bi bil okoli 285.000 €. Ker se večino denarja porabi za gradbena dela, je občutno ceneje, če se prehod gradi vzporedno (istočasno) s hidroelektrarno oz. drugo pregrado ali objektom. V tem primeru gradbena dela že potekajo, vsa potrebna mehanizacija in material je že na lokaciji gradnje in tako se stroški porazdelijo. Prav tako je načrt za ribji prehod že v gradbenem načrtu (Coe, Kibel, 2010).

Gradnja ribjih prehodov je draga, vendar se z izgradnjo energetskega objekta ta investicija sčasoma povrne, obenem pa s tem ohranimo vzdolžno povezanost vodnega ekosistema (Coe, Kibel, 2010).



## 11 VRSTE RIBJIH PREHODOV

Poznamo več vrst ribjih prehodov. V glavnem jih delimo na (Kolman, Mikoš, 2010):

- bazenski tip
- prehod Denil
- zapiralno ribje dvigalo
- ribje dvigalo sistema »ujemi in prenesi«
- drčo
- obtočni kanal
- specifični ribji prehod za jegulje in njihove mladice

S hidravličnega vidika so ribji prehodi objekti za disipacijo energije vodnega toka. Njihov namen je zmanjšanje hitrosti vodnega toka in povečanje globin vode (Kamula, 2001).

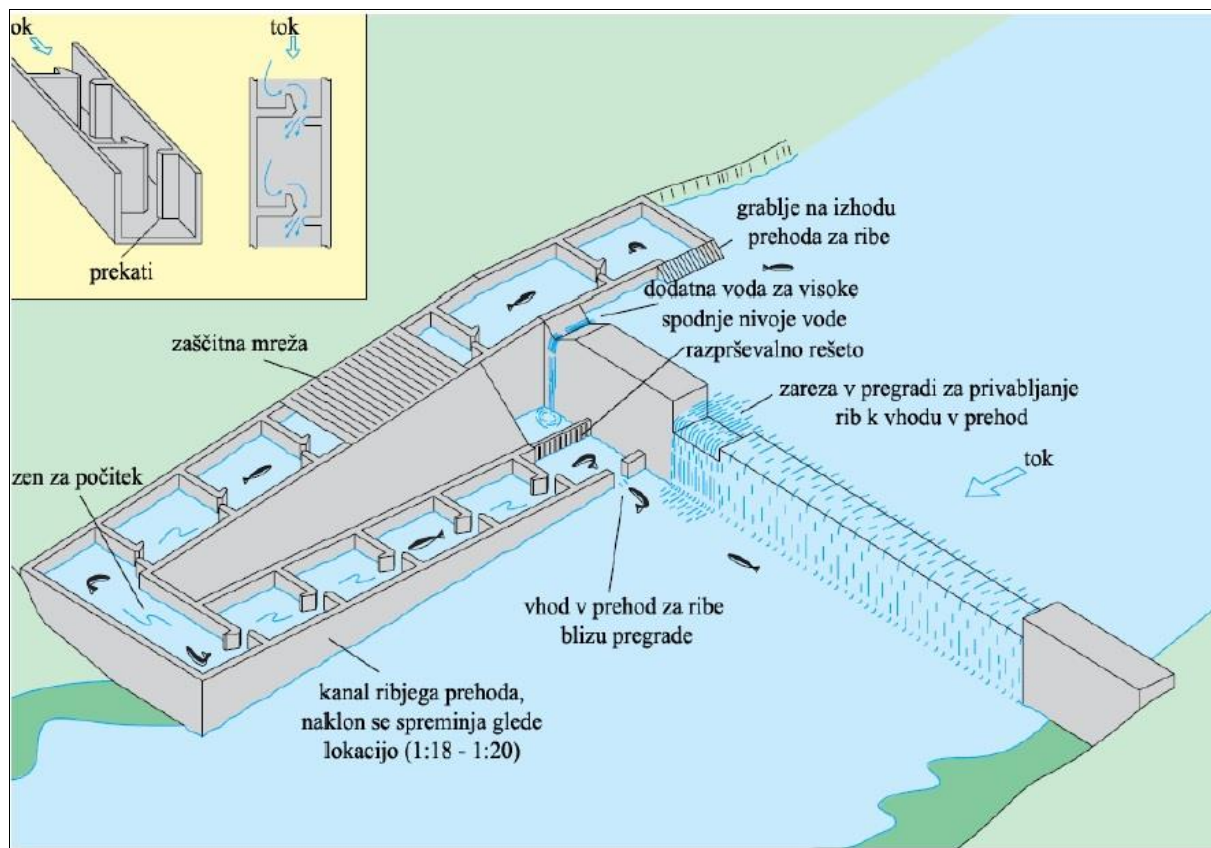
Izbira ribjega prehoda na določenem območju v glavnem temelji na pretežno ribjo vrsto, ki se tam nahaja. Da je učinkovit, pa je treba zagotoviti prehod tudi ostalim vrstam, vse do najmanjših in najšibkejših. V različnih odsekih vodotoka, gledano od izvira proti izlivu, najdemo različne ribje vrste. Ribe morajo biti sposobne preplavati ribji prehod, zato je treba glede na tamkajšnje razmere in ribjo populacijo izbrati primeren tip le-tega (Kolman, Mikoš, 2010).

### 11.1 Bazenski tip

Bazenski tip ribje steze je eden najstarejših ribjih prehodov ter eden izmed najbolj preprostih in učinkovitih. Primeren je namreč za ribe z dobrimi plavalnimi sposobnostmi, za ribe, ki se zadržujejo pri dnu ter tudi za manjše ribe. Vendar pa je treba to vrsto ribjega prehoda redno vzdrževati, ker se na odprtinah med bazeni lahko začnejo nabirati razni delci (predvsem problem zagozdenja plavja – drevesnih ostankov in ostalega), ki lahko prehod popolnoma zamašijo (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Bazenski tip ribjega prehoda je razdeljen v vrsto bazenov, ki so med seboj ločeni s preprekami. Ovire služijo kot zavetje, kjer se lahko riba spočije, preden nadaljuje pot v naslednji bazen. Hitrosti vodnega toka so velike samo pri mestih prehoda iz enega v drug bazen, drugje v bazenu pa je tok počasnejši (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002). Prehod med bazeni je lahko omogočen z eno ali več potopljenih odprtih, režami, površinskim prelivanjem ali kombinacijo naštetih možnosti. Poleg zavetja za počitek rib, pa so bazeni prostori za disipacijo energije vodnega toka. Za učinkovit

bazenski tip ribjega prehoda velja ribji prehod z vertikalnimi prekatmi, ki je prikazan na Sliki 8. Velika prednost takšnih prehodov je, da so učinkoviti ob različnih nivojih zgornje in spodnje vode. Primerni so za premagovanje ovir visokih do 6 m (Kolman, Mikoš, 2010).



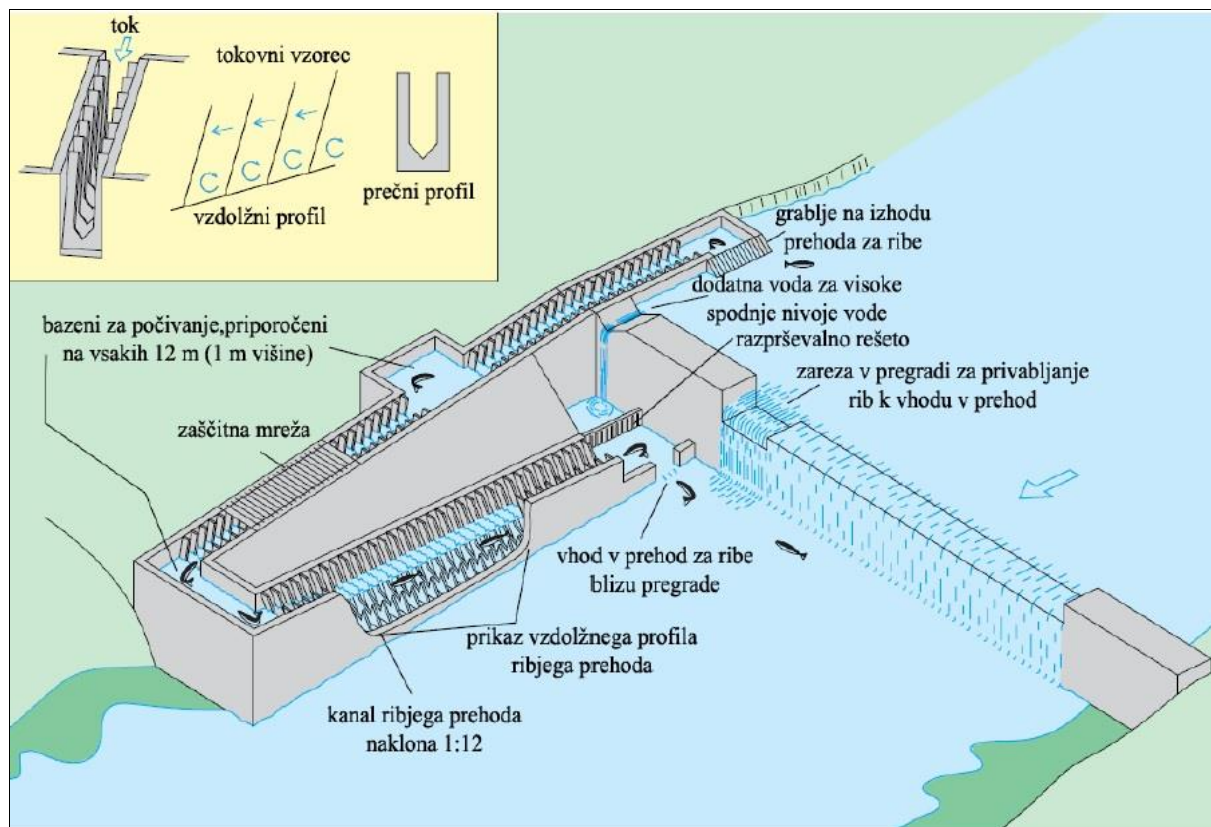
Slika 8: Bazenski tip ribjega prehoda z vertikalnimi prehodi med bazeni (Kolman, Mikoš, 2010)

## 11.2 Prehod Denil

Ta ribji prehod je na začetku 20. stoletja razvil belgijski inženir Denil, po katerem je tudi dobil ime. Ta tip prehoda se v glavnem uporablja za ribe, ki imajo dobre plavalne sposobnosti. Na začetku je deloval tako, da so morale ribe preplavati celotno dolžino prehoda, ne da bi vmes imele prostor za počitek. Kasneje so se razvile različice Denil ribjih prehodov, katere na primernih razdaljah vsebujejo počivalne bazene (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Dolžino prehoda oz. razdalje med počivalnimi bazeni, je potrebno izbrati glede na lastnosti posamezne vrste rib. Daljši je prehod oz. razdalja med bazeni, večja in močnejša mora biti ribja vrsta. Postavitev bazena je priporočena na vsak meter višine (Kolman, Mikoš, 2010). Veljalo naj bi tudi, da so vodoravne razdalje med bazeni za salmonidne vrste okrog 10 m, za ciprinidne pa od 6 do 8 m. Postavitev bazena je priporočena na vsak meter višine (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

Prehod vsebuje gorvodno usmerjena krila U-profila, ki so nanizana na kratkih razdaljah. Krila del toka speljejo do sten in dna kanala, kar zmanjšuje hitrost toka v osrednjem delu ribje steze. Zaradi svoje hidravlične učinkovitosti je uporaba Denil ribjega prehoda primerna v strmih vodotokih. Zahtevnost izvedbe je lažja, prav tako pa so stroški izgradnje manjši v primerjavi z drugimi tipi ribjih prehodov (Kolman, Mikoš, 2010).

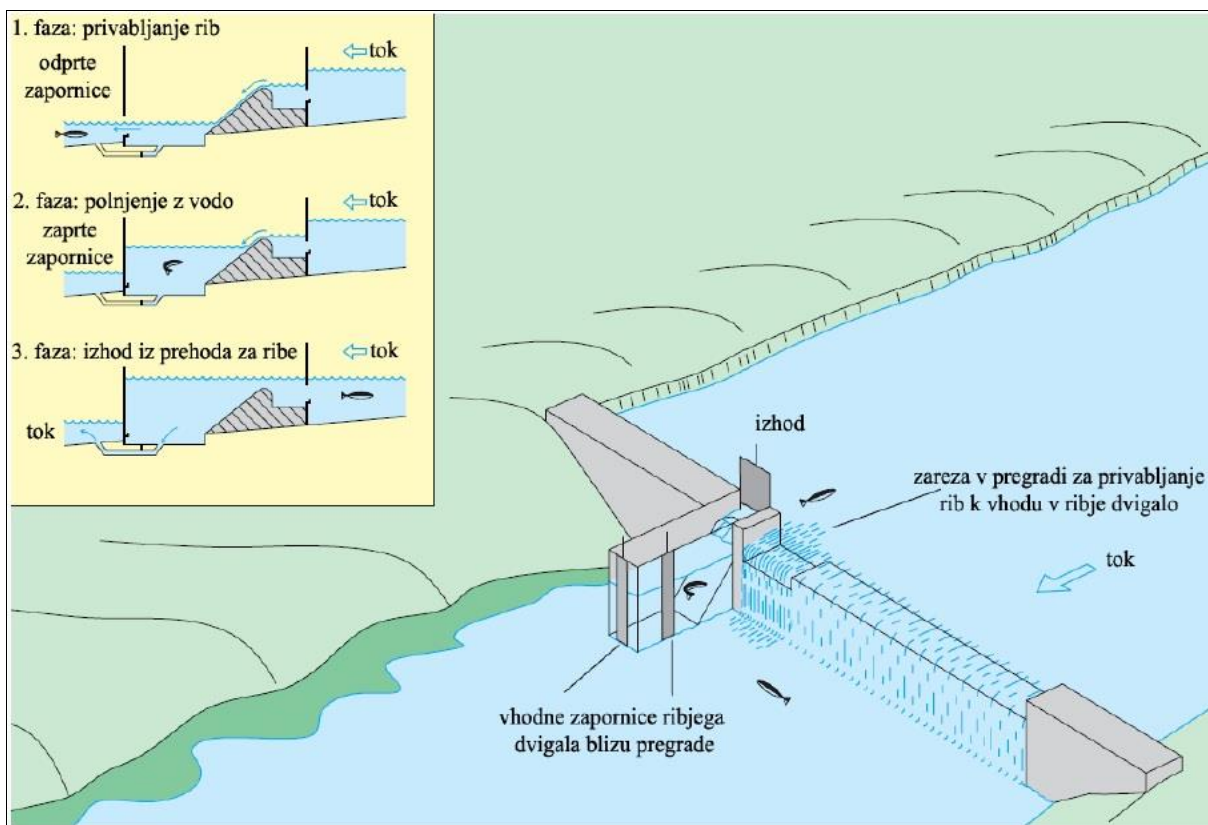


Slika 9: Shema Denil ribjega prehoda (Kolman, Mikoš, 2010)

### 11.3 Zapiralno ribje dvigalo

Zapiralno ribje dvigalo deluje tako, da privablja ribe na zadrževalno območje. Območje se potem zapre z zapornico in se napolni z vodo do višine gorvodne gladine. Nato se zapornica odpre in ribe odplavajo iz bazena. Da ribe priplavajo oz. odplavajo iz bazena, se ustvarjajo posebni tokovi, ki jih privabijo. Zapornica se zapira in odpira avtomatično na določen časovni interval. Običajno je to na pol oz. eno uro. To je odvisno od vodotoka in letnega obdobja, zato so za najbolj učinkovito delovanje dvigala potrebna predhodna opazovanja (Kolman, Mikoš, 2010).

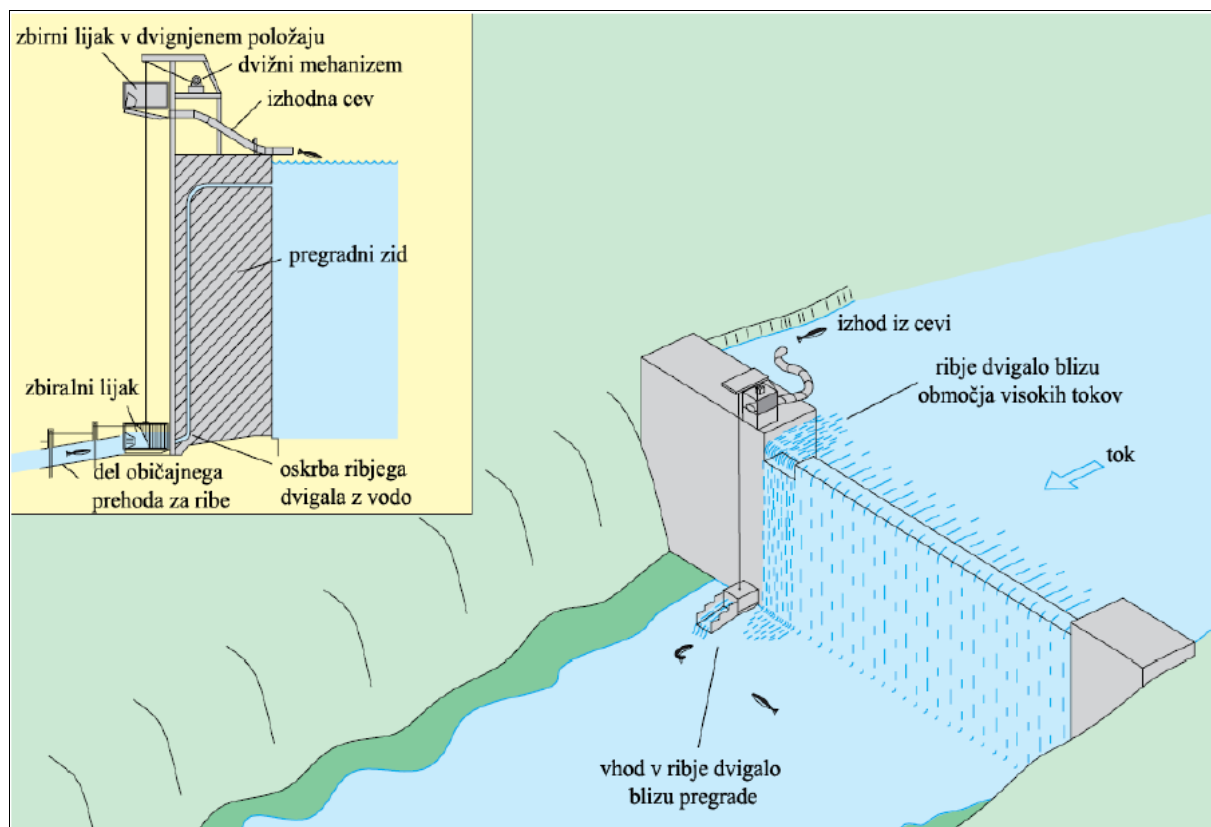
Zapiralna dvigala so se izkazala za ne zadostno učinkovita. Problem je v tem, da je število rib, ki lahko naenkrat prečkajo prehod, omejeno. Slabost je tudi, da lahko ribe zapustijo zadrževalno območje še preden se zapornica zapre. Zapiralno ribje dvigalo se uporablja tudi na majhnih pregradah, če je višinska razlika prevelika za druge tipe ribjih prehodov. V tem primeru se zapornice pri izhodu iz ribje steze ne uporabljajo (slika 10) (Kolman, Mikoš, 2010).



Slika 10: Zapiralno ribje dvigalo na manjših pregradah (Kolman, Mikoš, 2010)

#### 11.4 Ribje dvigalo sistema »ujemi in prenesi«

Ta vrsta ribjega prehoda deluje tako, da sprva na spodnji strani pregrade z atrakcijskim tokom privablja ribe v dvigalo, ki je potopljeno pod gladino vode. Na določen interval se dvigalo zapre in ujete ribe dvigne do gladine na zgornji strani pregrade. Na tem mestu je tudi potrebno ustvariti privlačne tokove, da ribe zaplavajo ven iz dvigala in naprej v glavni tok. Intervali dviganja in spuščanja se določijo na podlagi obdobja ribjih migracij. Ta sistem se uporablja pri premagovanju zelo visokih ovir, tudi večjih od 10 m (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002).

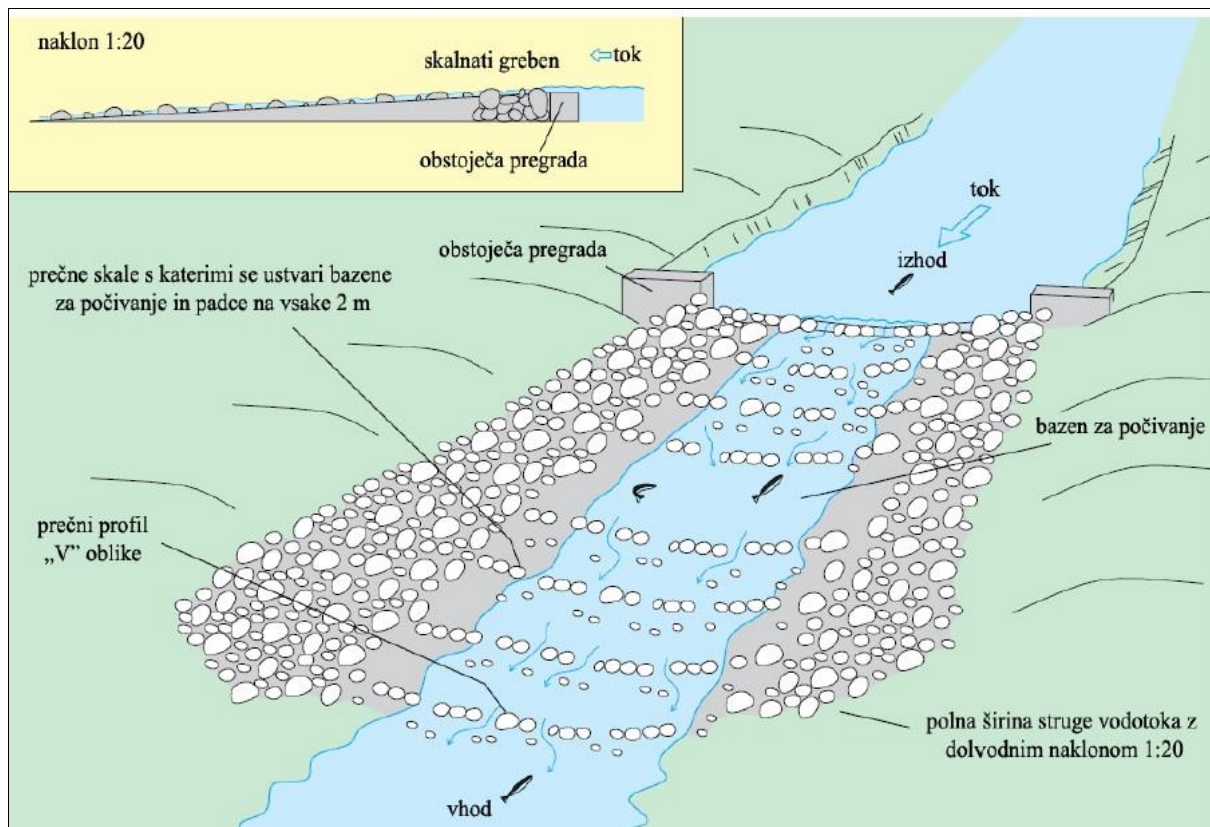


Slika 11: Dvigalo sistema »ujemi in prenesi« (Kolman, Mikoš, 2010)

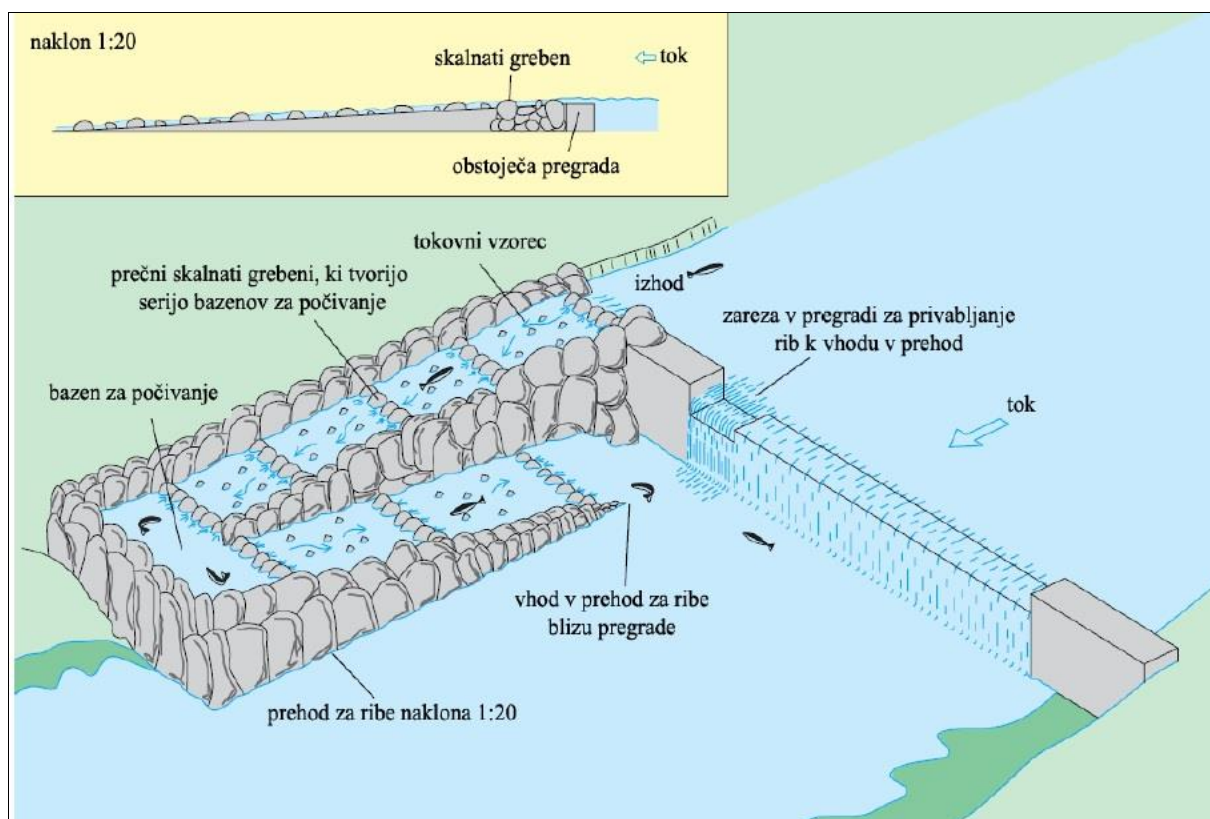
### 11.5 Drča

Drča je narejena iz večjega števila skal oz. kamenja, ki ustvarjajo tolmine, brzice in slapove ter tako oponašajo za ribe naravno okolje. Ta vrsta prehoda se uporablja, ko imamo opravka z nižjimi ovirami. Standardna drča je zgrajena tako, da si večje skale sledijo na vsake dva metra in vmes tvorijo prečne bazene z višinsko razliko 10 cm med vsakim. Zgrajene so lahko tako, da potekajo čez celotni prečni profil vodotoka (Slika 1), lahko pa tudi samo čez določen del (Slika 2). Drča je cenovno ugodna vrsta ribjega prehoda, ki lahko služi tudi za preprečevanje erozije (Kolman, Mikoš, 2010). Zahtevna je z vidika hidravličnega modeliranja zaradi deročega toka ter vodnih skokov, katerih lokacija se spreminja z vodostajem.





Slika 12: Drča urejena čez celoten prečni profil vodotoka (Kolman, Mikoš, 2010)

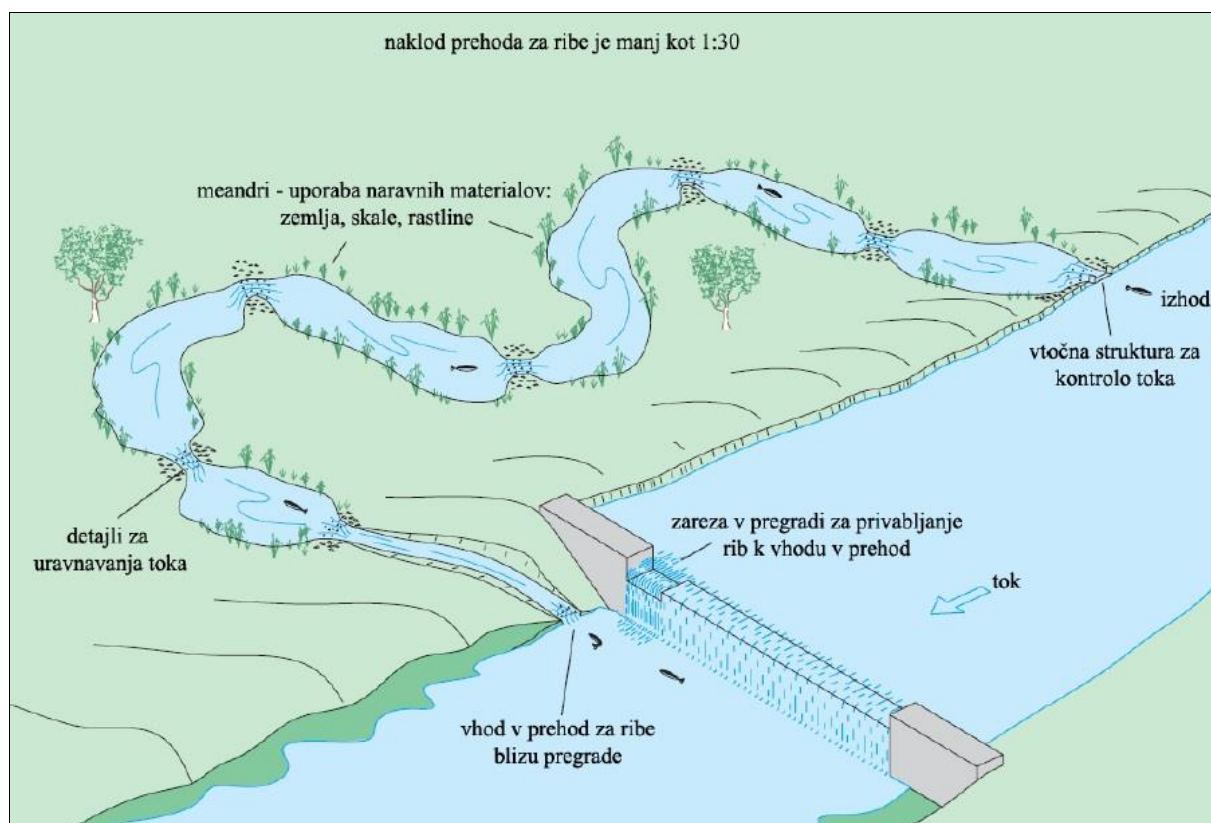


Slika 13: Drča urejena ob obrežnem delu vodotoka (Kolman, Mikoš, 2010)

## 11.6 Obtočni kanal

Obtočni kanal je prehod, ki je speljan mimo ovire in deluje kot naravni vodotok. Sestavljen je iz naravnih materialov, zemljine in kamenja. Kaskade in brzice, ki so razporejene kot v naravnih vodotokih, imajo vlogo disipacije energije vodnega toka. Glede dolžine ni omejitev, zato se ga lahko uporablja pri ovirah, ki zasedejo večji del vzdolžnega odseka vodotoka. Značilen je majhen padec, do 5%. Izgradnja takšnega prehoda je smiselna pri že postavljenih vodnih objektih, ki še nimajo zgrajenega ribjega prehoda, saj izgradnja ne zahteva posega v konstrukcijo. Prehod je primeren za veliko različnih ribjih vrst (Kolman, Mikoš, 2010).

Slabost obtočnega kanala je, da njegova postavitve zavzame veliko prostora. Res pa je, da je obtočni kanal lahko sam po sebi naravni habitat in če smo za postavitve vodnega objekta odvzeli košček tega habitata, ga tako na drugem mestu vrnemo nazaj in spet povežemo vodni ekosistem (Kolman, Mikoš, 2010).

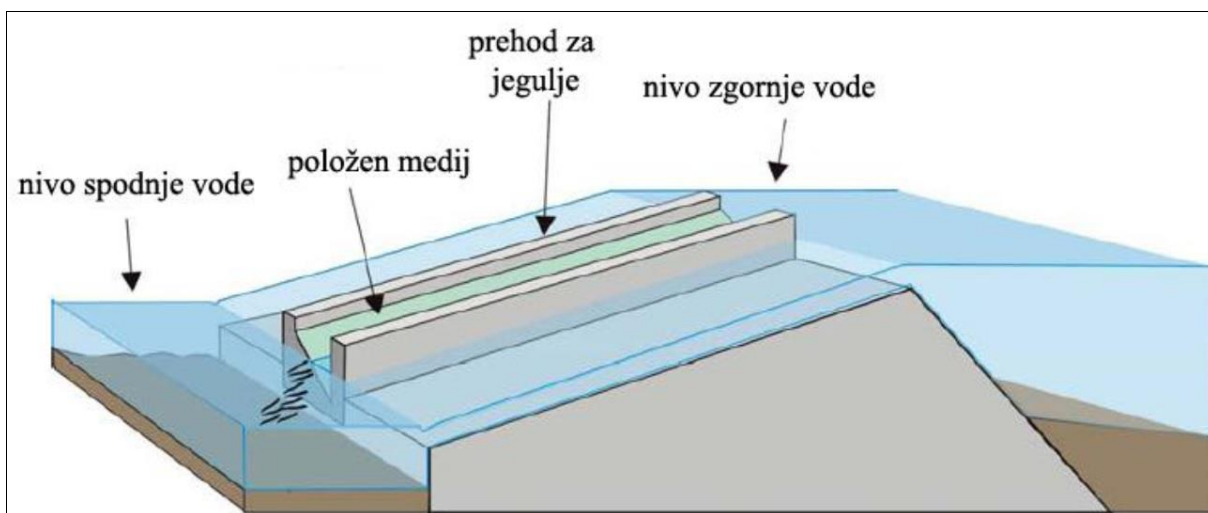


Slika 14: Shema obtočnega kanala (Kolman, Mikoš, 2010)

## 11.7 Ribji prehodi za jegulje in njihove mladice

Jegulje so ribe, ki živijo v sladki vodi, drstijo pa se v morju, zato jih najdemo v vseh tekočih in stoječih vodah, ki so povezane z morjem. Imajo slabe plavalne sposobnosti in za premikanje potrebujejo hrapav substrat, zato so prehodi za jegulje narejeni drugače kot prehodi za ostale ribe (Kolman, Mikoš, 2010).

Pri tem tipu prehoda so potrebne majhne hitrosti toka in kot že omenjeno, namestitev hrapavega substrata po njegovem dnu. Za substrat se uporabljajo šopi ščetin iz različnih materialov, npr. najlona. Običajen prehod za jegulje se lahko kombinira tudi z ribjimi dvigali (Kolman, Mikoš, 2010).



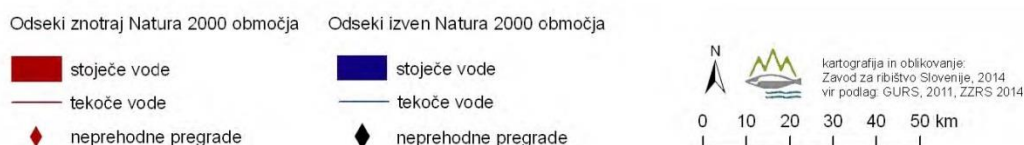
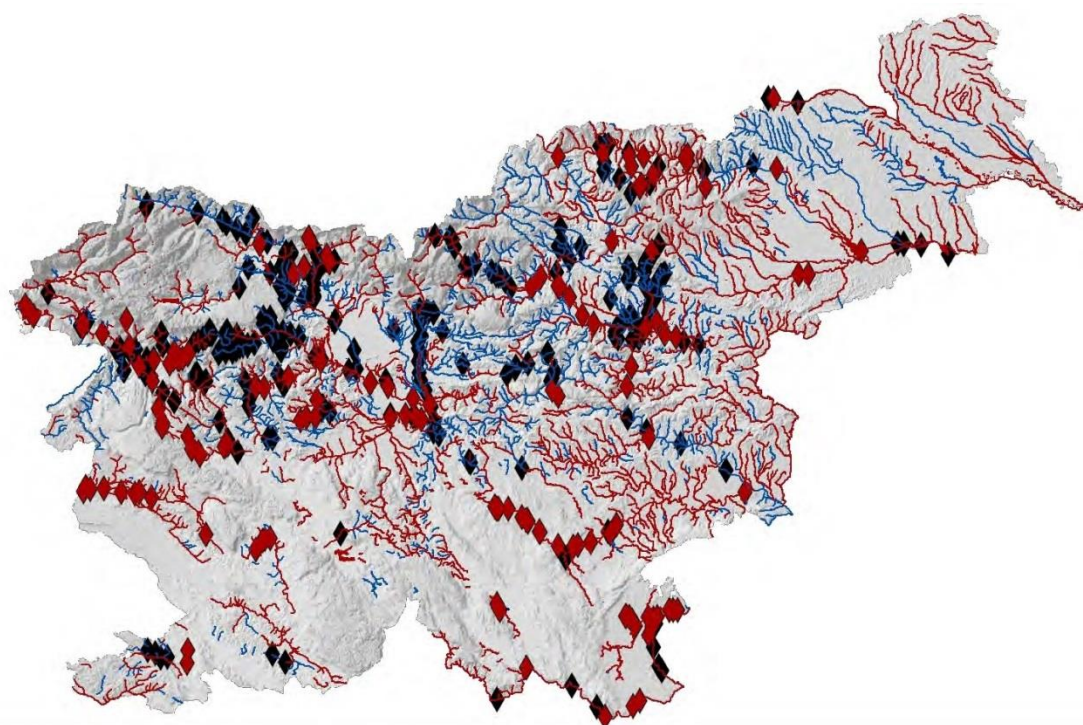
Slika 15: Ribji prehod za jegulje in njihove mladice (Kolman, Mikoš, 2010)



## 12 RIBJI PREHODI V SLOVENIJI

V Evropi so se prve ribji prehodi pojavili že vsaj 300 let nazaj, v Sloveniji pa v začetku 20. stoletja. Prva ribja steza v Sloveniji je bila zgrajena na Dravi, na hidroelektrarni Fala. Sledile so izgradnje ribjih prehodov na HE Dravograd, HE Vuzenica in HE Mariborski otok. V letih 1981/82 je bilo pri nas zabeleženih 17 ribjih prehodov, vendar pa danes večina izmed njih ne deluje več, saj so bili vsi opuščeni ali pa porušeni iz takšnih ali drugačnih razlogov (Povž, 2005).

Večina velikih hidroenergetskih objektov pri nas nima zgrajenih ribjih prehodov oz. so nedelujoči, veliko pa je tudi ostalih pregrad, katere so za vodne organizme neprehodne (Slika 16).



**Slika 16: Karta neprehodnih pregrad v Sloveniji (Čarf in sod., 2014)**

Hidroelektrarne, ki so v gradnji, imajo z ZSRib (2006) predpisano izgradnjo ribjega prehoda. HE Blanca na spodnji Savi, zgrajena leta 2009, ima že zgrajen obtočni kanal, ki uspešno obratuje (Kolman, Mikoš, 2010).

Z ZSRib (2006) je rešena problematika ribjih prehodov na novo grajenih objektih. Na že zgrajenih objektih pa problem še vedno ostaja, saj zakon ne velja za objekte, ki so bili zgrajeni že pred sprejetjem. Povezanost habitatov vzdolž vodotoka zahteva tudi WFD (2000). Pogosto se omenja

problematika ribjih prehodov na večjih vodotokih, vendar so za ribje migracije prav tako pomembni tudi manjši vodotoki (Kolman, Mikoš, 2010).

Na majhnih vodotokih, potokih, imamo v Sloveniji veliko število malih hidroelektrarn (mHE). Za te ni nobene evidence glede njihove prehodnosti. Ko sem nekajkrat meril pretoke na mHE, sem opazil, da v večini primerov te nimajo primernih in vzdrževanih ribjih prehodov. Večina jih je vzela tudi precej večjo količino vode od dovoljene in pustile za seboj skoraj čisto suho strugo, kar pomeni nemogoče razmere za življenjski prostor vodnih organizmov, kaj šele za prehajanje rib. Pri nas je potrebno glede tega še marsikaj postoriti, in to v bližnji prihodnosti, da ne bo prevelikih trajnih posledic.

Kakor navajajo Kolman, Mikoš in Povž (2010) iz preteklosti ni nobenih dokumentiranih podatkov glede učinkovitosti ribjih prehodov na velikih pregradah v Sloveniji. Te prehodi so sedaj že zaprti oz. porušeni. Ko se ukvarjamo s problematiko vzdolžne povezanosti vodotokov, je seveda na prvem mestu ureditev ribjih prehodov na neprehodnih pregradah, dobro pa bi bilo razmišljati tudi o vzpostavitvi monitoringa, saj nekateri načini monitorniga ne zahtevajo velikih finančnih vlaganj. Tako bi se lahko obstoječe nefunkcionalne ribje prehode preuredilo, hkrati pa bi s tem pridobili izkušnje za ureditev bodočih ribjih prehodov na naših vodotokih.

Za rešitev problematike ribjega prehajanja je v Sloveniji dovolj znanja. Za to so potrebni strokovnjaki s področja biologije, hidrotehnike, varstva okolja in gradbeništva. Gradnja ribjih prehodov na obstoječih pregradah pa je na žalost še vedno preveč odvisna od interesov posameznikov in lokalnih skupnosti (Kolman, Mikoš, 2010).

Smiselno bi bilo izrabiti tudi interese Evropske skupnosti, ki finančno podpira izvajanje tovrstnih ukrepov. Primer takšnega financiranja je projekt Ljubljana povezuje, ki traja od leta 2012 in s katerim se je začela obnova koridorja Ljubljane in izboljševanje rečnega vodnega režima. Namen projekta je izboljšati življenjske pogoje ogroženih ribjih vrst v Ljubljani in preko Ljubljane povezati do sedaj dve nepovezani območji Nature 2000: Ljubljansko barje in Sava-Medvode-Kresnice. Cilji projekta so odprava ovir za migracijo rib, sanacija ribjih prehodov, izboljšanje vodnega režima in obnova habitatov, izboljšanje vodne infrastrukture, vzpostavitev hidrološkega monitoringa in izboljšanje upravljanja voda (Ljubljana povezuje, 2012).

## 13 UREDITEV RIBJEGA PREHODA NA HOMŠKEM JEZU

### 13.1 Hidrološki opis razmer na Kamniški Bistrici

Kamniška Bistrica izvira na južnem delu Kamniško-Savinjskih Alp na nadmorski višini 597 m, kot kraški izvir, kjer tvori majhno jezero (Pollak, 1995). Sprva teče po ozki gorski dolini do Zgornjih Stranj, nato pa počasi struga postaja širša. Tvorijo se rečne terase. Od Kamnika naprej teče reka brez večjih zavojev po širokem polju preko apnenčasto prodnate ravnine. Te značilnosti veljajo tudi za obravnavan odsek pri Homškem jezu. Reka se pri Dolu pri Ljubljani izliva v Savo (Vahtar in sod., 2008).

Celotna dolžina Kamniške Bistrice je približno 33 km. Površina porečja Kamniške Bistrice znaša 539 km<sup>2</sup> in je zelo razgibano, saj zajema tako visokogorski svet, kot tudi ravninska območja. Reka ima številne pritoke, večji pa so Črna, Nevljica in Rača (levi pritoki) ter Bistričica in Pšata (desna pritoka) (Vahtar in sod., 2008).

Kamniška Bistrica ima dežno-snežni pretočni režim. To pomeni, da ima največ vode jeseni (novembra) in pozno spomladi (maja), najmanj pa poleti (avgusta) ter pozimi (februarja) (Vahtar in sod., 2008).

Reka ima hudourniški značaj in velja za največji slovenski hudournik, čeprav teče dobršen del vodotoka po ravnini. Ta značaj se kaže v veliki razliki med nizkimi in visokimi pretoki, ki je v razmerju 1:300 v Kamniku in 1:200 pri izlivu v Savo (Vahtar in sod., 2008).

Zaradi sorazmerne velike vodnatosti in velikega padca so se v preteklosti začeli pojavljati prvi mlini in žage. Tako sta se ob reki začela razvijati industrija in obrtništvo, s tem pa tudi urbanizacija. Zaradi izpostavljenosti teh objektov poplavam, pa so se poleg objektov za izrabo vodne energije pričele še regulacije struge. Zato je zaradi zaščite pred poplavami in nesistematične regulacije struge danes Kamniška Bistrica bolj ali manj reguliran vodotok vzdolž celotne svoje trase (Vahtar in sod., 2008).

Poleg industrije ob sami reki, pa so ljudje že v preteklosti naredili sistem mlinščic, ob katerih so gradili objekte za izkoriščanje vodne energije. Zajezili so reko in napeljevali vodo v mlinščice. Kasneje so jezovi privzeli vlogo objektov za stabilizacijo nivelete struge. Takšen je tudi primer jezua pri Homcu, kjer se voda pri zajezitvi delno izliva v Homško mlinščico. Na začetku so bile mlinščice majhni kanali s pretočno sposobnostjo do 0,4 m<sup>3</sup>/s, kasneje pa je njihova pretočna sposobnost dosegla v povprečju 2 m<sup>3</sup>/s – to je toliko kot nizki pretoki Kamniške Bistrice pri izlivu v Savo (Vahtar in sod., 2008).

Po Bogataju (2009) so srednji letni pretoki na vodomerni postaji Kamnik I 7,32 m<sup>3</sup>/s, najmanjši povprečni letni pretoki pa 1,46 m<sup>3</sup>/s. Vodomerna postaja Kamnik I se nahaja približno 5,7 km

gorvodno od Homškega jezua. Dejanske količine pretoka, ki pritečejo od vodomerne postaje Kamnik I do Homškega jezua, pa so odvisne od raznih odvzemov vode, kjer sta glavna odjemalca Radomeljska in Homška mlinščica. Kljub odvzemu vode obeh mlinščic ostaja v strugi večino leta vsaj 2,8 m<sup>3</sup>/s pretoka, kar je zadovoljivo, problem pa nastane, ko pretoki Kamniške Bistrice padejo (Bogataj, 2009).

Zaradi odvzemov vode mlinščic, so bili v preteklosti včasih izsušeni celotni odseki Kamniške Bistrice, še posebno v zimskem in poletnem času (Vahtar in sod., 2008). To se dogaja še dandanes v daljših sušnih obdobjih. Za upravljanje zapornic, ki regulirajo količino odvzema vode iz matične struge, so pooblašteni koncesionarji in nosilci vodnih dovoljenj. Tukaj se pojavlja vprašanje o ekološko sprejemljivem pretoku (Qes), ki na mestih odvzema vode mlinščic ni določen (Zapisnik o poginu rib v Kamniški Bistrici, 2008) Tako je količina vode v Kamniški Bistrici prepuščena interesom posameznikov, ki se odločajo med ohranjanjem vodnega bogastva in lastno koristjo.

### **13.1.1 Homška mlinščica**

Homška mlinščica zajema vodo iz matične struge na desnem bregu pri Homškem jezu. Teče skozi Jarše, Domžale, Študo ter se v Mali Loki izliva nazaj v Kamniško Bistrico. Izkopana je bila pred več kot 300 leti, dolga pa je 10,5 km in je s tem najdaljša mlinščica na Kamniški Bistrici. Srednji pretok znaša 1,6 m<sup>3</sup>/s. Skozi Domžale teče Homška mlinščica v zaprtem kanalu, zato je bil zaradi majhne pretočne sposobnosti zgrajen razbremenilni kanal, ki odvaja viške vode (Vahtar in sod., 2008).

Količina odvzema vode ni odvisna toliko od letnega časa oz. pretoka v Kamniški Bistrici, temveč od regulacije zapornice, s katero upravljajo lastniki mHE in uporabniki vode za tehnološke namene (Vahtar in sod., 2008). Prav te pooblaščenici pa upravljajo tudi z zapornico, ki poleg preliva jezua, prevaja pretok naprej po strugi Kamniške Bistrice (Bogataj, 2009). Tukaj se pojavlja vprašanje kdo bi moral imeti nad upravljanjem zapornic in odvzema vode nadzor. S tem ne bi smeli upravljati ljudje, ki imajo lahko od tega lastno korist. V Zapisniku o poginu rib na Kamniški Bistrici (2008) Društvo za varstvo okolja Domžale-Kamnik navaja, da bi bilo potrebno za upravljavca ravnanja z zapornicami določiti lokalno skupnost oz. preko nje pooblaščenca zainteresirano nepridobitno organizacijo, kot je na primer Ribiška družina Bistrica Domžale. Drugo vprašanje, ki sem ga že izpostavil pa je, zakaj ni na mestih odvzema določen ekološko sprejemljiv pretok. Ker Qes ni določen, so glede kršitev nemočne tudi inšpekcijske in pristojne čuvajske službe (Zapisnik o poginu rib v Kamniški Bistrici, 2008).



Slika 17: Zapornica, ki regulira pretok po Kamniški Bistrici (Foto: Simon Lesjak)



Slika 18: Zapornica, ki regulira pretok po Homški mlinščici (Foto: Simon Lesjak)

### 13.2 Prisotne ribje vrste

Obravnavano območje Kamniške Bistrice spada pod upravljanje ribiške družine Bistrica Domžale, sicer pa v Srednjesavsko ribiško območje. RD Bistrica Domžale upravlja s celotnim porečjem reke Kamniška Bistrica od izvira do izliva v Savo z vsemi pritoki in umetnimi strugami, kar obsega 400 km vodotokov. Zaradi obsežnega območja je upravljanje v RD razdeljeno v 4 pododbore: Domžale, Pšata, Kamnik in Moravče (spletna stran Ribiške družine Bistrica Domžale, 2015).

Kamniška Bistrica je razdeljena na 3 ribolovne revirje (spletna stran Ribiške družine Bistrica Domžale, 2015):

- Kamniška Bistrica 2 (KB2) – poteka od mostu pod izviro (rezervatom) do mostu v Stranjah (salmonidni revir)
- Kamniška Bistrica 3 (KB3) – poteka od mostu v Stranjah do Homškega jezua (salmonidni revir)
- Kamniška Bistrica 4 (KB4) – del vodotoka od Homškega jezua do izliva v Savo (mešani revir)

Kot je razvidno iz določitve revirjev, je jez pri Homcu ravno meja med revirjem KB3, ki spada v salmonidni revir in revirjem KB4, kateri je uvrščen v mešani revir (salmonidni in ciprinidni revir). Pri projektiranju je zato potrebno upoštevati ribje vrste iz obeh revirjev. V Preglednici 3 so prikazane ribje vrste v obeh revirjih.

**Preglednica 3: Seznam ribjih vrst v revirju KB3 in KB4 z rdečim seznamom (Ribiški kataster, 2015)**

Vrsta	Znanstveno ime	KB 3	KB 4	Rdeči seznam opis
potočna postrv	<i>Salmo trutta fario</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	prizadeta vrsta
šarenka	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	*	*	-
potočna zlatovčica	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814)	*	*	-
lipan	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	ranljiva vrsta
platnica	<i>Rutilus virgo</i> (Heckel, 1852)		*	prizadeta vrsta
klen	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	-
blistavec	<i>Telestes souffia</i> (Risso, 1827)		*	prizadeta vrsta
podust	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)		*	prizadeta vrsta
navadni globoček	<i>Gobio obtusirostris</i> (Valenciennes, 1842)		*	-
mrena	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)		*	prizadeta vrsta
pohra	<i>Barbus balcanicus</i> (Kotlík, Tsigenopoulos, Ráb & Berrebi, 2002)		*	-
zelenika	<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)		*	-
pisanka	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)		*	vrsta zunaj nevarnosti
babica	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)		*	vrsta zunaj nevarnosti
navadna nežica	<i>Cobitis elongatoides</i> (Bacescu & Maier, 1969)		*	ranljiva vrsta
ščuka	<i>Esox lucius</i> (Linnaeus, 1758)		*	ranljiva vrsta
kapelj	<i>Cottus gobio</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	ranljiva vrsta
sulec	<i>Hucho hucho</i> (Linnaeus, 1758)		*	prizadeta vrsta
donavski potočni piškur	<i>Eudontomyzon vladykovi</i> (Oliva & Zanandrea, 1959)		*	prizadeta vrsta

Pri omogočanju prehodnosti organizmom moramo biti še posebej pozorni na prizadete in ranljive vrste, ki so prikazane na rdečem seznamu.

Za boljšo predstavo o ribjih vrstah sem od RD Bistrica Domžale uspel pridobiti podatke o elektro izlovu, ki je bil izveden 17.9.2012 na obravnavanem območju KB3 kot intervencijski izlov zaradi vzdrževalnih del. Izlov je bil izveden s strani izlovne ekipe RD Bistrica Domžale. Ujetih je bilo (Zapisnik o elektro izlovu RD Bistrica Domžale, 2012):

- 422 lipanov (*Thymallus thymallus*), od tega jih je 122 merilo v dolžino od 12 do 15 cm, 300 pa od 15 do 20 cm



- 112 potočnih postrvi (*Salmo trutta fario*) dolžine 15-20 cm
- 3 šarenke (*Oncorhynchus mykiss*) dolžine 25-30 cm
- 26 kapljev (*Cottus gobio*)

### 13.3 Opis jezu

Homški jez se nahaja v bližini naselja Homec, tik pod Homškim hribom pri naselju Hudo. Stacioniran je 13,8 km od izliva v Savo, merjeno po osi struge (Bogataj, 2009).



Slika 19: Orto-foto posnetek z označeno lokacijo Homškega jezu (Atlas okolja, 2015)

Jez je bil postavljen kot objekt za zagotovitev potrebnega padca za izrabo vodne energije (Homška mlinščica), kasneje pa je privzel vlogo objekta za stabilizacijo nivelete struge (Vahtar in sod., 2008).

#### 13.3.1 Zgodovina jezu

Jez je bil zgrajen v začetku 20. stoletja. Sestavljen je bil iz betonskega in kašnega dela. Prvič je bil močno poškodovan ob poplavah leta 1964. Po tem je bila zgrajena dvostopenjska kašna konstrukcija, ki pa takrat še ni vsebovala prodnega izpusta, kar je povzročalo nalaganje plavin nad jezom in pri vtoku v Homško mlinščico. Kasneje je bil približno 30 m dolvodno zgrajen še stabilizacijski prag, z namenom ohranitve podslapja glavnega pragu (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).

Ob poplavah septembra 2010 so visoke vode močno erodirale dno reke, prišlo je tudi do poškodb obrežnih zavarovanj. Ob poplavah jeseni 2012 pa je do velikih poškodb prišlo tudi na samem jezu. Uničena je bila skoraj celotna konstrukcija: temelj bočnega preliva, podslapje bočnega jezu in bočni krilni zid (Slika 20). Poškodovan je bil večji del podslapja glavnega jezu, uničen pa je bil tudi zaključni prag. Poplave so poškodovale še obrežno zavarovanje na desnem bregu, s katerim je bila

zavarovana tamkajšnja kolesarska in sprehajalna pot (Slika 21). Poškodbe so bile vidne tudi na daljšem odseku na levi in desni brežini, tako gorvodno kot dolvodno od jezu. Poplave spomladi 2013 pa so nastale poškodbe še povečale. Dodatno je bila poškodovana še zapornica na prodnem izpustu (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).



**Slika 20: Poškodbe na bočnem prelivu, podslapju bočnega preлива in kar je ostalo od talnega praga (Vir: Hidrotehnik d.d.)**



**Slika 21: Poškodbe krilnega zidu in desne brežine (Vir: Hidrotehnik d.d.)**

### **13.3.2 Sedanje stanje**

Jez je bil praktično v celoti uničen in potreben celovite obnove, katero je izvedlo podjetje Hidrotehnik Vodnogospodarsko podjetje d.d. Ohranjen je bil samo centralni jezovni del, ki je bil še pogojno stabilen. Obnovljena sta bila centralni in bočni preliv, zapornice, zaključni zid ter zaključni talni prag (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).

Po sanaciji je jez dobil današnji izgled (Slika 22). Glede na prejšnje stanje (pred poškodbami), ni prišlo do večjih sprememb, saj je bilo izhodišče za projektiranje že obstoječa tehnična zasnova objektov (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).





Slika 22: Situacija Homškega jezu (Foto: Simon Lesjak)

### 13.3.2.1 Glavni jez

Za glavnim jezom (zgornjim pragom) je bila izvedena tesnitev, da se prepreči pronicanje vode pod pregrado in izpiranje polnila, s tem pa je bila tudi podaljšana precejna pot čez preliv, kar je vidno tudi na Sliki 23. Vgrajeni so bili prefabriciranih AB elementi na gorvodni strani jezu, v odprtino se je vbrizgalo polnilo, nato pa se odprtino zalilo z betonom. Dolžina preлива do sredinske zapornice meri okoli 48,5 m (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014). Stopnja jezu znaša 2,15 m (Bogataj, 2009).



Slika 23: Glavni jez (Foto: Simon Lesjak)

### 13.3.2.2 Podslapje glavnega jezu

Podslapje je zavarovano z armirano-betonsko ploščo debeline 0,3 m, zaključeno pa je z erozijskim zobom debeline 0,8 m in višine 1 m. Armatura betonskega podslapja je navezana na tračnice dolžine 4 m, ki ščitijo podslapje pred globinsko erozijo in spodkopavanjem. Dolžina podslapja je okoli 5,6 m (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014). Stopnja podslapja znaša 2,9 m (Bogataj, 2009). Skupaj s podslapjem glavnega jezu se je saniral tudi poškodovan del talne plošče prodnega izpusta (nepoškodovan del se je ohranil) (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).

### 13.3.2.3 Zapornica za talni izpust

Zapornica pri sanaciji ni bila v celoti obnovljena, zamenjani so bili samo poškodovani plohi, z novimi debeline 12 cm in širine 3 m, kolikor znaša širina talnega (prodnega) izpusta. Zapornica uravnava vodne količine, omogoča prevajanje materiala in čiščenje odseka za jezom (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).



Slika 24: Talni izpust z zapornico (Foto: Simon Lesjak)

### 13.3.2.4 Stabilizacijski prag

Ker je bil stabilizacijski (talni, lahko tudi zaključni) prag med poplavami popolnoma uničen, je bilo potrebno ostanke odstraniti in ga na novo zgraditi. Prag je narejen iz lomljenca frakcij 30-50 cm v betonu. Čeprav je bil zaključni prag čisto na novo zgrajen, je ohranil enake dimenzije kot pred uničenjem. Višina pragu je 2 m, prav tako širina, dolžina pa znaša približno 45 m. Zaključni prag služi kot objekt za stabilizacijo odseka (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).



Slika 25: Stabilizacijski oz. talni prag (Foto: Simon Lesjak)

### 13.3.2.5 Bočni preliv

Od poplav se je ohranil približno 12 m dolg odsek bočnega jezua, ki je bil pogojno stabilen. Zaradi povešanja se ga je podbetoniralo in vanj zavrtalo sidra, katera sedaj povezujejo ohranjeni del jezua z novo zgrajenim delom. Novo zgrajeni del se dimenzijsko prilega ohranjenemu delu, zaradi povesa starega dela pa je preliv narejen v obliki blagega »v« preliva višinske razlike 30 cm. Preliv je narejen iz lomljenca dimenzij 50-80 cm v betonu, pod katerim je 20 cm podloženega betona z armaturnimi mrežami (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).



Slika 26: Bočni preliv (Foto: Simon Lesjak)

### 13.3.2.6 Podslapje bočnega preliva

Podslapje bočnega preliva je narejeno iz AB plošče debeline 0,3 m (kot podslapje glavnega preliva). Tudi tukaj je za zaščito pred globinsko erozijo in spodkopavanjem armatura plošče navezana na vrsto pilotov (tračnic) dolžine 4 m. Podslapje zaključuje erozijski zob debeline 0,8 in višine 1,4 m. Dolžina podslapja je 5 m (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).

### 13.3.2.7 Krilni zid

Obnovljen je bil tudi poškodovan krilni zid, katerega namen je zaščita desne brežine. Stabilni del zidu se je ohranil, nanj pa se je s sidri navezal nov del zidu, ki je zgrajen iz zložbe kamna v betonu v višini 3,5-3,8 m (Kamniška Bistrica med Homškim..., 2014).



Slika 27: Krilni zid (Foto: Simon Lesjak)

## 13.4 Kriteriji

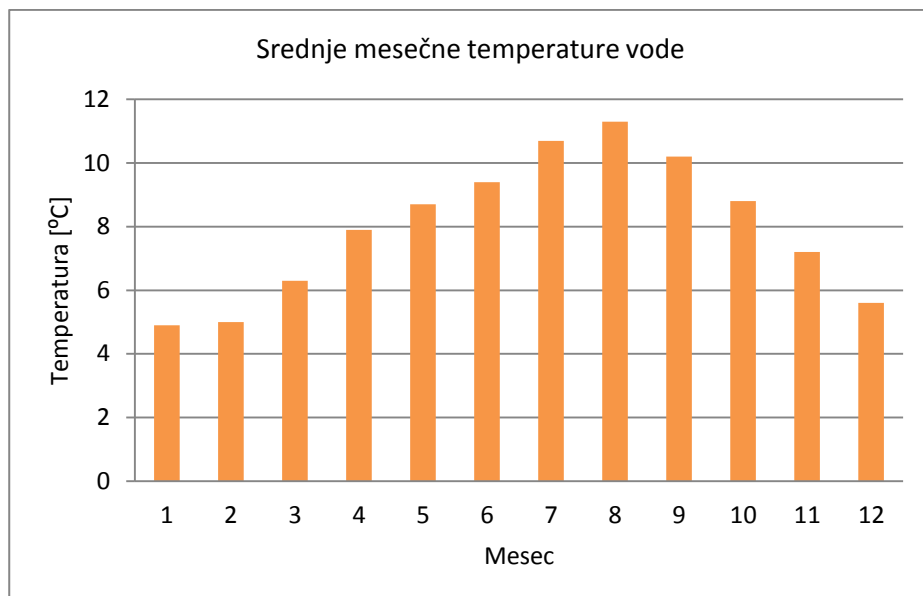
### 13.4.1 Ribji pas in vsebnost kisika

Obravnavano območje Kamniške Bistrice po moji oceni spada v lipanski ribji pas. V svojem začetnem delu teče reka po ozki gorski dolini, na tem delu pa je že širša, vendar še vedno dovolj bogata s kisikom. Ko sem muharil na tem območju, sem ujel največ lipanov, kar tudi priča o ugotovljenem dejstvu. Poleg tega, pa je bilo pri elektro izlovu na tem območju, ki sem ga omenil v zgornjem poglavju (Ribje vrste na območju), ujeto največ lipanov. Prisotna je tudi potočna postrv, ki za svoje življenjske pogoje potrebuje hitrejši tok ter vodo bogato s kisikom. Po podatkih monitoringa kakovosti voda (2015) Agencije republike Slovenije za okolje (ARSO) je bila na podlagi meritev izvajanih v obdobju od leta 2006 do leta 2010 povprečna izmerjena vsebnost kisika pri izviru Kamniške Bistrice 11,6 mg/l (9 meritev), pri Ihanu pa 11,3 mg/l (6 meritev). To govori o tem, da je reka bogata s kisikom tudi v nižjih predelih svoje struge.

### 13.4.2 Temperatura vode

Kamniška Bistrica spada med alpske reke in ima zato skozi celotno leto bolj nizke temperature. Za oceno temperature vode v različnih letnih obdobjih sem uporabil podatke iz arhiva hidroloških podatkov ARSO (2015). Na Sliki 28 so prikazane srednje mesečne temperature vode iz obdobja 1954-2013. Podatki so bili izmerjeni na vodomerni postaji Kamnik I (približno 5,7 km gorvodno od Homškega jezua). Iz izmerjenih vrednosti lahko vidimo, da se temperatura vode pozimi giblje okrog 5°C, poleti pa okrog 9-11°C.





Slika 28: Srednje mesečne temperature Kamniške Bistrice v obdobju 1954-2013 na vodomerni postaji Kamnik I

### 13.4.3 Ciljne ribje vrste

Za ciljne ribje vrste, glede na katere bomo projektirali ribji prehod, je najbolje izbrati tiste z najslabšimi plavalnimi sposobnostmi. Izbral sem tiste ribje vrste, ki so bile evidentirane na območju s pomočjo elektro izlova. Te vrste so na tem delu vodotoka tudi najbolj prisotne. Za njih sem tudi našel dovolj podatkov. Te vrste so potočna postrv (*Salmo trutta fario*), lipan (*Thymallus thymallus*), kapelj (*Cottus gobio*) in šarenka (*Oncorhynchus mykiss*).

Kapelj je s seznama vseh ribjih vrst na obravnavanem območju riba z najšibkejšimi plavalnimi sposobnostmi. Glede njegovih plavalnih sposobnosti ni veliko znanega. Kar lahko upoštevamo je eksplozivna hitrost majhnih ribjih vrst in mladice, ki znaša okrog 0,35-0,6 m/s (Schmutz, Mielach, 2013), saj kapelj spada med majhne ribje vrste. Te hitrosti toka dosežemo pri dnu ali robnih predelih ribje steze s pomočjo hrapavosti in jim s tem omogočimo prehod, zato kaplja tudi ne bom posebej obravnaval kot ciljno ribjo vrsto.

Iz seznama sem izločil tudi šarenko, ki je alohtona vrsta in iz naših vodotokov izpodriva avtohtono potočno postrv. Poleg tega so bile pri izlovu ujete samo 3, v primerjavi s 112 potočnimi postrvmi, kar kaže na večjo številčnost slednje.

Ciljni ribji vrsti pri projektiranju sta torej:

- potočna postrv (*Salmo trutta fario*)
- lipan (*Thymallus thymallus*)

Potočna postrv in lipan spadata v družino postrvi oz. salmonidov (Salmonidae). Obe ribji vrsti sta uvrščeni na rdeči seznam. Potočna postrv ima status prizadete vrste, lipan pa ranljive.

Potočna postrv naj bi imela na podlagi eksperimentov eksplozivno plavalno hitrost okrog 0,7-2,7 m/s. Njena hitrost se povečuje z višanjem temperature, vendar se nad 14°C začne zmanjševati. Velikost ribe naj ne bi imela večjega vpliva na hitrost, vendar pa je to mogoče prepisati temu, da so pri eksperimentih majhne postrvi dosegle večje hitrosti med skrivanjem pred močnim tokom (Clough, Turnpenny, 2001).

Eksplozivna hitrost lipana se giblje približno v razponu 1,2-2 m/s. Večji primerki lahko dosežejo večje hitrosti in so tudi bolj vzdržljivi. V nekaterih virih je zapisano, da ima lipan šibke plavalne sposobnosti in da težko kljubuje že srednje močnemu toku, v drugih pa, da je lipan prilagojen na plavanje proti močnim tokovom (Clough in sod., 2004).

Med obravnavanimi ribjimi vrstami ima verjetno slabše plavalne sposobnosti tudi donavski potočni piškur (*Eudontomyzon vladykovi*). Glede njegovih plavalnih sposobnosti ni veliko podatkov na voljo, vendar naj bi njihova eksplozivna hitrost znašala okoli 2 m/s, vendar pa jo lahko vzdržujejo samo nekaj sekund. Zaradi njihovega priseska se lahko pritrldijo na različne površine (rajši bolj gladke) in tako kljubujejo tudi močnejšemu toku. Ker lahko piškurji prečkajo običajne tipe ribjih prehodov, jih pri projektiranju ni treba posebno upoštevati. Prehod jim lahko olajšamo z namestitvijo gladkih kovinskih plošč, ki jim omogočajo lažjo pritrlditev s priseskom (Armstrong in sod., 2010).

Poleg zelo obsežne in različne literature, lahko podatke o ribjih plavalnih hitrostih pridobimo s pomočjo enačbe po Wardlu (1975). To je pogosto uporabljen postopek, ki pa se načeloma uporablja za salmonidne ribje vrste (Armstrong in sod., 2010).

Ribje skakalne sposobnosti lahko tudi vključimo kot kriterij pri projektiranju ribjega prehoda. V splošnem je ocenjeno, da so salmonidne ribje vrste sposobne premagovati višine od 50 do 60 cm, ciprinidne pa od 20 do 30 cm (Horvat, 1993).

### **13.5 Načrtovanje ribjega prehoda na Homškem jezu**

#### **13.5.1 Obstoječ primer ribjega prehoda na podobni jezovni zgradbi – Bokalški jez**

Na glavnem jezu bi bila možna ureditev podobne zasnove ribjega prehoda kot na Bokalškem jezu (Slika 29), kjer se reka Gradaščica razdeli na dva vodotoka – Mestno Gradaščico in Mali Graben. Mali graben je drugo ime za Gradaščico in poteka od Bokalškega jezu naprej po strugi vodotoka, Mestna Gradaščica pa je umetno narejen kanal, ki se na tem mestu odcepi. Situacija je podobna kot pri Homškem jezu, kjer se od Kamniške Bistrice odcepi Homška mlinščica, le da se Mestna Gradaščica nadaljuje na levem bregu (Homška mlinščica na desnem). Prav tako sta za uravnavanje pretoka na

Bokalškem jezu nameščeni 2 zapornici, ena za odvzem vode Mestne Gradaščice, druga pa za prodni izpust Gradaščice/Malega Grabna (Slika 30). Ribja steza na Bokalškem jezu je nameščena na robu preлива na levi strani, tik ob zapornici, kar je tudi lokacija, ki se meni zdi najbolj primerna v primeru Homškega jezu. Izbiro lokacije ribjega prehoda na Homškem jezu bom podrobneje obravnaval v naslednjem poglavju.



**Slika 29: Bokalški jez z ribjo stezo ob zapornici (Foto: Simon Lesjak)**



**Slika 30: Zapornica za Mestno Gradaščico (levo) in Mali Graben (desno) (Foto: Simon Lesjak)**

Ribja steza na Bokalškem jezu je sestavljena iz vrst dolvodno usmerjenih preprek, ki vmes tvorijo počivalne prostore (Slika 32). Hitrosti vodnega toka v prehodu so sicer po mojem mnenju prevelike, da bi ga bile sposobne prečkati šibkejše in manjše ribe. To sklepam tudi po tem, ker sem opazil mladice rib, ki so hotele prečkati jez preko njegove prve stopnje (ki je bila malo pod vodo), vendar so se morale pred drugo stopnjo obrniti in odplavati nazaj v spodnjo vodo.



**Slika 31: Ribja steza na Bokalškem jezu (Foto: Simon Lesjak)**



**Slika 32: Detajl ribje steze (Foto: Simon Lesjak)**

### **13.5.2 Izbira tipa ribjega prehoda na Homškem jezu**

Na območju med glavnim in talnim pragom sem sicer opazil prisotnost rib, kar pomeni, da so ribe sposobne premagovati talni prag brez posebne konstrukcije. Verjetno je to mogoče le ob višjih vodostajih. Zaradi primerljive višine stopnje talnega praga in glavnega jezua je velika verjetnost, da so ribe zmožne prečkati ob visokih vodah tudi glavni jez. To pomeni, da je lahko celotni jezovni objekt pogojno prehodan že v sedanjem stanju.

Ker v okolici vodotoka pri Homškem jezu zaradi kolesarske in pešpoti na obeh bregovih ni dovolj prostora, sem se odločil, da izberem tehnični tip ribjega prehoda. Izbral sem bazenski tip ribjega prehoda z vertikalnimi prekati, saj omogoča prehod večini ribjih vrst, tudi tistim s slabšimi plavalnimi sposobnostmi (kapelj). Prednost bazenskega tipa z vertikalnimi režami je tudi, da za izgradnjo ne zahtevajo veliko prostora in da je mogoče postaviti vhod v ribji prehod na optimalno lokacijo navkljub prostorskim omejitvam (Schmutz, Mielach, 2013).



### 13.5.3 Lokacija

Matica toka poteka ob nizkih vodostajih nad glavnim jezom ob levi brežini, kar se da opaziti (prodišče na desnem bregu). Tik nad jezom se nekoliko razdeli glede na obratovalno situacijo jezu. Del vode teče čez preliv (odvisno od vodostaja), del skozi prodni izpust (količina je odvisna od zapornice), ostali del pa steče naprej po kanalu v Homško mlinščico. Viški vode iz kanala mlinščice se stekajo čez bočni preliv nazaj v Kamniško Bistrico oz. območje med glavnim in talnim jezom. Večina toka se torej preusmeri proti desni brežini. Potek matice toka je shematično prikazan na Sliki 33.



Slika 33: Potek matice toka ob nizkih vodostajih (odebeljena črta) (Vir podloge: Atlas okolja, 2015)

Najboljša lokacija za izgradnjo ribjega prehoda je torej ob desnem bregu, saj je tu pretok največji. S tem dobimo pri vходу v prehod dovolj velike količine vode za atrakcijski tok, ki bo ribe privabljal. Ker pa bi bilo potrebno ob desnem bregu ribjo stezo speljati čez bočni preliv, ki vodi v kanal mlinščice, poleg tega pa je naslednja ovira zapornica za prodni izpust, jo je verjetno najbolj smiselno speljati čez glavni jez, tik ob zapornici.

Preden ribe priplavajo do glavnega jezu pa morajo najprej prečkati talni prag. Vodni tokovi se do talnega praga skozi konstrukcijo malo razporedijo. Glavnina toka teče malo bolj proti sredini, vendar še vedno bolj na desni strani. Od talnega praga navzdol je matica toka na desni strani vodotoka. To pomeni, da večina rib priplava do pregrade prav ob desnem bregu in se tukaj zadržuje. Zato je najbolj optimalna lokacija za postavitev ribje steze ob desni brežini, tako kot pri glavnem jezu.

### 13.5.4 Dimenzioniranje osnovnih elementov

Možna bi bila tudi umestitev enega ribjega prehoda preko celotnega jezovnega objekta. Če bi bil prehod umeščen na lokaciji, ki sem jo izbral v prejšnjem poglavju, bi se z izgradnjo jez razdelilo na dva dela. V tem primeru bi bil razdeljen na del, kjer voda priteka v jezovno zgradbo skozi preliv glavnega pragu in del, kjer voda priteka v objekt skozi prodni izpust in bočni preliv. Ker so količine vode na slednjem znatno večje, bi po vsej verjetnosti prišlo do poplavljanja ribjega prehoda, lahko pa še do kakšnih hujših posledic, saj bi popolnoma spremenili obratovalno situacijo jezu. Edina možnost za umestitev enega ribjega prehoda skozi celoten objekt bi bila ob levi brežini, tam pa hitrosti toka niso dovolj velike, da bi bil pretok skozi prehod zadosten. Na podlagi teh ugotovitev sem se odločil, da uredim dva ločena ribja prehoda istega tipa za glavni jez in stabilizacijski prag.

#### 13.5.4.1 Dimenzije bazenov

Maksimalno hitrost vodnega toka v območju zožitev oz. v prehodih med bazeni ( $v$ ) sem določil s pomočjo enačbe, ki sem jo navedel v teoretičnih izhodiščih (poglavje Dimenzioniranje elementov ribjega prehoda) in znaša 1,72 m/s.

Višinsko razliko med sosednjima bazenoma sem določil s pomočjo Preglednice 2 na podlagi vrste ribjega pasu:  $\Delta h = 0,15$  m. V isti preglednici sem dobil tudi stopnjo disipacije energije vodnega toka v bazenih ( $P_D$ ), ki znaša 120 W/m<sup>3</sup>.

Minimalno širino vertikalne odprtine izračunal na podlagi (Schmutz, Mielach, 2013):

$$w_s = 3 \cdot W_{fish}$$

$w_s$  – širina vertikalne odprtine

$W_{fish}$  – širina ribjega telesa

Za širino ribjega telesa, ki sem jo razbral iz Preglednice 1, sem vzel 0,05 m. Takšna je širina telesa obeh izbranih ciljnih ribjih vrst, potočne postrvi in lipana. Širina vertikalne odprtine je torej 0,15 m.

Dolžino bazena sem izračunal z enačbo (Schmutz, Mielach, 2013):

$$L_p = x \cdot w_s$$

$L_p$  – dolžina bazena

Za faktor  $x$  lahko izberemo vrednosti od 8,10 – 8,33. Izbral sem vmesno vrednost – 8,215. Tako dolžina bazena znaša 1,25 m.

Iz dolžine bazena sem nato izračunal še njegovo širino (Schmutz, Mielach, 2013):

$$W_p = \frac{3}{4} \cdot L_p$$

$W_p$  – širina bazena

Izračunana širina bazena je 0,95 m. Bazeni v ribjem prehodu na glavnem jezu in stabilizacijskem pragu so torej dimenzij 1,25 x 0,95 m.

#### 13.5.4.2 Glavni jez

Potrebno je bilo določiti število bazenov v ribjem prehodu pri glavnem jezu. Za izračun sem potreboval višinsko razliko med zgornjo in spodnjo vodo, ki sem jo določil na podlagi meritev s pomočjo metra in ravne kovinske palice (zaradi vodnega toka). Rezultati niso čisto natančni, so pa dobri približki pravim vrednostim, na podlagi katerih sem lahko nadaljeval s projektiranjem. Tudi s pomočjo dimenzij preliava sem nato izračunal višinsko razliko med gladino zgornje in spodnje vode ( $h_{tot}$ ), ki znaša 1,2 m. Število bazenov sem izračunal s pomočjo enačbe, ki sem jo navedel v teoretičnih izhodiščih. Potrebno število bazenov v ribjem prehodu je 7.

S pomočjo enačbe, ki sem jo navedel v poglavju Dimenzioniranje elementov ribjega prehoda, sem glede na število bazenov ( $n$ ), dolžino bazena ( $L_p$ ) in širino ločilne stene med bazeni ( $w_b$ ) izračunal še skupno dolžino ribjega prehoda  $l_{tot}$ . Za širino ločilne stene med bazeni sem na glede na Armstrong in sod. (2010) izbral 0,1 m. Celotna dolžina ribjega prehoda na glavnem jezu je 9,5 m.

#### 13.5.4.3 Stabilizacijski prag

Izmerjena višinska razlika med gladino zgornje in spodnje vode je 1,6 m. Poudarjam, da so tudi tukaj možna odstopanja od dejanskih vrednosti. Pri stabilizacijskem pragu sem uporabil isti postopek kot pri glavnem jezu in dobil za število potrebnih bazenov v ribjem prehodu 10, skupna dolžina ribjega prehoda pa je 13,5 m.

#### 13.5.5 Vhod v ribji prehod

Vhod pri obeh ribjih prehodih, na glavnem jezu in stabilizacijskem pragu, bi bil torej situiran ob desni brežini. Pri glavnem jezu sicer ne tik ob njej, ampak ob zapornici za prodni izpust, dolvodno od njegovega preliava. Ob desnem bregu je pretok največji in bi s tem zagotovili dovolj velike hitrosti vodnega toka pri vhodu, kar je pomembno za privabljanje rib v ribji prehod. Glavnina toka teče prav tako dolvodno od jezu ob desnem bregu (Slika 34), to pa pomeni, da bi večina rib, ki bi do pregrade priplavale, prišle ravno do vhoda v ribji prehod na talnem pragu. Vhod bi bil postavljen vzporedno z vodnim tokom (kot pri Bokalškem jezu). S tem bi tudi ribe takoj, ko bi preplavale do talnega praga,

hitro in brez zamud našle vhod. Zaradi obdobij z nizkimi vodostaji, bi bilo za lažji prehod priporočljivo vhod pri obeh ribjih prehodih povezati z rečnim dnom v obliki rampe (nasipa).



Slika 34: Glavnina toka dolvodno od jezua teče ob desnem bregu (Foto: Simon Lesjak)

### 13.5.6 Izhod iz ribjega prehoda

Postavitev ribje steze tik ob talnem izpustu bi pomenilo, da bi bil izhod iz steze lociran zraven vtoka v izpust. V tem primeru bi se lahko zgodilo to, da bi ribo, ki bi iz prehoda preplavala, vodni tok povlekel nazaj pod zapornico. Za potrditev te trditve, bi bilo potrebno opraviti meritve hitrosti vodnega toka ob talnem izpustu. V primeru, da so hitrosti prevelike, bi bila potrebna dodatna izgradnja betonskega ali kovinskega usmerjevalnika usmerjenega proti glavnemu toku, ki bi upočasnil hitrosti vode proti izpustu in ločil izhod iz ribjega prehoda od talnega izpusta.

Na Kamniški Bistrici so pogosta nihanja vodostaja. Kot je navedeno v teoriji (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002), je za nihanja gladine vode do 1 m učinkovita ureditev ribjega izhoda v obliki vertikalne reže. Ker je bazenski tip že takšen v osnovi, izhoda v tem smislu ni potrebno preurejati.

Ribe lahko migrirajo dolvodno preko prelivnega polja jezua. Če je pregrada večja od 13 m takšen prehod za ribe ni varen, saj se lahko ribe poškodujejo oz. poginejo zaradi visokega padca. Pri pregradah manjših od 10 m pa se obravnava takšen prehod za enega najbolj varnih, če je zagotovljena dovolj velika globina spodnje vode (Kolman, 2014). Pri Homškem jezu je navkljub majhni višini glavnega jezua takšen prehod lahko nevaren, saj je zgrajen iz dveh stopenj. Če so pretoki manjši, vendar še vedno tolikšni, da se majhne količine vode prelivajo čez prag, je možnost, da ribe pri prehajanju dolvodno padejo na drugo stopnjo pragu in se poškodujejo. Pri neki preseženi vrednosti pretoka, pa je mogoče, da se voda preliva čez drugo stopnjo oz. je gladina spodnje vode v tolikšni meri nad njo, da ribe ostanejo nepoškodovane. V primeru nizkih pretokov pa voda sploh ne teče čez preliv. Ribe imajo v teh obdobjih in tudi sicer možnost migrirati dolvodno preko prodnega izpusta. Tam sem ribe tudi opazil, vendar nisem mogel določiti, če so prečkale prodni izpust ali ne.

### 13.5.7 Vzdrževanje in zaščita pred plavinami

Bazenski tip ribjega prehoda z vertikalnimi prekati je sicer bolj odporen proti zamašitvi z različnimi delci, kakor drugi bazenski tipi (Fish passes – Design, dimensions and monitoring, 2002), zato je tudi iz tega vidika dobra izbira.

Odlaganje naplavin sem opazil ob desni brežini, dolvodno od stabilizacijskega praga (Slika 35) in tik ob zapornici pod glavnim jezom (Slika 36), kar je posledica razporeditve vodnih tokov. Kot sem že omenil je pretok tu največji. Ker bi bila ob desnem bregu tudi locirana oba ribja prehoda, bi bilo zaradi plavin, ki jih prinaša Kamniška Bistrica, prehoda potrebno redno vzdrževati in s tem zagotoviti nemoteno delovanje. Še posebno bi bil potreben skrben pregled po vseh poplavnih dogodkih. Razmisliti bi bilo treba tudi o namestitvi katere od vrst zaščit proti plavinami npr. plavajoče deblo ali rešetke.



Slika 35: Naplavine dolvodno od stabilizacijskega praga (Foto: Simon Lesjak)



Slika 36: Odlaganje plavin tik ob zapornici pod glavnim jezom (Foto: Simon Lesjak)

### 13.5.8 Monitoring

Za pregledovanje učinkovitosti obeh ribjih prehodov, bi se lahko namestilo ribjo past, ki je ena od standardnih metod monitoringa. Uporabila bi se škatlasta oblika ribje pasti, ki se jo uporablja pri



bazenskih tipih ribjih prehodov. Dimenzije okvirja pasti bi morale ustrezati dimenzijam bazena (širina 0,95 m, dolžina 1,25 m), nameščena pa bi bila v zgornji (najvišje ležeči) bazen. Potrebno bi bilo skrbno ravnanje, da se ribe pri zajemu ne bi poškodovale.

### 13.5.9 Predlagana umestitev

Prehod čez glavni jez bi bil zgrajen iz 7 bazenov, dolžina prehoda pa bi znašala 9,5 m. Prehod čez stabilizacijski prag bi bil zgrajen iz 10 bazenov, dolžina prehoda pa bi bila 13,5 m. V okviru dimenzij, bi bilo oba ribja prehoda mogoče umestiti v prostor v ravnini, vzporedno z glavnim tokom (kot pri Bokalškem jezu). Možna bi bila tudi umestitev v obliki zavojev, vendar pa bi se ob visokih vodah zaradi širine ribjega prehoda lahko pojavili problemi povezani z oblikovanjem vodnega skoka pod jezom, zato te možnosti nisem izbral. Na Sliki 37 je shematsko prikazana predlagana umestitev obeh ribjih prehodov.



Slika 37: Shema predlagane umestitve ribjega prehoda na glavnem jezu (1) in stabilizacijskem pragu (2) (Vir podloge: Atlas okolja, 2015)

### 13.5.10 Ugotovitve

Glede na prisotnost rib v območju med glavnim in talnim pragom sklepam, da je celoten jezovni objekt pogojno prehodan že v sedanjem stanju, ko pretok v strugi preseže neko določeno vrednost (ob višjih vodostajih).

Zaradi prostorskih omejitev na območju (kolesarska in sprehajalna pot na levem in desnem bregu), sem se odločil za umestitev tehničnega tipa ribjega prehoda. Izbral sem bazenski tip ribjega prehoda z

vertikalnimi režami, ki ne zavzame veliko prostora ter omogoča prehod tudi manjšim ribam in mladim.

Glede na razporeditev vodnih tokov, ki so največji ob desni brežini, bi bil ribji prehod lociran ob desni brežini. Pri glavnem jezu postavitev prehoda tik ob desnem bregu ni mogoča, zato bi bil umeščen na robu preliva, tik ob zapornici (kot v primeru Bokalškega jezu).

Zaradi obratovne situacije jezu, bi bila urejena dva ločena ribja prehoda – za glavni jez in talni (stabilizacijski) prag. Oba prehoda bi bila umeščena v ravnini (kot pri Bokalškem jezu).

Vhod pri obeh ribjih prehodih bi bil lociran ob desni brežini. Pri prehodu čez glavni jez bi bil vhod zaradi zapornice nameščen dolvodno ob preliva. Pri obeh prehodih bi bil vhod postavljen vzporedno z glavnim tokom, saj bi se s tem omogočili ribam hitro odkritje vhoda in se izognili zadrževanju rib pod pregrado. Zaradi obdobja nizkih vodostajev, bi bilo priporočljivo vhod pri obeh ribjih prehodih povezati z rečnim dnom v obliki rampe.

Izhod iz ribjega prehoda pri glavnem jezu, bi bilo v primeru prevelikih hitrostih vodnega toka pri zapornici (potrebne meritve), potrebno podaljšati z ločilnim zidom (usmerjevalnikom) gorvodno proti glavnemu toku.

Prehod ribam dolvodno je omogočen preko obeh prelivov oz. pri glavnem jezu skozi talni izpust.

Vzdolž celotnega ribjega prehoda bi bilo po dnu potrebno namestiti hrapav substrat. S tem bi dosegli manjše hitrosti vodnega toka pri dnu in s tem omogočili prehod manjšim organizmom.

Za nemoteno delovanje in preprečitev zamašitve ribjih prehodov s plavinami, bi bilo potrebno objekta redno pregledovati in vzdrževati. Možna bi bila uporaba katere od vrste zaščit proti plavinam (plavajoče deblo ali rešetke).

Za preverjanje učinkovitosti bi se v zgornji bazen obeh ribjih prehodov namestilo ribjo past, ki ustreza dimenzijam bazena.

Zaradi hudourniške narave Kamniške Bistrice, bi bil ribji prehod v času visokih vod nefunkcionalen. Takrat običajno tudi ribe ne migrirajo. Vseeno pa je v primeru migracij v času visokih vod prehod ribam omogočen kar čez jez, saj bi bile količine vode dovolj velike.

Stroški izgradnje bazenskega tipa prehoda z vertikalnimi režami so precej večji v primerjavi z drugimi tipi ribjih prehodov npr. naravnimi tipi in ostalimi bazenskimi tipi prehodov (Schmutz, Mielach, 2013). Zaradi številnih spremenljivih dejavnikov vrednosti investicije nisem določil.

## 14 ZAKLJUČEK

Pri načrtovanju in umeščanju ribjega prehoda v prostor moramo biti pozorni na mnogo dejavnikov. Najprej je potrebno raziskati razmere na obravnavnem območju vodotoka. Določiti moramo prisotne ribje vrste, ki se na območju nahajajo oz. migrirajo ter upoštevati njihove plavalne sposobnosti, obnašanje in ostale lastnosti. S tem določimo ciljne ribje vrste, kar je eden od ključnih dejavnikov pri izbiri tipa in dimenzioniranju posameznih elementov ribjega prehoda. Upoštevati moramo še temperaturo in kisik, v literaturi pa različni avtorji navajajo še veliko drugih kriterijev.

Pri samem projektiranju moramo najprej izbrati lokacijo ribjega prehoda. Pri tem moramo biti še posebej pozorni pri izbiri mesta vhoda v ribji prehod, saj je to eden najpomembnejših elementov. Ribe morajo prehod odkriti kar se da hitro in brez zamud. Seveda pa je pomembno, da ga sploh odkrijejo. Za to moramo vhod postaviti na mesto, kjer ribe poskušajo prečkati pregrado. Zagotoviti moramo dovolj velike hitrosti vodnega toka skozi vhod, saj ribe pri migriranju sledijo ravno njemu ali pa plavajo ob njem. Pri izhodu moramo paziti, da lahko ribe varno nadaljujejo s plavanjem gorvodno. V primeru bližine izhoda iz ribje steze vtoku na turbine hidroelektrarne se namreč lahko pripeti, da jih močan vodni tok povleče v turbine. Sama izbira ribjega je kot že omenjeno odvisna od ciljnih ribjih vrst, med drugim pa moramo upoštevati tudi prostorske pogoje. Ribji prehodi, ki so narejeni v obliki naravnih vodotokov (obtočni kanal), so z ekološkega vidika najbolj primerni tipi ribjih prehodov. Vendar pa takšnega tipa ribjega prehoda velikokrat zaradi pomanjkanja prostora ne moremo uporabiti.

Ker nekateri vodotoki s tokom prinašajo večje količine plavin in drugih delcev, je potrebno ribji prehod izpostavljen takšnim razmeram zaščititi. Poznamo več vrst zaščit, na negativne vplive pa lahko vplivamo tudi z izbiro ribjega prehoda, saj se nekatere vrste prehodov zamašijo prej kakor druge. Na učinkovito delovanje pa prav tako lahko vplivamo z rednim vzdrževanjem in čiščenjem. Za preverjanje učinkovitosti lahko uporabimo različne metode monitoringa.

Ugotovil sem, da je Homški jez za ribe pogojno prehodni že v sedanjem stanju in sicer, ko pretok v vodotoku preseže določeno vrednost. Zaradi prostorskih omejitev bi bilo za prehodni objekt potrebno izbrati tehničen tip ribjega prehoda. V diplomski nalogi sem se odločil za bazenski tip ribjega prehoda z vertikalnimi režami, saj omogoča prehod mladim, majhnim ribam in bentoškim nevretenčarjem. Poleg tega, je takšen prehod od tehničnih tipov eden bolj odpornih proti zamašitvi s plavinami in drugimi delci, ki jih Kamniška Bistrica pogosto prinaša s svojim tokom. Slabost takšnega tipa prehoda pa so visoki stroški izgradnje. Na Homškem jezu bi bilo potrebno zgraditi dva ribja prehoda, saj je jez sestavljen iz glavnega in talnega praga. Najboljša lokacija za oba bi bila ob desnem bregu. S tem bi zagotovili dovolj velike količine pretoka za atrakcijski tok, ki ribe privablja v vhod v ribjo stezo, saj matica toka poteka ob desnem bregu. Za preverjanje učinkovitosti ribjega prehoda pa bi lahko uporabili ribjo past.



Za realizacijo izvedbe izgradnje ribjega prehoda bi bile potrebne še dodatne raziskave. Potrebno bi bilo ugotoviti koliko dni in za katere ribe je jez brez prehodnega objekta že prehodan. Že brez odgovorov na ta vprašanja pa je zagotovo, da bi izgradnja prehoda na Homškem jezu povečala prehodnost vodnih organizmov na območju ter pripomogla k vzdolžni povezanosti vodnih habitatov Kamniške Bistrice.

## VIRI

Arhiv hidroloških podatkov. 2009. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. [http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski\\_arhiv.html](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html) (Pridobljeno dne 25. 8. 2015.)

Armstrong, S. G., Aprahamian, W. M., Fewings, G. A., Gough, J. P., Reader, A. N., Varallo, V. P., 2010. Environment Agency Fish Pass Manual: Guidance Notes On The Legislation, Selection and Approval Of Fish Passes In England And Wales. Environment Agency: 369 str. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/298053/geho0910btbp-e-e.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/298053/geho0910btbp-e-e.pdf) (Pridobljeno 25. 7. 2015.)

Atlas okolja. 2015. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (Pridobljeno 18. 8. 2015.)

Bogataj, J. 2009. Problematika nizkih pretokov Kamniške Bistrice med Kamnikom in Domžalami. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Bogataj): 123 str.

Clough, S.C., Lee-Elliott, I.E., Turnpenny, A.W.H., Holden, S.D.J., Hinls, C. 2004. Swimming speeds in fish: phase 2, Literature Review. R&D Tehnical Report W2-049/TR2, Environment Agency: 23 str. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/290592/scho0404bipx-e-e.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290592/scho0404bipx-e-e.pdf) (Pridobljeno dne 15. 8. 2015.)

Clough, S.C., Turnpenny, A.W.H. 2001. Swimming Speeds in Fish: Phase 1. R&D Tehnical Report W2-026/TR1, Environment Agency: str. 18, 38. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/290589/sw2-026-tr1-e-e.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290589/sw2-026-tr1-e-e.pdf) (Pridobljeno dne 15. 8. 2015.)

Coe, T., Kibel, P. 2010. Fish passes: the win-win model for hydropower. BHA Annual conference, Fishtek Consulting. [http://www.british-hydro.org/Presentations/BHA%20Annual%20Conference%202010/03%20T%20Cole%20-%20BHA%20fish%20passes%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://www.british-hydro.org/Presentations/BHA%20Annual%20Conference%202010/03%20T%20Cole%20-%20BHA%20fish%20passes%20[Compatibility%20Mode].pdf) (Pridobljeno 28. 8. 2015.)

Čarf, M., Bric, B., Podgornik, S. 2014. Prioritete izvajanja ukrepov za izboljšanje stanja habitatov rib. Zavod za ribištvo Slovenije. [http://www.natura2000.si/fileadmin/user\\_upload/LIFE\\_Upravljanje/C4\\_3Carf\\_ribistvo-.pdf](http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/LIFE_Upravljanje/C4_3Carf_ribistvo-.pdf) (Pridobljeno 28. 7. 2015.)

Fish Passage and Screening Design. 2007. Technical Supplement 14N, Part 654, National Engineering Handbook: 49 str. <http://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17824.wba> (Pridobljeno 25. 8. 2015.)

Fish passes – Design, dimensions and monitoring. 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations in arrangement with Deutscher Verbant für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. (DVWK): 118 str.

Horvat, A. 1993. Ekološke osnove urejanja erozijskih območij. V: Zbornik gozdarstva in lesarstva, 41: 5-49 str. <http://eprints.gozdis.si/1014/1/Horvat,1993,L.41.pdf> (Pridobljeno 8. 8. 2015.)

Javna predstavitev Programa upravljanja rib v celinskih vodah v RS za obdobje 2010-2021 z okoljskim poročilom. 2015. Ministrstvo Republike Slovenije za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. [http://www.mkgp.gov.si/nc/si/medijsko\\_sredisce/novica/article/12029/7839/-----sicer](http://www.mkgp.gov.si/nc/si/medijsko_sredisce/novica/article/12029/7839/-----sicer) (Pridobljeno dne 22. 8. 2015.)

Kamniška Bistrica med Homškim jezo in Radomljami – Homški jez. 2014. Tehnično poročilo, PID 228/14, Hidrotehnik Vodnogospodarsko podjetje d.d.: 10 str.

Kamula, R. 2001. Flow over weirs with application to fish passage facilities. Academic Dissertation ISBN 951-42-5976-9. Faculty of Technology, Department of Process and Environmental Engineering, University of Oulu: 90 str. <http://herkules.oulu.fi/isbn9514259777/isbn9514259777.pdf> (Pridobljeno 5. 9. 2015.)

Kolman, G., 2014. Ribe in vzdolžna povezanost vodotokov na porečju Sore. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 119 str.

Kolman, G., Mikoš, M. 2006. Tipi ribjih prehodov in pregled razmer v Sloveniji. Acta hydrotechnica 24, 41: 1-26.

Kolman, G., Mikoš, M., Povž, M. 2010. Ribji prehodi na hidroenergetskih pregradah v Sloveniji. Varstvo narave, 24: 85-96 str. [http://www.zrsvn.si/dokumenti/63/2/2010/Kolman\\_Mikos\\_povz\\_2227.pdf](http://www.zrsvn.si/dokumenti/63/2/2010/Kolman_Mikos_povz_2227.pdf) (Pridobljeno dne 15. 7. 2015.)

Ljubljana povezuje. 2012. Projekt LIFE10 NAT/SI/000142. <http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/SLO/default.htm> (Pridobljeno 8. 9. 2015)

Luštek, M., Bertok, M., Erhatic Širnik, R., Jerše, B., Koračin, M., Valič, P., Žaberl, M. 2008. Ribiški priročnik. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 104 str.

Monitoring kakovosti voda v Sloveniji. 2015. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. [http://vode.arso.gov.si/dist\\_javna/ekovode/iskalnik\\_mm.jsp](http://vode.arso.gov.si/dist_javna/ekovode/iskalnik_mm.jsp) (Pridobljeno dne 20. 8. 2015)

PIT tags: The full story. 2010. Fishbio. <http://fishbio.com/field-notes/fish-monitoring/pit-tag-the-full-story> (Pridobljeno dne 2. 9. 2015.)

Pollak, B. 1995. Naravne znamenitosti Kamniško-Savinjskih Alp na Kamniškem območju. Kamnik, Občina Kamnik: 152. Str

Povž, M. 2005. Presekane tisočletne selitvene poti. <http://www.pozitivke.net/article.php/20050417192607392> (Pridobljeno 10. 8. 2015.)

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

Pravilnik o določitvi odsekov površinskih voda, pomembnih za življenje sladkovodnih vrst rib. 2005. Uradni list RS št. 28/2005.

Program upravljanja rib v celinskih vodah republike slovenije za obdobje 2010-2021. Osnutek. 2012. Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje: 117 str. [http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/osnutki/osnutek\\_programa\\_upravlja\\_rib\\_2012\\_2021.pdf](http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/osnutki/osnutek_programa_upravlja_rib_2012_2021.pdf) (Pridobljeno 25. 8. 2015.)

Ribiški kataster. 2015. Zavod za ribištvo Slovenije.

Schmutz, S., Mielach, C. 2013. Measures for ensuring fish migration at transversal structures. Technical paper. International Commission for the Protection of the Danube River: 50 str.

Skupna strategija izvajanja za okvirno direktivo o vodah (2000/60/ES). 2009. Tehnično poročilo 2009-027. Strokovno navodilo št. 20, Strokovno navodilo o izjemah od okoljskih ciljev. European Communities: 41 str. [http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/cpvo/direktiva\\_o\\_vodah\\_navodilo\\_o\\_izjemah.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/cpvo/direktiva_o_vodah_navodilo_o_izjemah.pdf) (Pridobljeno dne 5. 8. 2015.)

Spletna stran Ribiške družine Bistrica Domžale. 2015. <http://www.rd-bistrica-domzale.si/index.php/sl/> (Pridobljeno 17. 8. 2015)

Svetina, M., Verce, F. 1969. Ribe in ribolov v slovenskih vodah. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 229 str.

Vahtar, M., Gradišek, S., Bokal, M., Ramovš, A. 2008. Trkamo na vrata dediščine: primer dobre prakse v srcu Slovenije: Kamniška bistrica, zelena os regije. Dol pri Ljubljani, Občina Dol pri

Ljubljani in partnerske občine v projektu Trkamo na vrata dediščine: 61 str. <http://www.zelena-os.si/pdf/Zelena%20os%20regije%20.pdf> (Pridobljeno 16. 8. 2015.)

Zabrc, D., Čarf, M., Jenič, A., Puklavec, D., Bric, B., Šantl, S. 2014. Prehodnost je naša prihodnost. 25. Mišičev vodarski dan 2014: 219-227 str. <http://mvd20.com/LETO2014/R33.pdf> (Pridobljeno 15. 8. 2015.)

Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib). Uradni list RS št. 61/2006.

Zakon o vodah (ZV-1). 2002. Uradni list RS št. 67/2002.

Zapisnik o elektro izlovu RD Bistrica Domžale. 17. 9. 2012. Ribiška družina Bistrica Domžale.

Zapisnik o poginu rib v Kamniški Bistrici. 19. 9. 2008. Ribiška družina Bistrica Domžale.