

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:

Blažič, A., 2016. Analiza vzdolžne povezanosti in ostalih vplivov na ribe v Kamniški Bistrici. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Mikoš, M.): 97 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5791/>

Datum arhiviranja: 5-10-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Blažič, A., 2016. Analiza vzdolžne povezanosti in ostalih vplivov na ribe v Kamniški Bistrici. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Mikoš, M.): 97 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5791/>

Archiving Date: 5-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

ALEŠ BLAŽIČ

**ANALIZA VZDOLŽNE POVEZANOSTI IN OSTALIH
VPLIVOV NA RIBE V KAMNIŠKI BISTRICI**

Diplomska naloga št.: 328/VKI

**ANALYSIS OF LONGITUDINAL CONNECTIVITY AND
OTHER IMPACTS ON FISH IN THE KAMNIŠKA
BISTRICA RIVER**

Graduation thesis No.: 328/VKI

Mentor:

prof. dr. Matjaž Mikoš

Ljubljana, 13. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Spodaj podpisani študent Blažič Aleš, vpisna številka 26103242, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Analiza vzdolžne povezanosti in ostalih vplivov na ribe v Kamniški Bistrici

IZJAVLJAM

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

V Ljubljani, dne 26.8.2016

Podpis študenta:

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	627.1:626.882(043.2)
Avtor:	Aleš Blažič
Mentor:	prof. dr. Matjaž Mikoš
Naslov:	Analiza vzdolžne povezanosti in ostalih vplivov na ribe v Kamniški Bistrici
Tip dokumenta:	Dipl. nal. - UNI
Obseg in oprema:	97 str., 11 pregl., 61 sl., 3 graf., 5 en., 4 pril.
Ključne besede:	Kamniška Bistrica, vzdolžna povezanost, prečne vodne zgradbe, ribe, prehodnost, indeks DCI, ribji prehodi, migracije

Izvleček:

Kamniška Bistrica je 33 km dolga reka, ki izvira pod Kamniško-Savinjskimi Alpami, teče proti jugu mimo Kamnika in Domžal, ter se v reko Savo izliva tik nad sotočjem Save z Ljubljano. Njen hudourniški značaj je botroval rednim poplavam, zato se je pojavila težnja po njeni regulaciji ter izkoriščanju vodne moči. Z gradnjo pragov in jezov za umiritev toka, stabilizacijo struge in zavarovanjem pred erozijo ter utrjenimi brežinami in visokovodnimi nasipi za varstvo pred poplavami, se je rečni sistem prekinil tako vzdolžno kot prečno. Posledice sprememb so utrpeli vse obvodne in vodne živalske vrste, predvsem ribe. Najhujše so bile prizadete tiste vrste, ki se morajo vzdolž reke seliti na daljše razdalje. Mnogo vrst se ni prilagodilo spremembam vodnega okolja in so iz reke izginile.

Številne prečne vodne zgradbe prekinjajo vzdolžno povezanost Kamniške Bistrice in ribam onemogočajo selitve, tako bistvene za njihov obstoj – to velja predvsem za potamodromne vrste rib (selitve znotraj celinskih voda) in diadromne vrste rib (selitve med morji in oceani ter celinskimi vodami), ki so skoraj popolnoma izumrle.

V diplomski nalogi se spoznavamo z lastnostmi porečja Kamniške Bistrice in njenimi posebnostmi ter ocenjujemo vpliv številnih prečnih vodnih zgradb, kot tudi ostale dejavnike, ki vplivajo na ribje združbe v Kamniški Bistrici. Poglavitni cilj je določitev tistih prečnih vodnih zgradb, na katerih bi z izboljšano prehodnostjo rib in ostalih vodnih organizmov v največji meri prispevali k izboljšanju vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK:	627.1:626.882(043.2)
Author:	Aleš Blažič
Supervisor:	Prof. Matjaž Mikoš, Ph.D.
Title:	Analysis of longitudinal connectivity and other impacts on fish in the Kamniška Bistrica river
Document type:	Graduation thesis – University studies
Scope and tools:	97 p., 11 tab., 61 fig., 3 graph., 5 eq., 4 app.
Key words:	Kamniška Bistrica river, longitudinal connectivity, transverse river structures, fish, free passage, DCI index, fish passes, migrations

Summary:

The Kamniška Bistrica river is 33 km long, it originates below the Kamnik-Savinja Alps, runs southward past Kamnik and Domžale, and flows in the Sava river just above the confluence of the rivers Sava and Ljubljana. Its torrential character has resulted in regular flooding, so there has been always a tendency for its regulation and exploitation of water power. With the construction of barriers and dams for the purposes of slowing down the current, stabilization of the stream channel, insurance against erosion and fortified banks and embankments for flood protection, the river system was interrupted both longitudinally and laterally. All riparian and aquatic species, especially fish, have been exposed to the effects of these changes. The worst damage was made to the types of fish, which migrates over longer distances. Many species couldn't adapt to the changes in the aquatic environment, and had disappeared from the river.

Numerous transverse water structures are interrupting the longitudinal connectivity of the Kamniška Bistrica river and doesn't allow fish migrations, so essential for their existence – particularly for potamodromous fish (migrations within inland waters) and diadromous fish (migrations between oceans / seas and inland waters) which are almost extinct.

In this thesis we are getting to know the characteristics of the Kamniška Bistrica River Basin and its features, and assess the impact of numerous transverse water structures, as well as other factors that affect fish communities of Kamniška Bistrica. Our main objective is to identify those water structures, of which improvements on free passage for fish and other aquatic organisms would contribute most largely to the improvement of longitudinal connectivity of the Kamniška Bistrica river.

ZAHVALA

Za izkazano potrpljenje tekom vseh let mojega študija se zahvaljujem vsem profesorjem in asistentom na Fakulteti, zaposlenim v referatu ter mentorju prof. dr. Matjažu Mikošu.

Za pridobljene podatke se zahvaljujem zaposlenim v Vodnogospodarskem podjetju Hidrotehnik Ljubljana ter Ribiški družini "Bistrica" Domžale.

Hvala vsem domačim, ki so me vzpodbujali in podpirali vsa ta leta, še posebej staršem in ženi, ki je na istem študiju že zdavnaj diplomirala in me neumorno vzpodbujala k zaključku.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Predstavitev problema	1
1.2 Cilj diplomske naloge.....	2
1.3 Metodologija dela	3
2 REKA KAMNIŠKA BISTRICA.....	5
2.1 Splošno	5
2.2 Lastnosti porečja	10
2.2.1 Geografska lega.....	11
2.2.2 Relief	11
2.2.3 Kamninska sestava	13
2.2.4 Pokrovnost	13
2.3 Hidrologija.....	13
2.3.1 Hidrogeografske značilnosti	13
2.3.2 Količine padavin, trajanje snežne odeje, letni potek temperatur	14
2.3.3 Podzemne vode	15
2.3.4 Površinske vode ter vodna bilanca	15
2.4 Poplavna varnost in preoblikovanje struge.....	19
2.5 Mlinščice	21
2.6 Obremenitve	26
2.6.1 Industrija	26
2.6.2 Vodne pravice	28
2.6.3 Poselitev.....	29
2.6.4 Kmetijstvo.....	30
2.7 Kakovost vode ter Centralna čistilna naprava Domžale – Kamnik.....	30
2.8 Varstvo narave	33
3 RIBE	34
3.1 Splošno o ribah in ribjih selitvah	34
3.2 RIBE v Kamniški Bistrici	36
3.3 Ribiška družina "Bistrica" Domžale	39
3.4 Vplivi na ribe	42
3.4.1 Regulacije voda	42
3.4.2 Prekinjene selitvene poti.....	43
3.4.3 Onesnaženje voda.....	45

3.4.4 Hidrometeorološke razmere	48
3.4.5 Prekomeren izlov	48
3.4.6 Vnos tujerodnih vrst rib	49
3.4.7 Ribojede ptice	49
4 VZDOLŽNA POVEZANOST	50
4.1 Prečne vodne zgradbe	50
4.1.1 Prag	51
4.1.2 Drča	51
4.1.3 Jez	52
4.2 Terensko delo	52
4.2.1 Povzetek terenskega popisa prečnih vodnih zgradb	56
4.2.2 Ribji prehodi na Kamniški Bistrici	57
4.3 Metode za vrednotenje prehodnosti posameznih prečnih vodnih zgradb	59
4.4 Izračun indeksa vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice	60
4.5 Rezultati in interpretacija	62
5 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE VZDOLŽNE POVEZANOSTI VODOTOKA	67
5.1 Splošno	67
5.2 Ribji prehodi	68
5.2.1 Sonaravni tipi ribjih prehodov	69
5.2.2 Tehnični tipi ribjih prehodov	75
5.3 Zakonodaja	83
6 ZAKLJUČEK	87
6.1 Gospodarjenje z vodami	87
6.2 Obogatitev vodnega in obvodnega prostora	87
6.3 Povzetek	90
VIRI	92

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Strmci vodnih tokov v porečju Kamniške Bistrice (Brečko Grubar, 2006)	14
Preglednica 2: Vodna bilanca vodozbirnih zaledij treh vodomernih postaj v porečju Kamniške Bistrice v obdobju 1961-1990 (Kolbezen in Pristov, 1998).....	16
Preglednica 3: Značilni pretoki ter zabeležene konice na vodomernih postajah (Kolbezen in Pristov, 1998).....	17
Preglednica 4: Količine odpadnih vod večjih industrijskih obratov v Kamniško-bistriškem porečju (Atlas okolja, ARSO, 2016)	26
Preglednica 5: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz vzorcev Kamniške Bistrice v letu 2000. (CČN Domžale - Kamnik, 2014).....	32
Preglednica 6: Vrstni sestav rib v bistriškem ribiškem okolišu: tekoče in stoječe vode (ZZRS, 2011)	37
Preglednica 7: Razdelitev Kamniške Bistrice po revirjih	41
Preglednica 8: Mejne in priporočene vrednosti parametrov salmonidnih in ciprinidnih voda (Kakovost voda..., 2014).....	47
Preglednica 9: Gostota obremenjenosti Kamniške Bistrice s prečnimi vodnimi zgradbami.....	56
Preglednica 10: Gostota obremenjenosti Kamniške Bistrice s prečnimi vodnimi zgradbami (2. del) ...	57
Preglednica 11: Določevanje vrednosti za prehodnost posamezne prečne vodne zgradbe	60

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Povprečni mesečni pretoki Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Kamnik I (Arhiv Hidroloških podatkov, ARSO, 2016).....	16
Grafikon 2: Grafični pregled pretokov in vodostajev Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Domžale za leto 1990 (Arhiv hidroloških podatkov, ARSO, 2016).....	18
Grafikon 3: Grafični pregled pretokov in vodostajev Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Vir za leto 2008 (Arhiv hidroloških podatkov, ARSO, 2016).....	18

KAZALO SLIK

Slika 1: Pregladna karta Kamniške Bistrice s pritoki (ZZRS, 2011).....	5
Slika 2: Izvir Kamniške Bistrice (Blažič, 2016).....	6
Slika 3: Kamniška Bistrica v zgornjem delu (Blažič, 2015)	7
Slika 4: Reka Nevljica (Blažič, 2015).....	7
Slika 5: Kamniška Bistrica v srednjem delu, pri Domžalah (Blažič, 2016).....	7
Slika 6: Reka Rača (Blažič, 2016).....	8
Slika 7: Kamniška Bistrica v spodnjem delu, pri Biščah (Blažič, 2016)	8
Slika 8: Reka Pšata (vir: www.kraji.eu).....	9
Slika 9: Sotočje treh rek: Save, Ljubljanice in Kamniške Bistrice (vir: www.visitljubljana.com).....	9
Slika 10: Mlinščici: levo Radomeljska in desno Homška (Blažič, 2016)	10
Slika 11: Nadmorske višine v porečju Kamniške Bistrice (Brečko Grubar, 2006)	12
Slika 12: Prag, pozidana brežina in visokovodni nasip na urbanem območju (Blažič, 2016).....	21
Slika 13: Sistem Mlinščic ob Kamniški bistrici (ICRO, 2015)	22
Slika 14: Jašovčev mlin ob Radomeljski Mlinščici (ICRO, 2015).....	23
Slika 15: Podeljena vodna dovoljenja in koncesije za rabo vode (Atlas vode, ARSO, 2016)	29
Slika 16: Shema bivalnih območij značilna za ribje vrste v tekočih vodah (FAO, 1998)	35
Slika 17: Logotip ribiške družine "Bistrica" Domžale (50 let ribiške ..., 2004).....	40
Slika 18: Bistriški ribolovni okoliš (vir: www.rd-bistrica-domzale.si).....	41
Slika 19: Obzidane zunanje in utrjene notranje brežine v Kamniku (Blažič, 2016).....	43
Slika 20: Drča pri Duplici se zliva z okolico (Blažič, 2016).....	44
Slika 21: Čprav je prag nizek, zaradi betoniranega podslapja za ribe ni prehodan (Blažič, 2016).....	44
Slika 22: Ribja steza na Jezu pri smodnišnici ni funkcionalna (Blažič, 2016).....	45
Slika 23: Pogost prizor ob Kamniški Bistrici (Blažič, 2016)	46
Slika 24: Zaraščenost bregov Kamniške Bistrice v spodnjem toku (Blažič, 2016).....	52
Slika 25: Urejene pešpoti ob bregovih Kamniške Bistrice (Blažič, 2016).....	53
Slika 26: Težavnost določitve med nasuto drčo in porušenim pragom (Blažič, 2016).....	53
Slika 27: Primeri porušenih prečnih vodnih zgradb na Kamniški Bistrici (Blažič, 2016).....	54
Slika 28: Dva bližnja praga opredeljujemo kot dvostopenjski prag (Blažič, 2016).....	55
Slika 29: Talni prag za utrditev podslapja (Blažič, 2016).....	55
Slika 30: Potopljeni prag nad Ihanskim jezem (Blažič, 2016).....	56
Slika 31: Ribji prehodi na Kamniški Bistrici (Blažič, 2016).....	58
Slika 32: Ihanski jez (Blažič, 2016).....	63
Slika 33: Jez pod Kamnolomom (Blažič, 2016).....	63
Slika 34: Jez v Volčjem Potoku (Blažič, 2016).....	63

Slika 35: Prag v Stranjah (Blažič, 2016).....	63
Slika 36: Jez v Stahovici (Blažič, 2016).....	63
Slika 37: Jez nad Kalcitom (Blažič, 2016).....	63
Slika 38: Prag nad novo AP (Blažič, 2016).....	64
Slika 39: Jez pri smodnišnici (Blažič, 2016).....	64
Slika 40: Homški prag (Blažič, 2016).....	64
Slika 41: Prag za Stolom (Blažič, 2016).....	64
Slika 42: Sonaravni tipi ribjih prehodov (FAO/DVWK, 2002).....	68
Slika 43: Primeri tehničnih tipov ribjih prehodov (FAO/DVWK, 2002; Odeh, 1999).....	69
Slika 44: Talna drča z zloženimi kamnitimi bloki (FAO/DVWK, 2002; Gebler, 1991).....	70
Slika 45: Nasuta talna drča (FAO/DVWK, 2002; Gebler, 1991).....	70
Slika 46: Talne drče s kamnitimi pragovi (FAO/DVWK, 2002; Gebler, 1991).....	71
Slika 47: Preoblikovanje padca s talno drčo (FAO/DVWK, 2002).....	71
Slika 48: Preoblikovanje jezovne zgradbe (FAO/DVWK, 2002).....	71
Slika 49: Umestitev obtočnega kanala (FAO/DVWK, 2002).....	72
Slika 50: Različne ureditve ribjih stez na pregradi (FAO/DVWK, 2002).....	73
Slika 51: Ribja steza z bazeni in hrapavim koritom (FAO/DVWK, 2002).....	74
Slika 52: Pilotna ribja steza – shematski prerez (FAO/DVWK, 2002).....	74
Slika 53: Konvencionalni prehod z bazeni (FAO/DVWK, 2002; Jens, 1982).....	76
Slika 54: Oblika stene v romboidnem prehodu (FAO/DVWK, 2002; Jens, 1982).....	77
Slika 55: Grbinasti prehodi v tlorisnem in vzdolžnem prerezu (FAO/DVWK, 2002; Hensen in Schiemenz, 1960).....	77
Slika 56: Shematski prikaz prehoda z dvema režama (FAO/DVWK, 2002).....	78
Slika 57: Shematski prikaz Denilovega prehoda (FAO/DVWK, 2002; Lonnebjerg, 1980).....	79
Slika 58: Shematski prikaz jegulje lestve (Odeh, 1999; FAO/DVWK, 2002; Jens, 1982).....	80
Slika 59: Princip delovanja ribje zapornice (FAO/DVWK, 2002).....	81
Slika 60: Shematski prikaz ribjega dvigala (FAO/DVWK, 2002; Larinier, 1992).....	83
Slika 61: Rekreatijske površine ob poti na bregovih Kamniške Bistrice (Blažič, 2016).....	88

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

CČN	Centralna čistilna naprava
DCI	Dendritic connectivity index – indeks vzdolžne povezanosti
DCId	Dendritic connectivity index for diadromous fish – indeks vzdolžne povezanosti za diadromne ribe (npr. losos, jegulja)
DCIp	Dendritic connectivity index for potamodromous fish – indeks vzdolžne povezanosti za potamodromne ribe (npr. sulec, podust, mrena)
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
HE	hidroelektrarna
mHE	mala hidroelektrarna
RD	Ribiška družina
RZS	Ribiška zveza Slovenije
Ur.l.RS	Uradni list Republike Slovenije
ZZRS	Zavod za ribištvo Slovenije

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

Diadromne ribe	ribje vrste, ki se selijo med morji/oceani in celinskimi vodami (losos, jegulja, morska postrv...)
Drst	razmnoževanje pri ribah
Migracije	skupinske selitve ribjih vrst
Potamodromne ribe	ribje vrste, ki se selijo znotraj celinskih voda (sulec, podust, mrena...)
Prečne vodne zgradbe	prečne zgradbe ali objekti v strugi vodotoka (prag, drča, jez, pregrada...)
Prehodnost	zmožnost prehajanja rib čez določeno prečno vodno zgradbo
Ribji prehodi	zgradba, ki omogoča ribam prehod prečne vodne zgradbe
Vzdolžna povezanost	izraz, uporabljen pri opisovanju stanja vodotoka, povezanega s prečnim vodnimi zgradbami, ki ovirajo ali prekinjajo ribje selitve

1 UVOD

1.1 Predstavitev problema

Kamniška Bistrica je osrednjeslovenska reka, ki izvira na južnem vznožju Kamniško-Savinjskih Alp, teče proti jugu mimo Kamnika in Domžal in se pod Vidmom pri Ljubljani izliva v reko Savo. Na svoji kratki, 33 km dolgi poti, ima več obrazov: sprva teče kot pravi gorski vodotok po ozki, strmi in gozdnati dolini Kamniška Bistrica, v srednjem delu toka se umiri, tudi s pomočjo številnih pragov in jezov. Tu teče po ravninskem, gosto naseljenem in industrijskem območju, v spodnjem delu pa njene bregove spremljajo obširne kmetijske površine.

Tudi kakovost vode se v Kamniški Bistrici hitro spreminja: od najboljše ocene za kvaliteto vode v zgornjem delu toka, do najnižje ocene v spodnjem delu toka. Temu kazalcu sledi ekološko stanje: od dobrega stanja v zgornjem toku, do zelo slabega v spodnjem toku. To pa je že pokazatelj stanja, kakršnega Kamniška Bistrica ponuja svojim prebivalcem – ribam in ostalim vodnim organizmom.

Kamniška Bistrica je po naravi hudourniška reka, ki hitro spreminja svoj pretok in rada poplavlja. V preteklosti je po visokih vodah redno preoblikovala svojo strugo znotraj širšega koridorja, zato se je poleg težnje po izrabljanju njenega vodnega potenciala pojavljala še težnja po zaščiti pred poplavami, kar je postopoma privedlo do današnjega stanja: Kamniška Bistrica je izjemno regulirana, ujeta med visokovodne nasipe, prekinjajo jo preštevilni pragovi in jezovi, znaten del njenih voda pa je iz matične struge preusmerjen v sisteme mlinščic in kanalov.

Kar zadeva potrebe rib, je Kamniška Bistrica oz. njena voda sicer bogata s kisikom in hranili, vendar njene ureditve ne dopuščajo sonaravnih, ekološko primernih habitatov za ribe. Reki primanjkuje odsekov z raznovrstnim tokom, v strmih zidanih brežinah pa ni prostora za vegetacijo, ki bi ribam nudila mesto za počitek in zavetje pred plenilci. Če povzamemo, ribe so ujete v kratkih rečnih odsekih, bočno omejenimi z nasipi in stenami, vzdolžno pa z visokimi pragovi in jezovi.

Reka je celota in po njej se ribe selijo navzgor in navzdol na drstišča, na mesta, kjer se hranijo in v skrivališča. Po reki se premikajo tudi drugi organizmi s katerimi se ribe prehranjujejo. Za ohranjanje kakovostnih ribjih habitatov morajo selitvene poti ostati neprekinjene oziroma prehodne, kar je potrebno upoštevati pri vseh posegih v vodotoke in tako skrbno načrtovati ribje prehode (FAO, 1998).

V večini evropskih držav so reke v zadnjih 50–100 letih doživele ogromno sprememb, in z njimi tudi ribje združbe. Raznolikost ribjih vrst je upadla zaradi zgrajenih pregrad, jezov in pragov, ki so na vodotokih prekinili selitvene poti. Največjo škodo so s tem utrpeli diadromne vrste rib, ki se selijo med

slano in sladko vodo, kar je nuja za njihov razvojni cikel (losos, morska postrv, jegulja). Večina diadromnih vrst v večjih rekah po Evropi je izumrla v zadnjih 100 letih (FAO/DVWK, 2002). Posledice se kažejo tudi na potamodromnih vrstah, ki se v življenjskem ciklu selijo znotraj celinskih voda - tako pri tistih ki se selijo na daljše razdalje (sulec, podust), kot pri vrstah, ki se po reki gibljejo na krajše razdalje, v merilu 10km (postrvi, ploščič, mrena). Bogastvo ribjih vrst torej ni odvisno le od zdravih vodnih habitatov, ampak tudi neprekinjenih povezav med njimi.

OPOMBA: V naslovu in vsebini diplomske naloge je uporabljeno ime Kamniška Bistrica, s katero se navezujemo na reko Kamniška Bistrica. Enako ime ima tudi dolina Kamniška Bistrica, v kateri ta istoimenska reka izvira. Velja poudarek, da bo za reko vedno uporabljeno le ime *Kamniška Bistrica* (npr. 'ribe v Kamniški Bistrici'), za opisovanje doline pa bo vedno uporabljena zveza *dolina Kamniška Bistrica* (npr. 'izvira v dolini Kamniška Bistrica'). Ob tem pa še informacija o izvoru besede *Bistrica*: vodno ime *Bistrica* je slovanskega izvora in izhaja iz občne besede *bystrica* v pomenu 'hitro tekoča voda', ta pa iz pridevnika *bystrъ*, kar pomeni hitro tekoč, deroč (Bezljaj, 1961. Snoj, 2009).

1.2 Cilj diplomske naloge

V diplomski nalogi ocenjujemo oz. analiziramo dejavnike, ki vplivajo na ribje združbe v Kamniški Bistrici: regulacije reke, onesnaženje voda, hidrometeorološke razmere, prekomeren izlov in vnos tujerodnih ribjih vrst ter ribojede ptice. Kot prvo omenjene regulacije se kažejo v uporabi gradbeno-tehničnih rešitev:

- prečne vodne zgradbe za stabilizacijo struge, zavarovanje pred erozijo ter za preusmeritev voda iz matične struge v mlinščice,
- vzdolžne vodne zgradbe kot protipoplavni ukrepi.

Poudarek namenjamo analizi prečnih vodnih zgradb na Kamniški Bistrici in njihovih vplivom, ne toliko na reko samo, ampak vpliv prečnih vodnih zgradb na ribe. Vplivi prečnih vodnih zgradb na vodotoke so nam znani: povzročijo spremembo vodnega okolja, predvsem pri višjih jezovih in pregradah, ki povzročijo zaježitve. Ta sprememba se odraža v dvigu temperature vode, zmanjšanju vsebnosti kisika in s tem povečanjem tveganju za nastop evtrofikacije. Spremeni se tudi prodonosnost in s tem sestava rečnega dna. Prečne vodne zgradbe so glavni razlog za razdrobljenost rečnih ekosistemov (Kolman, 2014).

Vplivi prečnih vodnih zgradb na ribe oz. ribjo populacijo pa so veliko bolj specifični, saj različno vplivajo na različne ribje vrste. Mnoge vrste pa še niso toliko raziskane, da bi lahko točno določili vpliv prečnih vodnih zgradb in njihove posledice.

Cilj diplomske naloge je spoznati vse dejavnike, ki vplivajo na ribje populacije v Kamniški Bistrici, ter podati oceno vpliva vsakega od teh dejavnikov, ki so med seboj tudi odvisni. Poglavitni cilj je preračun in določitev tistih prečnih vodnih zgradb na Kamniški Bistrici, ki imajo največji vpliv na selitve rib oz. prekinjene selitvene poti. Podane bodo tudi možne rešitve za izboljšanje vzdolžne povezanosti in nadaljne usmeritve za vzpostavitev bolj sonaravnega stanja rečnega koridorja.

1.3 Metodologija dela

Vsaka prečna vodna zgradba ima dve posledici, ki vplivata na ribjo združbo - otežene ali celo prekinjene so selitvene poti, druga posledica pa je sprememba vodnega okolja dolvodno in gorvodno od ovire, kar vodi v razdrobljenost rečnih ekosistemov (Kolman, 2014). To v različni meri vpliva na spremembe v strukturi ribje združbe, v najslabših primerih lahko sčasoma pride do izginotja določenih ribjih vrst iz okolja. Vzdolžna povezanost vodotoka je torej ključna za ohranitev zdravih in raznolikih ribjih populacij.

Za oceno vzdolžne povezanosti vodotokov obstaja več metod. Z njimi računamo oz. vrednotimo vzdolžno povezanost vodotoka ter prednostno razvrščamo prečne vodne zgradbe za izboljšanje povezanosti vodotoka. Z razvrščanjem prečnih vodnih zgradb določamo tiste, na katerih bi izboljšave prehodnosti najugodnejše vplivale na celotno vzdolžno povezanost vodotoka. Z izboljšavo prehodnosti na prečni vodni zgradbi, za katero smo ugotovili, da je najbolj pomembna za ribe, bomo najbolj učinkovito vplivali na izboljšanje ekološkega stanja vodotoka (Kolman, 2014). Izboljšave prehodnosti se lahko dosežejo z modifikacijo prečne vodne zgradbe, izgradnjo ribjega prehoda ali z poružitvijo prečne vodne zgradbe. Obširnejše so ukrepi oz. rešitve za vzpostavljanje vzdolžne povezanosti za ribe opisane v poglavju 5 *Ukrepi za izboljšanje vzdolžne povezanosti vodotoka*.

Za izračun koeficienta oz. indeksa vzdolžne povezanosti vodotoka ter splošno oceno obremenjenosti Kamniške Bistrice z prečnimi vodnimi zgradbami je potreben pregled vseh prečnih vodnih zgradb, zgrajenih na Kamniški Bistrici. Arhivski podatki o vodnih zgradbah obstajajo, vendar so pomanjkljivi, velikokrat neažurni in s tem tudi ne odražajo trenutnega – dejanskega stanja.

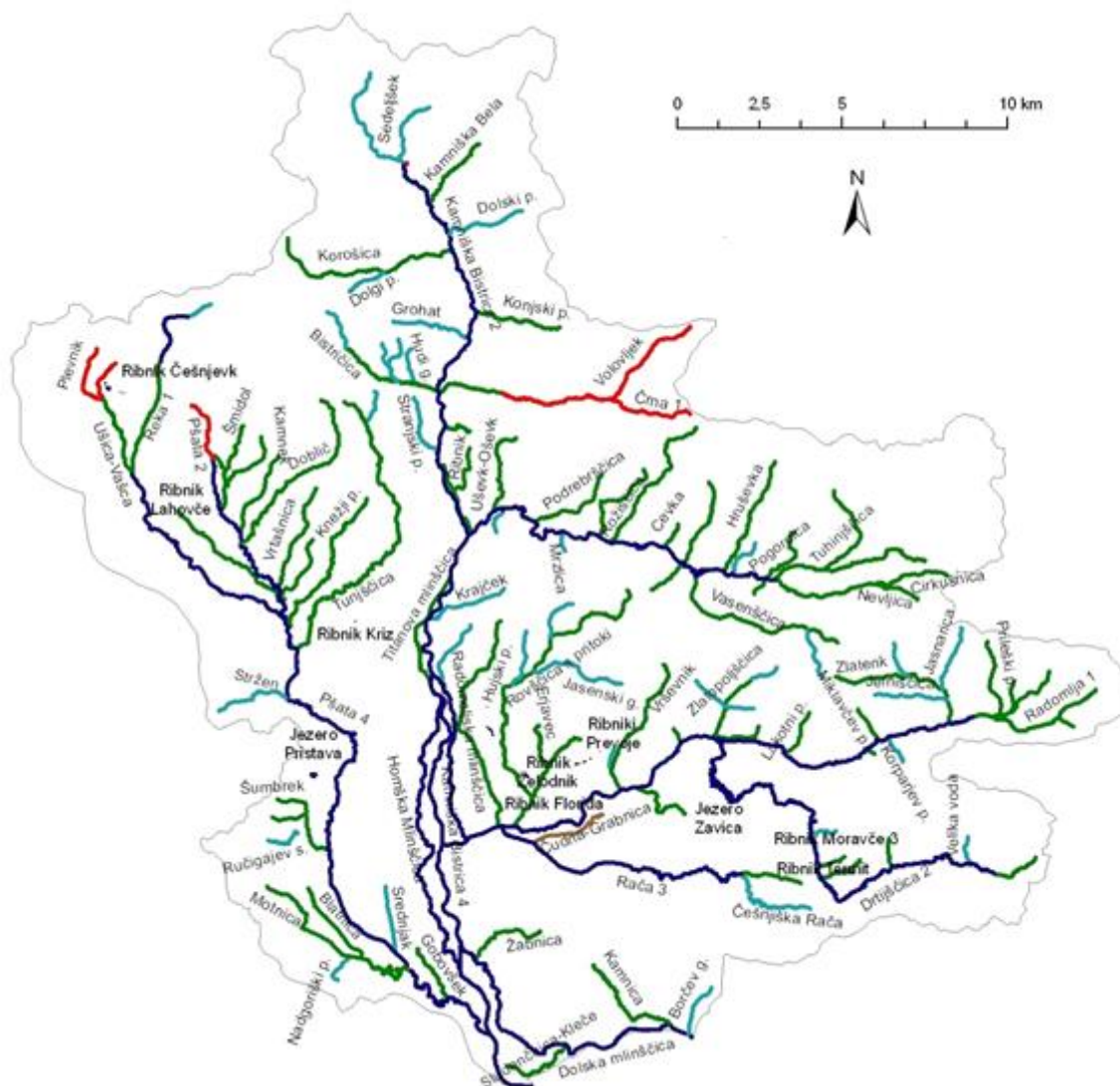
Zato je za obravnavo vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice najprej potreben popis vseh prečnih vodnih zgradb vzdolž njenega toka. Potrebno je oceniti prehodnost vsake prečne vodne zgradbe. To storimo na podlagi izmerjene oz. ocenjene višine vodnega padca, obliki prečne vodne zgradbe, prisotnosti podslapja in ostalih značilnostih prečne vodne zgradbe ter na podlagi splošnih skakalnih in plavalnih sposobnosti rib, ki pa so žal poznani le za nekaj vrst rib, ki naseljujejo Kamniško Bistrico. Omejili se bomo na oceno prehodnosti prečnih vodnih zgradb, ter nato izvedli preračun indeksa vzdolžne povezanosti DCI (angl. dendritic connectivity index) po t.i. kanadski metodi (Cote in sod., 2009; Kolman, 2014). Izračunani indeks DCI nam bo služil za oceno vzdolžne povezanosti Kamniške

Bistrice, računali pa bomo tudi indeksa DCIp (indeks vzdolžne povezanosti za potamodromne ribe – ribe, ki se selijo znotraj celinskih voda) in DCId (indeks vzdolžne povezanosti za diadromne ribe – ribe, ki se selijo med celinskimi vodami in morji oz. oceani). Indeksa DCIp in DCId bomo računali za vsako prečno vodno zgradbo, ki smo jo ocenili za neprehodno ali delno prehodno, z namenom, da določimo tiste prečne vodne zgradbe, ki najbolj negativno vplivajo na vzdolžno povezanost Kamniške Bistrice. Tako bomo določili prednostni seznam tistih pragov ali jezov, na katerih bi vzpostavitev prehodnosti za ribe najbolj prispevalo k izboljšanju vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice.

2 REKA KAMNIŠKA BISTRICA

2.1 Splošno

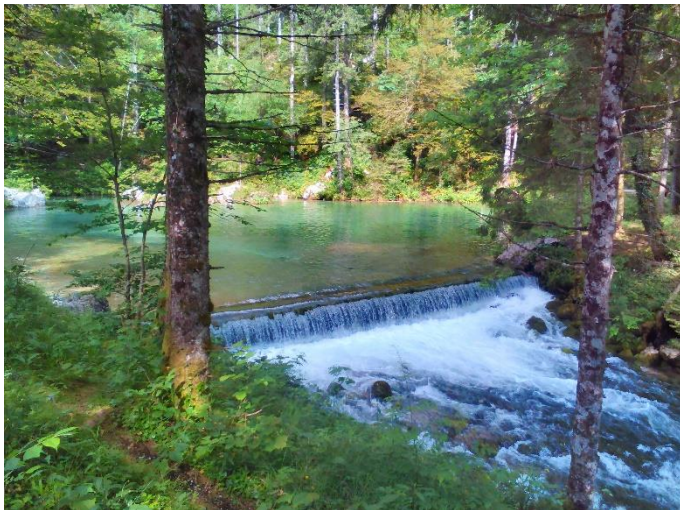
Kamniška Bistrica je reka v osrednji Sloveniji, levi pritok Save v njenem osrednjem delu. Z dolžino 33 km je Kamniška Bistrica največji slovenski hudournik (ICRO, 2015). V zgornjem toku je prava gorska reka in teče po večinoma gozdnati, redko poseljeni gorski dolini Kamniška Bistrica, v srednjem in spodnjem toku pa po lastnih prodnih naplavinah v dnu Ljubljanske kotline skozi gosto naseljeno in urbanizirano območje. Slika 1 prikazuje porečje Kamniške Bistrice.



Slika 1: Pregledna karta Kamniške Bistrice s pritoki (ZZRS, 2011)

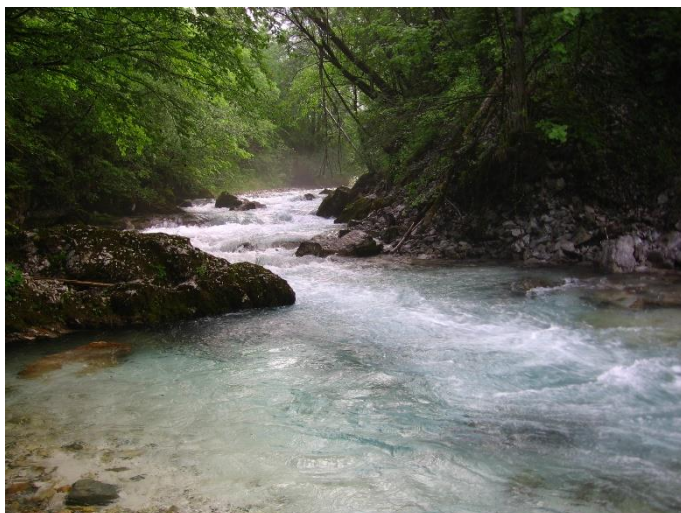
Glavni izvir Kamniške Bistrice leži na nadmorski višini 590 m tik ob Planinskem domu v Kamniški Bistrici, ima kraški tip izvira, zgrajen prag pod izvirov pa ustvarja manjše jezerce (Slika 2). Reka dobiva

vodo še iz več drugih izvirov, vendar so občasni in večkrat presahnejo. Ob taljenju snega spomladi in ob močnejših padavinah oživijo tudi povirne grape, ki prispevajo k hudourniški naravi reke.



Slika 2: Izvir Kamniške Bistrice (Blažič, 2016)

Od izvira navzdol teče reka s precejšnjim strmcm skozi gozd (Slika 3), vmes se zaje v korita Predaslja, do 30 m globoko med strme apnenčaste stene. Pod koriti teče dalje po ozki gozdnati dolini vse do kamnoloma, kjer se dolina prične odpirati. Pod kamnolomom je zgrajen jez, ki ustvarja zaježitev z namenom napajanja podtalnice, saj se tam nahaja zajetje pitne vode za občino Kamnik. Pod Stahovico reka zapusti Kamniško-Savinjske Alpe in vstopi v Ljubljansko kotlino in dolina se postopoma razširi. V Kamniku sprejme Kamniška Bistrica levi pritok Nevljico (Slika 4) iz Tuhinjske doline, ter nadaljuje pot skozi Kamnik proti jugu. Med Kamnikom in Domžalami (Slika 5) jo na obeh straneh spremlja skoraj neprekinjen niz naselij, zraščeni v eno največjih urbaniziranih območij v Sloveniji. Starejše vasi so nekoliko odmaknjene od reke, novejša poselitev pa se je razširila tudi na poplavno ravnico Kamniške Bistrice. V tem ravninskem delu se od nje odcepita dve umetni strugi, imenovani mlinščici, in sicer Radomejska mlinščica na levem bregu ter Homška mlinščica na desnem bregu. Obe so v preteklosti zgradili domačini za dovajanje vode na mline in druge naprave, ki jih zaradi hudourniškega značaja niso mogli postaviti ob strugo Kamniške Bistrice.



Slika 3: Kamniška Bistrica v zgornjem delu (Blažič, 2015)



Slika 4: Reka Nevljica (Blažič, 2015)

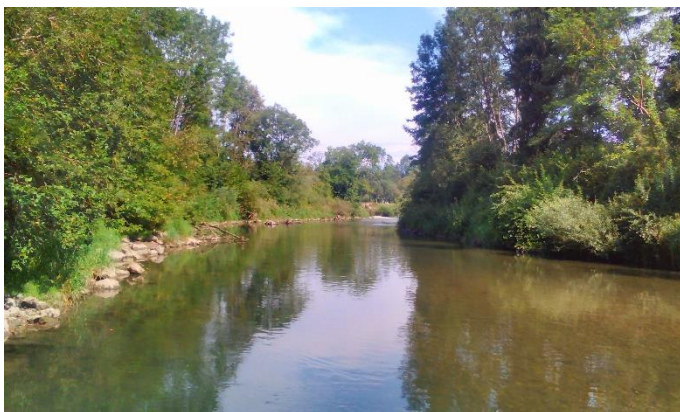


Slika 5: Kamniška Bistrica v srednjem delu, pri Domžalah (Blažič, 2016)

Pri Domžalah se v reko steka levi pritok Rača (Slika 6), od njunega sotočja pa pot nadaljuje proti jugu v rahlo vijugastem toku (Slika 7). Na obeh straneh jo spremlja široka poplavna ravnica, na kateri sta domžalska čistilna naprava in nekdanja velika prašičja farma v Ihanu, naselja pa so zaradi poplav nekoliko vstran od dosega rednih poplav. Blizu Beričevega se ji z desne pridruži še zadnji večji pritok Pšata (Slika 8), tik za tem pa vstopi na savsko naplavno ravnico in se malo naprej izlije v Savo (261 m.n.v.), le nekaj 100 m nižje pa se v Savo izliva tudi Ljubljanica (Slika 9).



Slika 6: Reka Rača (Blažič, 2016)



Slika 7: Kamniška Bistrica v spodnjem delu, pri Biščah (Blažič, 2016)



Slika 8: Reka Pšata (vir: www.kraji.eu)



Slika 9: Sotočje treh rek: Save, Ljubljanice in Kamniške Bistrice (vir: www.visitljubljana.com)

Kamniška Bistrica je izrazito preoblikovana, za kar sta ključna dva razloga: že v preteklosti velika potreba po vodni energiji za pogon mlinov, žag in drugih naprav, ki jih zaradi hudourniškega značaja reke in njenega bočnega prestavljanja niso mogli postaviti tik ob njej, ter v zadnjih desetletjih širjenje naselij v poplavno ravnico in s tem povezane zahteve po njihovem varovanju pred poplavami. V zgornjem toku do Stahovice je reka ostala skoraj v povsem naravnem stanju.

V srednjem in spodnjem toku so bile za gospodarski razvoj ključnega pomena mlinščice (Slika 10). Nastale so verjetno že v srednjem veku, ob njih pa so se namestile številne žage, mlini, kovačnice, male elektrarne in drugi obrati, ki so za obratovanje potrebovali vodno silo. V drugi polovici 19. st. je ob nekaterih nastala pomembna industrija, ki deluje še danes: tovarna kartona v Količevem, tovarna barv JUB v Dolu pri Ljubljani, Livarna Titan v Kamniku ipd. Tako gosta mreža mlinščic je edinstvena v Sloveniji (skupaj dolžinsko merijo okoli 60 km) in predstavlja skupaj z delujočimi in opuščenimi obrati zelo pomembno tehnično dediščino (vir: Wikipedija, 2016).



Slika 10: Mlinščici: levo Radomeljska in desno Homška (Blažič, 2016)

Onesnaženost Kamniške Bistrice se stopnjuje od čiste reke na prvih kilometrih do najslabšega kakovostnega razreda na odseku pred izlivom v Savo. Obremenjevanje reke z onesnaženimi dotoki, kot so nezajete odpadne vode, izcedne vode iz zemljišč ob reki in pritokih, kjer so prisotne najrazličnejše dejavnosti, meteorne vode iz pozidanih površin ter izpusti delno prečiščene vode iz čistilnih naprav presegajo samočistilne sposobnosti vodotoka (Brečko Grubar, 2006).

Za Kamniško Bistrico je značilno precejšnje nihanje vodnega pretoka. Na večjo občutljivost reke vplivata naravno zmanjševanje pretoka zaradi pronicanja v podtalnico, ter odvajanje vode iz matične struge v mlinščice (Brečko Grubar, 2006). Namesto, da bi se pretok reke zaradi pritokov povečeval, se srednji letni pretok med Kamnikom in Domžalami zmanjša.

2.2 Lastnosti porečja

Porečje je celotna površina, s katere se stekajo padavine v rečni sistem, tako površinsko kot podzemeljsko (Plut in Rogelj, 2000).

Porečje je odprt pokrajinski sistem odvisen od vnosov, prenosov in iznosov energije in snovi. Porečje kot sistem omogoča zelo primerno enoto za gospodarjenje z vodami, kjer so najpomembnejši vnos padavine, upoštevati pa je potrebno tudi infiltracijo podzemnih voda (kadar vodonosniki presegajo meje enega porečja) in najpomembnejši iznosi evapotranspiracija, površinski odtoki in odtekanje podzemne vode. Podpovršinski odtok ni nujno usklajen s topografsko omejenim porečjem. Vse oblike voda znotraj porečja so med seboj povezane, površinske tekoče in stoječe vode so povezane s podzemnimi vodami in medsebojno vplivajo na količinsko in kakovostno obnavljanje. Medsebojna povezanost in odvisnost vode in dejavnikov okolja v porečju je izjemno velika in vsestranska (Brečko Grubar, 2006).

Vodni odtok odraža količino, obliko, trajanje, prazporeditev padavin, učinke temperaturnih razmer, kamninske sestave (prepustnost in vodna kapaciteta kamnin), reliefa (nadmorska višina, strmina), prsti (infiltracijska kapaciteta), vegetacije (gozdnatosti) in drugih naravnih in antropogenih sestavin porečja (Plut in Rogelj, 2000).

Glede na morfološke poteze, tokove vode in prenos rečnih sedimentov porečje razdelimo na zgornji (povirni), srednji in spodnji del (Plut in Rogelj, 2000). Podobno kot porečje tudi rečni tok razdelimo na zgornji, srednji in spodnji del, ki se med seboj ločijo po strmci, hitrosti in količini vode ter drugih lastnostih vode.

Glede vodnih virov sta pomembna dva vidika voda: količinski in kakovostni. Količinski je povezan z vodno bilanco porečja in vodnim odtokom. Kakovostni vidik določajo fizikalne in kemijske lastnosti površinskih in podzemnih voda. Med fizikalnimi sta pomembna temperatura in trdi delci v vodi, kemijske lastnosti pa so odvisne od raztopljenih snovi, ki izhajajo iz atmosfere, prsti in kamnin. Človekov vpliv se odraža v spremenjenih vsebnostih naravno prisotnih kemijskih sestavin (nitrati, fosfati, težke kovine), v vnosu novih sintetičnih snovi in v spremenjeni vsebnosti trdnih delcev. Najpomembnejši pokazatelji kakovosti voda so: vsebnost kisika in organsko onesnaženje vode, segrevanje oz. temperaturno onesnaženje, zakisanje, eutrofikacija, onesnaženost sedimentov, prisotnost težkih kovin, organskih in drugih škodljivih kemikalij ter patogenih organizmov v vodi (Brečko Grubar, 2006).

2.2.1 Geografska lega

Površina porečja Kamniške Bistrice obsega 534,4 km² reliefno razgibanega ozemlja med Ljubljanskim poljem na jugu in Kamniško-Savinjskimi Alpami na severu. Na zahodu meji na porečje Kokre, na vzhodu na porečje Savinje ter na jugu na porečje Save oziroma območje podtalnice. Meje porečja so večinoma lahko določljive topografske razvodnice, tako tudi razvodnica med območji podtalnic Kamniško-bistriške ravnine in Kranjskega polja, ki poteka med Komendo in Mengšem ter razvodnica med območji podtalnic Kamniško-bistriške ravnine in Ljubljanskega polja, ki poteka med Črnučami in Podgorico ter izlivom v Savo (Brečko Grubar, 2006, 2007).

Porečje sestavljajo tri večja porečja (Nevljica 88,4 km², Rača z Radomljo 164,5 km², Pšata 147,9 km²) in več manjših porečij ostalih pritokov (Brečko Grubar, 2006).

2.2.2 Relief

Z reliefom in kamninsko sestavo so v veliki meri pogojene značilnosti vodnih tokov. Vodni tok Kamniške Bistrice je zelo raven, kot tudi tok večine njenih pritokov (Brečko Grubar, 2006).

Kamniška Bistrica teče v smeri od severa proti jugu od vznožja Kamniško-Savinjskih Alp do Save na vzhodnem delu Ljubljanskega polja. Povirni del in desna stran zgornjega dela pripadata gorovju s slemenimi vrhovi in kraškimi podi, leva stran zgornjega dela pa visoki planoti s kraškimi jamami in brezni. Dolina Kamniške Bistrice je značilna ledeniška dolina, ki se zaključuje pri Stahovici.

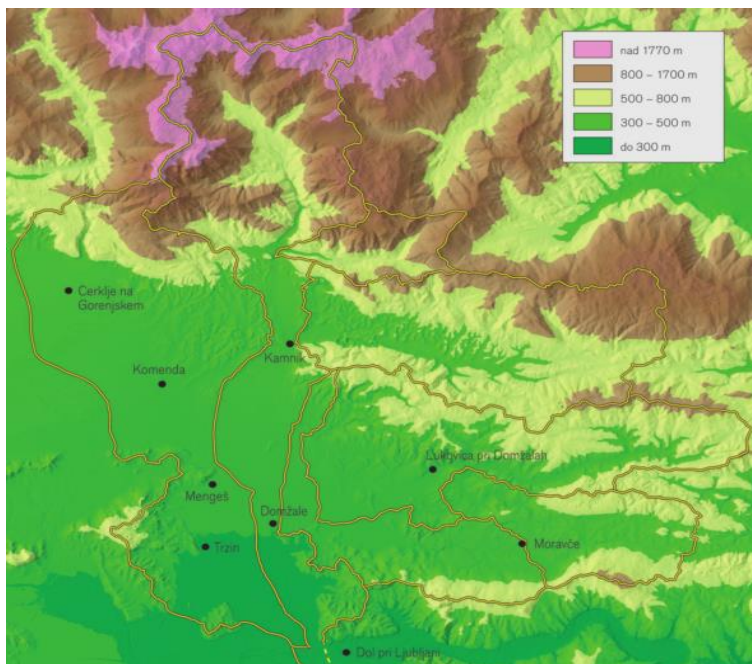
Hriboviti srednji del se izmenjuje z dolinami, ki so nasuta z drobirjem in prodrom. Obsega levo stran

porečja Nevljice in celotno porečje Rače z Radomljo. Dolinsko dno Nevljice je široko, prav tako Rače, Radomlje pa ozko. Gričevje je malo zastopano, obsega le Tunjiško gričevje, ki je leva stran zgornjega dela porečja Pšate (Brečko Grubar, 2006).

Spodnji ravninski del pa je dno doline, ki je nasuto z rečno-ledeniškim prodrom. Ravnina z rečnimi terasami in obrežnimi ravninami obsega srednji in spodnji del Pšate, spodnji del porečja Rače ter območje Homškega, Mengeškega in Domžalskega polja. V porečju Rače, na območju Velike planine, Krvavca in v povirnem delu porečja je zastopan kraški relief (Brečko Grubar, 2006).

Najvišja točka v porečju je Grintavec z 2558 m nadmorske višine, najnižja točka pri izlivu Kamniške Bistrice v Savo pa je na 261 m nadmorske višine.

Precejšnje reliefne razlike so izražene med severnim in južnim delom porečja ter med levim in desnim delom porečja (Slika 11). V severnem delu prevladujejo nadmorske višine med 600 m in 2000 m. Južno od naselja Stahovica se nadmorske višine precej znižujejo, gorski relief prehaja v hribovitega, prevladujejo nadmorske višine pod 1000 m. Na desni in južni strani porečja prevladujejo nadmorske višine pod 400 m in površje se znižuje v smeri izliva reke (Brečko Grubar, 2006).



Slika 11: Nadmorske višine v porečju Kamniške Bistrice (Brečko Grubar, 2006)

Prevladujoče nadmorske višine so pomemben pokazatelj pokrajinske sestave porečja in vplivajo na nižje temperature, na manjše izhlapevanje, na količino snežnih padavin in trajanje snežne odeje, na naravno rastje in na rabo zemljišč. Zmrzali vplivajo na mehansko prepravanje kamnin in s tem količino gradiva v rečnih dolinah, ki ga prenašajo vode. Nakloni pa vplivajo na hitrost odtoka padavin, na strmce vodnih tokov in njihov hudourniški značaj (Brečko Grubar, 2006).

2.2.3 Kamninska sestava

V severnem delu porečja prevladujejo trde karbonatne kamnine, ki so v večji meri zakrasele. Južno od naselja Stahovica je kamninska sestava raznolika, zastopane so trde karbonatne kamnine (apnenec, dolomiti), mehke karbonatne kamnine (laporji, glinavci), v večjem delu skrilavi glinovci in peščenjaki, v dnu dolin pa glineno-ilovnati sedimenti. Kamninska zgradba tega dela porečja omogoča površinski odtok padavin. Južno od Kamnika prevladujejo različno zrnate sedimentne kamnine, ki so jih odložili vodni tokovi. So prepustne, kar povzroči nastanek zalog podtalnice. Ravninski, spodnji del porečja Kamniške Bistrice gradijo karbonatne peščeno-prodnatne sedimentne kamnine.

Pri kamninski sestavi porečja nas zanimata predvsem prepustnost kamnin in njihova poroznost, kar ima vpliv na izoblikovanost rečne mreže ter na zaloge površinskih in podzemnih voda (Brečko Grubar, 2006).

2.2.4 Pokrovnost

Gozdnatost porečja pomembno vpliva na površinski odtok padavin. Ima funkcijo zadrževanja, zato se odtok zmanjša in upočasni, kar je pomembno ob izdatnih padavinah. Poleg zadrževanja padavin je pomembna tudi varovalna vloga gozda, kar pomeni varovanje pred erozijo. Za porečje Kamniške Bistrice je značilna velika gozdnatost, ki presega 60%. Na manjšo gozdnatost v zgornjem delu vpliva območje, ki sega nad zgornjo gozdno mejo. Najbolj gozdnat je srednji, hribovit del porečja. Najmanj gozdnatih površin je v spodnjem delu porečja na Kamniško-bistriški ravnini, kjer so se ohranili le ostanki gozda ob vodnih tokovih in na vzpetem obrobju ravnine, delež gozda je pod 20%. V ravninskem delu je bil gozd odstranjen zaradi kmetijske in urbane rabe zemljišč (Brečko Grubar, 2006).

2.3 Hidrologija

2.3.1 Hidrogeografske značilnosti

V porečju Kamniške Bistrice je 791,2 km vodnih tokov in z gostoto 1,49 km/km² se uvršča med nadpovprečno goste rečne mreže v Sloveniji. Značilna je precejšnja razlika med gostoto stalnih in vseh vodnih tokov (Kolbezen in Pristov, 1998).

Na severu je majhna gostota rečne mreže ter veliki relativni strmci vodnih tokov. Strmec Kamniške Bistrice v zgornjem delu presega 2,3% (Preglednica 1). To se odraža v veliki erozijski moči vodnega toka in koritasto oblikovani strugi. Podzemno pretakanje voda je usmerjeno proti nižjim pobočjem, kjer

se pojavijo številni vodni izviri. Za porečje Nevljice, Radomlje in zgornji del Pšate je značilna velika gostota rečne mreže in manjši relativni strmci vodnih tokov. Za Račo, Drtiščico in Pšato je značilna manjša rečna mreža in še manjši relativni strmci vodnih tokov. Strmec toka Kamniške Bistrice se občutno zmanjša na odseku od Stahovice do Kamnika, kjer ne presega 1,2%, kar se odraža v intenzivnem odlaganju sedimentov.

Na jugozahodnem delu je manjša gostota rečne mreže, ki jo sestavljajo Kamniška Bistrica, mlinščice in spodnji tok Pšate s pritoki. Zaradi majhnega strmca 0,7% je Kamniška Bistrica odložila ogromno sedimentov, oblikovala se je rečna ravnica in terase. Podtalnica se nahaja vzdolž vodotoka in na desni strani porečja. Površinska rečna mreža, kjer je slabo prepustna krovna plast, se nahaja ob spodnjih tokovih Rače, Radomlje, Želodnika, Rovščice, Pšate (Brečko Grubar, 2006).

Preglednica 1: Strmci vodnih tokov v porečju Kamniške Bistrice (Brečko Grubar, 2006)

Odsek vodnega toka	Nadmorska višina zgorjne in spodnje točke odseka (m)	Dolžina vodnega toka (km)	Relativni strmec na odseku (‰)
izvir Kamniške Bistrice–Stahovica (izliv Črne)	630–427	8,5	23,9
Stahovica–Kamnik (izliv Nevljice)	427–375	4,5	11,6
Kamnik–Domžale (izliv Rače)	375–300	10,5	7,1
Domžale–izliv v Savo	300–264	8,5	4,2
Kamnik–izliv	375–264	19,0	5,8
Kamniška Bistrica izvir–izliv	630–264	32,0	11,4
Črna izvir–izliv	900–427	8,0	59,1
Nevljica izvir–izliv	800–375	17,5	24,3
Rača izvir–izliv	380–300	13,5	5,9
Rača izvir–Zalog pod Sv. Trojico	380–320	7,0	8,6
Rača Zalog pod Sv. Trojico–izliv	320–300	6,5	3,1
Radomlja izvir–izliv	580–305	21,5	12,8
Radomlja izvir–Imovica	580–320	16,5	15,8
Radomlja Imovica–izliv v Račo	320–305	5,0	3,0
Pšata izvir–izliv	400–270	24,0	5,4
Pšata izvir–Moste	400–330	10,0	7,0
Pšata Moste–izliv	330–270	14,0	4,3

2.3.2 Količine padavin, trajanje snežne odeje, letni potek temperatur

Znotraj meja porečja Kamniške Bistrice je 11 meteoroloških postaj, ki merijo količine padavin, snežno odejo in letne temperature zraka. Po podatkih meteoroloških postaj ARSO je možno ugotoviti, da ima severni hriboviti del porečja največje količine letnih padavin (1600 – 2000 mm), daljše trajanje snežne odeje (40 – 200 dni) in višino snežne odeje 100 – 280 cm in nižja povprečna letna temperatura zraka (0 – 6°C). Nižinski, ravninski del, kjer so količine letnih padavin 1200 – 1600 mm, trajanje snežne odeje 20 – 80 dni, višina snežne odeje 80 – 140 cm, povprečna letna temperatura zraka pa 8 – 10°C.

2.3.3 Podzemne vode

V porečju Kamniške Bistrice so najbogatejši viri podzemnih voda večinoma zajeti in dobro raziskani ter varovani, pomanjkljivo pa je varovanje manjših vodnih virov, ki jih je največ v srednjem delu porečja (Brečko Grubar, 2006). Glede na podatke ARSO kakovosti podzemnih voda za leto 2012 dosegajo dobro kemijsko stanje.

Med večjimi in pomembnejšimi zajetji je v zgornjem delu porečja na levem bregu Kamniške bistrice nad Stahovico drenažno zajetje Iverje – pod kamnolomom. Izdatnost vodnega vira je 260 l/s, v zajetju se odzema dobra polovica izdatnosti. Zaradi lege in načina obnavljanja je zelo občutljiv na onesnaženje Kamniške Bistrice, ki pa v tistem predelu redkokdaj presega mejne vrednosti neželenih vsebnosti.

V srednjem delu porečja so na območju pod Krvavcem zajete vode z vrtinami v skupni količini 95,33 l/s. Na Kolovcu (občina Domžale) je precej obsežno vodovarstveno območje, črpališča v povirnem delu reke Rovščice z odvzemom 50 l/s (Brečko Grubar, 2006).

V spodnjem delu porečja je za oskrbo največjega vodovodnega sistema v porečju zajeta podtalnica v vodonosniku z medzrnsko poroznostjo na Kamniško-bistriški ravnini in podzemna voda iz razpoklinskega vodonosnika pod prodnim vodonosnikom. Tu se nahajajo vrtine Lek-Črnjava (300-330 l/s) v globini 30 m in vrtine Domžale (300 l/s) v globini 40–50 m, izjema je vrtina na globini 147 m, ki sega v dolomitni vodonosnik. Razpoklinski vodonosnik v dolomitu se nahaja na območju Mengša in Trzina, debel je 100 m in naj bi bil povezan z dolomitskim vodonosnikom na območju Kolovca. Na območju vodonosnika podtalnice na Kamniško-bistriški ravnini je obsežno vodovarstveno območje, vsa črpališča obdajata najozži in ožji varstveni pas, kjer so določena stroga pravila in ukrepi za preprečevanje vplivov kmetijstva na podtalnico, med drugim je prepovedano tudi gnojenje (Brečko Grubar, 2006).

2.3.4 Površinske vode ter vodna bilanca

Kamniška Bistrica je izrazito hudourniška reka. Hudourniški značaj se kaže z zelo veliko razliko med nizkimi in visokimi pretoki, saj ta znaša približno 1:300, poznana je tudi po zelo hitrem naraščanju ob močnih padavinah in silovitem toku, ki občasno povzroča veliko razdejanje. Dobršen del njenega porečja je namreč zelo strm visokogorski svet, v katerem velik del padavin, zlasti ob močnih nalivih, hitro površinsko priteče do vodotokov in ti zelo hitro narastejo. To pomeni, da ima reka zelo velik specifični odtok (37,0 l/s km²) in tudi visok odtočni količnik (81,2%), podobnega kot ostale naše gorske reke (Kolbezen in Pristov, 1998; Brečko Grubar, 2006).

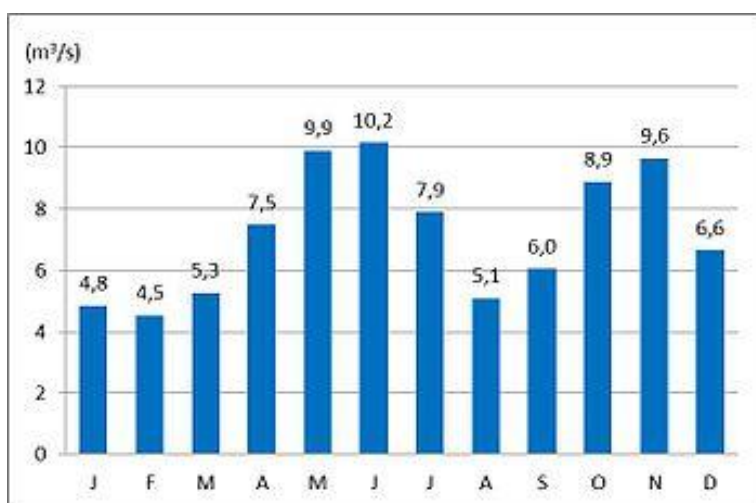
Znotraj meja porečja Kamniške Bistrice je 11 aktivnih vodomernih postaj, ki merijo pretočne vrednosti. Na Kamniški Bistrici so 4: Izvir, Iverje, Kamnik I in Vir, na Homški Mlinščici v Domžalah, na Rači v Dobu in na Podrečju ter na reki Pšati postaje Pšata, Topole, Trzin.

Vodna bilanca se spremlja preko količin, ki so navedene v spodnji preglednici za tri dele porečja Kamniške Bistrice. Vodomerne postaje ne odražajo povsem vse odtočne značilnosti, saj vključujejo tudi porečja svojih pritokov, ki se ne nahaja v istem območju. Če primerjamo podatke v preglednici 2 ugotovimo, da je v zgornjem delu količina padavin večja, izhlapevanje manjše in večji odtočni količnik. V hribovitem delu porečja je manjši odtok padavin zaradi manjših strmcev, večje pokritosti z gozdom in zadrževanje padavin v prsti. V spodnjem delu je višina odtoka glede na reliefne značilnosti in strmce vodnih tokov ter manjšo gozdnatost in prepustno kamninsko zgradbo še manjša.

Preglednica 2: Vodna bilanca vodozbirnih zaledij treh vodomernih postaj v porečju Kamniške Bistrice v obdobju 1961-1990 (Kolbezen in Pristov, 1998)

Vodni tok	Vodomerne postaja	Padavine (mm)	Izhlapevanje (mm)	Odtok (mm)	Odtočni količnik - KK (%) ¹	Odtočni količnik - HK (%) ²
Kamniška Bistrica	Kamnik I	1756	587	1169	66,6	68,2
Nevjica	Nevlje I	1491	633	858	57,6	46,2
Rača	Podrečje	1336	633	672	50,3	49,9

Pretočne vrednosti Kamniške Bistrice kažejo snežno - dežni pretočni režim z nadpovprečnimi pretoki od maja do julija ter v oktobru in novembru. Zimski nižek je v februarju, poletni nižek pa v avgustu (Grafikon 1 prikazuje dolgoletna povprečja: 1971-2000). Na pretočne razmere pomembno vpliva relief z velikimi nadmorskimi višinami ter dalj časa trajajoča snežna odeja, velika količina padavin tudi v topli polovici leta, kraške kamnine in podzemno pretakanje voda, vplivajo pa tudi pretoki pritokov, ki imajo drugačne značilnosti npr. hidrogrami Nevljice, Rače in Pšate, ki se uvrščajo v dežno - snežni tip (Brečko Grubar, 2006).



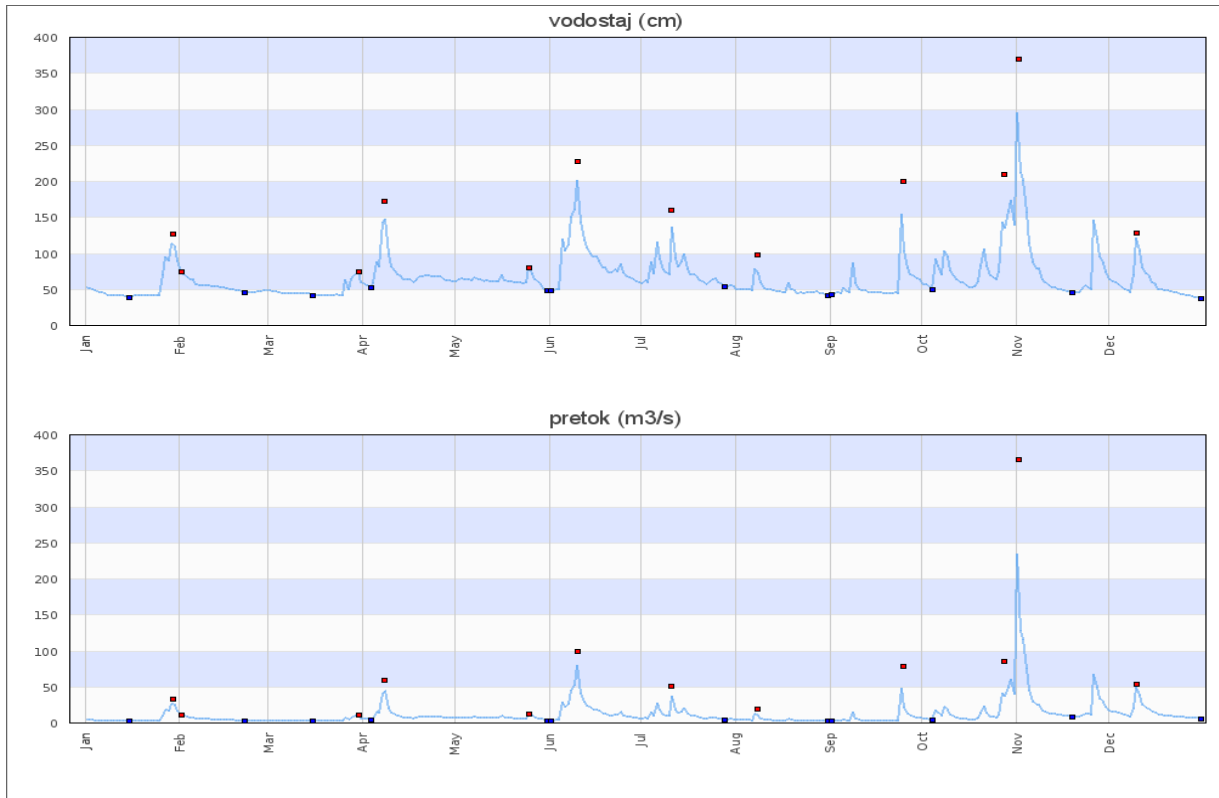
Grafikon 1: Povprečni mesečni pretoki Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Kamnik I (Arhiv Hidroloških podatkov, ARSO, 2016)

Pomembni vplivni dejavnik pretočnega režima na Kamniško-bistriški ravnini je tudi prepustnost kamnin in pronicanje rečne vode v podtalnico. Poleg tega se zmanjšuje vpliv visokogorja in z nadmorsko višino, ki pada proti spodnjemu delu porečja, pada pogojena snežna retinenca (zadrževanje), izrazitejši pa je vpliv dežnih padavin v jeseni (Brečko Grubar, 2006).

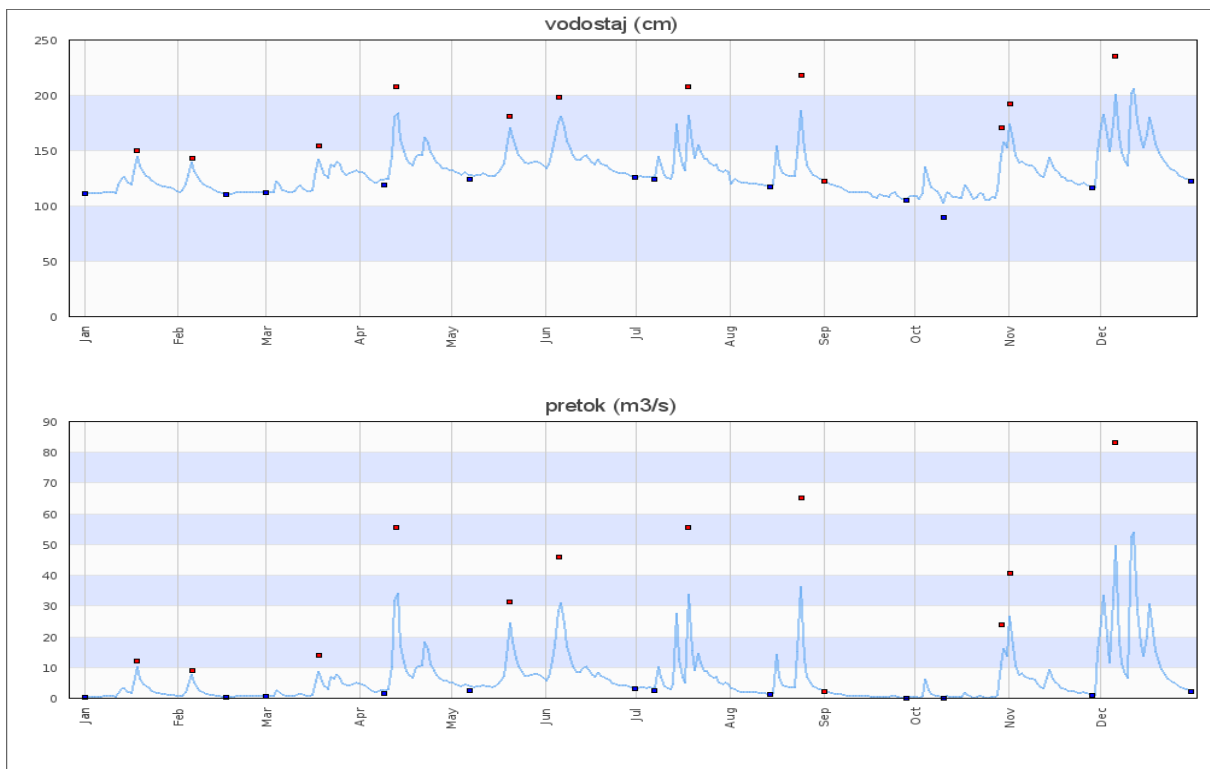
V sušnih letih ima reka občasno zelo malo vode in lahko celo presahne, kar se je npr. zgodilo jeseni 2008, vendar je bila to posledica človeške malomarnosti, saj so lastniki malih hidroelektrarn in drugih naprav odvajali preveč vode v mlinščice, tako da je prišlo celo do presahnitve struge Kamniške Bistrice med Kamnikom in Domžalami ter s tem do množičnega pogina rib. Zlasti med dolgotrajnejšimi sušnimi obdobji k majhnemu pretoku v strugi prispeva tudi pronicanje rečne vode v podtalnico (Bogataj, 2009). Izrazite so razlike med nizkimi in visokimi pretoki, prav tako razlike med vodomernimi postajami, kar je razvidno iz preglednice 3.

Preglednica 3: Značilni pretoki ter zabeležene konice na vodomernih postajah (Kolbezen in Pristov, 1998)

Vodni tok	Vodomerna postaja	Obdobje	Srednji letni pretok (m ³ /s)	Srednji nizki pretok (m ³ /s)	Srednji visoki pretok (m ³ /s)	Najnižji nizki pretok (m ³ /s)	Najvišji visoki pretok (m ³ /s)
Kamniška Bistrica	Kamnik I	1961-1990	7,40	2,12	64,9	1,18	282,0
		1946-2000	7,59	2,10	62,67	0,87	282,0
Kamniška Bistrica	Vir	1978-1979, 1981-1990, 1991-2000	5,43	0,21	67,05		155,0
Mlinščica	Domžale	1979-1984, 1986-2000	0,58	0,03	1,22	0	1,7
Nevljica	Nevlje I	1959-2000	1,79	0,34	21,84	0,09	64,6
		1961-1990	1,79	0,35	21,02	0,09	50,8
Radomlja z Drtijiščico	Trnjava I	1954, 1957, 1960-1972	1,78	0,72	9,83	0,03	48,4
Radomlja	Trnjava	1959-1960, 1962-1963, 1970-1972	0,90	0,45	5,07	0,14	26,3
Rača	Dob	1960-1966	3,57	0,84	38,70	0,55	50,4
Rača	Podrečje	1957-1972, 1981, 1983-1997, 1999-2000	5,53	1,39	37,19	0,15	78,9
Pšata	Moste I	1956-1989	1,39	0,20	15,31	0,03	31,2
Pšata	Topole	1989-2000	1,30	0,10	19,67	0,01	39,7
Pšata	Trzin	1997-2000	0,59	0,07	3,57		



Grafikon 2: Grafični pregled pretokov in vodostajev Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Domžale za leto 1990 (Arhiv hidroloških podatkov, ARSO, 2016)



Grafikon 3: Grafični pregled pretokov in vodostajev Kamniške Bistrice na vodomerni postaji Vir za leto 2008 (Arhiv hidroloških podatkov, ARSO, 2016)

Izrazite razlike med nizkimi in visokimi pretoki potrjujeta tudi grafikona 2 in 3. Na vsakemu posebej je opazno visoko nihanje čez leto, iz komaj opaznih pretokov (le nekaj m^3/s) sunkovito naraste na 20-kratno vrednost. Če primerjamo oba grafikona med seboj pa opazimo, da je bil maksimalni pretok leta 1990 4,5-krat večji od maksimalnega pretoka leta 2008, ter več kot 100-krat večji od nizkih pretokov istega leta. Gre namreč za poplave novembra leta 1990 ter sušno leto 2008. Vodometri postaji nista isti, ker postaja Domžale od leta 1990 ni več aktivna, je pa bila ta postaja pozicionirana pod sotočjem z Račo, tako da vsebuje tudi njen pretok.

2.4 Poplavna varnost in preoblikovanje struge

Značilnosti Kamniške Bistrice, ki so v preteklosti pomembno vplivale na poplave so bile: razlika v pretočnih vrednostih, hudourniški značaj, velika erozijska in transportna moč, odlaganje gradiva v srednjem delu in premeščanje ob visokih vodah, izredna dinamičnost in stalno premeščanje aktivnega dela struge.

Z regulacijami, številnimi jezovi in odvzemi vode so se odtočne značilnosti močno spremenile, poplavnost se je omejila, nekdanji prostor zadrževanja visokih voda se je zaradi ureditev strug in hidromelioracij močno skrčil. Poplavne površine obsegajo približno 13 km^2 ali 2,4% porečja, površine ob sami Kamniški Bistrici pa obsegajo manj kot 2 km^2 oz. 1,4% porečja. Po strugi Kamniške Bistrice od CČN Domžale - Kamnik na študi odsek prevaja le 5-10 letne poplavne vode, ostala struga je regulirana, pri čemer je bil upoštevan pretok $390 \text{ m}^3/\text{s}$, kar je skladno tudi z največjimi pretoki visokih vod. Z zadrževalniki v porečjih Rače in Pšate se je zmanjšala poplavna ogroženost, vendar problem poplavne varnosti še vedno ni rešen, še posebej za območje Dola (Brečko Grubar, 2006).

Kamniška Bistrica v zgornjem toku, do Kamnika ob visokih pretokih teče zelo hitro, spodjeda bregove, prenaša velike količine proda in drugega plavja, ter pogosto poškoduje ceste ali mostove. Še večje težave povzročajo njeni hudourniški pritoki, ki se lahko ob močnih padavinah spremenijo v drobirske tokove ter z nasipanjem in erodiranjem ogrožajo naselja in cestno infrastrukturo. Ukrepi so večinoma usmerjeni v upočasnjevanje prenašanja prodnih naplavin, predvsem z gradnjo pragov in utrjevanjem brežin na kritičnih mestih, vendar tega toka plavin ni možno zaustaviti, ker je del globalnih procesov preoblikovanja površja.

Pod Kamnikom je struga zaradi močnega nanašanja proda razmeroma plitva in ob visokih pretokih, ko je ta proces najmočnejši, voda hitro prestopi bregove. V preteklosti je bila Kamniška Bistrica tudi v tem delu značilna hudourniška reka in je spodjedala bregove ter predstavljala strugo znotraj poplavne ravnice. Že pred prvo svetovno vojno so začeli z njenim urejanjem, tako da je danes skoraj na celotnem odseku močno preoblikovana. Takorekoč zadnji naravni odsek s pramenastim tokom in prodišči je ohranjen pod Homškim hribom, ki pa ga je treba umetno vzdrževati. V 70. letih 20. st. so ob reki zgradili še protipoplavne nasipe, in sicer od Nožic do Radomelj, od Jarš do Domžal in od Bišč do izliva v Savo. To

je omogočilo hitro širjenje naselij na poplavno ravnico in v nekaj desetletjih je nastal skoraj povsem sklenjen pozidan pas od Kamnika do Domžal, ki pa kljub vodnogospodarskim ureditvam na reki ni povsem varen pred poplavami. To z načrtovalskega vidika ni bila najustreznejša odločitev, saj so bile dobro poznane hude posledice preteklih poplav ob tej hudourniški reki (Brečko Grubar, 2006).

Podobno se je izkazalo tudi ob poplavah leta 1981, ko je reka na več mestih poškodovala nasipe in poplavela okoliška zemljišča, pravo katastrofo pa je povzročila ob poplavah 1. novembra 1990, saj je poplavljala vse od Stahovice do izliva v Savo.

Da je Kamniška Bistrica s pritoki nevarna, se je v manjšem obsegu spet pokazalo leta 1998, takrat največ ob pritokih Nevljici, Rači in Rovščici ter ob spodnjem toku in potem septembra 2007, največ ob pritokih Nevljici, Pšati in Rači, ko sta Nevljica in Pšata dosegli stoletne pretoke (Wikipedija, 2016). Dokončno se je porušil tudi Jubov jez pod Biščami (Slika 27 v poglavju 4.2 *Terensko delo*), ki je služil za odvzem vode v staro Jubovo mlinščico (danes jo nadomešča Ihanska ali Dolska mlinščica). To je bil najnižje ležeči jez na Kamniški Bistrici.

Kamniška Bistrica ima zelo preoblikovan vodni tok, 70% njene struge je preoblikovane ali urejene. Dolžina vodnega toka se ni kaj dosti spremenila od prvotnega naravnega stanja, saj vodni tok ni bil izvijugan, struga je v večini poglobljena in razširjena, zgrajeni so pragovi in utrjene brežine s kamenjem ali betonom (Brečko Grubar, 2006). Tako je v zgornjem delu porečja Kamniška Bistrica deloma naravni vodni tok z manjšimi ureditvami. Njeni pritoki so večinoma naravni vodni tokovi, tudi nestalni povirni tokovi. V srednjem delu porečja so vodni tokovi v veliki meri preoblikovani in urejeni, saj so naravni le njihovi izviri in začetni deli vodnih tokov. V spodnjem delu je zaradi togih ureditev občutno spremenjena, regulirane struge z enakomerno simetričnim prerezom, monotono sestavo dna in enakomerno globino, kar pomeni manjšo pestrost biotopov.

Že leta 1894 je bila načrtovana regulacija Kamniške Bistrice z dvojnimi profilom pred izlivom v Savo. Veliki profil naj bi bil omejen z nasipi in vzporeden z malim profilom. Pred letom 1914 so začeli z malim profilom pri Beričevem, po 2. svetovni vojni pa je bil vzpostavljen mali profil s širino 20 m po celotnem toku od Kamnika do Beričeva. Zaradi močnega poglobljanja struge pod Kamnikom so bili potem zgrajeni številni pragovi in obzidane brežine, struga pa razširjena še za 10 m. Do 1980 je bila večina toka regulirana in zgrajenih večino jezov, posegi pa so bili izvedeni tudi na Nevljici, Radomlji, Rači in Pšati (Brečko Grubar, 2006).

Struga je naravna samo v zgornjem delu porečja od izvira do Stahovice. Že v Stahovici so brežine urejene, v dnu struge pa so pragovi. Skozi Kamnik je tok spremenjen v betonski kanal. Na odseku izven Kamnika do Homškega hriba se nahaja rečni odsek, kjer sta vodni in obvodni prostor še povezana.



Slika 12: Prag, pozidana brežina in visokovodni nasip na urbanem območju (Blažič, 2016)

Obsežne ureditve in visokovodni nasipi so od Homca do Domžal, kjer naselja segajo v obvodni prostor (Slika 12). Zaradi prodišč, erozijskih oblik, neenakomernega strmca in rastja je videz bolj naraven kot skozi Domžale, kjer je struga očiščena in brežine utrjene z betonskimi zidovi. V južnem delu Domžal so brežine utrjene s kamnenjem, krajši visokovodni nasip je le na določenih odsekih desnega brega. Na levem bregu nad Šumberkom v Kamniško Bistrico priteka Rača. Pod naseljem Mačkovci naselja ne segajo več v obvodni prostor, med Študo in Ihanom je potek reguliran s 30 m široko strugo in zgrajenimi visokovodnimi nasipi. Nižje od porušenega Jubovega jezua je struga ožja in zato so poplavno ogrožene nižje ležeča naselja (Beričevo, Videm, Dol pri Ljubljani).

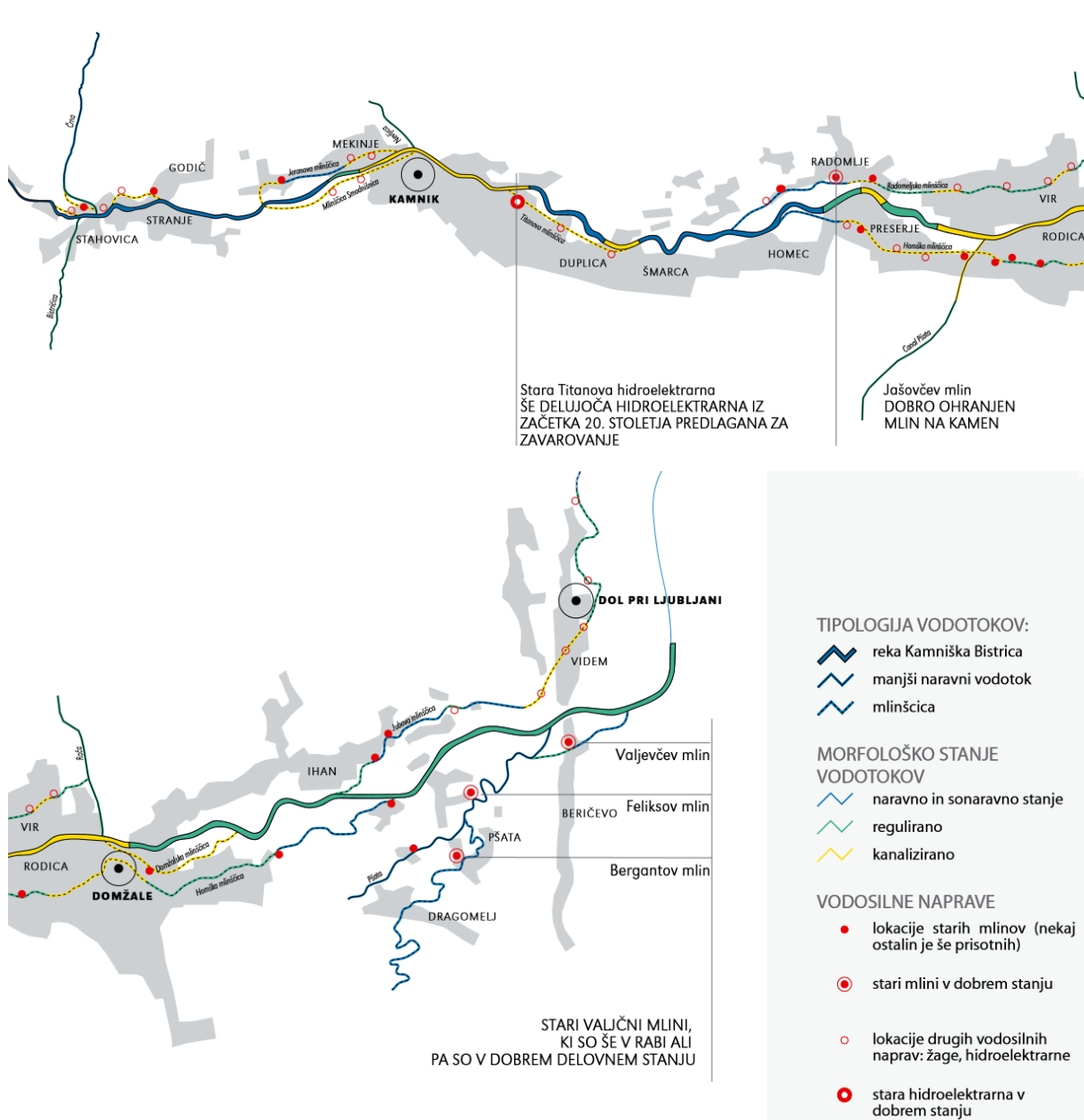
Močno preoblikovani so tudi pritoki Kamniške Bistrice, zlasti v spodnjih izlivnih delih. Zaradi mokrotnih površin so bile izvedene hidromelioracije na Rači. Struga Radomlje je izravnana in poglobljena. S poglobitvijo se je znižal nivo podtalnice, številni melioracijski jarki so pospešili odtok iz kmetijskih zemljišč. Vodni tok Pšate je še močnejše preoblikovan kot Kamniška Bistrica (Brečko Grubar, 2006). Zaradi poplavne ogroženosti območja med Mostami in Mengšem je bil izveden kanal od Trzina do Mlak, ki je omogočal hitrejši odtok ter razbremenilni kanal visokih vod Pšate, ki se v Sp. Jaršah izliva v Kamniško Bistrico.

2.5 Mlinščice

Kamniška Bistrica je vodilna reka v Sloveniji po številu in dolžini mlinščic. Komaj 33 kilometrov dolga reka, ki ima danes delujočih približno 60 km mlinščic in razbremenilnih kanalov, predstavlja neverjeten sistem umetnih kanalov (Slika 13) in edinstven spomenik tehniške dediščine (ICRO, 2015). Po nekaterih virih naj bi se ob Kamniški Bistrici v preteklih stoletjih zgradilo preko 200 km mlinščic in najrazličnejših dovodno-odvodnih kanalov. Mlinščice so se namreč skozi zgodovino gradile, se opuščale in spreminjale

svoj potek glede na takratne potrebe.

Vodno silo Kamniške Bistrice so začeli izkoriščati že zelo zgodaj. Zajezili so reko in napeljevali vodo na mline, žage, kovačnice, opekarne in številne elektrarne, ki so dajale energijo za pogon strojev razvijajoče se industrije. Mlinščice so bile sprva majhni kanali s pretočno sposobnostjo do 400 l/s, kasneje pa je njihova pretočna sposobnost dosegla v povprečju 2 m³/s, izjema je Titanova mlinščica, s pretočno sposobnostjo 5,1 m³/s.



Slika 13: Sistem Mlinščic ob Kamniški bistrici (ICRO, 2015)

Brežine strug mlinščic izven naselij ni bilo potrebno zavarovati, ker so padci manjši kot v matični strugi, pa tudi vplivov visokih voda ni, zato imajo mnoge mlinščice danes izgled naravnega vodotoka. K

naravnemu izgledu in meandriranju mlinščic pa je pripomogla tudi obrežna vegetacija.

Do leta 1960 je bilo ohranjeno maksimalno število mlinščic z do sedaj največjo pretočno sposobnostjo. Zaradi odvzemov so bili pozimi in včasih tudi poleti celi odseki Kamniške Bistrice popolnoma izsušeni. Po letu 1960 so se mlinščice pričele opuščati iz različnih razlogov: pridobivanje cenejše električne energije, odstranjevanje in zniževanje jezov, preplavljanje, melioracije in kmetijstvo ter zaradi urbanizacije območja. Veliko objektov na vodni pogon je propadlo, z njimi pa so propadle tudi vodne skupnosti, ki so skrbele za jezove in mlinščice. Sicer pa so se mlinščice čvrsto zasidrale v krajino tudi kot del naravne hidrografske mreže, od katere so danes odvisni prenekateri vodni in obvodni ekosistemi. S tem prihaja na površje nov problem in sicer določitev minimalnega pretoka za matično strugo, ter določitev minimalnih pretokov za mlinščice, ki bi jih veljalo zaradi svojih ekoloških kvalitiet ohraniti.



Slika 14: Jašovčev mlin ob Radomeljski Mlinščici (ICRO, 2015)

Najpomembnejše mlinščice ob Kamniški Bistrici (od Stahovice dolvodno) (ICRO, 2015):

Mlinščica Kalcit (za potrebe Kalcita)

Mlinščica čez Stahovico (mHE)

Mlinščica čez Jeranovo (ribogojnica, mHE)

Mlinščici skozi Smodnišnico (ena opuščena)

Mlinščici skozi Kamnik (opuščeni in zasuti)

Titanova mlinščica (5m³/s!, Titanova HE)

Šmarska mlinščica (opuščena, zasuta)

Radomeljska mlinščica (mHE, za potebe Količevo Karton)

Homška mlinščica (mHE)

Domžalska mlinščica (opuščena, v kanalu)

Ihanska mlinščica (za potrebe Jub-a)

Mlinščica Pšate (razbremenilni kanal)

Večina mlinščic je razmeroma kratkih, tri so dolge več kilometrov, te so:

1. Radomeljska Mlinščica (Slika 10, poglavje 2.1 *Reka Kamniška Bistrica – Splošno*)

Radomeljska Mlinščica je ena od najstarejših do danes ohranjenih mlinščic na območju gorenjske regije, strugo so izkopal prebivalci okoliških vasi pred več kot 400 leti. Od matične struge Kamniške Bistrice se odcepi na levem bregu od jezua pri Volčjem Potoku, teče vzporedno z matično strugo skozi Radomlje in Dob ter se izliva v Račo, levem pritoku Kamniške Bistrice v Domžalah. Pred naseljem Hudo se od mlinščice odcepi prvi razbremenilni kanal, nad papirnico v Količevem se od struge mlinščice preko bočnega preliva odcepi še drugi razbremenilni kanal (ICRO, 2015). Okrog severnega dela mlinščice se je v preteklih stoletjih izoblikovala kulturna krajina, ki je tako po morfologiji kot po biotopih podobna ravninskim potokom. Južni del mlinščice poteka po urbaniziranem in pozidanem področju, zato je struga mlinščice v tem predelu v veliki meri kanalizirana. Mlinščica teče po zaprti strugi pod krajšim delom naselja Škrjančevo, pod tovarno kartona v Količevem in na Viru, kjer teče po pokriti strugi pod cesto in parkiriščem trgovine, dolvodno pa je struga ponovno naravno zaraščena. Skupna dolžina Radomeljske mlinščice od odvzemnega jezua v Volčjem Potoku do izliva v Račo po osi struge znaša 5,760 km (Bogataj, 2009).

2. Homška mlinščica (tudi Mlinščica, Slika 10, poglavje 2.1 *Reka Kamniška Bistrica – Splošno*)

Homška mlinščica, zgrajena pred več kot 300 leti zajema vodo iz matične struge na jezua pod Homškim hribom in teče po desnem bregu skozi Jarše, Domžale in Študo vse do izliva v Mali Loki. Delno je kanalizirana v Preserjah, v Zgornjih Jaršah je del struge preko industrijske cone pokrit vse do železnice, ki vodi v papirnico Količevo. Tu se odcepi razbremenilni kanal, ki odvaja visoke vode neposredno v Kamniško Bistrico. Količino vode, ki od razbremenilnega kanala teče naprej po strugi, se regulira z leseno zapornico. Med Zg. in Sr. Jaršami teče mlinščica po zaprtem betonskem koritu pod razbremenilnim kanalom Pšate. Danes Homška mlinščica skozi Domžale teče v pokritem kanalu, s čimer se je znatno zmanjšala tudi njena pretočnost. Zato je bilo potrebno zgraditi razbremenilnik, ki odvaja viške vode, ki jih zacevljeni odsek v Domžalah ne sprejema več. Mlinščica ima južno od Štude izredno lepo, naravno razvito strugo. Brežine so obraščene s skoraj neprekinjeno obvodno vegetacijo, ki se mestoma razširja v gozdiče. Dolga je 10,5 km, srednji pretok pa znaša 1,6 m³/s. Količina vode v Homški mlinščici je regulirana in odvisna od dvigovanja zapornice na Homškem jezua. Ob Homški mlinščici obratuje pet malih hidroelektrarn (mHE). Štiri mHE oddajajo električno energijo v javno električno omrežje, ena pa proizvaja elektriko samo za lastne potrebe (Bogataj, 2009).

Poleg energetske ima danes predvsem ekološko funkcijo, saj s svojim koridorjem predstavlja pomemben element zelene infrastrukture danes močno urbanizirane krajine. Naravni segmenti mlinščice pod Homškim hribom in južno od Domžal, predstavljajo krajinsko izjemno zanimiv in kakovosten prostor, ki bi ga veljalo zavarovati. Glede dela struge, ki teče skozi osrednji del Domžal in je v precejšnjem delu zacevljena, bi veljalo razmisliti kako strugo odpreti in jo vključiti v kvaliteten odprti prostor mesta Domžale (ICRO, 2015).

3. Ihanska Mlinščica (tudi Dolska ali Jubova)

Ihanska Mlinščica se je razvila iz potoka Žabnica, ki so ga povezali z umetnim koritom – mlinščico, ki so ga speljali iz Kamniške Bistrice. Ob mlinščici je bila ustanovljena prva manjša industrija, tovarna barv in kemikalij, iz katere se je kasneje razvila tovarna JUB. Energija vode je bila tista, zaradi česar se je tovarna razvila prav na tem mestu. Na začetku so za pogone uporabljali vodna kolesa, v dvajsetih letih 20. stoletja so postavili vodne turbine, boljše pa so izkoristili tudi vodne padce. Po 2. svetovni vojni je nastal zaton proizvodnje električne energije v malih hidroelektrarnah, v energetske krizi v osemdesetih letih pa so male hidroelektrarne ponovno postale zanimive. JUB je v takratnem času obnovil tri hidroelektrarne, ki še vedno redno obratujejo in delno zagotavljajo lastno oskrbo z električno energijo. Dolska mlinščica je danes vodotok, ki teče po levem bregu Kamniške Bistrice in se napaja predvsem z vodo Kamniške Bistrice, zajeto pri Ihanu. V preteklosti je bila voda iz Kamniške Bistrice speljana v mlinščico iz Jubovega jezua pod Biščami (zgrajen 1938), ki pa je bil večkrat poškodovan in dokončno porušen v poplavah leta 1998 (Kataster..., 2016). Mlinščica se zaključuje glede na povezavo s Kamniško Bistrico na sotočju s studencem v Klečah pri Dolu. Vodotok z imenom Mlinščica pa se nadaljuje vse do izliva v Savo. Mlinščica je dolga več kot 11 km. Na tej mlinščici se je razvila za območje Dola pomembna industrija. Mlinščica je imela v preteklosti več krakov, ki so danes ukinjeni. Sicer pa je danes kar nekaj odsekov mlinščice, ki imajo vse lastnosti naravnega ravninskega potoka. Od mnogih njenih uporabnikov v preteklosti so danes aktivne le tri prej omenjene JUB-ove mHE (ICRO, 2009).

Titanova mlinščica je sicer krajša, a si zaradi posebnosti tudi zasluži samostojen opis:

Na območju Perovega je bila za potrebe Bučarjevega mлина v 19. st. izkopana dokaj kratka mlinščica Mlinški potok (okoli 400 m), ki je vodo zajemala nad današnjim Titanovim jezem. Leta 1896 je češki inženir Špalek na lokaciji Bučarjevega mлина pričel s proizvodnjo ključavnic in nasadil za vrata, kar predstavlja začetke tovarne Titan. Poleg mlinščice je bil za potrebe Titanove elektrarne (155 kW), ki je začela delovati leta 1920, izkopan tudi industrijski kanal – Titanov kanal. Tekel je vzporedno z mlinščico, le nekaj metrov narazen. Kasneje so mlinščico zasuli. Danes je Titanov kanal povezan z nekdanjo Dupliško mlinščico. Delno (višek vode) se izliva v Kamniško Bistrico že nad jezem v Duplici (jez Stol), v celoti pa v območju tovarne Stol na Duplici. Kanal je zavarovan z betonskimi zidovi ali obložen z betonskimi ploščami (pokrit). Ima kapaciteto 5,1 m³/s, kar je okoli 2/3 srednjega letnega pretoka Kamniške Bistrice (ICRO, 2009) na tem območju, glede na letna povprečja, kot jih beleži gorvodna merilna postaja Kamnik I.

Predlagane rešitve problematike matične struge in mlinščic (Bogataj in Brilly, 2010) :

Za zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka na celotni strugi Kamniške Bistrice med Kamnikom in Domžalami je potrebno uvesti ukrepe, s katerimi se bo omejevalo prevelik odzvem vode za obe mlinščici (Homška in Radomeljska). Urediti je potrebno upravljanje, izvajati nadzor in v času nižjih vodostajev preprečiti odpiranje zapornic. Smiselno bi bilo postaviti sistem za obveščanje o ekstremno

nizkih pretokih Kamniške Bistrice na delu tik nadsotočjem z Račo. V tem primeru bi lahko preprečili dogodke popolne presušitve struge z zapiranjem zapornic na obeh odvzemih mlinščic.

Potrebno je upoštevati tudi ohranitev vodnega biotopa, ki se je ustvaril v mlinščicah skozi stoletja, zato je nujno določiti tudi ekološko sprejemljiv pretok na mlinščicah. Prioritetno ostaja zagotavljanje ekološko sprejemljivega pretoka na glavni naravni strugi Kamniške Bistrice, pretoka v mlinščicah pa je potrebno temu podrediti. V primeru potrebe po izsušitvi ene ali obeh mlinščic je potrebno izvesti izlov rib in drugega življa, če je to mogoče.

2.6 Obremenitve

2.6.1 Industrija

O industriji v porečju Kamniške Bistrice je bilo že veliko napisanega v prejšnjih poglavjih, pa tudi v naslednjih bo. Industrija se je tu razvila prav zahvaljujoč vodni moči Kamniške Bistrice, katero so z mlinščicami ukrotili in si zagotovili stalno in enakomerno vodno silo. Industrijski razvoj se je začel ravno ob mlinščicah, ki so tako celotni regiji prinašale tehnološki razvoj in napredek, s tem pa je seveda povezano tudi onesnaženje in degradacija okolja.

Količine odpadne vode večjih industrijskih onesnaževalcev, ki pritečejo v Kamniško Bistrico in njene pritoke so za leto 2014 navedene v preglednici št.4, med njimi največ odpadnih vod priteka iz tovarn Lek, Količevo Karton in Tosama.

Preglednica 4: Količine odpadnih vod večjih industrijskih obratov v Kamniško-bistriškem porečju (Atlas okolja, ARSO, 2016)

Industrija	Dejavnost	Letna količina odpadne vode (m ³ /leto)	Iztok
Calcit	Drugo pridobivanje kamnin in rudnin	14	Komunalni - kamnolom; kanalizacija s KČN
Calcit	Drugo pridobivanje kamnin in rudnin	41600	Industrijski separacija; Kamniška Bistrica
Calcit	Drugo pridobivanje kamnin in rudnin	4568	Komunalni -separacija; kanalizacija s KČN
Calcit	Drugo pridobivanje kamnin in rudnin	7455	Industrijski separacija; Kamniška Bistrica
Terme Snovik	Hotel	5047	Komunalne vode; Snovščica
Terme Snovik	Hotel	27769	Industrijske; Snovščica
Belinka Kemostik	Proizvodnja sredstev za lepljenje	1230	Hladilni; Kamniška Bistrica
Belinka Kemostik	Proizvodnja sredstev za lepljenje	149	Hladilni; kanalizacija s KČN

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 4

Kamnik Schlenk - dekaširnica	Proizvodnja barvil in pigmentov	1493	Hladilni; kanalizacija s KČN
Kamnik Schlenk - dekaširnica	Proizvodnja barvil in pigmentov	53017	Hladilni; Kamniška Bistrica
Kamnik Schlenk - dekaširnica	Proizvodnja barvil in pigmentov	2959	Mlinščica
Svilanit	Proizvodnja tekstilnih izdelkov	3692	kanalizacija s KČN
Eta	Konzerviranje sadja in zelenjave	70765	kanalizacija s KČN
Livarna Titan	Litje železa	8630	kanalizacija s KČN
Livarna Titan	Litje železa	4853	kanalizacija s KČN
Meso Kamnik	Proizvodnja mesa	38500	kanalizacija s KČN
Meso Kamnik	Proizvodnja mesa	2320	kanalizacija s KČN
Fructal	Proizvodnja sadnih sokov	1095	Hladilne-kotlovnica; kanalizacija s KČN
Fructal	Proizvodnja sadnih sokov	10048	Industrijski; kanalizacija s KČN
Fructal	Proizvodnja sadnih sokov	510	Komunalne; kanalizacija s KČN
Lek	Proizvodnja farmacevtskih preparatov	258490	kanalizacija s KČN
Lek	Proizvodnja farmacevtskih preparatov	18719	Komunalni; kanalizacija s KČN
Lek	Proizvodnja farmacevtskih preparatov	300	Iz kotlovnice; kanalizacija s KČN
Lek	Proizvodnja farmacevtskih preparatov	1278084	Hladilne; Kamniška Bistrica
Količevo karton	Proizvodnja papirja in kartona	184100	Hladilne; Kamniška Bistrica
Količevo karton	Proizvodnja papirja in kartona	5900	Komunalni; kanalizacija s KČN
Količevo karton	Proizvodnja papirja in kartona	2745600	Industrijski; Radomeljska Mlinščica
Helios Količevo	Tovarna lakov, barv in umetnih smol	49352	kanalizacija s KČN
Helios Količevo	Tovarna lakov, barv in umetnih smol	70547	Hladilne; ponikanje
Helios Količevo	Tovarna lakov, barv in umetnih smol	14750	Komunalni; kanalizacija s KČN
Tosama	Proizvodnja industrijskega tekstila	23000	Industrijski; kanalizacija s KČN
Tosama	Proizvodnja industrijskega tekstila	9400	Komunalni; kanalizacija s KČN
Dom upokojevcev Domžale	Pralnica in kemična čistilnica	7880	Komunalni
Dom upokojevcev Domžale	Pralnica in kemična čistilnica	2600	Pralnica
Odlagališče Dob	Ravnanje z odpadki	24520	Izcedna voda; kanalizacija s KČN
Odlagališče Dob	Ravnanje z odpadki	500	Lovilec olj; v tla
Termit	Peskokop	2780	Potok Drtijiščica
Termit	Peskokop	40850	Potok Drtijiščica
Petrol	Bioplinarna	33	Komunalni; kanalizacija s KČN
Petrol	Bioplinarna	19713	Industrijski; kanalizacija s KČN
Periteks	Pralnica in kemična čistilnica	63000	Tehnološke odpadne vode;

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 4

			kanalizacija s KČN
Jub	Prizvodnja barv	37417	Toplotna črpalka; ponikanje
Jub	Prizvodnja barv	205	Hladilne vode; ponikanje
Jub	Prizvodnja barv	820	Hladilne vode; ponikanje

Največje obremenitve voda povzročajo tiste, ki odvajajo neprečiščeno ali delno prečiščeno odpadno vodo v podtalje ali vodotok.

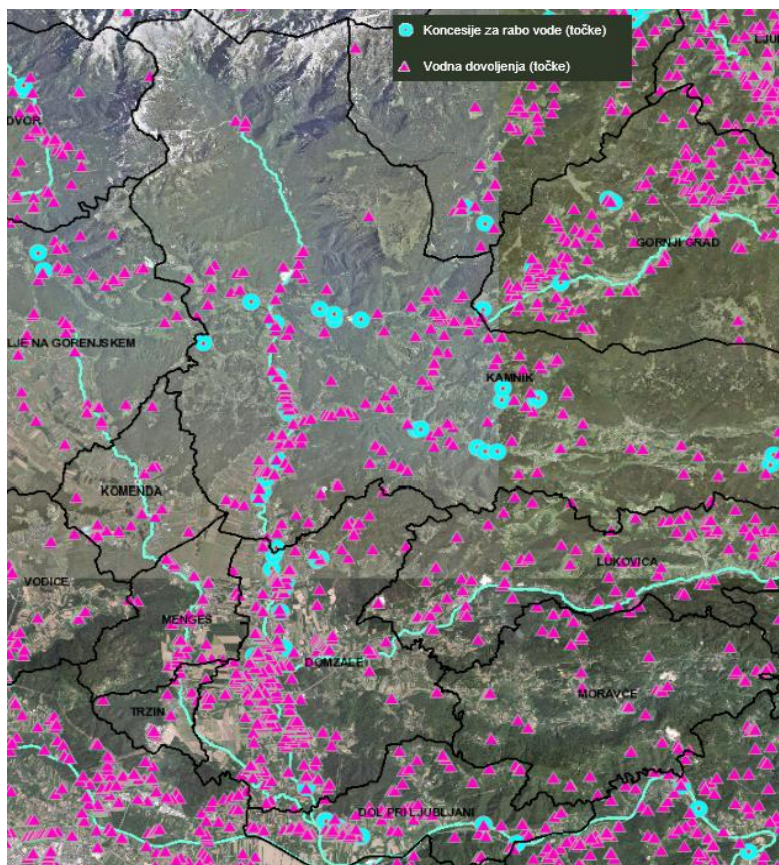
2.6.2 Vodne pravice

Industrija in drugi gospodarski uporabniki voda povzročajo obremenitve vodnih virov, pomembni pa so tudi odvzemi in uporaba vode. Na vodnih tokovih je veliko odjemnikov vode, kar je razvidno iz prikaza Atlasa voda o podeljenih koncesijah in vodnih dovoljenjih v porečju Kamniške Bistrice (Slika 15). V zakonu o vodah so določene vodne pravice za vsako rabo, tako je koncesijo potrebno pridobiti za:

- proizvodnjo pijač,
- potrebe kopališč in ogrevanje ter podobno, če se rabi mineralna, termalna ali termomineralna voda,
- proizvodnjo električne energije v hidroelektrarni z močjo enako ali večjo od 10 MW,
- odzem naplavin (razen če gre za izvajanje javne službe po Zakonu o vodah (ZV-1)).

Vodno dovoljenje je treba dobiti za neposredno rabo vode za:

- lastno oskrbo za pitno vode ali oskrbo s pitno vodo, ki se izvaja kot gospodarska javna služba,
- proizvodnjo električne energije v hidroelektrarni z močjo manjšo od 10 MW (mHE),
- tehnološke namene,
- dejavnost kopališč,
- pridobivanje toplote,
- zasneževanje smučišča,
- namakanje kmetijskega zemljišča in drugih površin,
- izvajanje športnega ribolova v komercialnih ribnikih,
- pogon vodnega mlina, žage in podobne naprave,
- gojenje sladkovodnih in morskih organizmov,
- pristanišče,
- za posebno rabo vode.



Slika 15: Podeljena vodna dovoljenja in koncesije za rabo vode (Atlas vode, ARSO, 2016)

Iz slike je razvidno, koliko je v porečju Kamniške bistrice ter v njeni neposredni bližini odvzemov vode za različne rabe. Prednjači raba vode za mHE, za lastno ter javno oskrbo s pitno vodo, sledi raba za tehnološke namene (hlajenje), ribogojstvo, ter odzjem naplavin, sledijo še ostale rabe.

2.6.3 Poselitev

Gostota poselitve v porečju Kamniške Bistrice po podatkih Statističnega Urada RS znaša 170 preb/km². Znotraj porečja so velike razlike v gostoti poselitve. V zgornjem delu porečja Kamniške Bistrice prevladujejo majhna naselja, ki so nanizana od Stahovice dolvodno in v dolinah njenih pritokov Črne in Bistričice. V srednjem delu je razlika med levo in desno stranjo porečja, na levi strani so naselja številčnejša in manjša in se nahajajo na dnu dolin, na pobočjih in uravnanih delih hribovja. Med večja naselja v dolini lahko naštejemo Mekinje, Stranje, Nevlje, Moravče, Prevoje. Na desni strani so večja naselja na ravnini, med njimi je največje Cerklje na Gorenjskem. Dlje s tokom izrazito prevladujejo velika naselja, ki so nanizana vzdolž toka Kamniške Bistrice, med njimi sta največji Kamnik in Domžale. Na obrobju pa ležijo Mengeš, Trzin, Radomlje in Dob. Gostota poselitve na Kamniško-bistriški ravnini trikrat presega povprečje v Sloveniji. Večja gostota pomeni večjo porabo vode in tudi večjo obremenitev z odpadnimi vodami. To je pomemben pritisk na vodne vire, ker je poselitev različna

v posameznih delih porečja, jo je potrebno obravnavati ločeno po pokrajinskih enotah. V zgornjem delu porečja poselitev povzroča manjše pritiske na vodne vire, v srednjem delu poselitev narašča, na gosteje poseljenih območjih so pritiski na vodne vire v primerjavi z zgornjim delom neugodni. V spodnjem delu je poselitev enakomerna in izjemno velika, trend pa kaže še na naraščanje prebivalstva, zato je poselitev zelo obremenilna za vodne vire (Brečko Grubar, 2006).

2.6.4 Kmetijstvo

Dejanska raba kmetijskih zemljišč obravnavana po letu 2000, obsega 12,9% njivskih površin, 17,7% travnatih, 56,4% gozdnatih in 8,1% pozidanih zemljišč. Ostala zemljišča pripadajo različnim mokrotnim površinam, suhim rastiščem, zemljiščem brez rastlinske odeje in vodnim površinam. Del njiv in gozda sta na ravni povprečja v Sloveniji, delež travnatih površin pa je manjši. V zgornjem in srednjem delu je intenzivnost kmetijske rabe manjša, saj velik delež pripada gozdu, razen zgornji del porečja Pšate. Po intenzivnosti kmetijske rabe izstopa spodnji del porečja, kjer prevladujejo njive in pozidanost. To kaže na veliko obremenjevanje okolja in intenzivna zemljiška raba, kar je pomemben dejavnik pritiskov na vodne vire. Poleg poljedelstva obremenjuje okolje tudi živinoreja, saj so tu zastopane farme (2 govedoreji na Duplici in Pšati, prašičereja v Ihanu (do 2014) in 5 perutninskih farm Jate) in večje kmetije (Dejanska raba..., 2006; Brečko Grubar, 2006)

2.7 Kakovost vode ter Centralna čistilna naprava Domžale – Kamnik

Kakovost Kamniške Bistrice se spremlja v okviru monitoringa ARSO na dveh vzorčnih mestih: na izviri in v Beričevem, občasno v Stranjah, v Kamniku in v Domžalah.

Po uradnih podatkih ARSO je Kamniška Bistrica v celotnem toku v dobrem kemijskem stanju in dobrem do zelo dobrem ekološkem stanju z vidika posebnih onesnaževal, kar pomeni, da v vodi ni težkih kovin, mineralnih olj in ostankov pesticidov, ne pomeni pa, da je voda popolnoma neobremenjena z odpadnimi snovmi.

Čeprav ima velik del naselij v porečju Kamniške Bistrice urejeno kanalizacijo, ki je priključena na centralno čistilno napravo Domžale - Kamnik, je voda dolvodno od Domžal občasno močno onesnažena, še zlasti ko je zaradi odtekanja vode v mlinščice in pronicanja v vodonosnik v matični strugi malo vode. To je najbolj očitno v poletnih mesecih, ko je tudi zaradi višje temperature vode močno zmanjšana samočistilna sposobnost reke. Manj očitna, a zelo prisotna je onesnaženost vode ob močnejših nalivih in poplavih, ko se vanjo stekajo onesnažene vode z urbaniziranih površin ter različne strupene snovi in kurilno olje iz poplavljenih objektov.

V zgornjem toku je Kamniška Bistrica bistra in čista gorska reka, v srednjem in zlasti v spodnjem toku pa se je stanje od nekoč katastrofalne onesnaženosti, ko je bila to skoraj povsem mrtva reka, sicer precej popravilo, vendar reka še vedno ni v najboljšem stanju. Še pred dobrimi štridesetimi leti je bil spodnji tok v 4., najslabšem kakovostnem razredu. O vodnem onesnaženju priča tudi navodilo iz zapisnika Ribiške Družine Domžale iz 50.let prejšnjega stoletja: *"V Domžalah in bližnji okolici je precej močno razvita industrija, ki svoje odplake spušča v razne struge. S tem zastrupljajo naše vode in prizadejajo velikansko škodo. V slučaju takega primera morata 2 člana družine vzeti 1,5 litra vode nad tokom in 1,5 litra pod tokom, kjer se izliva strupena voda. Ob navzočnosti dveh članov ribiške družine in enega člana tovarne, je treba takoj javiti Ribiški zadrugi Ljubljana, na telefon 20764 ali dr. Mehle 20745."* Zapisali so tudi, da je Virska mlinščica (danes Radomeljska) redno onesnažena od Papirnice Količevo, ki v vodo spušča galun, kaolin in jedki natrum (50 let ribiške ..., 2004).

Tudi zapisniki iz 70. let prejšnjega stoletja so opozarjali na prekomerno onesnaženje. Za Kamniško Bistrico so zapisali, da je praktično mrtva voda od podjetja KIK v Kamniku vse do izliva. Zaradi hudega onesnaženja je avgusta 1974 prišlo do 100% pogina. Zastrupitev je bila tako huda, da so ribe poginjale še v Savi do Zagorja. Zato so ribiči polagali vse upe na izboljšavo stanja v novo centralno čistilno napravo, ki bo zgrajena v Domžalah (50 let ribiške ..., 2004). Po izgradnji kanalizacijskega omrežja (1972–1975) in centralne čistilne naprave Domžale - Kamnik (1981) pa so se razmere dejansko začele izboljševati.

Večina odpadnih komunalnih in tehnoloških voda priteka na Centralno čistilno napravo (CČN) Domžale - Kamnik, ki obratuje od leta 1981 kot mehansko-biološka čistilna naprava s kapaciteto 200.000 PE (populacijskih ekvivalentov). Na CČN pritekajo odpadne vode skupaj s padavinskimi vodami, tako odpade okoli 60% na odpadne vode in 40% na padavinske vode. Organska snov se večinoma očisti (BPK5 je okoli 96%), manj učinkovita pa je pri odstranjevanju fosforja in dušika, zato se predvideva terciarna stopnja čiščenja. Kakovost vode na iztoku v Kamniško Bistrico večinoma ustreza normativom, obremenitev se giblje okoli 5000 PE, kar je glede na obremenitev dotoka zelo malo. Iztok je obremenjujoč pri nizkih pretokih, ki se pojavljajo poleti, ko je tudi temperatura višja in so samočistilne sposobnosti manjše, kar poslabšuje še široka regulirana struga, ki je izpostavljena sončnemu segrevanju. Veliko večje obremenitve je povzročal izpust delno očiščene odpadne vode iz Farme Ihan, lociran slabih 100 m nižje od izpusta CČN, ki je bil močno obremenjen s hranili ter presegal vrednosti amonijevega dušika za izpust in tudi neprimeren za čiščenje na CČN. Tega izpusta danes ni, saj farma Ihan ne obratuje več. Večjo lastno čistilno napravo ima tovarna Količevo Karton na Količevem, v Dolu pri Ljubljani deluje skupna čistilna naprava za odpadne vode iz tovarne JUB in komunalne odpadne vode. (Brečko Grubar, 2006)

V porečju deluje še nekaj manjših komunalnih čistilnih naprav (ČN): Moravče, Lukovica, Šmartno, Terme Snovik, Brnik. ČN Lukovica, zgrajena leta 2000 čisti vode naselij v dolini Radomlje: Vrba, Prevoje, Šentvid, Lukovica, Krašnja, postopoma pa bodo na to priključena tudi druga naselja. ČN

Moravče, zgrajena v 90. letih čisti odpadno vodo naselij Moravče in Krašce. Dve manjši ČN sta v porečju Nevljice. V porečju Pšate pa se nahaja ČN Brnik, ki čisti odpadne vode Brnik.

V letu 2000 je CČN Domžale - Kamnik ugotavljala kakovost Kamniške Bistrice od izvira do Beričevega in vpliv treh večjih onesnaževalcev: podjetja Karton Količevo, CČN Domžale – Kamnik in Farme Ihan. Na vzorčnih mestih vzdolž toka Kamniške Bistrice so bile izvedene terenske preizkave in laboratorijske analize (fizikalno-kemijske, testiranje strupenosti in genotoksičnosti), ki so prikazane v preglednici 4. Na temperaturne spremembe vplivajo izpusti toplejše vode iz Kartona Količevo, CČN in Farme Ihan, od izvira do Beričevega je temperaturna razlika 13,1°C. Na pH vrednost opazno vpliva iztok iz Farme Ihan. Količina raztopljenega kisika se za 3 mg/l zmanjša že pod Kartonom Količevo, CČN zmanjša še za 1mg/l in iztok Farme za 0,5 mg/l. Z oddaljevanjem od virov onesnaženja se stanje izboljšuje. Vpliv velike koncentracije amonijevega dušika in nitrita je v velikih koncentracijah prisotna že pri Farmi Ihan, ki se odraža do izliva v Savo. Vsebnost skupnega fosforja, kjer je glavni vir Farme Ihan pa se zniža že do Bišč, kjer je manjše od 1 mg/l. Organsko onesnaženje, ki ga kažeta BPK₅ in KPK, se prvič poveča že iz Kartona Količevo, nato s CČN in izrazito iz iztoka Farme Ihan, obremenjenost reke je po BPK₅ opazna do Bišč, po KPK pa do Beričevega. Testi genotoksičnosti in strupenosti so pokazali, da ima odpadna voda iz Farme Ihan izrazito negativen vpliv na vse testne organizme in zavira rast alg. Rezultati rasti alg so pokazali, da se s tokom pogoji za rast alg izboljšujejo (CČN Domžale - Kamnik, 2014).

Preglednica 5: Rezultati fizikalno-kemijskih analiz vzorcev Kamniške Bistrice v letu 2000. (CČN Domžale - Kamnik, 2014)

Vzorčno mesto	Temperatura (°C)	PH (°NT)	Raztopljeni kisik (mg/l)	Kjeldalov dušik (mg N/l)	NH ₄ (mg N/l)	NO ₃ (mg N/l)	Skupni fosfor (mg P/l)	KPK (mg O ₂ /l)	BPK ₅ (mg O ₂ /l)
izvir	6,6	8,0	11,8	1,4	0,02	< 0,2	< 0,05	5,1	< 3
Šmarca	14,0	7,8	10,6	2,0	0,05	0,5	< 0,05	6,9	< 3
meja občine	14,9	7,9	10,5	2,5	0,05	0,3	< 0,05	6,6	< 3
nad Karton Količevo	18,0	7,9	10,9	1,7	0,05	0,3	0,06	7,2	< 3
pod Karton Količevo	23,9	7,8	7,9	1,7	0,03	< 0,2	0,22	32,6	6
nad CČN	16,6	7,6	7,8	1,3	0,06	0,8	< 0,05	5,7	< 3
pod CČN	18,6	7,3	6,8	10,6	3,33	5,5	2,55	83,4	13
20 m pod Farmo	19,1	7,7	5,5	46,4	38,10	4,3	7,06	160,5	34
50 m pod Farmo	18,2	7,6	5,8	31,6	25,80	4,7	3,60	103,5	18
100 m pod Farmo	18,2	7,6	6,6	21,7	17,50	4,2	2,73	74,4	12
Bišče	17,4	7,5	8,4	11,5	8,40	3,0	0,92	30,4	6
Beričevo	19,7	7,7	9,0	7,4	5,50	2,7	0,62	22,9	< 3
iztok CČN	20,4	7,2	5,4	15,3	7,10	9,4	4,12	103,0	16,5
iztok Farma	25,3	8,2	3,7	1076,0	1001,00	/	46,60	1980,0	500

2.8 Varstvo narave

Onesnaženost podtalnice in kritična onesnaženost Kamniške Bistrice v spodnjem toku sta odraz prekomernega obremenjevanja okolja in tudi velike pokrajinske občutljivosti (Brečko Grubar, 2006).

Zgornji tok reke do Stahovice je skoraj povsem v naravnem stanju in poteka skozi območje Natura 2000 Grintovci, oziroma je del ekološko pomembnega območja Kamniško-Savinjske Alpe, ta del reke je skupaj s pritoki zavarovan tudi kot naravna vrednota državnega pomena.

Srednji in spodnji tok Kamniške Bistrice sicer spadata med močno preoblikovane vodotoke in večinoma potekata po gosto poseljenem in urbaniziranem območju, pa vendar je z vidika narave izjemno pomemben koridor, z vidika človeka pa območje bližnje rekreacije. Kljub intenzivnemu poseganju se na teh odsekih opazajo prizadevanja po manj grobem urejanju vodotoka, tako da je na brežinah in v strugi le ostalo nekaj prostora tudi za naravo. Brežine so sicer umetno utrjene, vendar razen na nekaterih odsekih, npr. skozi Kamnik, dolvodno od Radomelj ali skozi Domžale, večinoma obrasle z grmovnim in drevesnim rastjem.

Glede varovanja je nastala velika sprememba z Naturo 2000, s katero je zavarovan ves gorati del v povirju Kamniške Bistrice, v porečju Nevljice manjše območje Menine planine, območje vzhodno od Moravč v porečju Drtijiščice, območje Rašice, manjše območje pri Ihanu ter Češeniške gmajne. V spodnjem delu porečja so v Domžalah predlagani tudi ostanki gozdnih površin, njihove površine so majhne. Glede vodnih virov je najpomembnejše varovanje gozdnih površin v spodnjem delu porečja, ki je vodnoekološko najbolj občutljiv, pokrajinska raba pa intenzivna. V gornjem delu pa je zavarovanje gozda dobro izhodišče za trajnostno sonaravno gospodarjenje z vodnimi viri. Z naturo 2000 je zavarovano tudi vplivno območje podzemnih vodnih virov Krvavca in Velike planine. V srednjem delu imajo zavarovanja pomen v povirnih območjih manjših pritokov in zaledjih kraških izvirov (Brečko Grubar, 2006).

3 RIBE

3.1 Splošno o ribah in ribjih selitvah

Ribe so najštevilčnejša skupina vretenčarjev na Zemlji. Njihovo življenje je vezano izključno na vodo. Znanih je pribl. 20.000 živečih vrst rib, sladkovodnih je 5.000 vrst, od tega pribl. 400 v evropskih vodah (Povž in Sket, 1990), v Sloveniji 77 vrst rib in 4 vrste piškurjev (RZS, 2008), po zadnjih podatkih nekaterih ribiških družin in Društva za preučevanje rib Slovenije (DPRS) pa 93 vrst in podvrst rib ter 3 vrste piškurjev. Slovenskih avtohtonih vrst je 75, ostale so alohtone. Avtohtone ribe se razvijejo v svojem naselitvenem okolju in so sestavni del biocenoze brez vpliva človeka. V Sloveniji so številne avtohtone vrste, katerih naselitveno območje ni omejeno samo na jadransko in donavsko porečje, ampak se razteza po vsej Evropi. Alohtone ali naseljene so tiste, ki so k nam zanesene od drugod, iz drugih porečij ali celo celin.

Vnos alohtonih vrst se je pričel že na začetku 20. st., ko so v želji po repopulaciji osiromašenih voda vnašali tuje vrste, ki sedaj ogrožajo avtohtone vrste. Tega napačnega ravnanja se zdaj, ko ščitimo naše ogrožene vrste zavedamo, okrepiti pa moramo zavedanje o škodljivih učinkih posegov v strugah vodotokov, ki prekinjajo vzdolžno kontinuiteto in/ali spreminjajo lastnosti vodotoka, saj so alohtone vrste veliko bolj prilagojene in prilagodljive na spremenjene razmere in tako veliko lažje konkurirajo in izpodrivajo naše avtohtone vrste (Blažič, 2016).

Delitev sladkovodnih rib v Sloveniji (Povž in Sket, 1990; RZS, 2008):

- Salmonidi so družina rib, ki živijo v hitro tekočih vodah, kjer so nižje temperature in višja vsebnost kisika, vsebnost organskih snovi je nizka. Ribe se prehranjujejo s hrano večinoma živalskega izvora. Najpogostejši predstavniki salmonidov pri nas so postrvi, zlatovčice, lipan in sulec.
- Ciprinidi so ribje vrste, ki živijo v počasi tekočih ali stoječih vodah, kjer je temperatura visoka, vsebnost kisika nižja. Vsebnost organskih snovi je visoka, posledično je v takih vodah veliko rastlinja, ki predstavlja ciprinidom glavni prehranski vir. Pri nas so znani: podust, platnica, mrena, klen, zelenika, rdečeperka, krap...

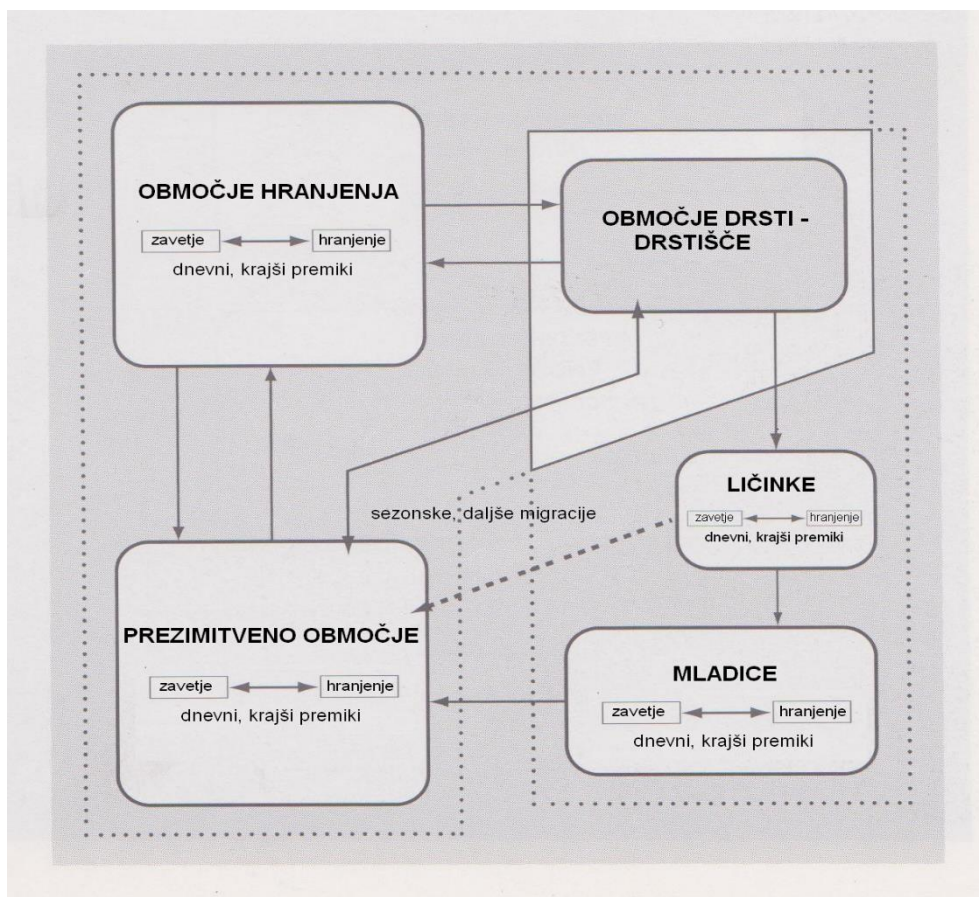
Ribje selitve oz. migracije so prehajanje med dvema ali več ločenimi habitatmi, ki se dogajajo periodično in zavzemajo večji del populacije (Northcote, 1978). Ribe se selijo, ko iščejo primeren življenjski prostor glede na velikost in starostno stopnjo. Prav tako tudi drugi vodni organizmi. Selijo se po reki kot tudi njenih pritokih.

Posebne selitve so drstitvene, ko se ribe selijo do svojih drstišč, zato je neprekinjena selitvena pot izrednega pomena za ohranjanje ribjih populacij. Za drstna območja je potreben konstanten pretok in

primeren substrat (prodišča za salmonidne in zaraščenost z vegetacijo za ciprinidne vrste). Nizek pretok oz. pomanjkanje vode škoduje zarodu, kakor tudi visoki pretoki, ki ga lahko odplaknejo.

Mnogo vrst rib se redno seli v časovnem okviru od dneva do nekaj let, dolžinsko pa od nekaj metrov tja do 10, 100 ali celo 1000 km. Najdaljše selitve v Evropi opravita atlantski losos, ki v mladosti migrira iz potokov dolvodno preko rek v ocean, v odrasli dobi pa opravi enako pot proti toku nazaj v isti potok, kjer se je izlegel, se tam drsti in kmalu zatem pogine ali pa ponovi cikel (FAO, 1998) ter evropske jegulje, ki odraščajo v vseh celinskih vodah, povezanih z morjem, na drst pa migrirajo dolvodno preko morij proti Sargaškemu morju v zahodnem Atlantiku (od Evrope oddaljeno 5000 km), po drsti poginejo, ličinke pa v 2-3 letih dosežejo obale Evrope. Pri nas najdlje migrirajo podusti, ki opravijo tudi čez 100 km dolge selitve (Povž, 2005).

Ribje življenje je razdeljeno na tri faze: ličinka, mladica, odrasel osebek. V vsaki od teh faz potrebuje posamezen osebek drugačno naravno okolje oz. mikrohabitat. Za vsako fazo torej obstaja določena oblika okolja, ki ustreza rasti v tej fazi, odvisna pa je od: strukture rečnega odseka, hidravličnih lastnosti vodnega toka, svetlobe, substrata na dnu struge in izpostavljenosti zunanjim nevarnostim (ribe plenilke, ptice in druge živali). Znotraj vsakega od teh mikrohabitata pa osebki vsakodnevno opravljajo krajše premike iz zavetišča na odprto območje, kjer se hranijo (Slika 16).



Slika 16: Shema bivalnih območij značilna za ribje vrste v tekočih vodah (FAO, 1998)

Selitve rib in vodnih organizmov so lahko:

- kompenzacijske gorvodne selitve; ker tok odnaša vodne organizme dolvodno, organizmi nadomeščajo izgubljen teritorij z gorvodnimi selitvami
- dolvodne selitve; največkrat so to prezimitvene migracije in selitve na območja hranjenja
- drstitvene selitve; ribe se selijo do drstišč, če pa so te selitve prekinjene, se npr. potočne postrvi sicer urgentno drstijo na manj primernih mestih, vendar neuspešno, kar pomeni, da lahko vrsta izgine iz tega habitata
- selitve za izmenjavo genskega materiala; za nekatere vrste selitev ni tako pomembna pri ohranjanju populacij, kljub temu pa je potrebno prehajanje osebkov med posameznimi deli reke, da ne nastane izolacija populacije (zmanjšanje pretoka in izmenjave genov).

Glede na vrsto vodnega okolja pa se selitve delijo na:

- potamodromne selitve; so selitve gor in dolvodno v celinskih vodah
- oceanodromne selitve; so selitve v morjih in oceanih
- diadromne selitve; so selitve med sladko in slano vodo (*dia* v grščini pomeni *med*). Poznamo tri tipe diadromnih vrst:
 - anadromne vrste živijo v slani vodi, drstijo se v sladki vodi (*ana* v grščini pomeni *gor*), primer sta losos, morska postrv.
 - katadromne vrste živijo v sladki vodi, drstijo se v slani vodi (*cata* v grščini pomeni *dol*), primer je jegulja.
 - amfidromne vrste se selijo med sladko in slano vodo v določeni življenjski fazi, a ne zaradi drsti (*amphi* v grščini pomeni *oboje*) npr. brancin, cipelj, orada.

3.2 RIBE V KAMNIŠKI BISTRICI

V bistriškem ribiškem okolišu (Kamniška bistrica s pritoki ter stoječimi vodami) živi 33 vrst rib in ena vrsta piškurja (ZZRS, 2011). Večina ribjih vrst (28) je domorodnih, pet vrst je tujerodnih: šarenka, potočna zlatovčica, srebrni koreselj, srebrni tolstolobik, beli amur (Preglednica 6).

Kamniška Bistrica sama poseljuje 18 vrst rib ter eno vrsto piškurja (Preglednica 6 – odebeljeni tisk). Razen šarenke in potočne zlatovčice so vse ostale vrste domorodne v donavskem povodju. Devet od teh je evropsko pomembnih, zaradi 10 vrst je Kamniška Bistrica samo v spodnjem delu toka zavarovana

kot habitat. S pravilnikom o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah je zavarovanih 12 vrst rib (ZZRS, 2011).

Preglednica 6: Vrstni sestav rib v bistriškem ribiškem okolišu: tekoče in stoječe vode (ZZRS, 2011)

* v odebeljenem tisku so vrste, ki naseljujejo Kamniško Bistrico

Vrsta	Znanstveno ime	Uredba	Habitatna direktiva	Rdeči seznam
potočna postrv	<i>Salmo trutta fario</i> Linnaeus, 1758	-	-	E
šarenka	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	-	-	-
sulec	<i>Hucho hucho</i> (Linnaeus, 1758)	H	2,5	E
potočna zlatovčica	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814)	-	-	-
lipan	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	-	5	V
rdečecoka	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
platnica	<i>Rutilus virgo</i> (Heckel, 1852)	H	2	E
klen	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
blistavec	<i>Telestes souffia</i> Risso, 1827	Z,H	2	E
pisanec	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
rdečeperka	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
beli amur	<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)	-	-	-
linj	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	E
podust	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)	H	-	E
navadni globoček	<i>Gobio obtusirostris</i> Valenciennes, 1842	-	-	-
mrena	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)	H	5	E
pohra	<i>Barbus balcanicus</i> Kotlík, Tsigenopoulos, Ráb & Berrebi, 2002	H	2,5	-
zelenika	<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
pisanka	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	-	-	O1
ogrica	<i>Vimba vimba</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	E
koreselj	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-
srebrni koreselj	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	-	-	-
krap	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	-	-	-
srebrni tolstolobik	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)	-	-	-
babica	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	O1
činklja	<i>Misgurnus fossilis</i> (Linnaeus, 1758)	H	2	E
navadna nežica	<i>Cobitis elongatoides</i> Bacescu & Maier, 1969	Z,H	2	V

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 6

zlata nežica	<i>Sabanejewia balcanica</i> (Karaman, 1922)	H	2	E
som	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	-	-	V
ščuka	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	H	-	V
smuč	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	E
kapelj	<i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758	H	2	V
menek	<i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)	H	-	E
donavski potočni piškur	<i>Eudontomyzon vladkovi</i> Oliva & Zanandrea, 1959	Z,H	2	E
potočni rak, jelševec	<i>Astacus astacus</i> (Linnaeus, 1758)	Z,H	5	V
navadni koščak	<i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803)	Z,H	2,5	V
signalni rak	<i>Pacifastacus leniusculus</i> (Dana, 1852)	-	-	-

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

Z	zavarovana vrsta
H	vrsta, katere habitat se varuje

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

2	živalske vrste v interesu Evropske skupnosti, za ohranjanje katerih je treba določiti posebna ohranitvena območja
5	živalske vrste v interesu Evropske skupnosti, pri katerih za odvzem iz narave in izkoriščanje lahko veljajo ukrepi upravljanja

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

E	prizadeta vrsta
V	ranljiva vrsta
O1	vrsta zunaj nevarnosti

Razlaga uvrščanja vrst rib v kategorije ogroženosti ter ukrepi varovanja (ZZRS, 2011):

Med 34 vrstami (33 vrst rib in piškur) je trinajst varovanih po Habitatni direktivi, med njimi je sedem uvrščenih v prilogo II, dve v prilogo V, dve pa v prilogo II in V. Vrste, ki so uvrščene v prilogo II so t.i. evropsko pomembne vrste, katerih habitate je treba varovati.

Po Uredbi o zavarovanih prostoživečih živalskih vrstah se vrste, ki so v tabeli označene z oznako Z, varujejo kot živalske vrste, za katere je določen varstveni režim za varstvo živali in populacij. Uredba določa, da je živali teh vrst prepovedano zavestno poškodovati, zastrupiti, usmrtiti, odvzeti iz narave, loviti, ujeti ali vznemirjati. Navedene zavarovane vrste niso predmet ribolova, za zgornja dejanja si je potrebno pridobiti posebno dovoljenje Ministrstva za okolje in prostor. V bistrškem ribiškem okolišu so to: blistavec, navadna nežica in donavski potočni piškur,

medtem ko je za trinajst vrst varovan njihov habitat. Varstveni cilji, ki so opredeljeni po tej uredbi vključujejo med drugim ohranjanje raznolikosti habitata zavarovane vrste, zlasti pa ohranjanje tistih habitatov, ki so bistveni za najpomembnejše življenjske faze zavarovane vrste (npr. mesta za razmnoževanje, skupinsko prenočevanje, prezimovanje, selitev in prehranjevanje). Vključujejo tudi ohranjanje celovitosti habitata oziroma povezovanja fragmentiranih delov habitata nazaj v celoto.

Na rdečem seznamu je trinajst vrst uvrščenih v kategorijo ogrožene (E), pet je uvrščenih v kategorijo ranljivih vrst (V), dve pa v kategorijo (O1). Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam določa, da je prizadeta vrsta (E) kategorija ogroženosti, v katero se uvrstijo vrste, katerih obstanek na območju Republike Slovenije ni verjeten, če bodo dejavniki ogrožanja delovali še naprej. Številčnost teh vrst se je zmanjšala na kritično stopnjo oziroma njihova številčnost zelo hitro upada v večjem delu areala. Ranljiva vrsta (V) je kategorija ogroženosti, v katero se uvrstijo vrste, za katere je verjetno, da bodo v bližnji prihodnosti prešle v kategorijo prizadete vrste, če bodo dejavniki ogrožanja delovali še naprej. Številčnost vrste se je v velikem delu areala zmanjšala oziroma se zmanjšuje. Vrste so zelo občutljive na kakršnekoli spremembe oziroma poseljujejo habitate, ki so na človekove vplive zelo občutljivi. Oznaka (O1) označuje vrste, ki so bile zavarovane s predhodno veljavno uredbo o zavarovanju ogroženih živalskih vrst in ki so trenutno zunaj nevarnosti, obstaja pa potencialna možnost njihove ponovne ogroženosti. Med izumrle vrste (Ex) se uvrščajo tiste vrste, ki so bile na območju Republike Slovenije dokazano navzoče v naravnih populacijah in so v preteklosti gotovo izumrle oziroma so bile iztrebljene na celotnem območju Republike Slovenije.

Med evidentiranimi vrstami je 25 lovnih vrst rib. Ribolovne vrste imajo s Pravilnikom o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah predpisane najmanjše dolžine, pri katerih je dovoljen uplen in varstveno dobo (v času drsti), ko jih ni dovoljeno loviti. Izjema so tujerodne vrste, ki nimajo predpisane najmanjše dolžine uplena.

3.3 Ribiška družina "Bistrica" Domžale

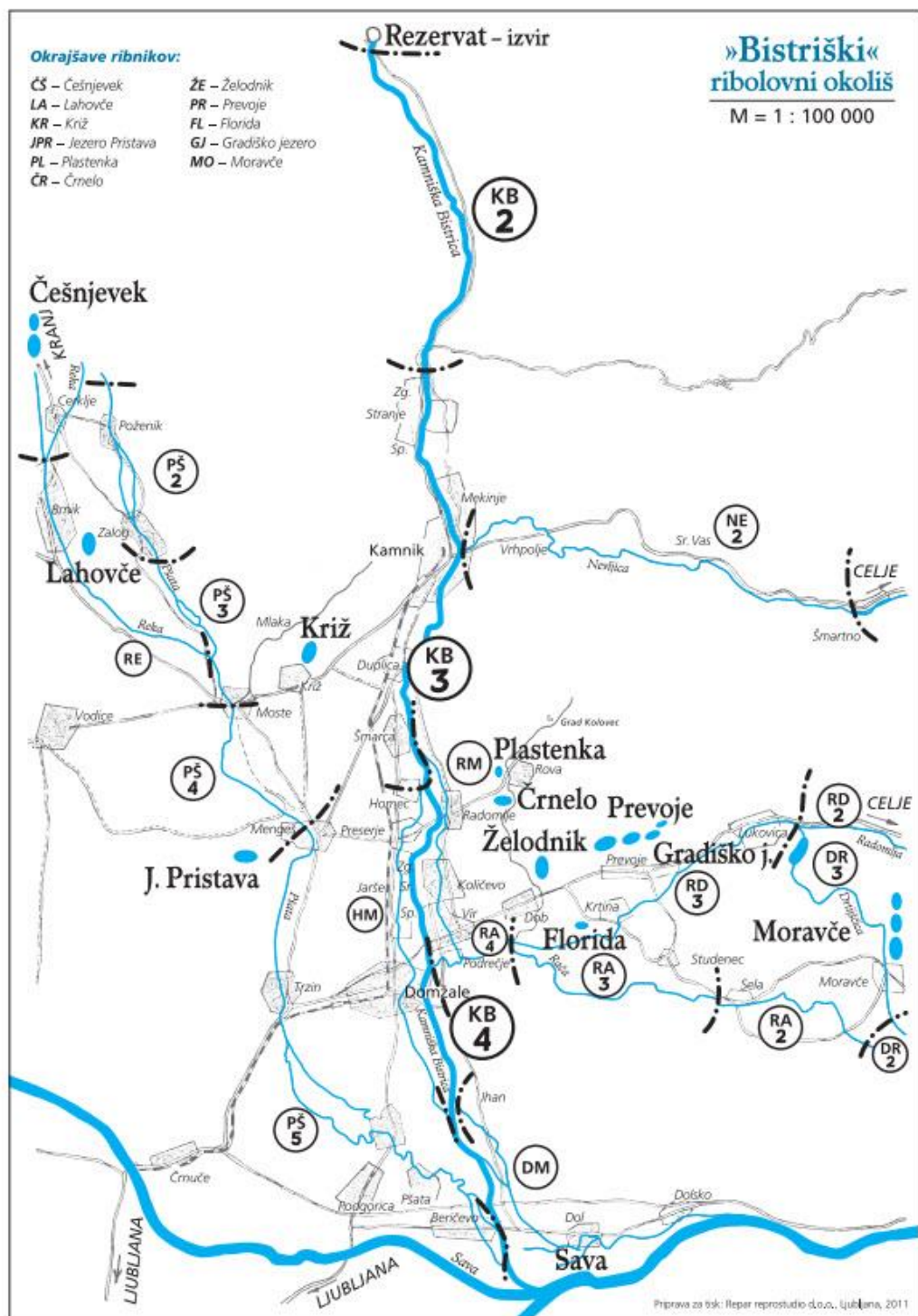
Ribištvo ima v Domžalsko-Kamniškem predelu dolgo zgodovino. Stane Stražar je v enih svojih kronik zapisal: *"da se na ribolov v bližnjih potokih nanaša pismo, ki ga je dobski župnik Lovrenc Hörner napisal dne 30. junija 1635 krumperškemu graščaku Hansu Ludviku Raspu in prosil za dovoljenje za ribolov v Rači"*. Avtor je zabeležil tudi nasledni zapis: *"Leta 1903 je kriški graščak baron Apfaltern, kot lastnik ribolova v Kamniški Bistrici, zahteval od podjetnikov Habata in Saksa 10 kron letne odškodnine za škodo, ki mu jo povzroča njuna tovarna lepenke in elektrarna"* (Stražar, 1988). Tudi kasneje je bila izterjava odškodnin za povzročeno škodo ter zaračunavanje izlovnih akcij ena od pomembnejših nalog upravitelja ribiškega okoliša, saj je bil le tako omogočen finančni obstoj.

Ribiška družina (RD) Domžale je bila ustanovljena leta 1954, pod okriljem Ribiškega društva Ljubljana. Štela je 16 članov. Leta 1958 pa je bila z združitvijo RD Domžale, RD Kamnik in RD Pšata ustanovljena Ribiška družina "Bistrica" Domžale, s sedežem v Domžalah, ki je takrat štela 69 članov (50 let ribiške ..., 2004).



Slika 17: Logotip ribiške družine "Bistrica" Domžale (50 let ribiške ..., 2004)

Ribiška družina upravlja z vodami Bistriškega ribiškega okoliša (Slika 18), ki so na območjih občin: Domžale, Mengeš, Trzin, Moravče, Lukovica, Kamnik, Komenda, Cerklje na Gorenjskem in Dol pri Ljubljani. RD je med večjimi ribiškimi družinami v Sloveniji, saj upravlja z vodami celotnega porečja Kamniške Bistrice od izvira do izliva v Savo in z vsemi pritoki ter umetnimi strugami, kar zajema skoraj 400 km vodotokov in 19 ribnikov. Zaradi obsežnosti območja, ki ga pokriva, je ta razdeljen na štiri večja območja, s katerimi upravljajo pododbori: Domžale, Kamnik, Moravče in Pšata. RD "Bistrica" Domžale je samostojna organizacija članov, ki se združujejo zaradi varstva in gojitve rib, varstva voda in okolja ter sladkovodnega športnega ribolova. RD opravlja tudi naloge s področja ribiškega turizma, vzgoje mladine in druge naloge, ki so predpisane v Statutu RD (vir: www.rd-bistrica-domzale.si).



Slika 18: Bistriški ribolovni okoliš (vir: www.rd-bistrica-domzale.si)

Preglednica 7: Razdelitev Kamniške Bistrice po revirjih

odsek	dolžina [km]	povpr. naklon [%o]	rečni pas	revir
KB2 Kamniška Bistrica od izvira do mostu v Zg. Stranjah	9,6	18,0	zg. postrvji	salmonidni
KB3 Kamniška Bistrica od Zg. Stranj do Homškega jezua	9,9	8,5	sp. Postrvji	salmonidni
KB4 Kamniška Bistrica od Homškega juzu do izliva v Savo	13,7	5,3	lipanov	mešani

Osnove današnje organiziranosti športnega ribištva so bile postavljene v petdesetih letih prejšnjega stoletja. Ribe v celinskih vodah so naravni vir pod posebnim varstvom države, ribolov v rekah in jezerih pa je urejen z Zakonom o sladkovodnem ribištvu (ZSRib) iz leta 2006. Ribe večinoma upravljajo ribiške družine (RD). To so društva (nevladne organizacije) s posebnimi pooblastili, ki na osnovi sklenjenih koncesijskih pogodb izvajajo upravljanje v imenu države na podlagi ribiško-gojitvenega načrta (RGN), ki ga za 5-letna obdobja pripravlja Ribiška zveza Slovenije (RZS) ter načrta za izvajanje ribiškega upravljanja, ki ga pripravlja javni Zavod za ribištvo Slovenije (ZZRS). 64 ribiških družin upravlja s približno 94% slovenskih voda, preostalih 6% pa upravlja ZZRS (vir: www.ribiska-zveza.si/).

3.4 Vplivi na ribe

3.4.1 Regulacije voda

Kot smo že omenili, ima Kamniška Bistrica snežno-dežni pretočni režim z nadpovprečnimi pretoki od marca do julija ter v oktobru in novembru. Zimski nižek je v februarju, poletni nižek pa v avgustu, ko so povprečni mesečni pretoki tudi pod $5 \text{ m}^3/\text{s}$. Z vsemi odvzemi za mlinščice (samo za Titanovo mlinščico se odvzema do $5 \text{ m}^3/\text{s}$) ostane v matični strugi Kamniške Bistrice premalo vode, da bi zadoščala tudi minimalnim potrebam za preživetje rib. To se je v kratki zgodovini zgodilo že večkrat, nazadnje leta 2008, ko je presahnila struga nad Domžalami. Pod odvzemi za Radomeljsko mlinščico na jezu pri Volčjem potoku ter Homško mlinščico na Homškem jezu je po strugi še teklo nekaj vode, tako se lastniki in upravljalci mlinščic niso odločili za spust zapornic, da bi omejili odtok v mlinščice.

Vseeno se je struga dobra 2 km nižje presušila in pogin rib je bil neizbežen. Člani RD "Bistrica" Domžale ter tudi mimoidoči so reševali ribe iz še zadnjih luž, ki so še ostale. Razlog temu pojavu je pronicanje vode iz struge Kamniške Bistrice v podtalje. Šele po tem dogodku se je povečala osveščenost o tej problematiki tudi med širšo (strokovno nepoučeno) populacijo.

Žal pa še vedno ni predpisov, ki bi strožje sankcionirali upravljalce mlinščic, ki ne spoštujejo minimalnega pretoka v matični strugi in se ob nizkih pretokih Kamniške Bistrice ne odzivajo z znižanimi odvzemi v mlinščice.

Drugi negativni vpliv zaradi regulacij je povzročilo utrjevanje brežin, ponekod tudi obzidava brežin (Slika 19). Izgubila so se naravna skrivališča med vejami in skalami v bregu, kjer so ribe počivale in bile varne pred plenilci, tako iz vode kot iz zraka. Z obzidavo brežin izgubimo vegetacijo, ki vodo ščiti pred sončevim segrevanjem, ter razgibanost brežin, ki ustvarja pestrost in raznolike mikrohabitate. Puste brežine pomenijo tudi pustost ribje prehrane, saj obvodne žuželke, ki se gibljejo med zaraslo brežino, predstavljajo pomemben delež v ribji prehrani.



Slika 19: Obzidane zunanje in utrjene notranje brežine v Kamniku (Blažič, 2016)

Tretji negativni vpliv na ribe povzročajo prečne vodne zgradbe, ki so tudi mehanizmi regulacije voda. Njihov vpliv na ribe je posreden, saj v veliki meri spreminjajo vodno okolje gorvodno ter v različni meri dolvodno, direkten vpliv na ribe oz. posledica prečnih vodnih zgradb za ribe pa so otežene ali prekinjene selitvene poti.

A ker je vzdolžna povezanost tudi glavna naslovna tema te diplomske naloge, bodo prečne vodne zgradbe in njihov vpliv na ribe obravnavane v svojem poglavju, ki sledi.

3.4.2 Prekinjene selitvene poti

Prečne vodne zgradbe, ki jih obravnavamo v diplomski nalogi, so pragovi, jezovi in drče: pragovi in drče opravljajo funkcijo zmanjšanja padca struge in s tem stabilizacijo struge in zaščito pred erozijo. Če so drče pravilno izvedene, da padec ni strmejši od 1:10, so za ribe in ostale vodne organizme normalno prehodne in ribam ne predstavljajo večjega napora pri premagovanju, saj so dolge največ 10-20 m. Tudi v primeru daljše prehod ni težaven, saj ribe poiščejo prostor za vmesni počitek, kar hrapave drče zagotovo nudijo. Poleg tega se v naravni dinamiki izoblikovanja struge tudi same preoblikujejo, tako da se pri drčah vzpostavi skoraj naraven sistem z sonaravnim videzom (Slika 20).



Slika 20: Drča pri Duplici se zliva z okolico (Blažič, 2016)

Pragovi so glede prehodnosti rib in drugih vodnih organizmov bolj problematični, saj prehodnost oz. neprehodnost ni odvisna le od višine vodnega padca, ampak tudi oblike pragu, globine podslapja, in pretoka vode (Slika 21). Odvisno je tudi od rib samih, od vrste rib ter od starosti oz. faze v razvoju rib. Vemo, da imajo ciprinidne vrste slabo skakalno sposobnost ali pa sploh ne, za njih je lahko že 20 cm visoka ovira neprehodna, medtem ko naj bi salmonidne vrste premagale tudi 50 cm visok prag, če seveda oblika pragu omogoča skok iz podslapja ter plavanje nad pragom.



Slika 21: Čeprav je prag nizek, zaradi betoniranega podslapja za ribe ni prehoden (Blažič, 2016)

Jezovi so tretji obravnavani tip prečne vodne zgradbe, katerih namen gradnje je poleg stabilizacije struge ter zavarovanje pred erozijo še regulacija pretoka (zapornice) ali preusmeritev deleža vode za energetske izrabo, oskrbo s pitno vodo ali namakanje. Jezovi so največkrat višji od 1 m, tako da lahko z gotovostjo trdimo, da so to neprehodne vodne zgradbe, razen če imajo funkcionalen – delujoč ribji prehod (Slika 22).



Slika 22: Ribja steza na Jezu pri smodnišnici ni funkcionalna (Blažič, 2016)

Največji posredni vpliv prečnih vodnih zgradb na ribe so otežene ali celo prekinjene selitvene poti, in s tem poslabšana vzdolžna povezanost vodotoka. Prekinjene selitvene poti pa najbolj ogrožajo tiste potamodromne in diadromne vrste rib, ki se selijo zaradi drsti, kar je nuja za njihov obstoj.

Neposredni vplivi prečnih vodnih zgradb pa se kažejo v spremembi vodnega okolja, ki ga povzročijo. Zaradi zaustavitve oz. upočasnitve vodnega toka nastane niz negativnih sprememb: dvig vodne temperature, zmanjšanje vsebnosti kisika, povečanje retenzijskega časa zajezone vode, povečanje dotoka hranil, sprememba v sestavi dna, večja verjetnost za eutrofikacijo. Nihanje vodostaja zaradi ponavljajočega izpostavljanja izmenično vodi in nato zraku močno prizadene večino rastja na priobrežnem pasu. Presežki vode pri hidroelektrarnah, ki se spuščajo v naraven vodotok odnašajo favno, po drugi strani pa se stranski kanali in območja v bližini pregrade lahko osušijo ali pa ni minimalnega potrebnega pretoka. Življenjske razmere nad in pod jezom ali pregado se spremenijo do take mere, da se osiromaši in spremeni ihtiofavna (ribji sestav), posebej občutljive so vrste, ki potrebujejo veliko vsebnost kisika (Blažič, 2016).

3.4.3 Onesnaženje voda

Onesnaženje voda je v porečju Kamniške Bistrice posledica delovanja obrti in industrije, urbanizacije in kmetijstva. Že v 50. letih prejšnjega stoletja so industrijski onesnaževalci pogodbeno plačevali odškodnine ribiški družini "Bistrica" Domžale za škodo, ki so jo povzročali izpusti odplak. Ribe so bile predvsem v poznem poletju zaradi nizkih pretokov, visokih vodnih temperatur in nižje koncentracije kisika v vodi še bolj dovzetne za onesnaženje.

Onesnaženost voda se je s propadom oz. zaprtjem večjih industrijskih objektov (Farme Ihan, Lip Radomlje, oljarna GEA Domžale, Stol Kamnik, KIK Kamnik...) in izgradnjo kanalizacijskega sistema

ter CČN Domžale – Kamnik, pričelo izboljševati. Še vedno pa obstaja nevarnost lokalnega onesnaženja v kemijskih obratih, galvanizacijah in drugih industrijskih in obrtnih dejavnostih. Ti pojavi so pogosti pri intenzivnih nalivih in poplavih, ko se v vodni sistem Kamniške Bistrice stekajo onesnažene vode z urbaniziranih in prometnih površin ter različne strupene snovi in kurilno olje iz poplavljenih objektov. Posledica urbanizacije in poselitve v skrajne meje rečnega prostora so tudi onesnaženje z komunalnimi, gradbenimi in vse pogosteje tudi biološkimi odpadki, ki jih iz skrbno negovanih zelenih površin prebivalci odlagajo kar v korita vodotokov (Slika 23). Biološki odpadki v toplejših mesecih gnijejo in vodi odvzemajo kisik, ki je ob nizkih vodostajih in segreti vodi že tako v nižjih koncentracijah (Movern, 2016).



Slika 23: Pogost prizor ob Kamniški Bistrici (Blažič, 2016)

Ob visokih vodah predstavljajo razbremenilniki velik problem, ko gre preko njih višek vode v vodotok (Movern, 2016), podobno se dogaja tudi na CČN Domžale - Kamnik, ki ob visokih vodah ni sposobna sprejeti celotne količine vode (odpadne in meteorne), zato se viški neprečiščeni iztekajo v Kamniško Bistrico. Trenutno se izvaja nadgradnja CČN, ki bo v prihodnje take viške vsaj mehansko prečistila. Na področjih, kjer je prisotna intenzivna kmetijska dejavnost (porečje Pšate, spodnji del toka Kamniške Bistrice) pa obstaja nevarnost onesnaženja z gnojevko ter fitofarmaceutskimi sredstvi. Kakovost salmonidnih in ciprinidnih voda se ugotavlja na osnovi preiskanih fizikalnih in kemijskih parametrov, ki imajo z Uredbo o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib (UL, RS, št.46/2002) določene mejne in/ali priporočene vrednosti (Preglednica 8).

Preglednica 8: Mejne in priporočene vrednosti parametrov salmonidnih in ciprinidnih voda (Kakovost voda..., 2014)

Parameter	Izražen kot	Enota	Salmonidne vode		Ciprinidne vode	
			Priporočena vrednost	Mejna vrednost	Priporočena vrednost	Mejna vrednost
Raztopljeni kisik ⁽¹⁾	O ₂	mg/L	50% ≥ 9 100% ≥ 7	50% ≥ 9 100% ≥ 6	50% ≥ 8 100% ≥ 5	50% ≥ 7 100% ≥ 4
pH				6 - 9 Δ± 0,5 ⁽²⁾		6 - 9 Δ± 0,5 ⁽²⁾
Suspendirane snovi		mg/L	≤ 25		≤ 25	
BPK ₅	O ₂	mg/L	≤ 3		≤ 6	
Fosfor celotni	PO ₄	mg/L		≤ 0,2		≤ 0,4
Nitrit	NO ₂	mg/L	≤ 0,01		≤ 0,03	
Fenolne snovi	C ₆ H ₅ OH			(3)		(3)
Mineralna olja				(4)		(4)
Amoniak	NH ₃	mg/L	≤ 0,005	≤ 0,025	≤ 0,005	≤ 0,025
Amonij	NH ₄	mg/L	≤ 0,04	≤ 1	≤ 0,2	≤ 1
Klor prosti pri pH 6	HOCl	mg/L		≤ 0,005 ⁽⁵⁾		≤ 0,005 ⁽⁵⁾
Cink, skupna trdota vode 100 mg CaCO ₃ /L	Zn	mg/L		0,3		1,0
Raztopljeni baker, skupna trdota vode 100 mg CaCO ₃ /L	Cu	mg/L	0,04		0,04	

⁽¹⁾ V odstotkih je izraženo število vzorcev odvzetih v obdobju enega leta

⁽²⁾ Umetno povzročene spremembe pH ne smejo presegati ± 0,5

⁽³⁾ Parameter ne sme biti prisoten v takšni količini, da bi to vplivalo na okus rib

⁽⁴⁾ Parameter ne sme biti prisoten v vodi v takšni količini, da bi to povzročilo:

- viden film na gladini vode ali plast na dnu površinskih voda ali- značilen priokus v ribah ali
- škodljive učinke na ribe

⁽⁵⁾ Višje koncentracije celotnega prostega klora so sprejemljive, če je pH vode višji

Razlaga za interpretacijo (Kakovost voda..., 2014):

Kakovost salmonidnih in ciprinidnih odsekov je ustrezna, če noben parameter ne presega mejnih vrednosti, ki jih predpisuje Uredba. Kakovost vode salmonidnih in ciprinidnih odsekov je ocenjena kot neustrezna, če eden izmed parametrov ne ustreza mejnim vrednostim, ki so določene v Uredbi. Zelo dobra kakovost salmonidnih in ciprinidnih odsekov je določena, če meritve preiskanih parametrov ustrezajo tako mejnim kot tudi priporočenim vrednostim.

Ocena kakovosti voda za življenje sladkovodnih rib za Kamniško Bistrico ni izdelana. Iz rezultatov fizikalno-kemijskih analiz vzorcev Kamniške Bistrice, ki jih je ugotavljala CČN Domžale - Kamnik v letu 2000 (Preglednica 5, poglavje 2.7 *Kakovost vode ter CČN Domžale – Kamnik*), glede na mejne vrednosti parametrov PH, O₂, NH₄, PO₄, BPK₅ ugotavljamo, da niso presežene mejne vrednosti parametrov za salmonidne vode do Kartona Količevo, kjer so presežene vrednosti O₂, BPK₅ in PO₄, temperatura vode pa se poveča kar za dobrih 17°C glede na temperaturo na izviri. Na odseku do CČN se ponovno vzpostavi stanje, kjer mejne vrednosti parametrov niso presežene, razen vsebnosti O₂. Pod iztokom CČN pa stanje vseh parametrov presega mejne vrednosti do Bišč, razen PH ostaja v mejnih vrednostih. V Beričevem, pa so parametri BPK₅, PH, O₂ ustrezni, NH₄ in PO₄ pa še vedno ne ustrezata mejnim vrednostim. Opazna je bistvena razlika v temperaturi vode na izviri, kjer je 6°C in izlivu 19,7°C. Sklepamo lahko, da je za salmonidne vrste glede na kriterije Uredbe primerna Kamniška Bistrica od izvira do izpusta Kartona Količevo, za ciprinidne vrste pa do iztoka CČN. Glede na to, da farma Ihan

ne obratuje več, bi bilo smotno izvesti nove meritve, lahko pa sklepamo, da je od Bišč do izliva v Savo tudi primeren odsek za ciprinidne vrste.

3.4.4 Hidrometeorološke razmere

Ekstremni vremenski pojavi se na Kamniški Bistrici zaradi njene hudourniške narave hitro odražajo z ekstremnimi pretoki. Ekstremno visoki pretoki škodijo ribjim populacijam, saj razen tiste živeče v dolini Kamniška Bistrica, niso vajene premagovati takšen tok, niti se pred njim skriti, zato jih lahko deroča voda preprosto odplakne. Ob izjemno visokih pretokih lahko nastopi tudi pojav prodni premik (erozijski proces trganja in odnašanja materiala z dna in brežin struge (Mikoš in sod., 2002)), ki uniči tudi prodišča in s tem cel letni prirast. V takih primerih ostane struga prazna, potrebno je poribljavanje, traja pa več let, da se stanje ribje populacije povrne v normalne okvirje.

Nizki pretoki, kot posledice sušnih obdobij, prekomernih odvzemov vode v mlinščice ter pronicanje vode iz matične struge v podtalje, so lahko posreden ali neposreden vzrok za pogin rib. Posredno bi pogin povzročila presušitev oz. presahnitev struge, neposredno pa pri nizkem pretoku v toplejših mesecih, ko bi zaradi visokih temperatur vode vsled sončevega segrevanja, počasnega toka vode, povečanega vnosa hranil, prišlo do evtrofikacije in znižanja vsebnosti kisika pod kritično mejo.

3.4.5 Prekomeren izlov

Eden mnogih ribiških pregovorov se glasi: kjer je ribolov, je tudi krivolov. Iz kronik izvemo, *"da je bil N. Krivic že leta 1691 obtožen zaradi krivolova na Rači"* (Stražar, 1988). A niso krivi le krivolovci, tudi nekaterim ribičem primanjkuje ribiške etike in ne spoštujejo lovopusta, najmanjše mere ali dovoljene količine ulova. Lahko pa je prekomeren izlov tudi posledica nepravilnega upravljanja ribolovnega revirja.

Na Kamniški Bistrici pa bi lahko prekomeren izlov povezali tudi z prečnimi vodnimi zgradbami: zaradi premnogih prečnih vodnih zgradb je Kamniška Bistrica razdeljena na kratke oz. majhne zaključene odseke, kjer ni veliko atraktivnih mest za ribe, kjer bi našje hrano in zavetje. Tako so znotraj takih kratkih odsekov ribe skoncentrirane na le nekaj mestih, večinoma pod prečno vodno zgradbo, kjer je voda bogatejša s kisikom, hitrejši tok pa prinaša hrano in preprečuje odlaganje mulja. Taka mesta ribiči in krivolovci zlahka odkrijejo in velikokrat prekomerno izlovijo tak predel, v katerem pogosto ni več možna naravna obnova ribjih populacij.

3.4.6 Vnos tujerodnih vrst rib

Ta problem ni prisoten le pri nas, pozna ga cela Evropa. Domače ribje vrste so se skozi stoletja prilagajale na razmere v danem okolju. Vsak vnos tuje vrste ruši harmoničnost obstoječega ekosistema. Prinesena vrsta je za domačo vrsto tekmeč glede hrane, prostora, drsti, lahko pa je celo uspešen plenilec domačih ribjih vrst (RZS, 2008).

Zdajšnja zakonodaja izrecno prepoveduje vnos novih alohtonih vrst rib, dopustno je le vlaganje šarenke ter gojenega krapa.

Na kamniški Bistrici in njenih pritokih se šarenke že uspešno drstijo in tako izpodrivajo domačo potočno postrv. Posredno imajo vpliv tudi prečne vodne zgradbe, ki prekinjajo vzdolžno kontinuiteto ter spreminjajo lastnosti vodotoka, saj so alohtone vrste veliko bolj prilagojene in prilagodljive na spremenjene razmere in tako veliko lažje konkurirajo in izpodrivajo naše avtohtone vrste.

3.4.7 Ribojede ptice

V zadnjih desetletjih k ogroženosti ribjih populacij znatno prispeva tudi povečanje številčnosti nekaterih vrst ribojedih ptic. Kormorani plenijo pri nas zlasti pozimi, ko so ribe manj aktivne in iz višine planejo po njih. Zlasti so nevarni plenilci za lipana in podust. Razen organiziranega plašenja pred kormorani obrambe ni.

Številčnost sivih čapelj ob naših rekah se je tudi povečala, najraje plenijo na drstiščih, ribnikih in gojitvenih in varstvenih potokih, kjer lahko popolnoma uničijo zarod. To se dogaja tudi v varstvenih potokih RD "Bistrica" Domžale. Čaplje so opažene preko celotnega ribiškega okoliša, medtem ko prihajajo kormorani v jatah od Save gorvodno vse do Kamnika .

4 VZDOLŽNA POVEZANOST

Vzdolžna povezanost vodotokov je izraz, uporabljen pri opisovanju stanja vodotoka, povezanega s prečnimi vodnimi zgradbami, ki jih obravnavamo kot ovire pri prehajanju rib in drugih vodnih organizmov gorvodno in dolvodno po vodotoku. Prečne vodne zgradbe ovirajo ali celo prekinjajo ribje selitve. Ribe se selijo, ko iščejo primeren življenski prostor glede na velikost in starostno stopnjo. Prav tako tudi drugi vodni organizmi. Selijo se po reki kot tudi njenih pritokih. Posebne selitve so drstitvene, ko se ribe selijo do svojih drstišč, zato je neprekinjena selitvena pot izrednega pomena za ohranjanje ribjih populacij.

4.1 Prečne vodne zgradbe

Prečne vodne zgradbe se gradijo na območjih, kjer so veliki vzdolžni padci strug vodotokov z namenom zmanjšanja vodne energije pod prečno vodno zgradbo v podslapju ali erozijskem tolmenu (Mikoš, 2000). Z njimi zmanjšamo padec dna struge in posledično se hitrosti ter sile vodnega toka zmanjšajo, kar pomeni da se zmanjšata erozijska in transportna sposobnost. S tem dosežemo stabilizacijo dna in varnost pred erozijo.

Lahko se prečne vodne zgradbe gradijo tudi na območjih z nižjimi vzdolžnimi padci strug, z namenom ustvarjanja akumulacij, preusmeritve toka vode za potrebe energetske izrabe ali namakanja, vzdrževanje nivoja gladine, bogatenje podtalnice idr.

Ločimo naslednje vrste prečnih vodnih zgradb: drča, prag, jez, zapornica, cestni propust, pregrada, hudourniška pregrada;

- Cestni propust je objekt (največkrat betonska cev večjega premera) za odvod manjših vodotokov skozi cestna telesa. Glede prehodnosti so problematični, če je padec prestrm in če dno cevi ne sega v dolvodno vodo. V primeru Kamniške bistrice jih razen na manjših pritokih ne beležimo, zato bodo izvzeti iz naše raziskave oz. analize.

- Zapornice so največkrat sestavni del jezov, v primeru Kamniške Bistrice to zagotovo drži, saj so jezovi primarno zgrajeni za odvzem vode v mlinščice, pretok oz. količina vode pa je regulirana z zapornicami. Splošno pa se zapornice uporabljajo za uravnavanja pretoka in vzdrževanja gladine. To je posebej pomembno tam, kjer je potrebno vzdrževati konstanten nivo podtalnice. Primer je nedavna prenova zapornic na Ambroževem trgu v Ljubljani, v sklopu projekta 'Ljubljanica povezuje', katerega nosilec je bila Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, s finančno pomočjo Evropske komisije v okviru programa LIFE+. Zapornice sedaj omogočajo vzdrževanje pravšnje gladine Ljubljanice kar vpliva na celotni vodni režim Ljubljanskega barja in odpravlja negativne posledice nihanja podtalnice za mestno infrastrukturo (Sapač in sod., 2015).

- Pregrada je prečna zgradba, ki pregrajuje dolino in zajezi vodo (tudi dolinska pregrada). Sestavni del pregrade so še visokovodni preliv, talni izpust, hidromehanska oprema in podslapje (Pravilnik o določitvi vodne infrastrukture, 2005). Pemič in Mikoš (2005) navajata klasično razvrstitev zaježitvenih zgradb, kjer so dolinske (visoke) pregrade opredeljene z višino, ki je večja od 10 m. Slovenski nacionalni komite za velike pregrade (SLOCOLD) opredeljuje mednarodne definicije za visoke pregrade, ki so povzete po kriterijih mednarodne komisije za velike pregrade ICOLD (Kolman, 2014).

- Hudourniška pregrada: prečna vodna zgradba s katero stabiliziramo dno hudourniške struge, ustavimo globinsko erozijo in zadržimo plavine in plavje. Po navadi izvedemo stabilizacijo hudournikov s sistemom pregrad v obliki stopnic (Mikoš, 2008; Pravilnik o določitvi vodne infrastrukture, 2005).

Našteti in opisani prečni vodni zgradbi (cestni prepust, pregrada, hudourniška pregrada) ni grajenih na Kamniški Bistrici, zapornice pa so zelo pogoste, saj uravnavajo dotok oz. odvzemne količine vode za mlinščice. Ker pa obravnavamo le vzdolžno povezanost matične struge Kamniške Bistrice, teh prečnih vodnih zgradb ne bomo dodatno obravnavali. Naš cilj je spoznati pragove, drče in jezove ter njihov vpliv na ribe v Kamniški Bistrici.

4.1.1 Prag

Prag je prečna vodna zgradba v dnu struge, ki je vpeta v brežini. S pragovi utrdimo ostenje ali zmanjšamo padec dna struge s čimer povečamo odpornost na erozijske sile ter stabiliziramo gorvodne nanose in erozijske procese. Višina pragov znaša od 0,2 m do 2,0 m, koristna višina talnih pragov je 0,0 m, ker služijo samo utrditvi vzdolžnega padca in prečnega profila struge (Markič, 2008; Rak in sod., 2008; Kolman, 2014). Pragovi višji od 0,0 m poleg stabilizacije dna služijo reduciranju padca, s tem se zniža vodna hitrost, tako da je to predvsem ukrep zaščite pred erozijo (zaščita dna in brežin).

4.1.2 Drča

Drča je stopenjski prag z izrazito blagim naklonom zračne strani od 1:10 do 1:15. Poznamo hrapave in gladke drče. Hrapavost drče povzroča neenakomerni tok vode in ustvarja turbulenco vode, pri gladkih drčah pa je tok vode enakomeren. Pretočna površina oz. hrbet drče je zgrajen iz večjih kosov kamna, lahko tudi v kombinaciji z betonom, med katerimi reže ostanejo nezapolnjene (Pravilnik o določitvi vodne infrastrukture, 2005; Rak in sod., 2008; Kolman, 2014).

4.1.3 Jez

Jez je prečna vodna zgradba v strugi, ki ustvarja razliko med gladinama gorvodno in dolvodno od jezua. Po navadi je sestavni del jezua še naprava za odvzem vode, prodni izpust, podslapje, zavarovanje brežin in dna v območju jezua in hidromehanska oprema za regulacijo pretoka (Pravilnik o določitvi vodne infrastrukture, 2005). Pemič in Mikoš (2005) navajata klasično razvrstitev zaježitvenih zgradb, kjer so jezovi opredeljeni kot prečne vodne zgradbe z višino, ki je manjša od 10 m (Kolman, 2014).

4.2 Terensko delo

Za izračun indeksa vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice ter za splošno oceno obremenjenosti s prečnimi vodnimi zgradbami je potreben pregled vseh objektov. Arhivski podatki so žal nepopolni in neažurni, zato je potreben terenski popis vseh prečnih vodnih zgradb, zgrajenih na Kamniški Bistrici. Pridobljeni arhivski podatki o prečnih vodnih zgradbah iz Katastra vodnogospodarskih objektov v splošni rabi, Vodnogospodarskega podjetja Hidrotehnik, ki izvaja vzdrževalna dela na Kamniško Bistriškem okolišu, so bili v pomoč in podlago terenskemu delu. Tudi iz interaktivnih atlasov (Atlas voda, Atlas okolja, Pregledovalnik NUV, Pregledovalnik LIDAR, PISO) pridobljeni podatki so bili v pomoč pri terenskih raziskavah, ki so se izkazale za obsežnejše od pričakovanj.

Prvi problem pri terenskemu delu je dostop do vode. Predvsem v spodnjem toku Kamniške Bistrice, dolvodno od CČN Domžale - Kamnik, ni urejenih obvodnih poti, zato je bilo potrebno predhodno načrtovati pot od dostopnih poti do struge oz. bregov Kamniške Bistrice. Tu so površine neobdelane, teren je zaraščen in težko dostopen (Slika 24). Pot ob bregovih Kamniške Bistrice ni mogoča, saj struga poteka znotraj poplavnih nasipov in razen redkih izjem ni prodišč, kjer bi lahko hodili ob strugi.



Slika 24: Zaraščenost bregov Kamniške Bistrice v spodnjem toku (Blažič, 2016)

Podobno težko dostopna je reka v zgornjem delu, gorvodno od Kamnika. Med Kamnikom in Domžalami pa so ob Kamniški Bistrici urejene poti, ki so terensko delo olajševale (Slika 25).



Slika 25: Urejene pešpoti ob bregovih Kamniške Bistrice (Blažič, 2016)

Drugi problem pri terenskih ogledih prečnih vodnih zgradb je bila določitev, za katero vrsto prečne vodne zgradbe gre v danem primeru. Veliko število prečnih vodnih zgradb je poškodovanih, delno ali skoraj popolnoma porušeni (Slika 27). V takih primerih je težko ločiti npr. porušeni prag od nasute drče (Slika 26), tu je bilo potrebno opazovanje padca struge, pregled morebitno utrjene brežine na daljši razdalji (vsaj 5 do 10 m) ali pa pregled obstoječih podatkov iz katastra vodnih zgradb ali interaktivnih atlasov.



Slika 26: Težavnost določitve med nasuto drčo in porušnim pragom (Blažič, 2016)



Slika 27: Primeri porušeni prečnih vodnih zgradb na Kamniški Bistrici (Blažič, 2016)

1. Porušeni Jubov jez pod Biščami
2. Porušen prag pod Domžalami
3. Porušen prag v Preserjeh
4. Porušen prag pod Homškim hribom
5. Porušen prag na Jeranovem
6. Drugi porušen prag na Jeranovem

Porušene vodne zgradbe pričajo o moči, ki jo ima Kamniška Bistrica s svojo hudourniško naravo, ter tudi o nevzdrževanju teh objektov, ki so prepuščeni vodnemu toku in času.

V nekaj primerih se pojavljajo prečne vodne zgradbe tudi na kratkih razdaljah (20 m in manj). Tu smo

izbrali kriterij, pri katerem vodni zgradbi, ki sta oddaljeni 10 m ali manj, štejemo kot eno prečno vodno zgradbo (Slika 28). Velikokrat gre tu za novozgrajeni prag tik ob staremu, morda že načetemu pragu.



Slika 28: Dva bližnja pragova opredeljujemo kot dvostopenjski prag (Blažič, 2016)

Srečevali smo se tudi s talnimi pragovi, ki tudi sodijo med prečne vodne zgradbe, a v popis prečnih vodnih zgradb za oceno vzdolžne povezanosti niso vključeni oz. niso obravnavani. Talni pragovi služijo stabilizaciji rečnega dna, uravnavanju rečne globine (Mikoš in sod., 2002) in/ali podpori ostalim prečnim vodnim zgradbam, npr. za utrditev podslapja (Slika 29). Ker ne spreminjajo ali prekinjajo poteka vodnega toka, smatramo, da na vzdolžno povezanost nimajo vpliva.



Slika 29: Talni prag za utrditev podslapja (Blažič, 2016)

Našo pozornost so pritegnili potopljenimi pragovi, 100 m nad Ihanskim jezom v Študi (Slika 30). Ker smo menili, da so to talni pragovi jih nismo zabeležili za našo raziskavo, kasneje pa smo ugotovili, da je bil Ihanski jez pri sanaciji nadvišan za 0,45 m, kar je povzročilo dvig gladine gorvodno in niz pragov

nad jezom (vsaj 4) je preplavila voda.



Slika 30: Potopljeni prag nad Ihanskim jezom (Blažič, 2016)

4.2.1 Povzetek terenskega popisa prečnih vodnih zgradb

Terensko delo je potekalo od sredine julija do začetka avgusta 2016, v lepem vremenu in normalnem vodostaju, posnetih je bilo skoraj 1000 fotografij. Končni seštevek terenskih ogledov lahko strnemo v naslednji preglednici:

Preglednica 9: Gostota obremenjenosti Kamniške Bistrice s prečnimi vodnimi zgradbami

	Kamniška Bistrica celoten tok	Kamniška Bistrica Revir KB 2	Kamniška Bistrica Revir KB 3	Kamniška Bistrica Revir KB 4
število PRAGOV	126	5	42	79
za ribe prehodnih	91	5	25	61
za ribe pogojno prehodnih	16	-	7	7
za ribe neprehodnih	19	-	10	11
število DRČ	20	1	7	12
število JEZOV	11*	3	5	3*
SKUPAJ	157	9	54	94
GOSTOTA OBREMENJENOSTI	4,73 PVZ/km	0,94 PVZ/km	5,43 PVZ/km	6,85 PVZ/km
	PVZ vsakih 210 m	PVZ vsakih 1,06 km	PVZ vsakih 180 m	PVZ vsakih 145 m

* od tega 1 jez porušen (Jubov jezo pod Biščami) in zato za ribe prehodni

PVZ... prečna vodna zgradba

Preglednica 7 z razdelitvijo Kamniške Bistrice po revirjih je v poglavju 3.3 *Ribiška družina "Bistrica" Domžale*

Določili smo tudi odsek, kjer je gostota obremenjenosti najvišja: To je tudi območje, kjer se prične težka industrija in teče skoraj neprekinjeno od Borotane (bivša smodnišnica) do CČN Domžale - Kamnik.

Preglednica 10: Gostota obremenjenosti Kamniške Bistrice s prečnimi vodnimi zgradbami (2. del)

	Kamniška Bistrica celoten tok	odsek od jezua pri smodnišnici (Sp. Stranje) do zadnjega v seriji pragov pod CČN v Biščah
število PRAGOV	126	112
za ribe prehodnih	91	78
za ribe pogojno prehodnih	16	14
za ribe neprehodnih	19	20
število DRČ	20	17
število JEZOV	11	7
SKUPAJ	157	136
GOSTOTA OBREMENJENOSTI	4,73 PVZ/km	8,02 PVZ/km
	PVZ vsakih 210 m	PVZ vsakih 120 m

Ugotavljamo, da je Kamniška Bistrica močno obremenjena s prečnimi vodnimi zgradbami, še posebej v srednjem delu. V zgornjem delu toka je gostota obremenjenosti najnižja, s tem, da razen praga na izvira, skoraj 6 km od izvira ni nobene prečne vodne zgradbe.

Prečne vodne zgradbe, ki so za ribe prehodne in imajo ocenjeno prehodnost z vrednostjo 1, na nadaljni izračun vzdolžne povezanosti in prednostnega razvrščanja prečnih vodnih zgradb nimajo vpliva, zato niso zajete v nadaljni raziskavi in v tabelah za izračun indeksov DCI (Priloge B, C, D) ne nastopijo.

4.2.2 Ribji prehodi na Kamniški Bistrici

Na Kamniški Bistrici smo na 4 jezovih evidentirali ribji prehod (Slika 31):

1. Ihanski Jez pri Študi v obliki drče v nagibu 1:10 ima na sredini prelivnega robu znižano prelivno polje, ki služi kot ribja steza. Steza je zamašena s plavjem tako, da se voda preliva po ostalem delu jezua, ki pa je oblikovan v drčo in tako še vedno, morda v manjši meri, omogoča ribam prehod. Ocenili smo, da bi salmonidne vrste rib s svojimi dobrimi plavalnimi in skakalnimi sposobnostmi to oviro premagale, za ciprinidne vrste pa to ne moremo zagotovo trditi. Žal je tudi lokacija ribje steze neustrezna, saj mora biti lokacija ribje steze pri jezovih, ki potekajo poševno glede na os vodotoka, pozicionirana v zaprtem trikotniku med jezovno zgradbo in brežino, za zagotovitev privlačnejšega toka na vhodu v stezo.

2. Jez v Volčjem potoku je trostopenski (3×1 m) in ima v desnem boku izvedeno ribjo stezo - rampo z blagim naklonom, ki pa ne poteka do spodnje vode, le do spodnjega pragu. Premešča višinsko razliko zgornjih dveh pragov, ne pa tudi spodnjega, ki z višino 1,0 m spet predstavlja ribam neprehodno oviro.



Slika 31: Ribji prehodi na Kamniški Bistrici (Blažič, 2016):

1. Ribja steza na Ihanskem jezu
2. Ribja steza na jezu v Volčjem potoku
3. Ribji prehod na jezu pri Smodnišnici
4. Ribji prehod na jezu Iverje

3. Jez pri smodnišnici pod Sp. Stranjami ima konvencionalni, bazenski tip ribjega prehoda, ki pa je že nekoliko poškodovan (lahko ocenjujemo le zunanje stene, vprašljive pa so tudi notranje prečne stene), na vtoku je zapornica preveč odprta in tako čez prehod nastaja turbulenten tok. Glavni problem pa je spet iztočni del prehoda, ki ne poteka do spodnje vode.

4. Jez Iverje, pod kamnolomom v Stahovici, ima konvencionalni prehod z bazeni, ki v tlorisu zavija in se na malo porabljenega prostora lepo skrrije v zaraščeno brežino, premaguje pa v višino 3,5 m. Žal ne obratuje, vtočna zapornica je zaprta, v bazenih pa se je nakopičilo toliko proda, da sega že do zgornjih odprtih prečnih sten. Prodniki so velikosti tudi do Ø20 cm, kolikor so široke odprtine v prečnih stenah. Iztok iz prehoda oz. vhod v prehod je pozicioniran cca. 4 m pod jezom, kar bi znalo povzročati težavo ribam pri iskanju, če tok ne bi bil privlačen.

4.3 Metode za vrednotenje prehodnosti posameznih prečnih vodnih zgradb

Obstaja več metod za vrednotenje vzdolžne povezanosti vodotokov oz. metode prednostnega razvrščanja prečnih vodnih zgradb za izboljšanje vzdolžne povezanosti vodotoka. Vrednost vzdolžne povezanosti nam daje splošno oceno vzdolžne povezanosti vodotoka, prednostno razvrščanje pa nam pokaže, katere prečne vodne zgradbe najbolj negativno vplivajo na splošno oceno vzdolžne povezanosti. Če v načrtu upravljanja z vodami upoštevamo to razvrstitev in izboljšamo prehodnost na teh objektih, v največji možni meri pripomoremo k boljši vzdolžni povezanosti vodotoka za ribe selilke.

Prehodnost prečne vodne zgradbe za ribe ima vrednost od 0 (za ribe neprehodna) do 1 (za ribe povsem prehodna prečna vodna zgradba). Na najbolj osnovni ravni lahko vodni zgradbi pripišemo le binarno vrednost (0 ali 1), kar pomeni, da je zgradba ali popolnoma prehodna ali pa popolnoma neprehodna (Kemp in O'Hanley, 2010; Kolman, 2014). Visoke prečne zgradbe (jezovi in pregrade) brez ribjih prehodov so primer prehodnosti $P = 0$. Lahko pa na različne načine ocenjujemo delno oz. pogojno prehodne prečne vodne zgradbe z vrednostmi med 0 in 1. Primer je določitev prehodnosti glede na število rib, ki uspe prečkati zgradbo oz. njihov delež na ravni populacije. Drugi primer je ocena glede na število poskusov, da riba uspešno premaga oviro. Načinov ocenjevanja je več, lahko je tudi ocena strokovnjaka na podlagi ogleda in izkušenj.

V primeru zaporedja prečnih vodnih zgradb morajo ribe premagati vse ovire, da je selitev uspešna. Kumulativno prehodnost ovir lahko preprosto ocenimo kot produkt posameznih vrednosti prehodnosti ovir, pod pogojem, da ovire smatramo kot neodvisne. To pomeni, da riba, ki uspešno prečka eno oviro, ne vpliva na verjetnost uspešnosti prečkanja več zaporednih ovir v vodotoku (Kemp in O'Hanley, 2010; Kolman, 2014).

V diplomski nalogi smo za ocenjevanje prehodnosti prečne vodne zgradbe izbrali sledeče kriterije:

- za ciprinidne vrste predpostavljamo, da je do 20 cm visoka ovira še prehodna
- za salmonidne vrste predpostavljamo, da je do 50 cm visoka ovira še prehodna
- ostali kriteriji: oblika pragu, globina podslapja, pretok, višina vode čez 'hrbet' pragu, specifične posebnosti posameznega pragu

Te kriterije smo uporabljali za oceno prehodnosti pragov, saj so drče same po sebi oblika ribjega prehoda in zato za ribe prehodne, jezovi pa so zaradi oblike in predvsem višine prehodni samo, če imajo funkcionalen ribji prehod.

Tako smo ocenili, da ima prečna vodna zgradba od izvira Kamniške Bistrice do Homškega jezua (revirja KB2 in KB3, oba salmonidna) vrednost 0 (neprehodna), 0,5 (pogojno prehodna) ali 1 (prehodna).

Od Homškega jezua, ki je neprehoden, do izliva v Savo (revir KB4, mešani – salmonidi in ciprinidi) pa smo vrednost prehodnosti ocenili za salmonidne in ciprinidne vrste posebej, nato pa ti dve oceni povprečili (Preglednica 11).

Preglednica 11: Določevanje vrednosti za prehodnost posamezne prečne vodne zgradbe

prehodnost		skupna ocena
salmonidi	ciprinidi	
D	D	1
D	?	0,75
D	N	0,5
?	N	0,25
N	N	0
D		1
?		0,5
N		0

D...prehodna prečna vodna zgradba $P = 1$

?...pogojno prehodna prečna vodna zgradba $P = 0,5$

N...neprehodna prečna vodna zgradba $P = 0$

4.4 Izračun indeksa vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice

Metod za prednostno razvrščanje prečnih vodnih zgradb za izboljšanje vzdolžne povezanosti vodotokov je več, izbrali smo t.i. Kanadsko metodo, ki jo je v magistrskem delu obravnaval že Kolman (2014), pri vrednotenju vzdolžne povezanosti na porečju Sore, za katero menimo, da ima podobne hidromorfološke značilnosti kot Kamniška Bistrica.

Indeks DCI (ang. dendritic connectivity index) je statistični indeks, ki temelji na predpostavki, da se ribe prosto gibljejo med dvema naključno izbranimi točkama rečnega omrežja, v našem primeru vzdolž celotnega toka Kamniške Bistrice brez pritokov.

Indeks DCI delimo na :

- DCIp – indeks vzdolžne povezanosti za potamodromne ribe, ki se selijo znotraj celinskih voda. Nanj najbolj vplivajo prečne vodne zgradbe v središču vodnih sistemov, saj večina potamodromnih vrst rib živi v srednjih delih vodotokov (mrenski, lipanski pas), na drst pa migrirajo gorvodno do predelov s prodišči (lipanski oz. še pogosteje spodnji postrvji pas), kjer je naklon struge strmejši, voda je bogatejša s kisikom ter hitrejša, tako da se prod ne zamulja, kar so osnovni pogoji za drst litofilnih ribjih vrst (litofilna reprodukcija je drst, kjer ribe odlagajo ikre med kamne in prodnike).
- DCId – indeks vzdolžne povezanosti za diadromne ribe, ki se selijo med morjem in vodotoki. Nanje najbolj vplivajo prve prečne vodne zgradbe, od izliva oz. ustja reke gorvodno.

Indekse DCI izračunamo po enačbah (Cote in sod., 2009; Kolman, 2014):

$$DCI = E[C] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} P(C = c_{ij}) \quad (1)$$

$$DCIp = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \frac{l_i l_j}{L L} \times 100 \quad (2)$$

$$DCIp = \sum_{i=1}^n \frac{l_i^2}{L^2} \times 100 \quad (3)$$

$$DCId = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{L} c_{ij} \times 100 \quad (4)$$

$$DCId = \frac{l_1}{L} \times 100 \quad (5)$$

C...naključna diskretna spremenljivka

c_{ij} ...realizacija spremenljivke C oz. prehodnost med odsekoma i in j

i...rečni odsek i, L_i ...dolžina rečnega odseka i

j...rečni odsek j, L_j ...dolžina rečnega odseka j

L...skupna dolžina rečnega omrežja

n...število rečnih odsekov (število prečnih vodnih zgradb plus ena)

Enačba (1) je splošna za računanje indeksa DCI.

Indeks za potamodromne vrste rib DCIp izračunamo po enačbi (2), kjer je prehodnost prečnih vodnih zgradb ovrednotena z vrednostjo od 0 do 1. Popolnoma prehodne ovire z vrednostjo 1 ne vplivajo na izračun, zato v računu ne nastopajo (niti niso zabeležene v Excelovih preglednicah za izračun indeksov DCI). Če je prehodnost prečnih vodnih zgradb ovrednotena z binarno vrednostjo 0 ali 1, pa se izračun poenostavi – enačba (3).

Indeks za diadromne vrste rib DCId izračunamo po enačbi (4) za prehodnosti ovrednotene z vrednostmi od 0 do 1, ter po enačbi (5), ko prehodnost ovrednotimo z vrednostjo 0 ali 1.

Najprej bomo izvedli izračun indeksa DCI na osnovni ravni (binarne vrednosti prehodnosti posameznih prečnih vodnih zgradb). Z indeksi DCIp in DCId bomo izdelali prednostni seznam 10 prečnih vodnih zgradb, na katerih bi vzpostavitev prehodnosti v največji meri vplivala na izboljšanje vzdolžne povezanosti in izračunali novi indeks DCI. Izračun indeksa za posamezno prečno vodo zgradbo temelji na predpostavki, da z vzpostavitvijo prehodnosti na določeni oviri združimo dva do sedaj ločena odseka v enega, daljšega. Od te pridobljene dolžine oz. njenega razmerja s celotno dolžino rečnega omrežja je odvisna vrednost indeksa za posamezno zgradbo.

Nato bomo indeks DCI izračunali še na višji ravni – z ocenjenimi vrednostmi prehodnosti prečnih vodnih zgradb med 0 in 1.

4.5 Rezultati in interpretacija

Najprej smo na osnovni ravni, z binarnimi vrednostmi prehodnosti prečnih vodnih zgradb, izračunali vrednosti vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice za potamodromne (DCIp) in diadromne vrste rib (DCId) po enačbah (3) in (5).

Za ta izračun smo predpostavili, da so vse prečne vodne zgradbe, ki smo jih v popisu ocenili za neprehodne ali delno prehodne, popolnoma neprehodne za ribe (preglednica v Prilogi B). Prehodnost obravnavanih prečnih vodnih zgradb je 0, torej bo izračun temeljil le na dolžinah odsekov med vodnimi zgradbami. Prednostni seznam pa smo določili na podlagi razmerja dolžine dveh združenih odsekov (med katerima je ovira, za katero predpostavimo, da je prehodna) z dolžino celotnega rečnega omrežja oz. v našem primeru celotno dolžino Kamniške Bistrice.

Rezultati:

- splošna ocena vzdolžne povezanosti za potamodromne ribe: **DCIp = 10,43**
- splošna ocena vzdolžne povezanosti za diadromne ribe: **DCId = 19,84**

- prednostni seznam 10ih prečnih vodnih zgradb za izboljšanje vzdolžne povezanosti:

1. Ihanski jez

3. jez v Volčjem Potoku

5. jez v Stahovici (Zagorica)

7. prag nad novo AP (kamniška obvoznica)

9. Homški prag

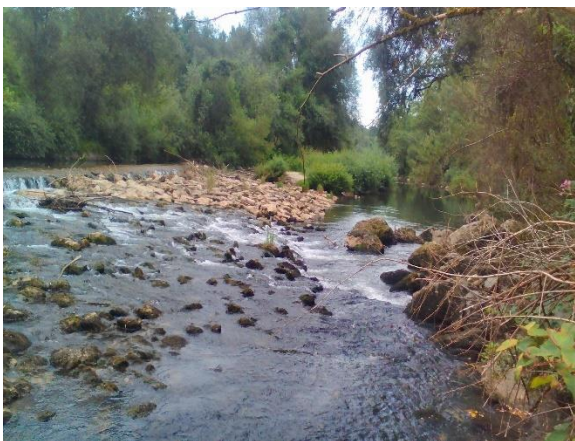
2. jez pod Kamnolomom (Iverje)

4. prag v Stranjah (pri betonarni)

6. jez nad Kalcitom (Stahovica)

8. jez pri smodnišnici (Veliki jez v Stranjah)

10. prag za Stolom



Slika 32: Ihanski jez (Blažič, 2016)



Slika 33: Jez pod Kamnolomom (Blažič, 2016)



Slika 34: Jez v Volčjem Potoku (Blažič, 2016)



Slika 35: Prag v Stranjah (Blažič, 2016)



Slika 36: Jez v Stahovici (Blažič, 2016)



Slika 37: Jez nad Kalcitom (Blažič, 2016)



Slika 38: Prag nad novo AP (Blažič, 2016)



Slika 39: Jez pri smodnišnici (Blažič, 2016)



Slika 40: Homški prag (Blažič, 2016)



Slika 41: Prag za Stolom (Blažič, 2016)

Če predpostavimo, da bi na vseh teh 10 prečnih vodnih zgradbah vzpostavili prehodnost za ribe, dobimo po novem izračunu naslednjo vrednost indeksa DCIp:

- nova splošna ocena vzdolžne povezanosti za potamodromne ribe: **DCIp = 20,47**

Za diadromne ribje vrste pa ta predpostavka ne drži, saj so zanje najpomembnejše prečne vodne zgradbe pri izlivu, torej za izračun novega indeksa DCId predpostavimo, da vzpostavimo prehodnost na prvih 10 prečnih vodnih zgradbah od izliva v Savo gorvodno:

- nova splošna ocena vzdolžne povezanosti za diadromne ribe: **DCId = 32,35**

Za nov izračun vzdolžne povezanosti na višji ravni pa uporabimo za obravnavane prečne vodne zgradbe, ki omejujejo ali prekinjajo ribje selitve, ocenjene vrednosti prehodnosti med 0 in 1 (preglednica v Prilogi C). Tokrat je račun predvsem za indeks DCIp kompleksnejši, uporabimo pa enačbi (2) in (4):

Rezultati:

- splošna ocena vzdolžne povezanosti za potamodromne ribe: **DCIp = 12,41**
- splošna ocena vzdolžne povezanosti za diadromne ribe: **DCId = 24,35**

Interpretacija:

Že po izdelanem popisu prečnih vodnih zgradb smo ugotovili, da je Kamniška Bistrica močno obremenjena, sedaj smo obravnavali še prehodnost le teh. Za oceno prehodnosti smo izbrali splošno uporabljene kriterije, glede višine ovire, ki so za ribe premagljive oz. nepremagljive obravnavani viri smatrajo zelo različno: za salmonidne vrste je navedena možnost skoka do 1m, spet drugje je naveden kriterij 40 cm visoke ovire. Ciprinidne vrste naj ne bi imele skakalnih sposobnosti, po drugih navedbah pa naj bi bile sposobne premagati do 30 cm visoke ovire. Zato smo za kriterij višine ovire izbrali srednje vrednosti 20 cm za ciprinidne vrste in 50 cm za salmonidne vrste.

Tudi izračun indeksov DCI na podlagi neprehodnih ali delno prehodnih prečnih vodnih zgradbah nakazuje preobremenjenost Kamniške Bistrice s prečnimi vodnimi zgradbami, saj je vrednost indeksov vzdolžne povezanosti za ribe zelo nizka.

Če se najprej osredotočimo na indeks DCIp, indeks vzdolžne povezanosti za potamodromne ribe, ugotovimo, da razen Ihanskega jezua, prvega v nizu obravnavanega seznama ter Jezua pod kamnolomom (Iverje), nobena prečna vodna zgradba ne izstopa po vplivu na vzdolžno povezanost. To je zato, ker so ovire razmeroma enakomerno oddaljene med seboj in nobena dva združena odseka, v primeru vzpostavitve prehodnosti na oviri, ki ju ločuje, ne bi po dolžini izstopala med ostalimi. To potrjujeta tudi prej omenjeni izjemi: Ihanski jez in Jez pod kamnolomom (Iverje). Na prvemu bi s prehodnostjo dobili nov odsek dolg 8,5 km od izliva Kamniške Bistrice do prvega praga pod Šumberkom v Domžalah. Na jezua pod kamnolomom pa bi novozdruženi odsek meril 8,2 km, od jezua nad Kalcitom v Stahovici do praga pod izviro Kamniške Bistrice.

Prednostno razvrščanje lahko interpretiramo tako: 10 prečnih vodnih zgradb bi morali urediti, da bi oceno vzdolžne povezanosti iz 10,43 povišali na 20,47. Če vzamemo povprečje: ena prečna vodna zgradba, na kateri bi vzpostavili prehodnost za ribe izboljša vzdolžno povezanost Kamniške Bistrice za 1%. Seveda je to preprosto poenostavljanje, Ihanski jez in Jez pod kamnolomom vsak zase doprineseta več kot le 1%. Zanimivo je, da so med prvimi osmimi prečnimi vodnimi zgradbami iz prednostnega razvrščanja vsi 4 jezovi z ribjim prehodom, njihove pomanjkljivosti smo opisali v poglavju 4.2.2 *Ribji prehodi na Kamniški Bistrici*.

Indeks DCId za diadromne vrste rib nam kaže boljše stanje vzdolžne povezanosti Kamniške Bistrice za diadromne vrste rib. Razlog je ta, da so v tem primeru pomembne prečne vodne zgradbe po vrsti od izliva gorvodno, prva neprehodna ovira pa pomeni, da gorvodno ni diadromnih rib. Na Kamniški Bistrici je prva ovira oddaljena od izliva 6,6 km, kar je bistveno več v razmerju s celotno dolžino kot velja za

ostale odseke.

Prednostno razvrščanje je enostavno: vzpostavljanje prehodnosti na prečnih vodnih zgradbah po vrsti od izliva gorvodno. Če bi na prvih 10 prečnih vodnih zgradbah vzpostavili prehodnost, bi se ocena vzdolžne povezanosti iz 20,47 povišala na 32,35.

Ocena žal ni realna oz. je zgolj teoretična, saj bi morali ocenjevati celotno rečno mrežo, skupaj s Savo in Donavo do izliva v Črno morje.

5 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE VZDOLŽNE POVEZANOSTI VODOTOKA

5.1 Splošno

Obnova oz. izboljšanje ribjega habitata je nesmiselna, če niso pred tem preučene vse povezave vodotoka z okolico ter prečne in vzdolžne povezave vodnega telesa. Bogastvo ribje združbe na določenem odseku vodotoka je odvisno od kompleksnosti habitata. Naravni – nemodificirani vodotoki nudijo zavetje številnejšim ribjim vrstam, pa tudi razmere tekom sezon so stabilnejše kot pri reguliranih vodotokih. Reguliranje struge, odprava meandrov, odvzem proda, čiščenje rečnega dna, homogen substrat in drugi ukrepi za izboljšanje pretočnosti rek sicer povečajo poplavno varnost, na drugi strani pa destabilizirajo razmere za rast zdrave ribje združbe. Ocene tega področja kažejo na povprečno 60% nižjo raznovrstnost ribjih združb v kanaliziranem vodotoku v primerjavi z naravnimi pogoji. V zadnjih 200 letih pa je le malo Evropskih rek ohranilo naravno podobo, saj je bilo zaradi potreb po električni energiji, poplavni varnosti in urejanju vodotokov zgrajenih na rekah ogromno število pregradnih objektov, ki prekinjajo ribje selitvene poti (FAO/DVWK, 2002).

Izgradnja pregradnih objektov je v moderni dobi postala neizogibna, se pa vedno bolj povečuje zavest, da so neprekinjene vodne poti za ohranitev ribjih vrst ravno toliko pomembne.

Ko enkrat določimo prečno vodno zgradbo, katere izboljšana prehodnost bi znatno vplivala k boljši vzdolžni povezanosti vodotoka, imamo na voljo 3 rešitve:

1. potrebno se je vprašati po smiselnosti obstoja tega objekta, mnogo obstoječih jezov, ki so jih v preteklosti gradili v različne namene je danes nefunkcionalnih, vendar še vedno ostajajo ovira na poti ribam selivkam. Odstranitev le teh bi moralo biti prednostno razen v primerih, ko je z ekološkega vidika odstranitev nemogoča, npr., ko bi se zaradi tega uničila mokrišča (jez zadržuje višji nivo vode tudi na zalednih območjih). Porušitev je v nekaterih virih opisana kot najboljša rešitev pri ponovnem vzpostavljanju vzdolžne povezanosti vodotokov za ribe, (Doyle in sod. (2000) navajajo celo, da je odstranitev prečne vodne zgradbe z višino do 5m, najbolj ekosistemsko in stroškovno učinkovit ukrep), vendar take rešitve zaradi namena upravljanja z vodami pogosto niso ustrezne.
2. sanacija oz. preoblikovanje prečne vodne zgradbe, da bi lahko omogočala prehodnost vodnim organizmom. Pri nizkih pragih se lahko izvede znižan preliv na način, ki bi ribam omogočil prehod. Možna je tudi izvedba drče pod pragom: z vrha pragu bi se voda prelivala preko nasute drče, ki bi postopoma premeščala višinske razlike.

Velikokrat ni pomembna le višina pragu, zelo pomembna je tudi globina podslapja, ki mora biti dovolj globoka, da omogoča ribam prostor za pospešitev in skok čez oviro. Ravna zabetonirana podslapja niso dopustna.

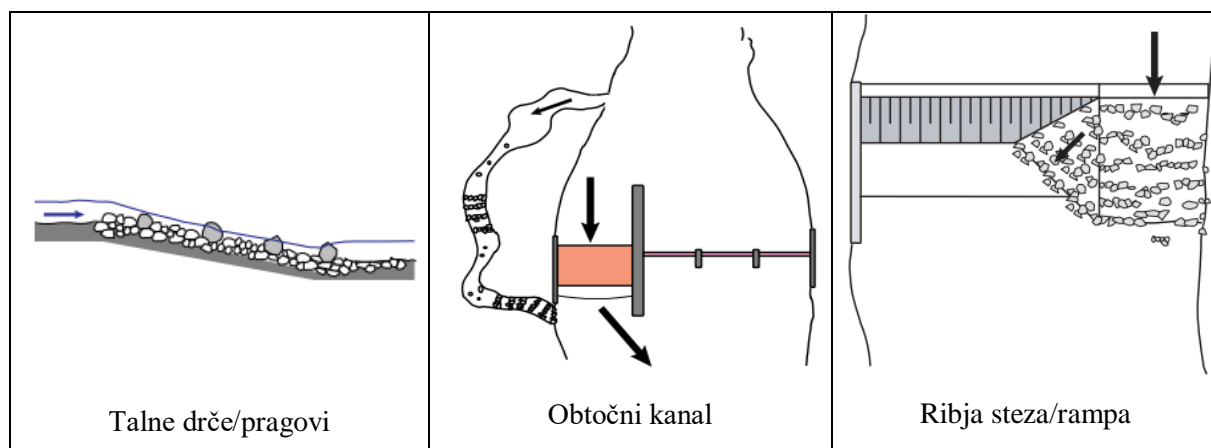
3. izvedba ribjega prehoda: če nobena od prejšnjih rešitev za zagotavljanje vzdolžne povezanosti vodotoka ni primerna, postopamo z načrtovanjem ribjega prehoda. Načrtovanje samo je obsežno in dolgotrajno, saj zahteva interdisciplinarni pristop strokovnjakov iz področja biologije, hidrotehnike, gradbeništva in varstva okolja. Pri načrtovanju in dimenzioniranju imamo več zahtev, vedno pa je na prvem mestu funkcionalnost ribjega prehoda. Dimenzioniranje in izvedba ribjega prehoda morata biti prilagojeni lokalnim razmeram, vsak primer ribjega prehoda je edinstven in se ga tako tudi obravnava.

5.2 Ribji prehodi

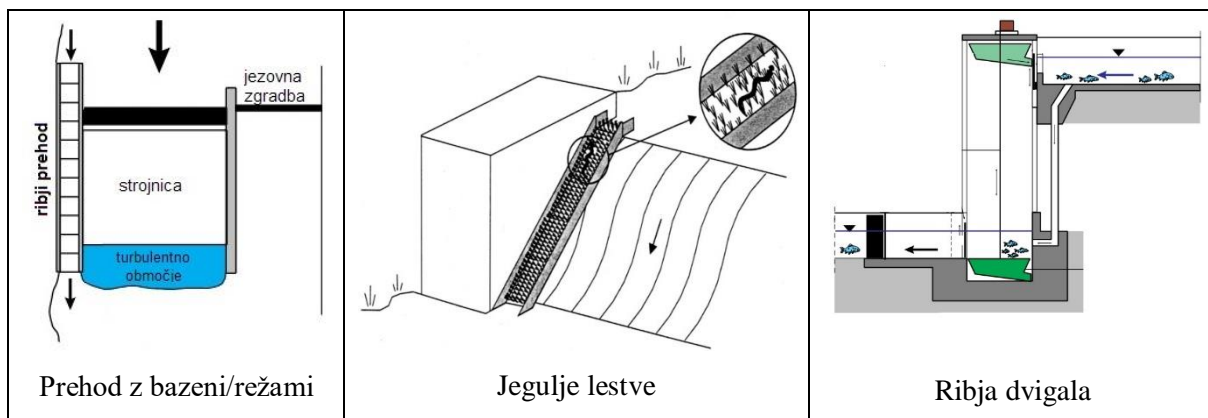
Večina ribjih prehodov omogoča ribam prehod mimo pregradne ovire s plavanjem in preskakovanjem serije nizkih prečnih ovir, ki tvorijo bazenčke. Voda, ki se preliva čez te bazenčke mora imeti dovolj visoko hitrost, da privabi ribe v stezo, ne pa previsoke, ki bi ribe preveč izčrpale. Da se na ribji stezi ustvari primeren tok so pomembni kriteriji dolžine in nakloni, planirani pa morajo biti tudi počivalni bazeni. Pomembno je, kje je ribja steza locirana, kakšni so pogoji na vhodu in izhodu iz ribje steze, sestava dna, nemoteno in konstantno delovanje ribjih stez ter nenazadnje, kako se ribja steza integrira v okolje (FAO/DVWK, 2002).

Objekte in naprave za pomoč ribam pri premagovanju vodnih ovir delimo na dve večji skupini:

- 1 - Naprave ali objekti, ki so bližje naravi, to so **sonaravni tipi ribjih prehodov** (Slika 42)
- 2 - Naprave ali objekti, ki so bolj gradbeno-tehnične narave, to so **tehnični tipi ribjih prehodov** (Slika 43)



Slika 42: Sonaravni tipi ribjih prehodov (FAO/DVWK, 2002)



Slika 43: Primeri tehničnih tipov ribjih prehodov (FAO/DVWK, 2002; Odeh, 1999)

5.2.1 Sonaravni tipi ribjih prehodov

To so ribji prehodi, ki po svoji morfologiji, hidravličnih lastnostih, razgibanosti habitata in uporabljenih materialih, najbolj posnemajo naraven vodotok. Delimo jih na:

- talne drče ali pragove (bottom ramps and slopes)
- obtočni kanali oz. korita (bypass chanelns)
- ribje steze/rampe (fish ramps)

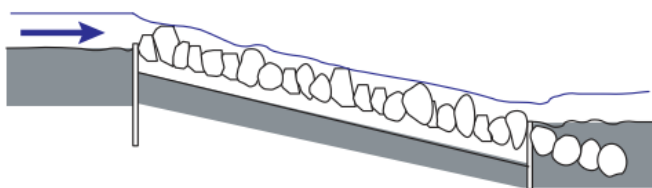
5.2.1.1 Talne drče

Talne drče so objekti, ki razpršijo hidravlično glavo (razliko v nivoju gladine med zajezeno vodo in gladino dolvodno) po celotni širini na neki razdalji z zelo blagim naklonom, prvotno so jih gradili za stabilizacijo rečnega dna. Ti tipi najboljše imitirajo naravne pogoje, kot je zrnavostna sestava dna in nakloni. Te naprave so zelo primerne za nadomestitev stopničastih in navpičnih jezov, kadar je potrebno ohraniti nivo gorvodne vode, hkrati pa se počasi obnovijo naravni pogoji gorvodno od jeza. Gladke betonske rampe in stopničasti hidravlični spusti so neprimerni in neprehodni za ribe (FAO/DVWK, 2002).

Glavni material za talne drče so skale, glede na gradnjo ločimo naslednje načine (FAO/DVWK, 2002):

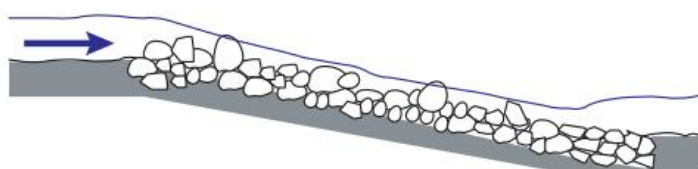
1. Konstrukcije z zloženimi kamnitimi bloki (set or embedded-boulder construction) na sliki 44; so konstrukcije z naklonom do 1:10, sestavljena je iz enega sloja skal velikosti 0,6-1 m in se držijo ena ob drugi, skale so položene v filtrirni temelj npr. večstopenjski prod, ki je dimenzioniran glede standardnih filtrirnih pravil, za zgornjo in spodnjo razmejitev imajo pilotno steno ali stene z jeklenimi zatiči, zabite železniške tirnice, ipd.. Peta konstrukcije ima vsaj 3-5 m. Kadar je možnost, da se dolvodno pojavijo erozijski tolmunji, ki so ponavadi velikosti vgrajenih skal, je potrebno dno dodatno stabilizirati. Potrebna je suha izvedba in zatorej preusmeritev toka vode za čas izvedbe. Izvedba je toga, obstojna tudi za velike

hidravlične obremenitve.



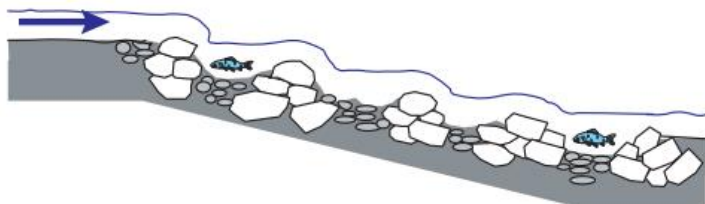
Slika 44: Talna drča z zloženimi kamnitimi bloki (FAO/DVWK, 2002; Gebler, 1991)

2. Nasute konstrukcije (rockfill construction) na sliki 45; z ekološkega vidika so to bolj sprejemljive variante, konstrukcijo sestavlja več slojev skal, v debelini, ki je vsaj 2 krat večja od premera največje skale. Dodatne velike skale razbijajo tok in povečujejo hrapavost. Možna je tudi kaskadna oblika s kamnitimi pragovi, kadar želimo ohraniti primeren nivo vode v prehodu pri nizkih vodostajih in za obogatitev strukturne raznolikosti. Telo konstrukcije je na začetku in koncu lahko podprto z vrsto lesenih pilotov ali jeklenimi elementi. Stabilizacija dna v zajetje ni potrebna, kadar je naravno dno odporno proti eroziji, takrat se telo konstrukcije kar nadaljuje v istem naklonu, dolvodno je dno stabilizirano v dolžini 3 do 5m. Če je rečno dno peščeno ali neodporno za erozijo je potrebno dno dolvodno stabilizirati z oblikovanjem umirjevalnega bazena in ustrezno podaljšano peto. Prav tako mora biti na prehodu zaščitena brežina s primerno zasaditvijo vegetacije. Prednost te izvedbe je, da za izgradnjo prehoda ni potrebno preusmeriti toka vode.



Slika 45: Nasuta talna drča (FAO/DVWK, 2002; Gebler, 1991)

3. Konstrukcije s kamnitimi pragovi (dispersed or cascaded constructions) na sliki 46; pragovi sestojijo iz več kamnitih vencev, ki so sestavljene iz okroglih ali ostrorobnih skal velikosti 0,6-1 m, venci so za povečanje stabilnosti v tlorisu razporejeni v polkrožne vrste proti toku, tako da se medsebojno podpirajo. Kamniti pragovi so vdeleni v dno kar se da globoko in so dolvodno dodatno utrjeni z vrstami pilotov ali jeklenimi elementi. Med venci se tvorijo tolmunji, prodnat in kamnit material se odlaga po naravni dinamiki v tolmunih, večje vode ga tudi odnašajo, vendar se potem hitro nakopiči nazaj. Razlika med kaskadami je odvisna od vgrajenih skal in je izbrana glede na razliko v gladini vode med eno in drugo kaskado, ki ne sme preseči 0,2 m. Na takem prehodu se vzpostavi zelo različna zrnastostna sestava dna, tako da je včasih težko ločiti med umetno zgrajeno stezo in naravnim dnem vodotoka.



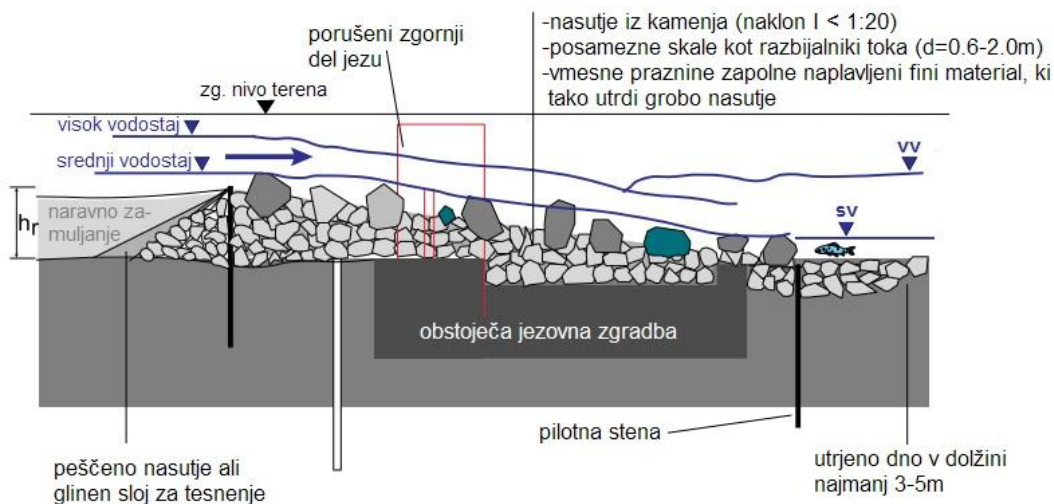
Slika 46: Talne drčce s kamnitimi pragovi (FAO/DVWK, 2002; Gebler, 1991)

4. Preoblikovanje padca pri manjših ovirah lahko dosežemo z minimalnimi posegi. Na sliki 47 je za preoblikovanje ovire v talno drčco potrebno nasutje rečnega kamenja, v katerega so položene večje skale ali skalni/kamnit veneci. Priporočljiv naklon je 1:20 (FAO/DVWK, 2002).



Slika 47: Preoblikovanje padca s talno drčco (FAO/DVWK, 2002)

5. Preoblikovanje jezov s kamnitimi pragovi: drčce s kamnitimi pragovi so primerne predvsem, kjer jezovi niso v funkciji ali zaradi namakanja ali hidroelektrarn. Še vedno je možno ohraniti nivo zajetja gorvodno, ko ne želimo nižati talne vode v zaledju. Če je možno je boljše uporabiti nasuto konstrukcijo kaskadne oblike. Telo prehoda pa je zaščiten s piloti ali jeklenimi elementi. Temelji ostanejo pokriti pod rampo, vrhnji del jezovne zgradbe pa se poruši (Slika 48) (FAO/DVWK, 2002).

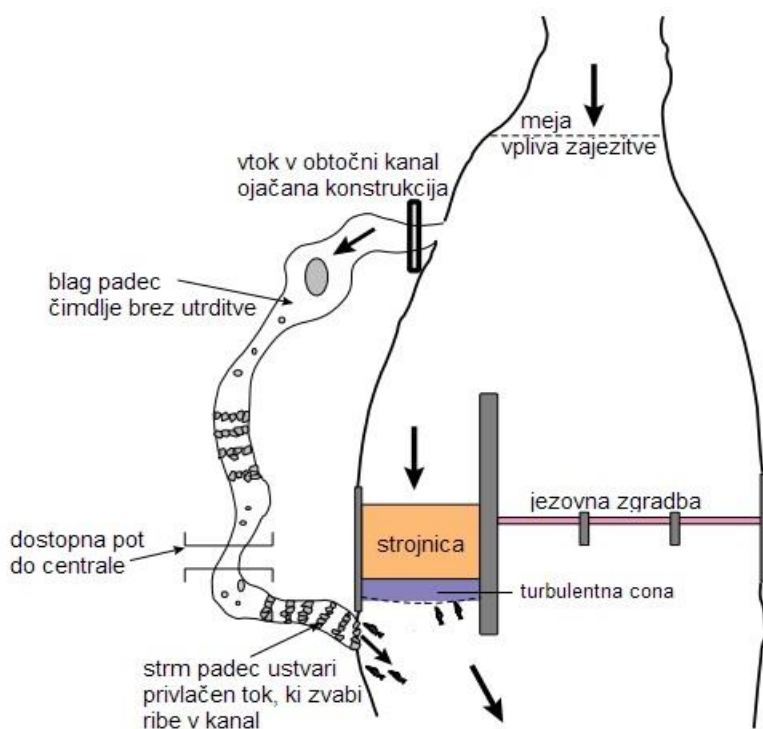


Slika 48: Preoblikovanje jezovne zgradbe (FAO/DVWK, 2002)

6. Zaključki: Najboljša vzpostavitev naravnih pogojev na prehodu je izvedba grobega dna in blagega naklona, najboljša je uporaba gibkih konstrukcij, kjer uporabljen material ni fiksni. Uporaba betona mora biti minimalna vendar še vedno dovolj za stabilnost konstrukcije. Takšni objekti uspešno nadomestijo nefunkcionalne jezove. Vzdrževanje je nezahtevno, občasno je potrebno odstranjevati nanošen material in preveriti možne porušitve po poplavih. Takšne konstrukcije so prehodne za ves vodni živelj gorvodno in dolvodno (FAO/DVWK, 2002).

5.2.1.2 Obtočni kanali

Obtočni kanali zaobidejo oviro in so oblikovani tako, da posnemajo naravni vodotok (Slika 49). Taki prehodi so ponavadi dolgi, zato je potrebna relativno velika površina za to rešitev, umestitev v prostor je možna glede na lokalne razmere, po drugi strani pa ravno razsežnost te izvedbe daje sonaraven videz in se prijazno zlije s pokrajino. Ponavadi je v obtočni kanal usmerjen le določen pretok, razen v primeru, ko je jez ali pregrada nefunkcionalna oz. zapuščena. Takrat lahko ves pretok usmerimo v ta kanal, medtem ko pregrada ostane funkcionalna za primer visokih – poplavnih pretokov. Obtočni kanali niso namenjeni samo za prehod rib temveč se ustvari nov habitat za ves vodni živelj. Posebno primerni so za obnovo zajezenih rek, kjer so prizadete rastlinske in živalske vrste prilagojene hitremu vodnemu toku, ker premestijo celotno zajezeno območje in ponovno vzpostavijo prehodnost (FAO/DVWK, 2002).



Slika 49: Umestitev obtočnega kanala (FAO/DVWK, 2002)

Zaključki: Prednosti obtočnih kanalov so:

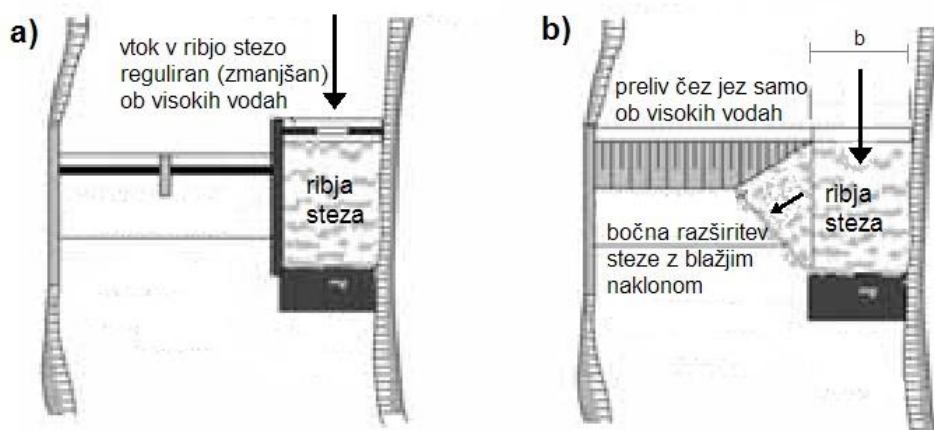
- zelo ugodno se vključijo v pokrajino
- so prehodni za ves vodni živelj
- ustvari se nov nadomestni habitat
- zanesljivo delovanje, ni potrebno veliko vzdrževanja
- pri načrtovanju ribjega prehoda za obstoječi vodni objekt, se z obtočnimi kanali izognemo konstrukcijskim posegom v/na objektu
- obtočni kanali so lahko speljani mimo vplivnega območja zaježitve

Slabosti obtočnih kanalov:

- večja potrebna površina - velik poseg v okolje
- velika dolžina kanala
- občutljivost na nihanja spodnje vode, kar lahko rešimo z dodatnimi tehničnimi objekti

5.2.1.3 Ribje steze/rampe

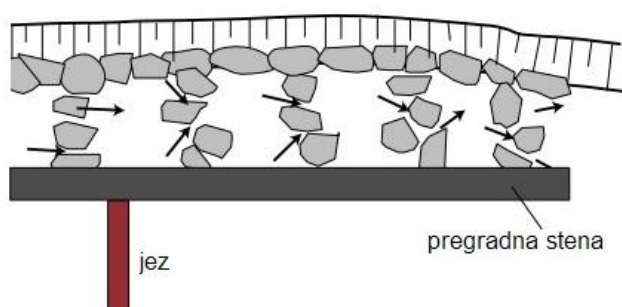
1. Ribje rampe so prehodi, ki so omejeni na ožji pas in ne čez celotno širino, kot je to pri drčah. Preoblikovanje jezusa preko celotne širine v drčo je možno, ko ta več ne opravlja funkcije zaščite pred poplavami, namakanja, izkoriščanja vodne energije in ko je na razpolago zadosten pretok. Pri aktivnih jezovih pa se jez preoblikuje vsaj na enem delu v tako imenovano ribjo stezo - rampo, tako so primerne za naknadno vgradnjo na obstoječih jezovih. Zgled za oblikovanje ribje steze ponovno daje narava, oblikuje se ga z veliko strukturno raznolikostjo, kot v strmeh potoku z brzicami (FAO/DVWK, 2002). Ribja steza je vgrajena v zaježitveni objekt in združuje možnost povezanega izpusta pri nizkih in srednjih vodostajih (Slika 50). Pri pretočnih elektrarnah lahko čez ribjo stezo odvajamo presežek vode. Za zagotovitev potrebnega vodostaja in hitrosti ribjo stezo opremimo z motilnimi skalami ali kamnitimi pragovi. Širina steze je odvisna od pretoka, ki je potreben za ribje vzpenjanje. Upoštevati je potrebno tudi vidik stabilnosti steze, ki mora biti zdržati tudi poplavne pretoke (FAO/DVWK, 2002).



Slika 50: Različne ureditve ribjih stez na pregradi (FAO/DVWK, 2002): a) jez z pomično zapornico
b) jez s fiksno višino

2. Ribja steza z bazeni in hrapavim koritom (Rough-channel pool pass):

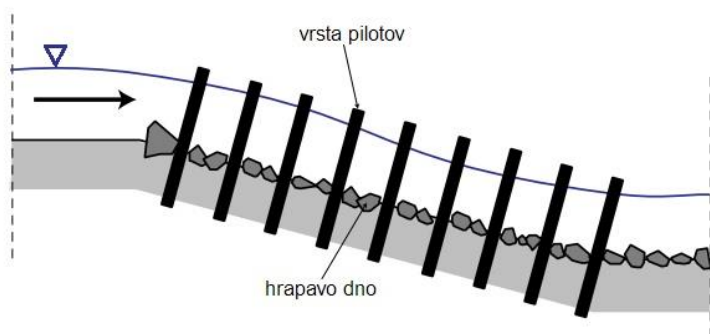
Je kombinacija med tehničnim ribjim prehodom in rampo. Stene med bazeni sestavljajo stolpničasto zložene skale kot je prikazano na sliki 51. S tem je možno doseči bistveno višje vodostaje in izbrati bolj strme naklone, kot pri običajnih rampah, do vrednosti 1:10. Odločilnega pomena je tudi to, da razlika med vodnimi gladinami med kaskadami ne presega 0,2 m in lahko ohranimo dopustno hitrost $v_{\max}=2$ m/s. Ti prehodi terjajo masivno, betonsko pregradno steno za hrbtno stranjo jez. Uporabnost te izvedbe se priporoča za hitro tekoče vodotoke, pri katerih je na voljo malo prostora (FAO/DVWK, 2002).



Slika 51: Ribja steza z bazeni in hrapavim koritom (FAO/DVWK, 2002)

3. Pilotna ribja steza (Pile pass):

Ribja steza, ki vključuje lesene pilote ali kole, ki zmanjšujejo hitrosti (Slika 52). Leseni piloti so lahko razvrščeni v vrste ali zamaknjeni na intervalih 5 do 10 krat premer pilota ali zabiti v podlago in vdeleni v beton pri masivnih stezah. Premer pilotov je 0,1 do 0,3 m. Višina pilotov pa mora biti taka, da jih voda ne zaliva. Da se piloti sami čistijo je bolje da so rahlo nagnjeni v smeri toka (plavje bi odplaknile kratkotrajne visoke vode). So neobčutljivi na nihanje nivoja vode, ker se hitrosti in globine vode pri dovolj dolgih pilotih ne spreminjajo dosti. Priporočljive so tam, kjer uporaba skal ni primerna zaradi narave reke, npr. če skale ne ustrezajo tamkajšnji sestavi struge (FAO/DVWK, 2002).



Slika 52: Pilotna ribja steza – shematski prerezn diagram (FAO/DVWK, 2002)

4. Zaključki:

- So primerne za naknadno vgradnjo na obstoječih nizkih jezovih
- Prehodni so za vse vodne organizme
- Primerni so tudi za dolvodno migratorne ribe
- So naravnega videza
- Ni potrebno dosti vzdrževanja, neznatne možnosti zamašitve
- Uspešna usmeritev toka, da ga ribe zaznajo

Slabosti:

- Občutljivost na nihanja vode
- Velik pretok za njihovo delovanje
- Potrebna je velika površina

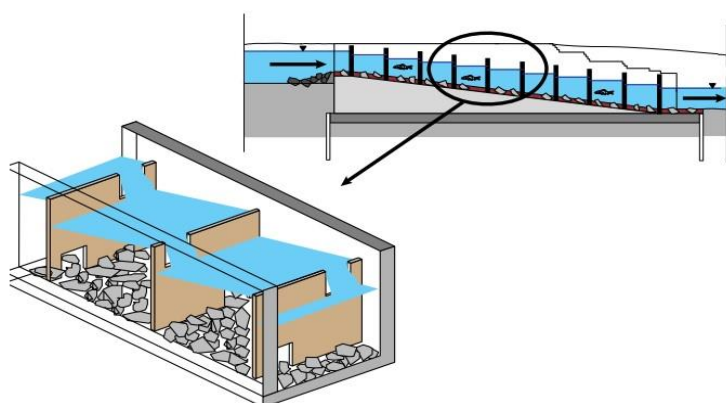
5.2.2 Tehnični tipi ribjih prehodov

To so gradbeno-tehnične izvedbe ribjih prehodov, največkrat načrtovane in izvedene pri novograjnih vodnih objektih in so največkrat njihov sestavni del. Značilno zanj je, da na sorazmerno majhni površini premagujejo velike višinske razlike. Vrste tehničnih ribjih prehodov so:

- prehodi z bazeni (pool passes)
- prehodi z vertikalnimi režami (vertical slot passes)
- Denilovi prehodi (Denil passes)
- ribje steze s ščerkami oz. jegulje lestve (eal ladders)
- ribje zapornice (fish locks)
- ribja dvigala (fish lifts)

5.2.2.1 Prehodi z bazeni

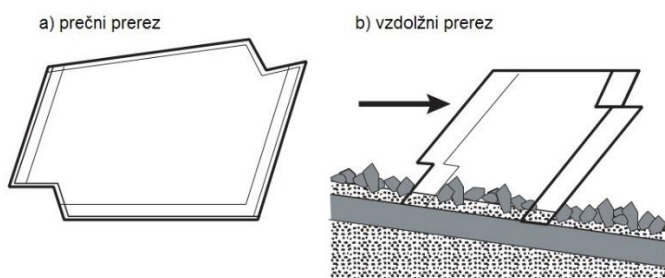
Osnovni princip tega prehoda je delitev kanala na več prekatov z vmesnimi prečnimi stenami z odprtinami, ki so razporejene izmenično levo-desno na zgornjih in spodnjih robovih sten, skozi katere se pretaka voda. Tako se gostota disipacije energije zmanjšuje stopničasto z vsakim bazenom. Ribe potujejo iz enega prekata v naslednjega čez spodnje odprtine, redkokdaj čez zgornje odprtine v stenah, ker nerade preskakujejo ovire. Voda se ponavadi preliva le čez odprtine, v bazenih pa mora biti nivo vode do spodnjega roba zgornje odprtine. Prelivanje preko stene ni priporočljivo, še posebej na vhodu v prehod. Ribe morajo velike hitrosti premagovati le pri prečkanju sten, v bazenih pa lahko počivajo. V prekatih je dno hrapavo, tako da je prehod lažje prehoden za vodni živelj (FAO/DVWK, 2002).



Slika 53: Konvencionalni prehod z bazeni (FAO/DVWK, 2002; Jens,1982)

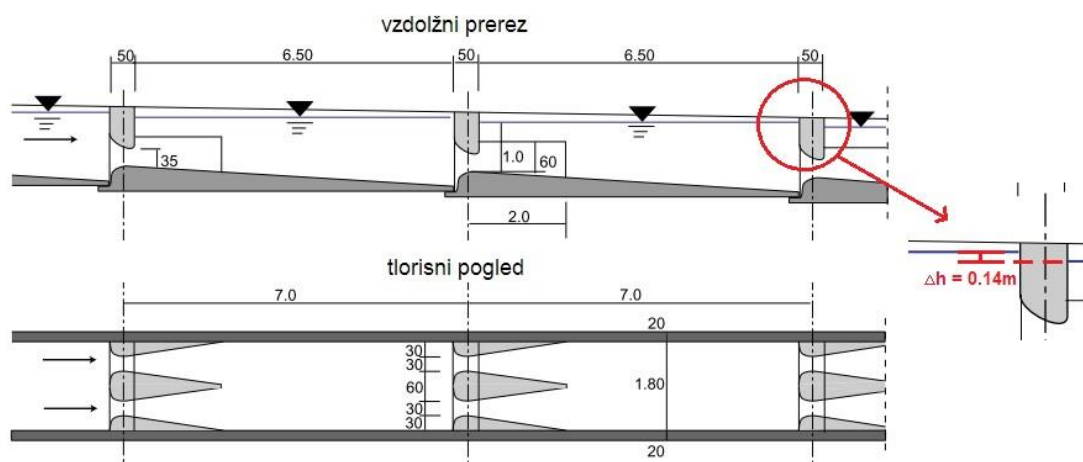
Glede na izvedbo sten prehoda z bazeni delimo na (FAO/DVWK, 2002):

- Konvencionalne prehode; imajo vertikalne lesene ali betonske stene, na lesenih stenah se s časom pojavijo spremembe zato se morajo po nekaj letih zamenjati. Odprtine v stenah so izmenično razporejene ob dnu, odprtine omogočajo prehodno hrapavo površino dna, kjer je v tak prehod vstavljen substrat. Odprtine na zgornji površini stene so ponavadi precenjane, ker ribe redko kdaj premagajo oviro s tem da skočijo čez njo, ampak izhod iščejo tam kjer ga lahko preplavajo. Turbulenten tok, ki priteče skozi površinske odprtine vpliva na tok v bazenu, z variiranjem nivoja vode v zajetju je težko zagotoviti optimalen pretok čez potopljene stene, kakorkoli, če so površinske odprtine predvidene, mora biti najnižji kot še vedno potopljen z vodo najnižjega bazena. V splošnem je potopljena le površinska odprtina v steni, če je potopljena celotna stena posebej na vhodu v ribji prehod ima to negativne učinke na primeren tok.
- Romboidne prehode; ti se od konvencionalnih prehodov ločijo po tem da so stene razporejene poševno na os prehoda in dolvodno točko dna (Slika 54). Stene so glede na stik s steno prehoda razporejene v tako zaporedje, da si sledijo desna in leva pritrditev stene, tako da ima vsak bazen eno daljšo in krajšo stranico. Dolžina krajše stranice ne sme biti krajša od 0,3m in dolžina daljše stranice ne sme biti daljša od 1,8 m. Talne odprtine so vedno na gorvodnem koncu stene, medtem ko so površinske odprtine na dolvodnem kotu (Jens, 1982). Kot pod katerim so nameščene stene glede na dno je 60° , glede na horizontalno os prehoda pa je kot 45 do 60° , kar daje stenam posebno obliko romboida. Leve in desne stene so različne in niso zrcalne, zato jih ne moremo oblikovati serijsko. Prednost teh prehodov je bolj zaželen tok čez prehod ter samočiščenje. Poševne stene pa učinkovito vodijo ribe do naslednje ovire.



Slika 54: Oblika stene v romboidnem prehodu (FAO/DVWK, 2002; Jens, 1982)

- Grbinasti prehodi; razvil jih je Schiemenz (1960), so posebne oblike prehodov z bazeni, ki so kot nekakšni racionalizirani kanali. Odprtine so tukaj v vrstah. Oblika kanala je optimizirana do te mere, da se ne pojavljajo vrtinci in kotanje v bazenih. Tok je usmerjen, kar omogoča ribam da lažje prehajajo čez prehod. Ti prehodi potrebujejo dolge bazene in dovoljuje se le majhna razlika v nivoju vode med bazeni $\Delta h=0,14$ m. Tako so ti prehodi možni le, kjer so pričakovane nizke hidravlične glave, ter tam, kjer je dovolj prostora za umestitev tako dolgih prehodov. Grbinasti prehodi so primerni tudi za slabše plavalke, če je dno prehoda hrapavo, je prehod prehodni tudi za ostali vodni živelj (Slika 55).



Slika 55: Grbinasti prehodi v tlorisnem in vzdolžnem prerezu (FAO/DVWK, 2002; Hensen in Schiemenz, 1960)

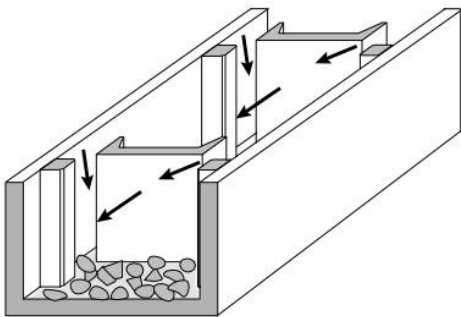
Zaključki:

Prehodi z bazeni so med najstarejšimi izvedbami, in so se izkazale za dragocene, kjer so bili pravilno dimenzionirani, umeščeni in vzdrževani. So primerni za prehod dobrih plavalk, kot tudi manjših rib in tistih, ki se gibljejo ob dnu. Če je dodan substrat v prehod, pa je možen prehod tudi za ostale vodne organizme. Prednost teh prehodov je manjša potreba po pretoku vode skozi te prehode in nizka globina.

Po drugi strani je slabost prehodov z bazeni velika zahteva po vzdrževanju in čiščenju, kjer je prisotna nevarnost, da drobirski tokovi zamašijo odprtine. Zato je potrebno redno čiščenje.

5.2.2.2 Prehodi z režami

Prehodi z režami so razvili v Severni Ameriki in se uporabljajo od sredine 20.st. Ta tip se uporablja v zadnjih letih tudi v Nemčiji. Prehod z režami je kombinacija med prehodom z bazeni, kjer so v vertikalnih stenah reže, ki se raztezajo po celotni višini stene, kot je to prikazano na sliki 56. V steni sta lahko ena ali dve reži, odvisno od pretoka, ki je na razpolago. Če je reža samo ena je vedno na isti strani stene, ne tako kot pri konvencionalnem tipu prehoda z bazeni, kjer so odprtine nameščene izmenično levo/desno (FAO/DVWK, 2002).



Slika 56: Shematski prikaz prehoda z dvema režama (FAO/DVWK, 2002)

Zaključki

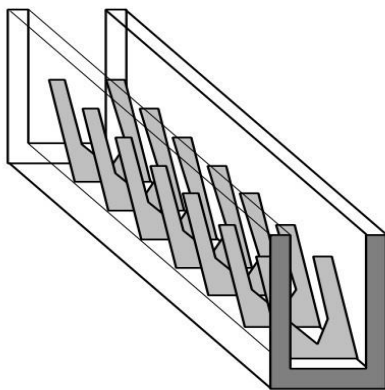
Prehodi z režami so primerni tudi za slabše plavajoče vrste rib in manjše vrste rib. Prednosti teh prehodov so (FAO/DVWK, 2002):

- Reže, ki se raztezajo po celotni globini so primerne tako za ribe, ki živijo ob dnu, kot tudi tiste, ki plavajo v odprtem prostoru
- Redukcije hitrosti pri tleh z grobo sestavo dna omogočajo prehajanje slabšim plavalkam
- Niso občutljivi na variranje nivoja zaledne vode
- Prehajanje je možno tudi za manjše nevretenčarje, če je dno povezano z vodotokom
- Zaradi rež se prehodi ne mašijo tako hitro, ter tudi pri delni zamašitvi še vedno delno delujejo
- Primeren tip tako za manjše potoke, kot tudi za velike reke; razpon pretoka 100 l/s do mnogo m³/s

Glede na prednosti so prehodi z režami boljši od prehodov z bazeni in med boljšimi tehničnimi prehodi (FAO/DVWK, 2002). Poleg zelo majhne odvisnosti od pretoka in gladine vode v prehodu so dodatna prednost prehodov z režami ekstremno nizke hitrosti na dnu prehoda, kar omogoča prehajanje tudi ostalim manjšim vodnim organizmom (Bombač in sod., 2015).

5.2.2.3 Denilov prehod

Prehod je razvil Belgijski inženir G. Denil v začetku 20. stol., in je tako poimenovan po izumitelju. Prehod tvori raven kanal, v katerem so pregrade urejeno nameščene v zelo kratkih intervalih in pod kotom obrnjene proti toku, kot je prikazano na sliki 57 (FAO/DVWK, 2002; Denil 1909).



Slika 57: Shematski prikaz Denilovega prehoda (FAO/DVWK, 2002; Lonnebjerg, 1980)

Med pregradami se ustvari vzraten tok, kar povzroči veliko porabo energije in s tem majhne hitrosti pri dnu, to pa pomeni, da so Denilovi prehodi primerni tudi pri strmehjših naklonih, ter premestijo od majhnih do velikih razlik na kratkih razdaljah. Montaža prehoda je možna tudi v mokrih razmerah, tako da so primerne tudi na obstoječih pregradah, ki so brez prehoda in ni na voljo veliko prostora. Originalno je bil prehod, ki ga je zasnoval Denil, konkavne oblike, sčasoma se je razvil v obliko, ki ima na pregradah izrez črke U in se je izkazala za najbolj funkcionalno (FAO/DVWK, 2002).

Zaključki:

Denilovi prehodi imajo naslednje prednosti:

- lahko imajo strme naklone in zavzamejo malo prostora
- enostavna montaža
- hitro se jih da uporabiti za nadomestitev na obstoječih pregradah
- niso občutljive za variiranje nivoja spodnje vode
- iztok iz prehoda dolvodno samodejno ustvarja privlačen tok

Slabosti pa so:

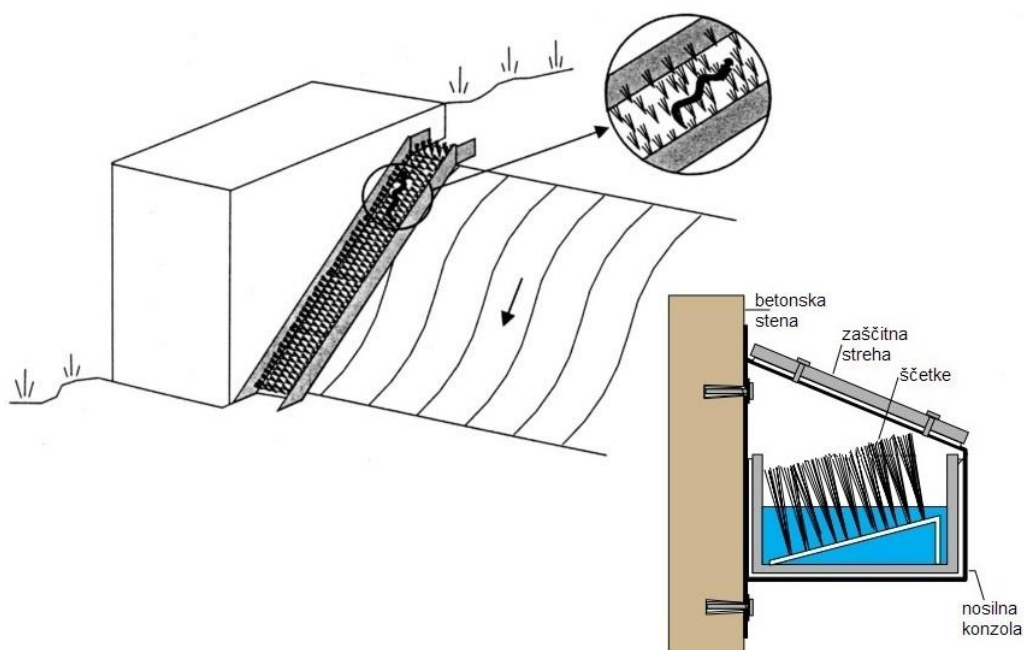
- velika občutljivost na spreminjanje nivoja gorvodno, sprejemljiva so nihanja okrog 20 cm
- potreben je velik pretok čez prehod glede na druge tipe
- zamašitev z drobirjem hitro zmoti delovanje, potrebno je redno vzdrževanje in preverjanje
- zelo omejeno prehajanje za manjše ribe in tiste ki so slabe plavalke, prav tako je neprehodno za ostale majhne nevretenčarje

Gradi se jih samo tam, kjer drugi tipi zaradi prostorske omejenosti niso primerni (FAO/DVWK, 2002).

5.2.2.4 Jegulje lestve

Dva tipa sta v uporabi (FAO/DVWK, 2002):

1. Skozi telo pregrade so položene cevi blizu rečnega dna, v katerih so vstavljene lesene ščetine, fašine ali druge pregrade, ki zmanjšujejo hitrosti ter so ponavadi pritrjeni na verigo, tako da se jih z lahkoto izvleče in zamenja. Cevi se pogosto mašijo, kar je težko ugotavljati, ker so v celoti potopljene.
2. Ravni in majhni kanali iz betona, plastike ali jekla. V tem kanalu so različni sistemi, da pomagajo, ko jegulja vijuga navzgor. Po Jensu (1982) se uporabljajo ščetke. Kanali imajo streho, da so jegulje zaščitene pred plenilci (Slika 58).



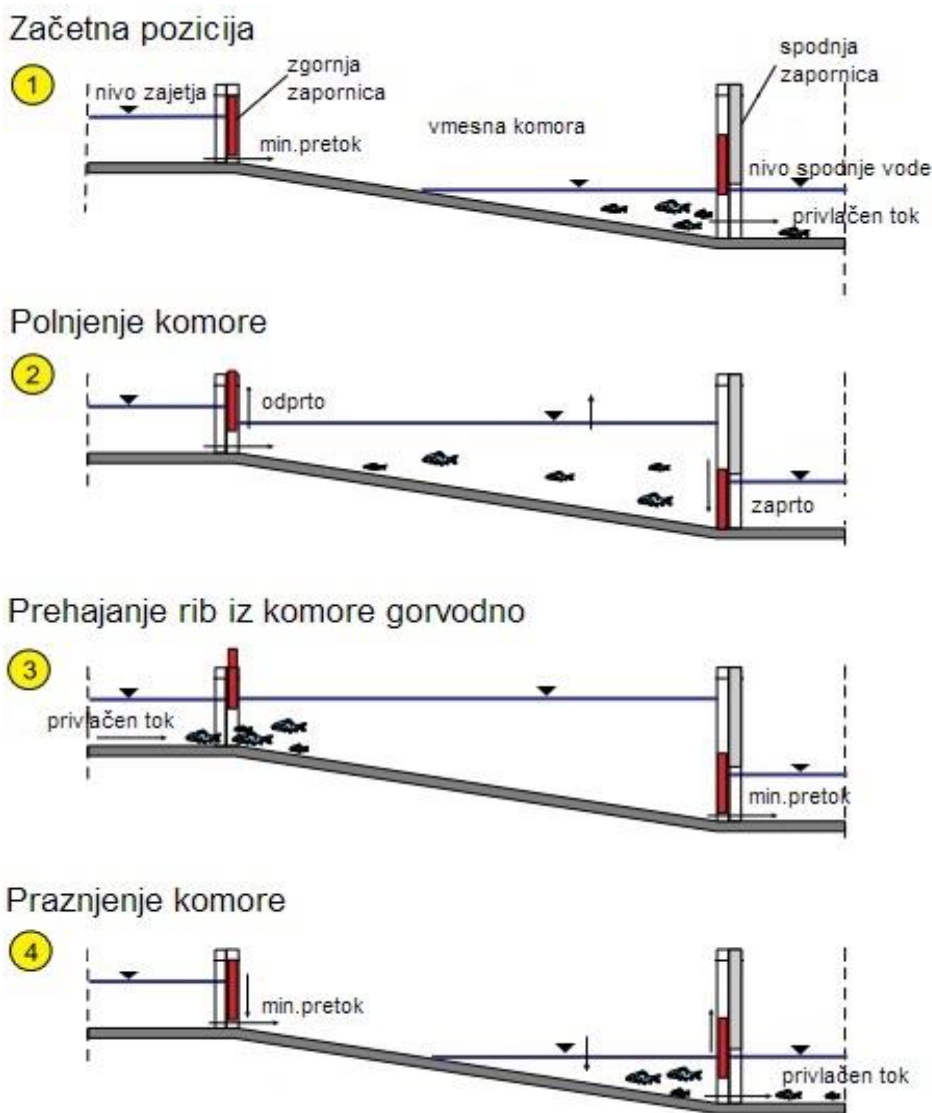
Slika 58: Shematski prikaz jegulje lestve (Odeh, 1999; FAO/DVWK, 2002; Jens, 1982)

Jegulje lestve so nameščene tako, da voda samo curlja po prehodu, tako da so jegulje vlažne, zato jegulji prehodi niso namenjeni za ostali vodni živelj. Iztok iz jegulje lestve mora biti ob brežini, povezava z rečnim dnom ni nujna, ker steklene jegulje plavajo po površini vode oz. tik pod njo. Ker tok, ki priteče iz jegulje lestve ni zaznaven, je potrebno ustvariti privlačen tok z obtočnim kanalom, ki privede vodo do vtoka. Zaradi slabe plavalne sposobnosti mladih jegulj je na izhodu iz lestve – na vtoku v gorvodnem vodostaju potrebno ustvariti miren tok (FAO/DVWK, 2002).

Zaključki: Jegulje lestve so primerne samo za gorvodne selitve mladih jegulj in ne za druge ribe oziroma vodni živelj. Posebno so priporočene na izlivnih področjih rek v morja (FAO/DVWK, 2002).

5.2.2.5 Ribje zapornice

Ti prehodi so poznani kar nekaj časa, uporabljajo jih predvsem na Nizozemskem, Škotskem, Irskem in v Rusiji. Zapornica sestoji iz zaklenjene komore z nizkim vhodom in višjim izhodom z zapiralnimi sistemi. Ponavadi niso dovolj učinkovite za ribje selitve, problem je kratek odpiralni čas na zapornici in velika turbulenca v komori, ko se polni, pa tudi ribe le redko najdejo lokacijo takega prehoda (FAO/DVWK, 2002).



Slika 59: Princip delovanja ribje zapornice (FAO/DVWK, 2002)

1. Zapornica je v začetni poziciji. Spodnja vrata so odprta in nivo vode v komori je enakega nivoja kot je gladina spodnje vode. Ribe v komoro prihajajo zaradi privlačnega toka, ki se ustvari tako, da je višja zapornica nekoliko odprta ali pa je pri spodnji zapornici speljan poseben kanal, ki dovaja vodo.
2. Ko se komora napolni se spodnja zapornica zapre, zgornja pa se popolnoma odpre. Tok, ki prihaja iz zajetja usmeri ribe v zgornji izhod.

3. Nivo gladine je enak gladini zajetja, ribe najdejo izhod iz komore, na izhodu je ustrvarjen tok z dovajanjem vode.
4. Zgornja zapornica se zapre in odpre se spodnja, tako se izprazni komora, zapornica je ponovno v začetnem položaju.

Obratovalni čas je avtomatičen, ponavadi gre za polurne do enourne intervale. Odpiralni čas se lahko nastavi glede na glavno sezono ribjih selitev. Najboljši ritem s sezonskimi prilagoditvami bi bil lahko določen le na podlagi monitoringa (FAO/DVWK, 2002).

Zaključki

Imajo prednost in alternativo konvencionalnim ribjim prehodom, saj:

- ne porabijo veliko prostora
- premostijo velike razlike v višini med zajetjem in spodnjim vodostajem
- ponujajo enakovredne možnosti tudi za velike ribe npr. jesetre ali slabe plavalke

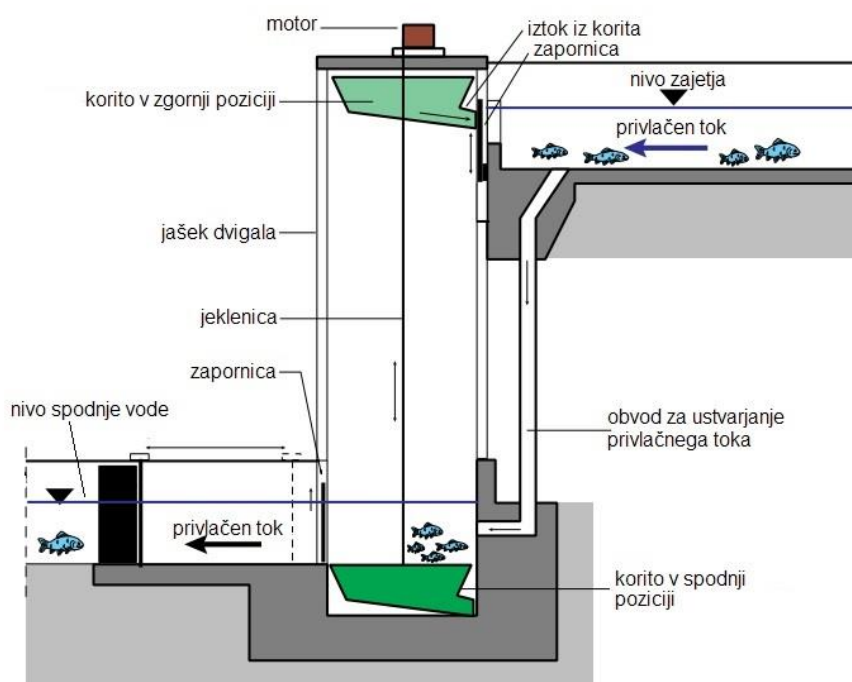
Slabosti:

- vsi premikajoči deli naprave potrebujejo veliko vzdrževanja
- kratek odpiralni čas – večina časa se porabi za polnjenje in praznjenje komore
- ribe težko najdejo lokacijo prehoda

5.2.2.6 Ribja dvigala

Pri manjših vodotokih v primerih, ko imamo veliko višinsko razliko med zajetjem in spodnjo vodo, bi bila izvedba klasičnih tehničnih (prehodi z bazeni/režami) ali sonaravnih prehodov predraga in zahtevala preveč prostora. Zato so v uporabi posebej oblikovana dvigala, ki pomagajo ribam pri gorvodnih migracijah (FAO/DVWK, 2002).

Za prenos rib se uporablja korito, ki se dviga in spušča po jašku (Slika 60). V spodnji poziciji, mora biti vrh korita poravnan z dnom, ribe pa priplavajo v dvigalo zaradi privlačnega toka, ki ga ustvarja obtočni vod. Nato se zapornica v jašek zapre in ribe so tako ujete v korito, ki jih prepelje – dvigne v zgornjo pozicijo. Zapornica iz jaška se odpre in voda iz korita izteče in s seboj odnese tudi ribe, ki pa morajo začutiti tok vode, da plavajo naprej gorvodno (FAO/DVWK, 2002).



Slika 60: Shematski prikaz ribjega dvigala (FAO/DVWK, 2002; Larinier, 1992)

Zaključki:

Prednosti:

- ribja dvigala zavzamejo malo prostora in premagujejo velike višinske razlike
- ribe ne trošijo energije za prehod, zato so dvigala primerna tudi za ribe s slabšimi plavalnimi sposobnostmi ter za večje ribe

Slabosti:

- ribja dvigala niso funkcionalna za dolvodne ribje migracije in gorvodne migracije nevretenčarjev
- velika nihanja spodnje vode omejujejo funkcionalnost ribjih dvigal zaradi omejene velikosti vhoda v jašek
- visoki stroški vzdrževanja v primerjavi z konvencionalnimi prehodi (z bazeni/režami)

5.3 Zakonodaja

Zakonodajni okvir v povezavi s prečnimi vodnimi zgradbami, ribami, njihovi habitati, vzdolžno povezanostjo idr. v Sloveniji postavljajo:

- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Uradni list RS, št. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13 – popr., 39/13 – odl. US, 3/14 in 21/16)
- Uredba o ekološko pomembnih območjih (Ur.l.RS, št.48/2004)

- Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/2002)
- Nacionalni program varstva okolja (Uradni list RS, št. 83/99 in 41/04 – ZVO-1)
- Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/11, 49/12)
- Zakon o sladkovodnem ribištvu (Uradni list RS, št. 61/2006)

K upoštevanju načel trajnosti Slovenijo zavezujejo mednarodno sprejete strategije varstva okolja in narave, konvencije in protokoli. Z Bonško konvencijo (Zakon o ratifikaciji Konvencije o varstvu selitvenih vrst prostoživečih živali/MKVSPZ/, Ur.l.RS-MP, št.18/1998, 27/1999), ki jo je Slovenija ratificirala leta 1998 in Bernsko konvencijo (Zakon o ratifikaciji Konvencije o varstvu prostoživečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenskih prostorov/MKVERZ/,Ur.l.RS-MP, št.17/1999), ki jo je ratificirala leta 1999, se je Slovenija zavezala, da bo ohranila selilske vrste na celotnem območju, kjer se pojavljajo, ne glede na to, ali se selijo po zraku, vodi, ali kopnem. Konvenciji prepoznava pomembnost selilskih vrst in določa ukrepe za njihovo ohranitev.

Evropska skupnost je leta 1992 sprejela Direktivo o habitatih (The Habitat Directive-FFh, Directive 92/43/EEC), s katero naj bi omogočila izvajanje Bernske konvencije, s to direktivo je zavarovala prostoživeče rastlinske in živalske vrste ter njihove habitate.

Določila Direktive o habitatih so prenesena v slovenski pravni red z Uredbo o posebnih varstvenih območjih (Območjih Natura 2000). Varstveni cilji te uredbe so med drugim ohranjanje raznolikosti habitata, zavarovane vrste, zlasti pa ohranjanje tistih mest v habitatu, ki so bistveni za najpomembnejše življenske faze zavarovane vrste (npr. mesta za razmnoževanje, skupinsko prenočevanje, prezimovanje in prehranjevanje) ter ohranjanje celovitosti habitata oziroma povezovanja posameznih delov v celoto.

Najcelovitejša evropska direktiva na področju voda je Okvirna direktiva o vodah (Water Framework Directive-WFD, Directive 2000/60/ES), ki zavezuje, da za sprejemljivo ceno ekološko optimiziramo rabo vode, med drugim to pomeni, da ribam omogočimo selitve (neovirano prehajanje in razporejanje). Ribji prehodi so nujno potrebni pri novo grajenih elektrarnah, obstoječe elektrarne pa bo potrebno opremiti z ribjimi prehodi ali prenoviti nefunkcionalne prehode, odvisno od interesov koncesionarjev za proizvodnjo električne energije in od izpolnjevanja zahtev vodne direktive za izboljšanje ekološkega stanja vodotokov (Kolman in sod., 2010). Del omenjene direktive, ki obravnava zaščito selitvenih poti rib, je najbolj neposredno prenesen v slovenski pravni red z Zakonom o ohranjanju narave, ki v 32. členu med drugimi ekološko pomembnimi območji opredeljuje tudi selitvene poti živali, kot tista pomembna območja, ki so pomembna za ohranjanje biotske raznovrstnosti. Varstvene usmeritve in pravila ravnanja znotraj ekološko pomembnega območja so navedena v 5. členu Uredbe o ekološko pomembnih območjih. Ena od usmeritev te uredbe je, da so na ekološko pomembnih območjih, ki niso tudi posebna varstvena območja (območja Natura 2000), vsi posegi in dejavnosti sicer možni, načrtuje pa se jih tako, da se v čim večji možni meri ohranja naravna razširjenost habitatnih tipov ter habitatov rastlinskih ali

živalskih vrst, njihova kvaliteta ter povezanost habitatov populacij in omogoča ponovno povezanost, če bi bila le-ta z načrtovanim posegom ali dejavnostjo prekinjena.

Krovni dokument urejanja področja voda v Sloveniji je Zakon o vodah, v katerem je usklajena vsebina Okvirne vodne direktive (2000) in Nacionalnega programa varstva okolja, ki ureja upravljanje z vodami, morjem ter vodnimi in priobalnimi zemljišči, ureja javno dobro in javne službe na področju voda, vodne objekte in naprave ter druga vprašanja, povezana z vodo. Površinske vode so po pomenu, ki ga imajo za upravljanje voda, razvrščene v 1. in 2. red. Kamniška Bistrica je reka 1. reda.

Z Zakonom o vodah je določeno tudi varstvo voda in vodnih ter obvodnih ekosistemov, ki poleg ostalega določa ekološko sprejemljiv pretok, to je količina vode, ki ob dovoljeni rabi ali dovoljenem onesnaževanju ne poslabšuje ekološkega stanja površinskih voda ali ne preprečuje njegovega izboljšanja. V 80. členu je določeno urejanje voda, ki obsega ohranjanje in uravnavanje vodnih količin, varstvo pred škodljivim delovanjem voda. V 102. členu je določeno izboljšanje hidromorfološkega stanja površinskih voda, ki predvideva izboljšanje porušenega naravnega ravnovesja vodnih in obvodnih ekosistemov površinskih voda ali slabega stanja voda, predvsem na umetnih in močno spremenjenih vodnih telesih, predvideva ukrepe, to je obnovo in ponovno vzpostavitev strukture in oblike vodnega telesa, ki vplivajo na samodejno izboljšanje njihovega kemijskega in ekološkega stanja. Določena je tudi posebna raba voda ter izhajajoče določbe o vodni pravici, o vodnih povračilih, vodnih dovoljenjih, koncesijah,...

Načrt upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (NUV) je uveljavljen na podlagi Uredbe o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja.

NUV je po svoji vsebini nacionalni strateško načrtovalski dokument na področju upravljanja voda, ki opredeljuje mehanizme za vodenje politik, in s katerim bomo dosegli, da bodo vode leta 2015 v Republiki Sloveniji v dobrem stanju. V NUV so, na podlagi določitve lastnosti vodnih območij ter stanja, opredeljeni cilji upravljanja, tako na področju varstva voda, urejanja voda, kot tudi glede rabe voda.

NUV sestavljata besedilni in kartografski del. Sestavni del načrta je tudi računalniška aplikacija »Pregledovalnik podatkov za vodna telesa površinskih in podzemnih voda«

Skladno z zahtevami Zakona o varstvu okolja je Ministrstvo pripravilo tudi Okoljsko poročilo za dopolnjen NUV in Program ukrepov, ter Dodatek za presojo sprejemljivosti vplivov izvedbe Načrta na varovana območja.

Za izvedbo ciljev, opredeljenih v nacionalnem programu upravljanja z vodami in NUV, je Vlada RS sprejela Program ukrepov upravljanja voda.

S sprejemom teh dokumentov Republika Slovenija izpolnjuje zahteve vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES).

V pripravi je Osnutek Načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2015 – 2021, ki je bil pripravljen za izpolnitev zahteve Vodne direktive v skladu s katero morajo biti Načrti upravljanja voda sprejeti do 22.12.2015 posodobljeni, pred njihovim sprejemom pa je

potrebno izvesti postopke sodelovanja z javnostmi in deležniki (vir: E-vode, MOP, ARSO; 2016).

V Zakonu o sladkovodnem ribištvu, je določeno, da morajo biti vsi posegi v ribiški okoliš načrtovani na način, da nimajo negativnega vpliva na ribe. Predvsem je treba pri posegih v vodotoke zagotoviti ohranjanje ribjih vrst, njihove pestrosti, starostne strukture in številčnosti. Zaradi prehajanja rib čez prečne vodne zgradbe mora investitor zagotoviti ustrezen ribji prehod. Funkcionalnost prehoda mora zagotavljati lastnik oziroma najemnik objekta. Gradnje objektov, ki se izvajajo na vodnih zemljiščih po predpisih o graditvi objektov, se lahko izvajajo po predhodni pridobitvi soglasja Zavoda za ribištvo Slovenije (ZZRS). Prav tako ZZRS v sodelovanju z izvajalcem ribiškega upravljanja (RD) izda mnenje o vplivu posega na stanje rib v postopku izdaje vodne pravice.

6 ZAKLJUČEK

6.1 Gospodarjenje z vodami

Najpomembnejši cilj trajnostnega gospodarjenja je zmanjšanje obremenjevanja okolja na raven, ki je sprejemljiva glede na samočistilno zmogljivost okolja. Trajnostno sonaravno gospodarjenje z vodnimi viri je način rabe vodnih virov v okviru regeneracijskih sposobnosti okolja oziroma takšno gospodarjenje z vodnimi viri, ki bo v prihodnosti omogočala obstoj in delovanje ekosistemov, ki so ključni za ohranjanje kakovosti okolja. Kar pomeni, da mora v največji meri upoštevati značilnosti in omejitve porečja. Gre za vzpostavitev ravnovesja med varovanjem in gospodarsko rabo. V preteklosti se je raba vodnih virov in drugi posegi v porečju načrtovala in izvajala brez upoštevanja načel trajnosti in sonaravnosti, posledice so se pokazale kasneje in se še danes (Brečko Grubar, 2006).

S posegi kot so regulacije (skrajševanje vodnih tokov, preoblikovanje naravnih strug v kanale, krčenje obrežne vegetacije, gradnja nasipov, zadrževalnikov voda in plavin, pragov, jezov,...) začasno ali trajno propadejo določeni habitati in biotopi vodnega in obvodnega prostora, poplavnih površin in močvirij, spremeni se dinamika površinske in podzemne vode, spremenijo se kemijske lastnosti vode in poveča občutljivost za onesnaženje, začasno ali trajno se lahko zniža nivo podtalnice, s tem se zmanjša zaloga vodnih virov, poveča sušnost in drugo (Brečko Grubar, 2006).

Ukrepi za smotrno rabo vodnih virov se lahko udejanijo s pomočjo dveh vzvodov (Plut in Rogelj, 2000):

1. Zakonodajnega – določanje standardov kakovosti za pitno in za ostale oblike uporabljene ter odpadne vode, določanje načina črpanja in rabe vodnih virov
2. Gospodarskega – vzpodbude za zmanjšanje porabe vode, ponovno uporabo vode, naraščajoči stroški za odvajanje odpadnih voda in obremenjevanje voda prejemnikov, povečanje cene uporabe vode,...

Za sonaravno gospodarjenje je ključnega pomena dobra informiranost in usposobljenost različnih uporabnikov prostora.

Predlagani ukrepi za gospodarjenje z vodnimi viri morajo zadostiti zadovoljivi oskrbi za uporabnike ter zagotoviti obnovo in obstoj ekosistemov povezanih z vodo s poudarkom na ribjih združbah.

6.2 Obogatitev vodnega in obvodnega prostora

Ob Kamniški Bistrici so se v srednjem delu toka razvila intenzivna industrijska in urbanizirana območja, v spodnjem delu toka pa kmetijske površine. Neizrabljene površine ob reki zadnja leta prevzemajo rekreacijske površine, ki še najbolj koristno in neinvazivno zapolnjujejo obrečni prostor.

Ker teče Kamniška Bistrica po zelo gosto poseljeni ravnini, ima tudi zelo velik potencial za vsakodnevno rekreacijo prebivalcev. Odkar je v zadnjih letih spet čistejša, postaja vse bolj privlačna, zato je zelo dobrodošlo omrežje kolesarskih in pešpoti ter drugih možnosti rekreacije (otročka igrišča, prostori za piknike,...Slika 61), ki pa še ni v celoti dokončano. Poleg pomena teh prizadevanj za spodbujanje vsakodnevne rekreacije domačega prebivalstva je zelo pomembno, da se nekoč zanemarjena in onesnažena reka ponovno vtisne na spoznavni zemljevid prebivalcev in sčasoma pridobi ustrežnejše mesto tudi v načrtovalskih aktih in nato še v pokrajini.



Slika 61: Rekreacijske površine ob poti na bregovih Kamniške Bistrice (Blažič, 2016)

Za razliko od srednjega in spodnjega toka teče Kamniška Bistrica v zgornjem toku skozi lepo ohranjeno gorsko dolino Kamniška Bistrica, ki je eno najpomembnejših izhodišč za planinarjenje v Kamniško-Savinjskih Alpah in pomembno rekreacijsko območje za celoten vzhodni del Ljubljanske kotline (ICRO, 2009).

Vodni in obvodni prostor predstavljata najboljšo osnovo za zasnovo zelenih sistemov na območjih intenzivne rabe prostora, kot je primer na močno urbaniziranem območju ob Kamniški Bistrici. Reka namreč predstavlja naraven koridor, ki povezuje večje naravne enote v celovit sistem. Vodne in obvodne površine so hkrati tudi privlačne točke za šport, rekreacijo in turizem. To je bilo tudi izhodišče pobudi "Kamniška Bistrica: rekreacijska os regije", ki se uresničuje preko različnih akcij povezovanja javnih in strokovnih služb ter osveščanja javnosti, katerega cilj je ustvarjanje športno rekreacijske osi regije. Osnovna ideja je ob vodotoku vzpostaviti površine za različne športno rekreacijske programe vzdolž celotnega toka Kamniške Bistrice. Ureditvev peš povezav in kolesarskih poti na 33 km dolgi poti od izvira do izliva bi z vzpostavljenjem širšega vegetacijskega pasu ob vodotoku delno reševala tudi vodnogospodarska problematika ter omogočalo varstvo vodnega in obvodnega prostora. Širitev ali vsaj ohranitev sedanjih poplavnih površin oziroma širitev vodnega prostora ob reki bi omogočilo vzpostavitev bolj sonaravnega stanja rečnega koridorja, s tem pa bogatitev naravnih vrednosti prostora.

Osnovno izhodišče renaturaciji in bogatitvi vodnega prostora ob Kamniški Bistrici je ohranitev in izboljšanje ekoloških funkcij vodnega in obvodnega prostora ter širitev zelenega koridorja ob vodotoku. Te se lahko zares spremenijo le takrat, ko vodotoku oziroma vodnemu in obvodnemu prostoru namenimo večje površine. Renaturacijski posegi se morajo zato izvajati ob hkratnem povečanju nizkih pretokov in zagotavljanju ekološko sprejemljivih pretokov. Pred renaturacijskimi posegi je treba določiti ekološke in krajinske vrednote matične struge in mlinščic ter sanirati vire onesnaženja.

Eden ključnih problemov urejanja struge Kamniške Bistrice je dejstvo, da v okviru razpoložljivega prostora, zagotovljenega z ustreznimi prostorskimi akti, praktično ni mogoče razmišljati o možnostih sonaravnega oblikovanja struge. Z večjim manevrskim prostorom pa bi bilo moč zagotoviti enako oz. boljšo pretočnost vodotokov, predvsem pa bolj naraven videz vodotoka, ki bi tudi dajal več možnosti za življenje vodnih in obvodnih rastlin in živali. To pa je tudi cilj pobude projekta "Kamniška Bistrica: rekreacijska os regije," da se zaščiti obvodna oziroma pribrežna zemljišča pred neupravičeno rabo.

Dosedanji posegi v prostoru ob Kamniški Bistrici so bili veliki v srednjem toku, to je na osrednjem delu občine Domžale. Tu je reka praktično kanalizirana, prav tako pa tudi večina njenih pritokov. Reka s pritoki ob večjih nalivih nima več naravnih razlivnih površin, posledica tega pa so številni problemi pri urejanju vodotoka. S potekajočimi pobudami, tako o vzpostavitvi rekreacijske osi vzdolž Kamniške Bistrice kot z renaturacijskimi ukrepi in sonaravnimi vzdrževalnimi deli na vodotoku, se skuša dolgoročno zavarovati še zadnje ostanke prvobitnosti ob komaj 33 km dolgem vodotoku, razširiti cono, ki funkcijsko pripada reki in to območje trajno zavarovati pred nadaljno urbanizacijo ali neprimerno rabo (Globevnik in sod., 2000).

6.3 Povzetek

Ribe so zelo dovzetne na spremembe v njihovem naravnem okolju in kot take tudi odličen pokazatelj kakovostnega stanja vodotoka. Ker pa se vodotok kot ekosistem ne konča na bregovih, temveč sega globoko v zaledje, na širše območje prispevnih površin voda, lahko trdimo, da so ribe pokazatelj stanja v celotnem porečju.

Kamniška bistrica je bila še pred 40 leti skoraj 'mrtva reka', vsled posledicam v prostoru široko razvite industrije in poseljevanja v skrajne meje njenega obrežnega prostora. Na 13 km dolgem odseku od začetka Kamnika do konca Domžal je skupaj le 2 km odsekov, kjer teče v naravnem okolju. Pa še tam ne brez vplivov oz. posegov v njeno strugo. 70% struge Kamniške Bistrice je preoblikovane ali urejene. Razen v zgornjem delu, od izvira do Stahovice, kjer se pričneta poselitev in industrija, je Kamniška Bistrica ujeta med pozidanimi območji in visokovodnimi nasipi, njen tok pa uravnavajo preštevilčni pragovi in jezovi, ki poleg tega še odvajajo vodo iz njene matične struge v mlinščice.

Za ribe je bil v preteklosti največji dejavnik tveganja v industriji, v odvajanju odplak neposredno v vode. Danes jih najbolj ogrožajo regulacije voda, ki jim odvzemajo vodo za potrebe mlinščic, preostali tok v matični strugi pa upočasnjujejo prečne vodne zgradbe – pragovi, drče in jezovi. Visoki pragovi in jezovi prekinjajo ribam selitvene poti in drobijo Kamniško Bistrico na kratke odseke, v katerih za ribe ni veliko mest, kjer bi se hranile, imele možnost počitka v zavetju pred plenilci, kjer bi našle primerno podlago za drst in predel z mirnejšim tokom za prezimitev. To so namreč minimalne zahteve za bivalna območja rib v tekočih vodah.

Regulacije Kamniške Bistrice imajo najbolj negativne učinke pozimi in konec poletja, ko je pretok najnižji. Še posebej poleti, ko se nizka voda v strugi hitro segreva, je nevarnost padca vsebnosti kisika v vodi zlasti v spodnjem delu toka zelo prisotna. Pomemben faktor, ki je bil do nedavnega slabo poznan je pronicanje vode iz struge v podtalje, kar še dodatno pospešuje pogosti gradbeni posegi na in ob vodotoku, ki poškodujejo krovno plas struge. Z regulacijami se napajajo mlinščice, ki so sicer ugoden bivalni prostor za ribe, a to ne sme biti izgovor za zanemarjanje minimalnega ekološko sprejemljivega pretoka v matični strugi.

Terenski del diplomske naloge, ki je obsegal popis vseh prečnih vodnih zgradb na Kamniški Bistrici, je razkril slabo stanje vodnih objektov, ki so dotrajani, poškodovani, delno ali celo popolnoma porušeni. To je posledica slabega vzdrževanja oz. upravljanja objektov, predvsem pa priča o vodni moči Kamniške Bistrice. Z vidika vpliva na ribe ima slabo stanje prečnih vodnih zgradb pozitivne učinke, saj je marsikateri prag prehodni zgolj zaradi poškodb, kjer se voda preliva na način, da omogoča ribam gor in dolvodno prehodnost.

Z izračunom indeksov vzdolžne povezanosti za Kamniško Bistrico smo potrdili tezo, da je reka preobremenjena z neprehodnimi prečnimi zgradbami. Prečne vodne zgradbe povzročijo spremembo morfoloških in hidroloških lastnosti vodotoka, kar povzroča stres za vodne organizme. Učinki pregrad in jezov s prekinjenimi selitvenimi potmi za ribe so dobro poznani in dokumentirani, medtem ko so učinki manjših jezov, pragov, zapornic, prepustov in mostov slabo dokumentirani, čeprav so zelo številni in imajo vplive na lokalne ribje vrste in ostale vodne in obvodne združbe organizmov (Peter, 1998; Kolman, 2014).

S prednostnim razvrščanjem prečnih vodnih zgradb, na katerih bi bilo potrebno najprej vzpostaviti prehodnost za ribe, smo ugotovili, da bi bilo treba za večji učinek vzpostaviti prehodnost na več kot le 10 vodnih zgradbah oz. objektih. Prehodnost bi lahko vzpostavljali s poružitvijo ali modifikacijo nekaterih pragov, da bi tako omogočili prehod ribam in ostalim vodnim organizmom. To bi lahko dosegli z minimalnimi posegi, npr. znižanim prelivnim poljem v obliki drče ali ribje steze, kar sedaj tudi narekujejo smernice in projektni pogoji pri posegih v vodno okolje. Trenutno je v izdelavi projekt Sanacije pragov na Kamniški Bistrici v Domžalah, od regionalne ceste Ljubljana–Celje do železniškega mostu pri tovarni papirja Količevo. Na tej relaciji je 9 pragov, ki smo jih v tej nalogi obravnavali kot neprehodne oz. pogojno prehodne za ribe. Z veliko upanja pričakujemo kar najboljši izid sanacij.

Na Kamniški Bistrici je še 10 jezov (leta 1998 je bil v poplavih dokončno porušen jez pod Biščami), samo 4 pa jih ima zgrajen ribji prehod. Vsi 4 jezovi so se pri izračunu prednostnega seznama uvrstili na prvih 8 mest, kar potrjuje, da so bili ribji prehodi upravičeno grajeni na prav teh jezovih. Žal pa niso funkcionalni, ali pa niso vzdrževani do te mere, da bi ohranili funkcijo, za katero so bili grajeni.

Naša analiza je obsegala tudi vpliv prečnih vodnih zgradb na diadromne vrste rib, zgolj teoretično, saj v Kamniški Bistrici, kot tudi v večini slovenskega dela donavskega porečja ni diadromnih vrst rib, ki so tudi v Evropi v zadnjih 100 letih, prav zaradi prekinjenih selitvenih poti skoraj izumrle.

VIRI

50 let ribiške družine "Bistrica" Domžale. 2004. Domžale, Ribiška družina "Bistrica" Domžale: 75 str.

Arhivski hidrološki podatki. 2016. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje

http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php (Pridobljeno 18. 8. 2016.)

Atlas okolja. 2016. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 18. 8. 2016.)

Atlas voda. 2016. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje

http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda@Arso (Pridobljeno 18. 8. 2016.)

Bezljaj, F., 1961. Slovenska vodna imena, 1. knjiga. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti: str. 62-64.

Blažič, A., 2016. Ribji prehodi. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Blažič): 80 str.

Bogataj, J., 2009. Problematika nizkih pretokov Kamniške Bistrice med Kamnikom in Domžalami. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva: 123 str.

Bogataj, J., Brilly, M., 2010. Problematika nizkih pretokov Kamniške Bistrice med Kamnikom in Domžalami. Slovenski vodar (Celje: Društvo vodarjev Slovenije). 21-22: str. 31-41.

Bombač, M., Novak, G., Mlačnik, J., Četina, M., 2015. Extensive field measurements of flow in vertical slot fishway as data for validation of numerical simulations. Strokovni članek. Ecological Engineering 84: str. 476-484.

http://www.hidroinstitut.si/files/2015/02/Ecological-Engineering-84_476-484.pdf (Pridobljeno 16. 4. 2016.)

Brečko Grubar, V., 2006. Trajnostno sonaravno gospodarjenje z vodnimi viri v porečju Kamniške Bistrice. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 175 str.

Brečko Grubar, V., 2007. Vloga naravnogeografskih značilnosti porečja pri sonaravnem upravljanju z vodnimi viri v porečju Kamniške Bistrice. Znanstveni članek. Ljubljana, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Dela 28, 2007: str. 305-321.

Cote, D., Kehler, G. D., Bourne, C., Wiersma, F. Y., 2009. A new measure of longitudinal connectivity for stream networks. *Landscape Ecology* 24: str. 101-113.

Dejanska raba kmetijskih zemljišč. 2006. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije.

Denil, G., 1909. Les Échelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ourthe. – *Annales des travaux publics de Belgique Série II/XIV*, 66

Doyle, W. M., Stanley, H. E., Luebke, A. M., Harbor, M.J. 2000. Dam removal: Physical, biological, and societal considerations. American Society of Civil Engineers Joint Conference on Water Resources Engineering and Water Resources Planning and Management, Minneapolis, MN: 10 str.

FAO, 1998. Rehabilitation of Rivers for Fish. European Inland Fisheries Advisory Commission, Fishing News Books, Oxford: 304 str.

FAO/DVWK, 2002. Fish passes – Design, Dimensions and Monitoring. FAO, Rome: 119 str.
<http://www.fao.org/docrep/010/y4454e/y4454e00.htm> (Pridobljeno 17. 3. 2008.)

Gebler, R.-J., 1991. Naturgemäße Bauweisen von Sohlenbauwerken und Fischaufstiegen zur Vernetzung der Fließgewässer. – Diss. Univ. Karlsruhe, Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Kulturtechnik, Nr. 181.

Globevnik, L., Muck, P., Sušec Šuker, V., Vahtar, M., 2000. Koncept renaturacije in obogatitve vodnega prostora na Kamniški Bistrici. 11. Mišičev dan, Maribor, 8. december 2000; zbornik referatov (Maribor: Vodnogospodarski biro Maribor): str. 112-118.

Hensen, W., Schiemenz, F., 1960. Eine Fischtreppe in Stromlinienform. Versuche mit lebenden Fischen und Modellversuche. – Mitteilungen des Franzius-Institutes für Grund- und Wasserbau der Technischen Hochschule Hannover 18

Jens, G., 1982. Der Bau von Fischwegen: Fischtreppen, Aalleitern und Fischschleusen. Hamburg, Berlin (Verlag Paul Parey): 93 str.

JP Centralna čistilna naprava Domžale – Kamnik (CČN Domžale - Kamnik), 2000. Kakovost vodotoka Kamniške Bistrice. Raziskovalna naloga. Domžale: 43 str.

<http://www.ccn-domzale.si> (Pridobljeno 15. 8. 2016.)

Inštitut za celostni razvoj in okolje (ICRO), 2015: Kamniška Bistrica zelena os regije. 2015

<http://www.zelena-os.si/> (Pridobljeno 18. 8. 2016.)

Kakovost voda za življenje sladkovodnih vrst rib v Sloveniji v letu 2014. Ministrstvo za okolje in prostor. ARSO: str. 31.

Kataster vodnogospodarskih objektov v splošni rabi, Hidrosistem: Kamniška Bistrica. 1989. Ljubljana, Vodnogospodarsko podjetje Hidrotehnik

Kemp, S. P., O'Hanley, J. R. 2010. Procedures for evaluating and prioritising the removal of fish passage barriers: a synthesis. Fisheries Management and Ecology 17: str. 297-322.

Kolbezen, M., Pristov, J., 1998. Površinski odtoki in vodna bilanca Slovenije, Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije: 29 str.

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

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5060/1/VOM243_Kolman.pdf (Pridobljeno 16. 4. 2016.)

Larinier, M., 1992. Ecluses et ascenseur à poisson. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 326/327

Lonnebjerg, N., 1980. Fiskepas af Modströmstypen. – Ingeniörhögskolen – Horsens Teknikum, Silkeborg, Denmark: 107 str.

Markič, T. 2008. Stabilizacijski objekti v vodotokih. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 243 str.

Mikoš, M., 2000. Urejanje vodotokov. Skripta, verzija 01.2000. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: 182 str.

Mikoš, M. 2008. Osnove hudourništva. Skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 48 str.

Mikoš, M., Kranjc, A., Maticič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M., 2002. Hidrološko izrazje – Terminology in Hydrology, *Acta hydrotechnica* 20/32, Ljubljana: str. 3–324.

https://www.researchgate.net/publication/236974250_Hidrolosko_izrazje_Terminology_in_hydrology
(Pridobljeno 13. 4. 2016.)

Movern, M., 2016. Čiste vode so v ponos in so temelj turističnega razvoja. Članek – intervju, *Glasilo Slamnik, Domžale*, št 6, junij 2016: str. 6-7.

Northcote, T.G., 1978. Migratory strategies and production in freshwater fishes. In: *Ecology of Freshwater Fish Production*. S.D.Gerking. Blackwell Scientific Publ., Oxford: str. 326–359.

Odeh, M., 1999. Fish passage innovation for ecosystem and fishery restoration. *Innovations in Fish Passage Technology*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA: str. 1-24.

Pantar, A. 2007. Cestne naprave in oprema. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 149 str.

Pemič, A., Mikoš, M. 2005. Inženirska hidrotehnika. Univerzitetni učbenik, verzija 3. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 275 str.

Peter, A. 1998. Interruption of the River Continuum by Barriers and the Consequences for Migratory Fish. V: Jungwirth, M. (ur.), Schmutz, S. (ur.), Weiss, S. (ur.). *Fish Migration and Fish Bypasses*. Austria, Vienna, University of Agricultural Sciences, Department of Hydrobiology, Fisheries and Aquaculture. Oxford [etc.], Fishing News Books: str. 99-112.

Plut, D., Rogelj, B., 2000. Geografija vodnih virov. Ljubljana, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo: 281 str.

Povž, M., Sket, B., 1990. Naše sladkovodne ribe. Mladinska knjiga, Ljubljana: 374 str.

Pregledovalnik NUV. 2016. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=izvrs_AXL@Arso (Pridobljeno 18. 8. 2016.)

Rak, G., Steinman, F., Gosar, L. 2008. Pomen nizkih pragov ob visokih vodah - The significance of low thresholds in high waters. *Ujma* 22: str. 31-36

RZS (Ribiška zveza Slovenije), Luštek, M., 2008. Ribiški priročnik. Ljubljana, RZS: 104 str.

Sapač, K., Zabret, K., Brilly, M., 2015. Projekt Ljubljana povezuje – enostavni ukrepi, velik doprinos. Članek. Ekolist 12.

<http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaConnects/> ter http://www.ekolist.si/datoteke/ekolist_12/S108.pdf
(Pridobljeno 16. 4. 2016.)

Snoj, M., 2009. Etimološki slovar slovenskih zemljepisnih imen. Ljubljana, Modrijan: str. 61.

Stražar, S., 1988. Ob bregovih Bistrice: od Rodice do Duplice in Radomelj z okolico. Radomlje: Krajevna skupnost Radomlje. str. 714 – 765.

ZZRS (Zavod za ribištvo Slovenije), 2011. Ribiškogojitveni načrt (RGN) za izvajanje ribiškega upravljanja v bistriškem ribiškem okolišu 2011 – 2016. Ljubljana: 19 str.

Elektronski viri

Povž, M., 2005. Presekane tisočletne selitvene poti. Članek. <http://www.pozitivke.net/article.php/20050417192607392> (Pridobljeno 17. 3. 2008.)

Ribiška družina "Bistrica" Domžale. 2016. <https://www.rd-bistrica-domzale.si/> (Pridobljeno 20. 8. 2016.)

Ribiška zveza Slovenije. 2016. <http://ribiska-zveza.si/#> (Pridobljeno 20. 8. 2016.)

Zavod za ribištvo Slovenije. 2016. <http://www.zzrs.si/> (Pridobljeno 20. 8. 2016.)

Wikipedija, Kamniška Bistrica. 2016. [https://sl.wikipedia.org/wiki/Kamni%C5%A1ka_Bistrica_\(reka\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Kamni%C5%A1ka_Bistrica_(reka))
(Pridobljeno 7. 8. 2016.)

Zakoni in predpisi

Direktiva Sveta Evrope 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst - Direktiva o habitatih.

Nacionalni program varstva okolja. Uradni list RS št. 83/1999 in 41/04 – ZVO-1.

Pravilnik o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda. Uradni list RS št. 63/2005.

Pravilnik o določitvi vodne infrastrukture. Uradni list RS št. 46/2005.

Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v Rdeči seznam. Uradni list RS št. 82/2002, 42/2010.

Uredba o ekološko pomembnih območjih. Uradni list RS št. 48/2004.

Uredba o kakovosti površinskih voda za življenje sladkovodnih vrst rib. Uradni list RS št. 46/2002.

Uredba o načrtu upravljanja voda (NUV) za vodni območji Donave in Jadranskega morja. Uradni list RS št. 61/2011, 49/2012.

Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). Uradni list RS št. 49/2004, 110/2004, 59/2007, 43/2008, 8/2012, 33/2013, 35/2013 – popr., 39/2013 – odl. US št. 3/2014 in 21/2016.

Uredba o zavarovanju prosto živečih živalskih vrstah. Uradni list RS št. 46/2004, 109/2004, 84/2005, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011.

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

Zakon o vodah. Uradni list RS št. 67/2002, 2/2004 – ZZdrI-A, 41/2004 – ZVO-1, 57/2008, 57/2012, 100/2013, 40/2014, 56/2015.