

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Jasmina JAKOPIN

STRUKTURA RIBJIH ZDRUŽB V REKI MIRNI

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

STRUCTURE OF FISH COMMUNITIES IN THE RIVER MIRNA

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer je bilo opravljeno vse laboratorijsko delo. Terensko delo je bilo izvedeno pod vodstvom strokovnih sodelavcev Zavoda za ribištvo Slovenije v Mirenski dolini.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Mihaela J. Tomana in za somentorja dr. Sama Podgornika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Rudi VEROVNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Mihael J. TOMAN; mentor
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: dr. Samo PODGORNIK; somentor
Zavod za ribištvo Slovenije

Član: prof. dr. Ivan KOS; recenzent
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 07. 10. 2010

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Spodaj podpisana se strinjam z objavo svoje diplomske naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Jasmina Jakopin

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 591.5: 597 (497.4 Mirna) (043.2) = 163.6
KG	tekoče vode/združba rib/diverziteta/abiotski dejavniki/antropogeni dejavniki/klen (<i>Squalius cephalus</i> ; Linnaeus, 1758)/pohra (<i>Barbus balcanicus</i> ; Kotlík et al., 2002)
AV	JAKOPIN, Jasmina
SA	TOMAN, J. Mihael (mentor) / PODGORNIK, Samo (somentor)
KZ	SI- 1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2010
IN	STRUKTURA RIBJIH ZDRUŽB V REKI MIRNI
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP	XIII, 88 str., 4 pregl., 40 slik, 5 enačb, 6 pril, 60 vir.
IJ	sl
JI	sl/en

AI V reki Mirni smo preučevali strukturo ribjih združb ter hkrati ugotavljali vpliv nekaterih abiotskih in antropogenih dejavnikov na združbo rib. Raziskava je potekala od 13. 08. 2009 do 17. 09. 2009 na osmih vzorčnih mestih. Na vsakem vzorčnem mestu smo izmerili fizikalne in kemijske parametre. Med temi parametri na posameznih vzorčnih mestih so bile razlike minimalne in znotraj optimalnih vrednosti. Hidromorfološko so se vzorčna mesta razlikovala v širini struge in globini vode, po tipu anorganskega substrata, tipu vodnega toka, reguliranosti brežin, poraščenosti obrežja in okolice in zasenčenosti. Ribe smo vzorčili z elektroagregatom. Klenu (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohri (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) smo odvzeli luske za določanje starosti. V reki Mirni smo določili 29 vrst rib (26 avtohtonih in 3 alohtone vrste) in vrsto ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931). Vzorčna mesta so se razlikovala po številu vrst, številu osebkov na 100 m² in po biomasi na 100 m². Največje vrstno bogastvo smo ugotovili na vzorčnem mestu Puščava, kjer so bili izbrani hidromorfološki parametri najbolj heterogeni in zato nudili ugodne razmere različnim vrstam rib. Najmanjše število vrst je bilo na vzorčnem mestu Zagrad, kjer so bili struga in substrat homogeni, hiter vodni tok in 100 % zasenčenost, kar večini rib predstavlja neugodne razmere. Vrstno bogastvo na posameznih vzorčnih mestih smo potrdili tudi z Margalefovimi indeksi vrstnega bogastva ter s Shannon–Wienerjevim in Simpsonovim diverzitetnim indeksom. Na podlagi Bray–Curtisovega indeksa podobnosti smo ugotovili, da so si bile med sabo bolj podobne združbe rib na spodnjih štirih vzorčnih mestih in združbe na zgornjih treh vzorčnih mestih, medtem ko se je združba rib na vzorčnem mestu Zagrad od preostalih združb najbolj razlikovala. Največje povprečno število rib na 100 m² in največjo povprečno biomaso rib na 100 m² je imelo vzorčno mesto Mirna 3. Vzrok bi lahko bile delno očiščene vode iz čistilne naprave in posledice samega mesta Mirna, ki predstavljajo večje količine hranil za ribe, kar smo dokazali tudi z meritvami elektroprevodnosti. Najmanjšo povprečno število rib na 100 m² in najmanjšo povprečno biomaso rib na 100 m² smo ugotovili na vzorčnem mestu Zagrad, kjer so bile razmere za življenje rib najmanj ugodne. Vzorčna mesta so se razlikovala tudi po starosti in velikosti klena in pohre. Obe vrsti sta bili najštevilčnejši na vzorčnem mestu Mirna 3. Sicer pa smo ugotovili, da je bilo največ enoletnih in dvoletnih klenov in poher. S starostjo se je povečevala tudi velikost klena in pohre. Z raziskavo smo pokazali, da se vzporedno s spremembami abiotskih in antropogenih dejavnikov spreminjajo tudi združbe rib.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dn
DC UDK 591.5: 597 (497.4 Mirna) (043.2) = 163.6
CX running water/community fish/diversity/abiotic factors/anthropogenic factors/chub
(*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758)/large spot barbel (*Barbus balcanicus*; Kotlík
et al., 2002)
AU JAKOPIN, Jasmina
AA TOMAN, J. Mihael (supervisor) / PODGORNIK, Samo (co – supervisor)
PP SI- 1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology
PY 2010
TI STRUCTURE OF FISH COMMUNITIES IN THE RIVER MIRNA
DT Graduation thesis (University studies)
NO XIII, 88 p., 4 tab., 40 fig., 5 eq., 6 ann., 60 ref.
LA sl
AL sl/en

AB In the river Mirna was studied the structure of fish communities and influence of some abiotic and anthropogenic factors on fish community. The research was conducted from 13.08.2009 to 17.09.2009 at eight sampling sites (s. s.). At each s. s. was measured physical and chemical parameters. Among these parameters of the individual s. s. were differences minimal and within the optimal value. Hydromorphological the s. s. vary in the channel width and water depth, type of inorganic substrate and water flow, bank-regulation, stocking the shoreline and the surrounding area and shading. Fish were sampled with standard electro-fishing method. Chub (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) and large spot barbel (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) was tooked scales for determining their age. In Mirna were determined 29 species of fish (26 native and 3 allochthonous species) and the species of the Ukrainian brook lamprey (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931). S. s. were differed in number of species, number of individuals per 100 m² and biomass per 100 m². Maximum species richness were present in the s. s. Puščava, which were selected morphologic parameters the most heterogeneous and therefore provide favorable conditions for various fish. Minimum number of species has been on the s. s. Zagrad, where were channel and substrate homogeneous, water had a fast flow and there was 100 % shading. Such conditions were for most fish unfavorable. Species richness in each sampling sites was confirmed by the Margalef index of species richness, by the Shannon–Wiener and Simpson diversity index. Based on the Bray-Curtis index of similarity was found that were more similar to each other communities of fish on the following 4 s. s. and communities in the upper 3 s. s., while the assemblage of fish per s. s. Zagrad was the most distinguished from the other sites. The maximum average number of fish per 100 m² and the highest average biomass of fish per 100 m² had a s. s. Mirna 3. This may be partially treated water from the cleaning device and the consequences of the town Mirna, which representing large amounts of nutrients for fish, which was also proved by measurements of conductivity. Lowest average number of fish per 100 m² and the lowest average biomass of fish per 100 m² were present in the s. s. Zagrad, where they were living conditions for fish least favorable. S. s. are varied even after age and size of chub and large spot barbel. Both species were most numerous in the sampling site Mirna 3. Most were annual and biennial chubs and large spot barbels. The research showed that in parallel with changes in abiotic and anthropogenic factors changing the community fish.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO ENAČB	XI
KAZALO PRILOG	XII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 TEKOČE VODE	3
2.1.1 Splošne značilnosti tekočih voda	3
2.1.2 Povodji v Sloveniji	4
2.1.3 Življenjske združbe tekočih voda	5
2.1.4 Reka Mirna	5
2.2 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA ZDRUŽBO RIB	6
2.2.1 Vpliv abiotских dejavnikov na združbo rib	7
2.2.1.1 Vpliv hidromorfoloških parametrov	7
2.2.1.2 Vpliv fizikalnih in kemijskih parametrov	8
2.2.2 Vpliv biotskih dejavnikov na združbo rib	10
2.2.2.1 Predatorstvo	10
2.2.2.2 Kompeticija	11
2.2.3 Vpliv antropogenih dejavnikov na združbo rib	12
2.2.3.1 Onesnaževanje vodotokov	12
2.2.3.2 Hidrotehnični posegi v vodotokih	14
2.2.3.3 Naseljevanje tujerodnih vrst rib	15
2.3 RIBE TEKOČIH CELINSKIH VODA	16
2.3.1 Ribe tekočih celinskih voda	16
2.3.2 Ribji pasovi	18

2.3.3	Gospodarjenje v ribolovnih vodah	20
2.3.3.1	Vlaganje ali poribljavanje rib	22
2.3.3.2	Izlov rib	23
2.3.4	Vrstna pestrost	23
2.3.5	Starost rib	24
2.3.6	Klen (<i>Squalius cephalus</i> ; Linnaeus, 1758)	25
2.3.7	Pohra (<i>Barbus balcanicus</i> ; Kotlík et al., 2002)	26
3	MATERIAL IN METODE	27
3.1	IZBIRA IN OPISI VZORČNIH MEST	27
3.1.1	Prvo vzorčno mesto Zagrad	28
3.1.2	Drugo vzorčno mesto Mirna 1	29
3.1.3	Tretje vzorčno mesto Mirna 2	29
3.1.4	Četrto vzorčno mesto Mirna 3	30
3.1.5	Peto vzorčno mesto Puščava	31
3.1.6	Šesto vzorčno mesto Pijavica	32
3.1.7	Sedmo vzorčno mesto Gabrje	33
3.1.8	Osmo vzorčno mesto Zapuže	34
3.2	MERITVE HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV	35
3.2.1	Meritve širine struge in globine vode	35
3.2.2	Ocene deležev posameznih kategorij anorganskega substrata	36
3.2.3	Ocene deležev posameznih tipov vodnih tokov, poraščenosti okolice in obrežja, reguliranosti brežin in zasenčenosti	37
3.3	MERITVE FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH PARAMETROV	37
3.4	VZORČENJE RIB IN DOLOČANJE NJIHOVE STAROSTI	37
3.4.1	Vzorčenje rib	38
3.4.2	Določanje starosti rib	38
3.5	BIOLOŠKE ANALIZE	39
3.5.1	Združba rib	39
3.5.2	Statistične analize	40
3.5.2.1	Ocena vrstnega bogastva	40
3.5.2.2	Ocena raznovrstnosti združb	41
3.5.2.3	Podobnost med združbami	42

4	REZULTATI	43
4.1	ANALIZE HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV	43
4.1.1	Širina struge in globina vode	43
4.1.2	Anorganski substrat in reguliranost brežin	48
4.1.3	Tip vodnega toka	50
4.1.4	Poraščenost okolice, poraščenost obrežja in zasenčenost	51
4.2	ANALIZE FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH PARAMETROV	54
4.2.1	Temperatura vode	54
4.2.2	pH	55
4.2.3	Elektroprevodnost	56
4.3	ANALIZA RIBJIH ZDRUŽB	56
4.3.1	Sestava ribjih združb	59
4.3.2	Število rib na posameznih vzorčnih mestih	62
4.3.3	Biomasa rib na posameznih vzorčnih mestih	64
4.3.4	Klen (<i>Squalius cephalus</i> ; Linnaeus, 1758) in pohra (<i>Barbus balcanicus</i> ; Kotlík et al., 2002)	65
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	70
5.1	RAZPRAVA	70
5.2	SKLEPI	78
6	POVZETEK	81
7	VIRI	84
7.1	CITIRANI VIRI	84
7.2	DRUGI VIRI	88
8	ZAHVALA	89
9	PRILOGE	90

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tujerodne vrste rib v Slovenskih vodotokih (Veenvliet in Veenvliet, 2006).	16
Preglednica 2: Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (po AQEM, 2002) (Urbanič in Toman, 2003).	36
Preglednica 3: Minimalne (min), maksimalne (max) in povprečne (X) vrednosti ter standardne deviacije (SD) izbranih hidromorfoloških parametrov na posameznih vzorčnih mestih.	43
Preglednica 4: Seznam rib najdenih v reki Mirni na posameznih vzorčnih mestih.	57

KAZALO SLIK

Slika 1: Porečje reke Mirne od izvira do izliva z označenimi vzorčnimi mesti (merilo 1: 121856; Interaktivni Atlas okolja, 2006).	27
Slika 2: Prvo vzorčno mesto Zagrad (Foto: D. Jakopin).	28
Slika 3: Drugo vzorčno mesto Mirna 1 (Foto: L. Ramšak).	29
Slika 4: Tretje vzorčno mesto Mirna 2 (Foto: L. Ramšak).	30
Slika 5: Četrto vzorčno mesto Mirna 3 (Foto: D. Jakopin).	31
Slika 6: Peto vzorčno mesto Puščava (Foto: D. Jakopin).	32
Slika 7: Šesto vzorčno mesto Pijavica (Foto: D. Jakopin).	33
Slika 8: Sedmo vzorčno mesto Gabrje (Foto: L. Ramšak).	34
Slika 9: Osmo vzorčno mesto Zapuže (Foto: L. Ramšak).	35
Slika 10: Prečni prerez struge reke Mirne na prvem vzorčnem mestu Zagrad.	44
Slika 11: Prečni prerez struge reke Mirne na drugem vzorčnem mestu Mirna 1.	44
Slika 12: Prečni prerez struge reke Mirne na tretjem vzorčnem mestu Mirna 2.	45
Slika 13: Prečni prerez struge reke Mirne na četrtem vzorčnem mestu Mirna 3.	45
Slika 14: Prečni prerez struge reke Mirne na petem vzorčnem mestu Puščava.	46
Slika 15: Prečni prerez struge reke Mirne na šestem vzorčnem mestu Pijavica.	46
Slika 16: Prečni prerez struge reke Mirne na sedmem vzorčnem mestu Gabrje.	46
Slika 17: Prečni prerez struge reke Mirne na osmem vzorčnem mestu Zapuže.	47
Slika 18: Velikosti površin izlova z omočeno širino na 100 m ² na posameznih vzorčnih mestih.	47
Slika 19: Struktura in deleži posameznih kategorij anorganskega substrata na posameznih vzorčnih mestih.	49
Slika 20: Struktura in deleži posameznih kategorij reguliranosti brežin na posameznih vzorčnih mestih.	50
Slika 21: Tipi vodnih tokov in njihovi deleži na posameznih vzorčnih mestih.	51
Slika 22: Tipi poraščenosti obrežja in njihovi deleži na posameznih vzorčnih mestih.	52
Slika 23: Tipi poraščenosti okolice in njihovi deleži na posameznih vzorčnih mestih.	53
Slika 24: Zasenčenost struge in njeni deleži na posameznih vzorčnih mestih.	54
Slika 25: Temperature vode (T) na posameznih vzorčnih mestih.	55
Slika 27: Elektroprevodnost (G) na posameznih vzorčnih mestih.	56

Slika 28: Število vrst rib in vrsta ukrajinskega potočnega piškurja na posameznih vzorčnih mestih.	59
Slika 29: Margalefov indeks vrstnega bogastva (R_1) na posameznih vzorčnih mestih.	60
Slika 30: Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks (H') na posameznih vzorčnih mestih.	60
Slika 31: Simpsonov diverzitetni indeks (D) na posameznih vzorčnih mestih.	61
Slika 32: Primerjava različnih vzorčnih mest na osnovi Bray – Curtisovega indeksa podobnosti.	62
Slika 33: Število rib na 100 m ² na posameznih vzorčnih mestih.	63
Slika 34: Število najpogostejših vrst rib na 100 m ² na posameznih vzorčnih mestih.	63
Slika 35: Biomasa rib (g/100 m ²) na posameznih vzorčnih mestih.	64
Slika 36: Biomasa najpogostejših vrst rib (g/100 m ²) na posameznih vzorčnih mestih.	65
Slika 37: Število klena in pohre na 100 m ² na posameznih vzorčnih mestih.	66
Slika 38: Biomasa klena in pohre (g/100m ²) na posameznih vzorčnih mestih.	67
Slika 39: Starost klena v letih na posameznih vzorčnih mestih.	68
Slika 40: Starost pohre v letih na posameznih vzorčnih mestih.	68

KAZALO ENAČB

Enačba 1: Površina izlova z omočeno širino / 100 m ²	36
Enačba 2: Margalefov indeks vrstnega bogastva	41
Enačba 3: Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks	41
Enačba 4: Simpsonov diverzitetni indeks	42
Enačba 5: Bray – Curtisov indeks podobnosti	42

KAZALO PRILOG

Priloga A: Število vrst rib, Margalefov indeks vrstnega bogastva (R_1), Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks (H') in Simpsonov diverzitetni indeks (D) na posameznih vzorčnih mestih. _____

Priloga B1: Razporeditev klenov (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) po starostnih razredih (SR _ 0+ = kleni mlajši od enega leta, SR _ 1 = kleni stari eno leto, SR _ 2 = kleni stari dve leti, SR _ 3 = kleni stari tri leta, SR _ 4 = kleni stari štiri leta, SR _ 5 = kleni stari pet let, SR _ 6 = kleni stari šest let, SR _ 8 = kleni stari osem let) na posameznih vzorčnih mestih. _____

Priloga B2: Razporeditev poher (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) po starostnih razredih (SR _ 0+ = pohre mlajše od enega leta, SR _ 1 = pohre stare eno leto, SR _ 2 = pohre stare dve leti, SR _ 3 = pohre stare tri leta, SR _ 4 = pohre stare štiri leta, SR _ 5 = pohre stare pet let, SR _ 6 = pohre stare šest let, SR _ 10 = pohre stare deset let) na posameznih vzorčnih mestih. _____

Priloga C1: Velikosti klenov (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) po starostnih razredih (SR _ 0+ = kleni mlajši od enega leta, SR _ 1 = kleni stari eno leto, SR _ 2 = kleni stari dve leti, SR _ 3 = kleni stari tri leta, SR _ 4 = kleni stari štiri leta, SR _ 5 = kleni stari pet let, SR _ 6 = kleni stari šest let, SR _ 8 = kleni stari osem let) na posameznih vzorčnih mestih.

Priloga C2: Velikosti poher (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) po starostnih razredih (SR _ 0+ = pohre mlajše od enega leta, SR _ 1 = pohre stare eno leto, SR _ 2 = pohre stare dve leti, SR _ 3 = pohre stare tri leta, SR _ 4 = pohre stare štiri leta, SR _ 5 = pohre stare pet let, SR _ 6 = pohre stare šest let, SR _ 10 = pohre stare deset let) na posameznih vzorčnih mestih. _____

Priloga D: Slika luske dvoletnega klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) pod lupo Leica MZ8 (Foto: J. Jakopin). _____

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

A	površina izlova z omočeno širino na 100 m ²
AQEM	Assessment System for the Ecological Quality of Stream and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates
D	Simpsonov diverzitetni indeks
G	elektroprevodnost [μ S / cm]
H'	Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks
pSCI	Habitatna direktiva
R ₁	Margalefov indeks vrstnega bogastva
S _{BC}	Bray – Curtisov indeks podobnosti
s. s.	sampling site
ZSRib	Zakon o sladkovodnem ribištvu
0+	ribe mlajše od enega leta

1 UVOD

Voda, pa naj bo to slana ali sladka, stoječa ali tekoča, je osnova vsega življenja, ki jo človek izkorišča že od nekdaj. Že v davni preteklosti so vodo izkoriščali za opravljanje različnih del, transportne poti, namakanje, vir pitne vode in hrane, vir energije in nenazadnje tudi za odvajanje civilizacijskih odpadkov (Tarman, 1992). Do danes se je človekov vpliv stopnjeval do take mere, da že težko najdemo vodo, ki še ni bila deležna vsaj kakšnega od človekovih posegov. Človekov vpliv na vodotoke obsega spreminjanje oblike rečne struge, gradnje jezov, zaježitve, kanaliziranje struge, povečevanje količine vode zaradi hitrejšega odtekanja, povečanje količine suspendiranih snovi, večanje količine organskih snovi v vodotoku, povečan vnos hranilnih in toksičnih snovi. Kakšen je ta vpliv na neko vodno okolje pa se vprašamo šele takrat, ko z njim nismo več zadovoljni oziroma ko opazimo za nas bolj ali manj negativne spremembe. V primeru vodnega ekosistema je to ponavadi šele takrat, ko ribe začnejo izginjati oziroma le te niso dovolj velike ali pa ko se pojavljajo ribji pogini. Ribe so namreč dobri bioindikatorji stanja v vodi, saj se ne odzivajo samo na naravne ampak tudi na antropogeno povzročene spremembe. Zaradi tega so bile ribe izbrane kot eden izmed bioloških elementov za vrednotenje ekološkega stanja površinskih voda po tako imenovani Vodni direktivi (Direktiva 2000/60/ES). Katere vrste rib živijo v neki vodi lahko delno razberemo iz podatkov v Ribiškogojitvenih načrtih, v glavnem pa se soočamo le s popisom tistih vrst, ki so zanimive za športni ribolov. Dejanska vrstna sestava rib v nekem vodnem telesu, njihovo število, starostna struktura, stopnja rasti pa ponavadi ostajajo neznanka. Do teh podatkov pa lahko pridemo izključno z raziskavami vodnega okolja.

Reka Mirna teče skozi Mirensko dolino v osrednji Dolenjski in je pomemben del spodnjesavskega ribiškega območja. Reka je v preteklosti pogosto poplavljala, zato je danes na več mestih regulirana. Ker reka Mirna teče skozi nekatera večja naselja, kmetijsko pokrajino in mimo nekaterih večjih industrijskih objektov, je pogosto predmet obravnav zaradi onesnaženosti in poginov rib. Namen diplomske naloge je bil preučiti strukturo ribjih združb na osmih odsekih reke Mirne, ki se razlikujejo tako po biotskih kot po abiotskih dejavnikih ter ugotoviti različne vplive človeka na združbo rib oziroma na celotno vodno okolje.

V diplomski nalogi smo poizkusili:

- oceniti vrstno sestavo, številčnost in biomaso posameznih vrst rib v reki Mirni,
- oceniti starost klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) v reki Mirni,
- primerjati razlike v velikosti in starosti klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) med posameznimi vzorčnimi mesti ter
- preveriti vpliv nekaterih abiotских in antropogenih dejavnikov na združbo rib.

Terensko delo je bilo opravljeno s pomočjo delavcev Zavoda za ribištvo Slovenije v času nizkih poletnih vod na osmih vzorčnih mestih, pri čemer sta bili prvi dve vzorčni mesti hidromorfološko nespremenjeni in ležita gorvodno od mesta Mirna. Prav tako je bilo nad mestom Mirna tudi tretje vzorčno mesto, ki pa je bilo v celoti regulirano. Četrto vzorčno mesto je ležalo le nekaj metrov za izpustom iz čistilne naprave Mirna oziroma za mestom Mirna, peto, šesto, sedmo in osmo vzorčno mesto so si sledila po toku navzdol, kjer reka Mirna teče skozi kmetijsko pokrajino in so se razlikovala predvsem po toku vode, poraščenosti okolice in reguliranosti brežin. Na podlagi omenjenih razlik med posameznimi vzorčnimi mesti smo predpostavili, da bodo izbrani abiotски in antropogeni dejavniki imeli različne vplive na združbo rib v reki Mirni in zato predvidevali:

- da se bo združba rib spreminjala prostorsko med posameznimi vzorčnimi mesti,
- da se bodo številčnost in biomasa rib med vzorčnimi mesti razlikovale ter
- da se bodo velikost in starost klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) med vzorčnimi mesti razlikovale.

2 PREGLED OBJAV

2.1 TEKOČE VODE

2.1.1 Splošne značilnosti tekočih voda

Tekoče vode so dominantni dinamični in odprti hidrološki sistemi lotičnih ekosistemov od majhnih potočkov do velikih rek (Smith in Smith, 2001).

Giller in Malmqvist (1998) vodotoke razlikujeta od preostalih vodnih okolij po osmih bistvenih značilnostih:

- enosmernost vodnega toka,
- linearna oblika vodnega telesa,
- nestabilna morfologija kanala in bregov,
- odprtost ekosistema,
- visoka stopnja prostorske in časovne heterogenosti na vseh nivojih,
- hierarhična organizacija ekosistema,
- velika variabilnost med posameznimi vodotoki,
- edinstvena življenjska združba.

Kjer prihajajo podtalnice ob nepropustni zemeljski plasti na površino, nastajajo vodni izviri. Po obliki in geomorfološki značilnosti jih delimo v: reokreni tip (izvirajoča podtalnica steče po pobočju navzdol), limnokreni tip (voda ob izviru zastaja v kotanji in počasi odteka čez rob) in helokreni tip (voda meži iz mnogih majhnih izvirov, ob katerih pogosto nastaja močvirje) (Svetina, 1982; Tarman, 1992).

Glede na količino izvirajoče vode delimo vodotoke na potoke ($< 20 \text{ m}^3/\text{s}$) in reke ($> 20 \text{ m}^3/\text{s}$). Rekam, katerih pretok je večji od $2000 \text{ m}^3/\text{s}$, pravimo veletoki (Urbanič, 2004). Mnoge med temi tekočimi vodami so stalne, nekatere pa le občasne, ki se z vodo napolnijo le občasno (Rejic, 1988; Tarman, 1992).

Rečni režim je redno, povprečno spreminjanje vodostaja med letom. Glede na način oskrbe reke z vodo, nihanje vodnega stanja in različne podnebne dejavnike razlikujemo tri osnovne tipe rečnih režimov: enostavni rečni režimi, pri katerem na nihanje vodostaja vpliva samo en podnebni dejavnik (ledeniški, snežni ali dežni), zato imajo take reke visoko vodno stanje samo enkrat letno, mešani rečni režimi, pri katerem na nihanje vodnega stanja delujeta dva klimatska dejavnika (dežno – snežni ali snežno – dežni), reka pa ima visok oziroma nizek vodostaj dvakrat na leto in kombinirani rečni režimi, za katere je značilno, da se po toku navzdol spreminjajo reliefne in klimatske razmere, kar ima za posledico spremembe klimatskih dejavnikov in rečnega režima (Kunaver et al., 1998).

Dno doline, po katerem se pretaka tekoča voda, imenujemo rečna struga ali rečno korito (Wetzel, 2001). Obliko struge določa geološka sestava tal. V skalnatem svetu ima struga bolj ali manj stalno obliko, obrežja so strma, z različno velikimi zajedami, katere je izklesala voda. Na produ ali pesku so brežine položne, struga pa pogosto meandrira (Svetina, 1982). Rečna struga ima dva bregova, ki se nadaljujeta v poplavno ravnico (Wetzel, 2001).

2.1.2 Povodji v Sloveniji

Iz padavin, ki padejo na površje, se razvije rečna mreža. Reka s svojimi pritoki tvori rečje ali rečni sistem (Kunaver et al., 1998). Po Horton – Stahlerjevi metodi lahko rečne sisteme hierarhično klasificiramo. Izviri in zgornji deli rek brez pritokov predstavljajo vodotoke prvega reda. Dva vodotoka istega reda se nato združita v vodotok višjega reda (Wetzel, 2001). Celotno površino, s katere celinske vode odtekajo prek potokov, manjših rek ali jezer v reko, imenujem porečje. Območje, s katerega se stekajo porečja v določeno morje, pa imenujemo povodje. V Sloveniji imamo več porečij, povodji pa sta samo dve: donavsko ali črnomoško povodje, kateremu pripada kar 80 % celotnega slovenskega ozemlja, saj pripadajo temu povodju porečja Save, Drave in Mure in jadransko povodje, kateremu pripadajo vodotoki zahodne Slovenije, ki sestavljajo porečje Soče in jadranskih rek (Veenvliet in Veenvliet, 2006).

2.1.3 Življenjske združbe tekočih voda

Življenjske združbe ali biocenoze tekočih voda sestavljajo številne rastlinske in živalske vrste. Med seboj se razlikujejo po morfologiji in načinu življenja, saj so s posebnimi pogoji vezane na določeno življenjsko okolje. Glede na to vodne organizme razdelimo v štiri osnovne skupine: nevston, bentos, plankton in nekton (Svetina, 1982). V tekočih vodah nektonsko združbo organizmov predstavljajo ribe (Pisces) (Koračin, 1993).

2.1.4 Reka Mirna

Mirnska dolina je 284 km² veliko območje osrednje Dolenjske. V litološkem, reliefnem in klimatskem smislu je izrazito prehodna pokrajina, saj se na tem območju stikajo kar tri velike evropske regije: alpski, dinarski in panonski svet. Osrednji del zavzema ugrezajoča se Mirnsko – Mokronoška kotlina s poplavno ravnico Mirne in pritokov, zato je tu izrazit rečno - akumulacijski tip reliefa. Mirnsko dolino obdaja 300 do 500 m visoko, zelo razčlenjeno in težko prehodno gričevje, ki se proti severu postopno dvigne v do 850 m visok svet, ki pa ga že prištevamo k Posavskemu hribovju. Višinske razlike so pod 150 m, nakloni pa večinoma 9-15°, ponekod tudi do 33°. Proti jugu doline je zaradi tektonskega zastajanja hribovje nižje (do 300 m nadmorske višine), vendar kljub temu izredno razčlenjeno in strmo (nakloni merijo do 17°). V porečju prevladuje fluviokraški tip reliefa, kateremu sledi rečno – denudacijski tip in že prej omenjeni rečno – akumulacijski tip reliefa. Porečje je litološko izredno pestro, saj se v kratkih razdaljah vrstijo kamnine različnih starosti, prepustnosti in trdnosti: od najstarejših permo - karbonskih pa vse do najmlajših holocenskih, od neprepustnih silikatnih do prepustnih karbonatnih kamnin ter od kompaktnih do sipkih, od trdih do mehkih. Z različno kamninsko sestavo je povezana tudi raznolikost v reliefu, prsteh, rastju, vodnih razmerah in rabi tal (Topole, 1998).

Za Mirnsko dolino in okolico je značilno zmernocelinsko vlažno podnebje. Povprečne mesečne temperature merijo julija 18 do 19 °C, januarja pa -1 °C. Letno povprečje je relativno nizko (9 °C) zaradi temperaturnega obrata, ki je pogost pojav od oktobra do aprila in vpliva tudi na število toplih oziroma hladnih dni. Količina padavin navadno raste z nadmorsko višino, vendar razlike niso velike. Dno doline ima letno 1165 mm padavin,

nekoliko višje ležeče hribovje pa le 61 mm več (1226 mm). Padavine so razporejene skozi vse leto, z maksimumov v poletnih mesecih in minimumov v zimskem obdobju (Topole, 1998).

Največji vodotok v regiji je 44,28 km dolga reka Mirna, ki izvira kot Mirenščica na nadmorski višini 735 m v permo – karbonskih kamninah pod Veliko Presko nad Moravčami. S površnega hribovja priteče v ugrezajočo se Moravško kotlino, zato tam pogosto poplavlja in nadaljuje svojo pot proti jugovzhodu skozi fluviokraški svet Čateškega in Gabrovskega gričevja. Pri Ravnah se Mirna obrne proti vzhodu, kjer je v dvigajoče se površje vrezala do 90 m globoko deber, v Mirnskem gričevju naredi več zavojev in vstopi v Mirnsko – Mokronoško kotlino, kjer je struga zaradi pogostih poplav večinoma regulirana. Pri Puščavi se reka usmeri proti severovzhodu in pri Pijavicah zapusti kotlino. Od Gabrja navzdol skozi Krško hribovje Mirna močno meandrira in se na 175 m nadmorske višine pri Boštanju pri Sevnici izliva v Savo (Topole, 1998).

Letni pretok reke Mirne znaša $4,48 \text{ m}^3/\text{s}$, kar jo uvršča med največje dolenjske vodotoke. Maksimalni pretok ($5,62 - 5,93 \text{ m}^3/\text{s}$) v marcu in aprilu v času pomladnega deževja in topljenja snega je enkrat večji kot minimalni pretok ($3,10 - 3,40 \text{ m}^3/\text{s}$) v avgustu, septembru in juliju, ko se odraža nadpovprečna poletna evapotranspiracija s tal ali preko rastlin. Drugi višek novembra in decembra v času jesenskega deževja je le nekoliko nižji od pomladanskega ($5,13 - 5,17 \text{ m}^3/\text{s}$). Reka Mirna ima torej dežno – snežni rečni režim (Topole, 1998).

2.2 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA ZDRUŽBO RIB

Preučevanje ribje združbe v vodotoku zahteva poznavanje strukture celotnega vodnega ekosistema (Šumer in Jesenšek, 2002). Strukturo vodnega ekosistema sestavljajo tako fizikalni in kemijski dejavniki z značilno prostorsko, kakovostno in količinsko različnostjo, kot tudi biotski elementi s svojo taksonomsko, fiziološko in ekološko raznolikostjo (Tarman, 1992). Razpoložljivost virov se spreminja med sezono in leti (Šumer in Jesenšek, 2002), zato se razmeram primerno spreminjajo tudi ribje združbe tako v številčnosti, kot tudi v dolžini in biomasi (Cattaneo et al., 2002).

Ko so združbe zaradi spreminjajočih se abiotских dejavnikov v neravnovesnem stanju, imajo močen vpliv predvsem abiotски dejavniki, medtem ko so biotски dejavniki zanemarljivi. Ko pa so abiotски dejavniki ugodni in so združbe v ravnovesju ter dosegajo višje gostote, takrat prevladujejo biotски dejavniki (npr. kompeticija in plenilstvo) nad abiotskimi (Giller in Malmqvist, 1998).

2.2.1 Vpliv abiotских dejavnikov na združbo rib

V vodnih ekosistemih vplivajo na ribje združbe predvsem hidromorfološki, fizikalni in kemijski dejavniki, ki se spreminjajo prostorsko med različnimi habitatami (npr. med tolmunom in brzico) in časovno med letnimi časi ter med dnevom in nočjo (Jackson et al., 2001).

2.2.1.1 Vpliv hidromorfoloških parametrov

Dekar in Magoulick (2007) sta ugotovila, da imajo na ribe največji vpliv hidromorfološki dejavniki, kot so globina, substrat in zasenčenost ter da je pomemben del vodotoka tolmun, saj predstavlja ribam zatočišče, predvsem poleti v času suše (Giller in Malmqvist, 1998). Izoblikovanost struge ima velik pomen pri izbiri ustreznega habitata za različne ribje vrste, saj je tesno povezana s substratom in hitrostjo vodnega toka. Diverziteta rib je namreč odvisna od kompleksnosti habitata (Dekar in Magoulick, 2007), medtem ko s heterogenostjo substrata narašča biomasa rib (Dauwalter et al., 2007). Na biomaso rib, predvsem ribjih mladice, vpliva tudi prisotnost vodnih makrofitov, saj so le ti vir hrane in pomemben element skrivališč (Adams et al., 2005). Makrofiti igrajo pomembno vlogo tudi v času drstenja, saj številne ribe (tako imenovane fitofilne vrste) odlagajo lepljive ikre na vodno rastlinje (Povž in Sket, 1990). Poleg makrofitov ima velik pomen tudi obrežna vegetacija, saj vpliva na senčenje reke v času rastne sezone, kar ima za posledico spremembe v dinamiki življenja rib v reki (Cattanéo et al., 2002).

2.2.1.2 Vpliv fizikalnih in kemijskih parametrov

Ribe so hladnokrvni ali poikilotermni organizmi, kar pomeni, da imajo telesno temperaturo enako temperaturi vode (Skalin, 1993; Vrtačnik, 2005). Od temperature vode, ki se spreminja dnevno in letno, je odvisen metabolizem rib, ki se kaže v količini zaužite hrane, prirasti biomase in hitrosti rasti (Vrtačnik, 2005). Vsaka ribja vrsta ima svojo optimalno temperaturo, pri kateri so drst, sprejemanje in presnavljanje hrane, dihanje, zaznavanje in rast mladih osebkov najugodnejši (Koračin, 1993). Voda se od pomladi in čez poletje počasi segreva in se potem od jeseni in pozimi spet počasi ohlaja, kar omogoča vodnim organizmom, med njimi tudi ribam, počasno prilagajanje spremembam (Skalin, 1993). Temperatura vode se povečuje sorazmerno z zmanjševanjem obrežne vegetacije in pada z naraščanjem globine. Le v zimskem času so zgornje plasti vode bolj hladne kot spodnje (temu pojavu pravimo zimska inverzna slojevitost), zato se ribe umaknejo v večje globine oziroma v tolmine (Svetina, 1982). Pozimi voda občasno tudi zaledeni. Takrat led predstavlja zavetje oziroma toplotni pufer ter sproži številne migracije rib. Le te ne potekajo v reguliranih strugah, kjer se v času nizkih temperatur pojavijo debelejšje plasti ledu (Jackson et al., 2001). V poletnih mesecih se poveča število herbivornih vrst rib, saj se zaradi povišane temperature, dovolj svetlobe in hranil poveča količina perifitona (Hellawell, 1972).

Usmerjeno turbulentno gibanje vode vzdolž vodotoka sproti odstranjuje vse razlike v kemijskih lastnostih, zato so kemijske razmere na krajše razdalje enake ali skoraj enake, na daljše razdalje pa se pokažejo spremembe, na katere vplivajo fizikalni dejavniki (npr. temperatura), nadmorska višina, oblikovanost in razgibanost struge, sestava tal, obvodno in vodno rastlinje in ne nazadnje tudi vodni organizmi (Rejic, 1988). Za vodne organizme je najpomembnejši raztopljen kisik, katerega vsebnost v vodi je neposredno odvisna od temperature vode in zračnega tlaka (Skalin, 1993). V slovenskih celinskih vodah nihajo koncentracije kisika med 15 mg/l pri 0 °C in 8 mg/l pri 25 °C, v primeru močnega biogenega prezračevanja pa se vrednosti lahko dvignejo tudi nad 20 mg/l. Koncentracije kisika v vodi lahko zaradi spremenjenih razmer padejo tudi pod 5 mg/l, kar negativno vpliva na delovanje in preživetje vodnih organizmov, vrednosti pod 2 mg/l pa povzročijo že smrt rib in nekaterih drugih organizmov (Urbanič in Toman, 2003). Ribe si v naravnem

okolju poiščejo prostor, ki jim glede temperature in kisika najbolj ustreza (Skalin, 1993). Tako najdemo salmonidne vrste rib v hladnih, hitro tekočih in s kisikom bogatih vodotokih, medtem ko ciprinidne vrste živijo v manj hladnih in počasi tekočih vodotokih, kjer so koncentracije kisika dosti manjše (od 7 do 9 mg/l) (Skalin, 1993; Giller in Malmqvist, 1998). Če raztopljenega kisika v vodi začne primanjkovati, ribe zmanjšajo svojo aktivnost, zato se poleti, ko z zviševanjem temperature pada koncentracija kisika, razporedijo v globoke tolmane, kjer so nihanja temperature in kisika manjše, ribe pa tako ohranijo svojo aktivnost (Jackson et al., 2001).

Biološki procesi v vodi, kot so dihanje rib in ostalih vodnih organizmov ter razgradnja organskih snovi v vodi, povzročijo sproščanje CO_2 , ki povzroči kislo reakcijo oziroma znižanje pH (Skalin, 1993). Ribe so različno občutljive na zakisanje vode, tolerantnejši je npr. navadni ostriž (*Perca fluviatilis*; Linnaeus, 1758), občutljivejša pa postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758) in rdečeočka (*Rutilus rutilus*; Linnaeus, 1758), na splošno pa velja, da se z zakisanjem vode zmanjšuje vrstna pestrost in število rib (Svetina, 1982). V naših vodotokih znaša pH vrednost med 6 in 8,5 (Urbanič in Toman, 2003), za življenje rib pa so optimalne pH vrednosti med 5,5 in 8,5 (Svetina, 1982).

Vodni organizmi potrebujejo za normalno življenje tudi hranilne snovi, kot sta dušik (N) in fosfor (P). V vodi je dušik prisoten v obliki nitrata (NO_3^-), nitrita (NO_2^-) in amoniaka (NH_4^+), fosfor pa v obliki ortofosfata (PO_4^{3-}) (Koračin, 1993). Naravni viri fosforja so preperele kamnine, ki vsebujejo fosfor, in razgrajene organske snovi, predvsem odmrli deli obrežne vegetacije (Urbanič in Toman, 2003). O vplivu ortofosfata na združbo rib si avtorji niso enotni. Jackson et al. (2001) trdijo, da na združbo rib ortofosfat ne vpliva, medtem ko sta Scheuerell in Schindler (2004) ugotovila, da pestrost ihtiofavne pada s povečevanjem skupnega fosforja v vodotoku, kot posledica intenzivnega kmetijskega zaledja. Naravni viri nitrata v celinskih površinskih vodotokih so spiranje površin in odmrli deli rastlin in živali (Urbanič in Toman, 2003). Višje koncentracije nitratnega in amonijevega iona stimulirajo rast alg (Urbanič in Toman, 2003), kar povzroči povečanje biomase herbivornih vrst rib (Simon et al., 2004). Le te pa potem vplivajo na ponovno zmanjšanje nitratnega iona (Simon et al., 2004). Na ta način naj bi diverziteti rib

pomembno vplivala na primarno produkcijo vodnega ekosistema in s tem tudi na koncentracijo nitratnega iona (Hargrave, 2009).

2.2.2 Vpliv biotskih dejavnikov na združbo rib

Biotski dejavniki so živi dejavniki okolja, med katerimi so se razvile različne oblike odvisnosti in sodelovanj. Tako so nastala številna razmerja med vrstami in znotraj njih: mutualizem, protokooperacija, komenzalizem, predatorstvo ali plenilstvo, zajedalstvo ali parazitizem, amenzalizem, tekmovanje ali kompeticija in nevtralizem (Tarman, 1992). Za ribje združbe sta daleč najpomembnejša kompeticija in predatorstvo (Jackson et al., 2001).

2.2.2.1 Predatorstvo

Predatorstvo ali plenilstvo je razmerje, v katerem plenilec, torej riba, ubije svoj plen, drugo ribo ali nek drug vodni organizem (Tarman, 1992). V vodnih ekosistemih je predatorstvo predvsem odvisno od trofičnosti sistema in ribjih vrst (Jackson et al., 2001). Ribe so lahko rastlinojede, vsejede ali mesojede (Koračin, 1993). Mesojede ribe so plenilke iker, ribjih mladice, odraslih rib ter drugih vodnih organizmov (Giller in Malmqvist, 1998), kar jim omogoča dolgo, vitko vretenasto telo in močni, ostri zobje (Janc, 2008). Plenilske ribe majhnih vodnih organizmov so potočna postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758), šarenka (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792), lipan (*Thymallus thymallus*; Linnaeus, 1758) in zlatovčica (*Salvelinus fontinalis*; Mitchill, 1815), ribojede ribe pa so smuč (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1758), ki se pretežno prehranjuje z manjšimi ribami ter ščuka (*Esox lucius*; Linnaeus, 1758) in sulec (*Hucho hucho*; Linnaeus, 1758), ki sta plenilca predvsem večjih vrst rib. Vendar tudi ribojede vrste rib občasno plenijo tudi druge vodne organizme. Ščuka v Cerkniškem jezeru se npr. prehranjuje 50,5 % z ribami, predvsem s svojimi sovrstnicami (24,2 %), 25,4 % njene prehrane predstavljajo raki (Crustacea; Brünnich, 1772) in vodni oslički (*Asellus aquaticus*; Linnaeus, 1758) in le 11,5 % postranice (Amphipoda; Latreille, 1816) (Koračin, 1993).

2.2.2.2 Kompeticija

Kompeticija ali tekmovanje je razmerje med osebki dveh ali več vrst rib, ki izkoriščajo skupne dobrine (življenjski prostor, hrano, skrivališča, drstišča), katerih količine so omejene (Tarman, 1992). Gre za uničujoče medsebojno delovanje oziroma boj dveh organizmov ob pojavu sprememb, v katerem ena vrsta deluje negativno na drugo (Povž in Sket, 1990). Če med sabo tekmujejo osebki iste vrste, imenujemo tak tip tekmovanja znotrajvrstna ali intraspecifična kompeticija (Tarman, 1992). Tak tip kompeticije poteka skozi celo leto, do posameznih odstopanj od povprečja pa ponavadi pride zaradi sprememb v količini hrane (Cattaneo et al., 2002). Znotrajvrstna kompeticija je predvsem značilna za teritorialne vrste, kot sta ščuka (*Esox lucius*; Linnaeus, 1758) in potočna postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758) (Koračin, 1993), pri kateri je tovrstna kompeticija intenzivnejša med osebki različnih starosti (Cattaneo et al., 2002). Manjše ribe, ki so za večje osebeke potencialni plen, tekmujejo med sabo za prostor oziroma skrivališče pred plenilcem (Jackson et al., 2001). Intraspecifična kompeticija vodi k stabilni regulaciji velikosti populacije (Šolić, 2005).

Pogostejši tip tekmovanja je tekmovanje med osebki različnih vrst. Tak tip kompeticije imenujemo medvrstna ali interspecifična kompeticija (Tarman, 1992). Medvrstna kompeticija je pogostejša v poletnem času (Cattaneo et al., 2002) in lahko vodi do nastanka ene same populacije (Šolić, 2005). Tekmovanje namreč pripelje do počasnejše rasti in razvoja, do zmanjšanja števila potomcev ter posledično do slabšega preživetja (Tarman, 1992). Lep primer interspecifične kompeticije za isto vrsto hrane (insektske larve *Choronomidae*) predstavljata navadni okun (*Gymnocephalus cernuus*; Linnaeus, 1758) in ploščič (*Abramis brama*; Linnaeus, 1758) v evropskih ravninskih jezerih (Šolić, 2005). S postrvjo (tako soško kot potočno) je agresivni kompetitor za hrano in prostor ter nevaren tekmeč na drstiščih šarenka ali amerikanka (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792) (Ribe, 1999 – 2010). To je tudi lep primer tekmovanja med domorodno (postrv) in tujerodno (šarenka) vrsto rib (Povž in Šumer, 2006). Sicer pa imamo tovrstnih pojavov medvrstne kompeticije zaradi naseljevanja tujerodnih vrst rib iz drugih povodij ali iz drugih delov sveta v Sloveniji več, najbolj znani pa so: širjenje babuške ali srebrnega koreslja (*Carassius gibelio*; Bloch, 1782) po donavskem povodju, naselitev podusti (*Chondrostoma*

nasus; Linnaeus, 1758) iz donavskega povodja v jadransko je povzročila spodriv primorske podusti (*Chondrostoma genei*; Bonaparte, 1839) iz nekaterih vodotokov jadranskega povodja (Povž in Sket, 1990) ter nenazadnje naselitev rdečeperke (*Scardinius erythrophthalmus*; Linnaeus, 1758) in navadnega ostriža (*Perca fluviatilis*; Linnaeus, 1758) v Cerkniško jezero (Puklavec, 2009).

2.2.3 Vpliv antropogenih dejavnikov na združbo rib

Ekosistemi so kompleksni in uravnovešeni sistemi rastlin, živali, mikrobov in ljudi ter vseh neživih sestavin in dejavnikov okolja, ki jih urejajo homeostatski mehanizmi. Pogosto pa se zgodi, da človek s svojimi aktivnostmi preseže prožnost homeostatskih procesov, kar privede do porušitve trdnosti naravnega ekosistema (Tarman, 1992). Zmerni posegi v reki predstavljajo motnje, ki jih reka vzdolž toka lahko odpravi. Pravimo, da ima voda samočistilne sposobnosti (Koračin, 1993). Kadar pa vplivi človeka presežejo biološke čistilne sposobnosti (Tarman, 1992), pride do močnih degradacij okolja (Povž in Šumer, 2006). Pri vodnih ekosistemih pomenijo ti dejavniki tudi ogrožanje obstoja ribjih združb (Povž in Sket, 1990). V Sloveniji ogrožajo ribe predvsem hidrotehnični posegi v vodotokih, onesnaževanje vodotokov, naseljevanje tujerodnih vrst rib in prevelik izlov (Trontelj, 2005). Prekomerni izlov rib si bomo podrobneje pogledali v poglavju 2.3.3 (Gospodarjenje v ribolovnih vodah), saj je pomemben element ribiškega upravljanja.

2.2.3.1 Onesnaževanje vodotokov

Onesnaževanje vode nastopi, ko se spremeni njena naravna kemična, fizikalna in biološka sestava (Svetina, 1982). V čistih in zmerno čistih vodotokih živijo tri glavne skupine organizmov: proizvajalci (avtotrofni organizmi), porabniki (heterotrofni organizmi) in razkrojevalci (dekompozitorji), ki so nosilci nepretrganega kroženja snovi v vodnih ekosistemih. Ti organizmi se neprestano razmnožujejo, rastejo, odmirajo in v času svojega življenja čistijo vodo, s tem da razkrajajo in porabljajo organske snovi v vodi (Povž in Sket, 1990; Koračin, 1993). Temu procesu pravimo samočistilna sposobnost vodotoka (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Ko pa priteče v vodo večja količina organskih snovi, ki jih organizmi ne morejo dovolj hitro razgraditi, se med njimi poruši naravno ravnotežje in taka

voda postane onesnažena. V splošnem poznamo 4 tipe onesnaževanj voda: mehansko, fizikalno, kemično in biološko onesnaževanje (Koračin, 1993).

Mehansko onesnaževanje nastopi, kadar se v vodi znajdejo velike količine kamenin in drugih trdih delcev, ki spreminjajo naravni vodni tok ter na ta način uničujejo vodne organizme (Svetina, 1982). Mehansko onesnaženje je lahko naravnega izvora, kot posledica naravnih katastrof (potresi, poplave, zemeljski plazovi), pogostejše pa je industrijskega izvora, ki ga povzročijo ljudje z nepravilnimi posegi (miniranje bregov, odvažanje gramoza, separacija peska ob vodah, regulacije strug, urejanje bregov, spiranje iz kamnolomov in premogovnikov) (Koračin, 1993).

Fizikalno onesnaževanje pomeni kakršno koli spremembo v fizikalnih lastnostih vode (spremembo temperature, motnosti, pojav pene in suspendiranih delcev, radioaktivnost) in je pogosto posledica kemičnega onesnaževanja. Pri tem tipu onesnaževanja so vodni organizmi največkrat prizadeti posredno, saj so vode z veliko suspendiranimi snovmi motne, svetloba slabo prodira v globlje plasti, zato se aktivnost vodnih rastlin manjša, s tem pa se manjša tudi produktivnost živali, katerim predstavljajo zelene rastline hrano. Vodno dno zaradi vedno večjega odlaganja delcev počasi postaja sterilno in brez življenja (Koračin, 1993).

Kemično onesnaževanje je organskega ali anorganskega izvora (Koračin, 1993). Najpogostejše je organsko onesnaževanje z naravnimi ali umetnimi gnojili, ki se spirajo v vodo (Veenvliet in Veenvliet, 2006) in na ta način spremenijo kemično sestavo vode (Svetina, 1982). Zaradi povečanega vnosa hranil se poveča razrast vodnih rastlin, predvsem alg, ki prekrivajo kamne in pesek in na ta način ovirajo nekatere vrste rib, saj ovirajo odlaganje iker. Če pa je onesnaženje veliko, se alge tako namnožijo, da v vodi zmanjka svetlobe za višje rastline, ki začnejo propadati (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Zmanjšuje se diverzitet različnih vrst ter njihova številčnost in biomasa, ostanejo pa samo še taki organizmi, ki onesnaževanje lahko prenašajo (Povž in Sket, 1990). Postopno pride do pomanjkanja kisika in pogina rib (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Med kemične onesnaževalce spadajo predvsem razne odpadne vode in odplake z agrarnih površin (Koračin, 1993).

Biološko onesnaževanje je uvajanje bolezenskih ali nebolezenskih mikroorganizmov v vode, kjer ogrožajo zdravje živali in rastlin ter na ta način posredno delujejo tudi na zdravje ljudi (Koračin, 1993). Danes ti mikroorganizmi, predvsem paraziti, najpogosteje pridejo v vodne ekosisteme z vlaganjem tujerodnih vrst rib, ki jih nato ljudje bolj ali manj neuspešno zatirajo z različnimi ribjimi strupi, ki v večini primerov stanje samo še poslabšajo (Skalin, 1993).

2.2.3.2 Hidrotehnični posegi v vodotokih

Hidrotehnični posegi v vodotokih so vsi gradbeno – tehnični posegi v strugah vodotokov ali bregov, ki segajo v struge, s katerimi se bolj ali manj trajno uničuje vodne habitate. Med te posege spadajo predvsem regulacije rek in potokov, gradnje jezov za hidroelektrarne in zadrževalnike vode, odzemanje gramoza na prodiščih, gradnja nizkih pragov in drč (Povž in Sket, 1990). V tako spremenjenih vodotokih so fizikalni in kemijski parametri zelo variabilni. Poleti prihaja do hitrejšega segrevanja vode in s tem do pomanjkanja kisika, kar pa lahko pripelje do smrti rib (Jackson et al., 2001).

Struge naravnih vodotokov so razgibane in kot take so idealen življenjski prostor, saj nudijo ugodne pogoje ribam vseh starosti in velikosti. Na plitvinah se zadržujejo mlade ribe in zarod, tukaj poteka tudi drstitev odraslih osebkov in odlaganje iker. Zaradi regulacij oziroma kanalizacij postanejo struge in bregovi bolj poenoti, vodni tok pa bistveno hitrejši. Bregovi so strmi in brez obrežne vegetacije, ki ribam sicer nudi skrivališča in drstišča. Dna strug so poglobljena, ravna in gladka (Povž in Sket, 1990). Prevladuje homogen substrat, ki povzroči zmanjšanje količine perifitona, ki je vir hrane za herbivorne vrste rib. V tolmunih pogosto izgine fin pesek, ki ga nekatere ribe potrebujejo za odlaganje iker (Dekar in Magoulick, 2007). Z regulacijami zravnavajo rečne zavoje, brzice in tolmeni izginejo, kar za ribe pomeni bistveno zmanjšanje pestrosti in celo degradacijo habitatov (Povž in Sket, 1990), kar pripelje do manjše diverzitete vsega vodnega življa in ne samo rib (Dekar in Magoulick, 2007). Ribe so v kanaliziranih strugah bolj izpostavljene plenilcem, saj izginejo habitati, primerni za skrivališča (Jackson et al., 2001), zato se začnejo seliti v nove habitate, kjer si poiščejo nova skrivališča in drstišča (Povž in Sket, 1990).

Razne pregrade in jezovi v vodotokih ribjim vrstam zmanjšujejo oziroma preprečujejo migracijske poti, ki niso potrebne zgolj za reprodukcijo v času drsti, temveč so bistvenega pomena tudi za preživetje ribje populacije s stališča prehranjevanja (Povž, 2005). Zaradi tovrstnih posegov naj bi bilo ogroženih 18 % evropskih ribjih vrst (Povž in Kryžanowski, 2005). Za jezovi nastajajo večja ali manjša zaježitvena oziroma akumulacijska jezera, v katerih je vodni tok zelo počasen (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Spremenijo se hidromorfološke razmere ter fizikalne in kemijske lastnosti vode (Jackson et al., 2001). Za izrazito rečne vrste rib življenjske razmere v takšnih vodah niso več primerne, zato akumulacijska jezera naseljujejo le še vrste, ki so prilagojene na življenje v počasi tekočih ali stoječih vodah (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Zato so te probleme začeli reševati z ustreznimi ribjimi prehodi, kot so dvigala in ribje steze (Povž in Sket, 1990), katere naj bi, po do sedaj znanih podatkih, prečkalo 36 vrst rib (Povž in Kryžanowski, 2005).

2.2.3.3 Naseljevanje tujerodnih vrst rib

Naseljevanje tujerodnih vrst rib in njihovo preseljevanje med sosednjimi porečji oziroma povodji je ena od bioloških obremenitev našega vodnega ekosistema, ki je v večini primerov rezultat človekovega delovanja. Namenov in mehanizmov naselitve tujerodnih vrst rib je več, najpogostejši pa so: ribolov, naseljevanje v okrasne namene (ribniki in akvariji), za popestritev športnega ribolova, nekaj vrst pa je bilo prenesenih zaradi vzreje za prehrano in biološki nadzor. Vnos tujerodnih rib lahko povzroči številne negativne posledice, kot so uničenje gostiteljevega življenjskega prostora in njegove združbe, genetske degradacije ter različna obolenja zaradi pojavljanja novih bolezni in parazitov. Prva tujerodna vrsta rib, ki je bila registrirana na območju Slovenije, je bila v začetku 19. stoletja šarenka ali amerikanka (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792). Proti koncu 19. stoletja se ji je pridružilo še 5 tujerodnih vrst, do konca 20. stoletja pa je bilo v Sloveniji že 17 alohtonih rib, od katerih sta 2 vrsti kmalu po naselitvi izginili, tako da lahko danes v slovenskih vodotokih najdemo 15 tujerodnih vrst rib. Od tega sta 2 vrsti (šarenka (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792) in pseudorazbora (*Pseudorasbora prva*; Temminck & Schlegel, 1842)) postali tudi že invazivni, saj se v našem okolju uspešno razmnožujeta (Povž in Šumer, 2006).

Preglednica 1: Tujerodne vrste rib v Slovenskih vodotokih (Veenvliet in Veenvliet, 2006).

Družina		Vrsta	
krapovci	Cyprinidae	srebrni tolstolobik	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>
		sivi tolstolobik	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>
		beli amur	<i>Ctenopharyngodon idella</i>
		pseudorazbora	<i>Pseudorasbora parva</i>
		srebrni koreselj	<i>Carassius gibelio</i>
		zlati koreselj	<i>Carassius auratus</i>
postrvi	Salmonidae	potočna zlatovčica	<i>Salvelinus fontinalis</i>
		jezerska zlatovčica	<i>Salvelinus umbla</i>
		šarenka	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
		ozimica	<i>Coregonus sp.</i>
sončni ostriži	Centrarchidae	sončni ostriž	<i>Lepomis gibbosus</i>
		postrvji ostriž	<i>Micropterus salmonoides</i>
ameriški somiči	Ictaluridae	ameriški somič	<i>Ameiurus nebulosus</i>
		črni somič	<i>Ameiurus melas</i>
zobati krapovci	Poeciliidae	gambuzija	<i>Gambusia holbrooki</i>

2.3 RIBE TEKOČIH CELINSKIH VODA

2.3.1 Ribe tekočih celinskih voda

V slovenskih celinskih vodah živijo piškurji (Petromyzontida), ki spadajo med obloustke (Cyclostomata) in ribe (Pisces), ki jih združujemo v nadrazred kostnic (Osteichthyes). Znotraj te skupine najdemo ribe različnih oblik, z različnim načinom plavanja, hranjenja in razmnoževanja, ki so prilagojene na specifičen življenjski prostor ali habitat. Habitat ima pri ribah funkcijo dristišča in habitata v ožjem pomenu besede, kjer pomeni prostor, v katerem se zadržujejo odrasle živali pred in po drstitvi in se v tem prostoru tudi hranijo (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Ekološko gledano ribe celinskih voda, glede na selitve med dristišči, prezimovališči in prehranjevalnim habitatom, delimo na potamodromne vrste rib, ki redno potujejo med dristišči in prehranjevalnim habitatom v sladkovodnih celinskih vodah in diadromne vrste rib, ki potujejo med morjem in sladkimi vodami. Slednjo skupino nadalje delimo na anadromne vrste rib, ki večino svojega življenja preživijo v

morju, na drstitev pa pridejo v sladko vodo (npr. zet (*Gasterosteus aculeatus*; Linnaeus, 1758)) in katadromne ribje vrste, ki živijo v rekah in potujejo na drst v morje (npr. jeguljan (*Anguilla anguilla*; Linnaeus, 1758)) (Polž in Sket, 1990; Trontelj, 2005).

Razmnoževanje pri ribah imenujemo drstitev (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Čas drstitve je odvisen od temperature, svetlobe, zračnega tlaka, motnosti vode in hitrosti vodnega toka (Polž in Sket, 1990). Glede na čas drsti ločimo ribe v tri večje skupine: spomladanske drstnice, pri katerih se drst začne, ko se voda segreje na 10 °C in se prične dan daljšati (sem uvrščamo npr. podust (*Chondrostoma nasus*; Linnaeus, 1758), ostriža (*Perca fluviatilis*; Linnaeus, 1758), klana (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758)), poletne drstnice so mrena (*Barbus barbus*; Linnaeus, 1758), krap (*Cyprinus carpio*; Linnaeus, 1758) in som (*Silurus glanis*; Linnaeus, 1758), ki začnejo z drstjo pri temperaturi vode 17 °C, dnevi pa so najdaljši in jesensko – zimske drstnice, ki se drstijo, ko temperatura vode doseže 4 – 8 °C in se dolžina dneva krajša (v to skupino uvrščamo postrvi (*Salmo sp.*) in menka (*Lota lota*; Linnaeus, 1758)) (Polž in Sket, 1990; Koračin, 1993). V drstni dobi samica odloži ikre na kamenje, med prodnike, na rastline ali kar prosto v vodo, kjer pride do zunanje oploditve (Svetina, 1982). Po nekaj dneh ali tednih se izležejo ličinke, ki še nimajo razvitih lusk in plavutnic. Le te se razvijejo pri ribjih mladich, ki pa še niso spolno zrele (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Spolna zrelost pri ribah nastopi takrat, ko imajo popolnoma razvite spolne žleze in lahko prvič izločajo zrele spolne produkte (Polž in Sket, 1990). Čas spolne zrelosti je pri različnih vrstah različen in pogosto odvisen od velikosti rib (pri manjših ribah spolna zrelost nastopi zelo zgodaj, medtem ko razvoj do odraslih osebkov pri večjih ribah traja tudi več let) (Koračin, 1993). Ribje mladice do enega leta starosti imenujemo 0+ osebki (Maitland in Linsell, 2006).

Naše sladkovodne ribe rastejo vse življenje, čeprav zelo neenakomerno. Na tempo rasti vplivajo različni dejavniki, kot so: dedne zasnove, količina in kakovost hrane, habitat, temperatura, kemizem vode in socialni dejavniki, med katerimi je najpomembnejša velikostna hierarhija. Do pričetka formiranja aktivnih spolnih organov ribe rastejo intenzivno v dolžino in le postopoma pridobivajo na teži. Potem se rast v dolžino značilno zmanjša, pridobivanje na teži pa konstantno nadaljuje. Po prvi drsti se pri ribi začne največja aktivnost, ki jo spremlja proporcionalen razvoj telesa. Pri starejših ribah, pri

katerih začne življenjska aktivnost upadati, se rast zmanjšuje, debeljenje pa se ob ustreznih življenjskih pogojih stopnjuje. Z velikostjo rib je povezana tudi njihova starost. Tako ribe majhne rasti v povprečju živijo 4 – 6 let, nekatere ciprinidne vrste tudi manj, medtem ko večje ribe lahko dočakajo tudi 20 let in več (Svetina, 1982).

2.3.2 Ribji pasovi

Na svoji poti proti morju se tekoče vode spreminjajo tako po obliki kot po fizikalno kemijskih lastnostih (Koračin, 1993). Reko tako po strukturi rečnega dna in vsebnosti kisika razdelimo v posamezne odseke: zgornji gorski odsek ali ritral, za katerega je značilna velika vsebnost kisika, hiter, turbulenten vodni tok, zato je dno rečnega korita skalno in pokrito z velikimi prodniki, srednje mesečne temperature pa nikoli ne presežejo 20 °C, spodnji ali nižinski odsek reke ali potamal, pri katerem srednje mesečne temperature presežejo 20 °C, koncentracije kisika padejo pod nasičenost, pretok je počasen in manj turbulenten, zato je rečno dno peščeno in blatno in izlivni del s spreminjajočimi rečnimi koriti in značilnim odlaganjem sedimentov (Tarman, 1992).

Vse te spremembe ustvarjajo različne življenjske razmere, katerim se prilagajajo vsi organizmi, ki živijo v vodi, med njimi tudi ribe. V določenih razmerah živijo in se razmnožujejo le določene vrste rib. V velikih srednjeevropskih rekah, glede nato, katere vrste rib dominirajo v določenih delih vodotoka, kjer so določeni življenjski pogoji, ločimo naslednje ribje pasove oziroma regije: postrvji pas, lipanski pas, mrenin pas, ploščičev pas in izlivni pas (Polž in Sket, 1990). Postrvji in lipanski ribji pas pripadata ritralu, ostale tri regije pa potamalu (Tarman, 1992).

Postrvji ribji pas se imenuje po prevladujoči vrsti rib postrvi (*Salmo sp.*). To so čisti izvorni deli vodotokov, kjer je močan vodni pretok, temperatura vode je do 10 °C, nasičenost vode s kisikom je 100 % in prisotnih je malo organskih zagnitja sposobnih snovi. Dno takih rečnih strug je pokrito z večjimi ali manjšimi skalami in prodniki. V postrvjem pasu, kot nam že ime pove, živi potočna postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758). Poleg nje lahko vidimo v tej regiji še babico (*Barbatula barbatula*; Linnaeus, 1758), kaplja ali glavača (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758), pisanca (*Phoxinus phoxinus*; Linnaeus, 1758),

klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*, Berg, 1931) (Polž in Sket, 1990; Koračin, 1993; Veenvliet in Veenvliet, 2006).

Lipanski ribji pas predstavljajo manjše reke ravninskih predelov, ki imajo že nekoliko počasnejši vodni tok. Voda je še vedno precej hladna (do 15 °C). Nasičenost vode s kisikom je 100 %. Dno prekriva droben prod, struga je že manj razgibana. Ribjo združbo v tem pasu poleg lipana (*Thymallus thymallus*; Linnaeus, 1758) sestavljajo še potočna postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758), podust (*Chondrostoma nasus*; Linnaeus, 1758), klen (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758), globoček (*Gobio gobio*; Linnaeus, 1758), zvezdogled (*Romanogobio uranoscopus*; Agassiz, 1828), pohra (*Barbus balcanicus*, Kotlík et al., 2002), mrena (*Barbus barbus*; Linnaeus, 1758), blistavec (*Telestes souffia*; Risso, 1826), občasno še upiravec (*Zingel streber*; Siebold, 1863) in klenič (*Leuciscus leuciscus*; Linnaeus, 1758) (Polž in Sket, 1990; Koračin, 1993; Veenvliet in Veenvliet, 2006).

Ker se v nekaterih vodotokih postrvji in lipanski pas izmenjujeta ali pa v lipanskem pasu najdemo tudi velike postrvi, lipan pa manjka, takrat oba pasova skupaj imenujemo salmonidni pas (Koračin, 1993).

Mrenin ribji pas se imenuje po vodilni ribji vrsti mreni (*Barbus barbus*; Linnaeus, 1758). Rečni tok se umirja, struga je širša, globlja, dno korita je prodnato in peskovito, na mirnejših odsekih reke tudi muljasto zaradi odlaganja materiala. Temperatura vode znaša poleti do 20 °C, nasičenost vode s kisikom pa je še vedno visoka (nad 90 %). Postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758) najdemo samo še tam, kjer je vodni tok močnejši in je dovolj kisika. Sicer pa naseljujeta ta pas poleg mrene (*Barbus barbus*; Linnaeus, 1758) še podust (*Chondrostoma nasus*; Linnaeus, 1758) in klen (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758). V bolj zaraščenih predelih najdemo še jeza (*Leuciscus idus*; Linnaeus, 1758), bolena (*Leuciscus aspius*; Linnaeus, 1758), rdečeperko (*Scardinius erythrophthalmus*; Linnaeus, 1758), upiravca (*Zingel streber*; Siebold, 1863), čepa (*Zingel zingel*; Linnaeus, 1758), smrkeža (*Gymnocephalus schraetser*; Linnaeus, 1758), okuna (*Gymnocephalus cernuus*; Linnaeus, 1758), kleniča (*Leuciscus leuciscus*; Linnaeus, 1758), zeleniko (*Alburnus alburnus*; Linnaeus, 1758), platnico (*Rutilus virgo*; Heckel, 1852), sulca (*Hucho hucho*;

Linnaeus, 1758) in ščuko (*Esox lucius*; Linnaeus, 1758) (Polž in Sket, 1990; Koračin, 1993; Veenvliet in Veenvliet, 2006).

Ploščičev ribji pas predstavlja široka rečna struga z velikimi količinami vode. Zaradi počasnega in umirjenega toka so nanosi mulja obilni, tako da je dno rečne struge zamuljeno in blatno. Poletne temperature so visoke, tudi do 25 °C, nasičenost vode s kisikom pa je le še 30 do 40 %, le v zelo čistih delih vodotoka lahko tudi do 80 %. Prevladujoča ribja vrsta je ploščič (*Abramis brama*; Linnaeus, 1758), po katerem se tudi imenuje ribji pas. Spremljajo ga še androga (*Abramis bjoerkna*; Linnaeus, 1758), rdečeperka (*Scardinius erythrophthalmus*; Linnaeus, 1758), linj (*Tinca tinca*; Linnaeus, 1758), ostriž (*Perca fluviatilis*; Linnaeus, 1758), jez (*Leuciscus idus*; Linnaeus, 1758), smuč (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1758) in naša največja sladkovodna riba som (*Silurus glanis*; Linnaeus, 1758) (Polž in Sket, 1990; Koračin, 1993; Veenvliet in Veenvliet, 2006).

Izlivni pas je predel reke, kjer se manjši vodotok izliva v večjega oziroma se reka izliva v jezero, zato tukaj najdemo ribje vrste iz obeh vodnih teles (torej iz obeh rečnih sistemov oziroma iz reke in jezera) (Polž in Sket, 1990).

2.3.3 Gospodarjenje v ribolovnih vodah

V Sloveniji so vse sladke celinske vode ribolovne vode, ki jih po Zakonu o sladkovodnem ribištvu (ZSRib) prostorsko razdelimo v ribiška območja ali rajone, ribiške okoliše in ribiške revirje. Ribiško območje ali rajon je del povodja, namenjen trajnostni rabi rib, ki združuje več ribiških okolišev v populacijsko enoto za evolucijo rib. Ribiški okoliš je del ribiškega rajona, določen s pripadajočimi vodami, razen izločenih voda (Zakon o sladkovodnem ribištvu, 2006). Slovenske celinske vode so trenutno razdeljene na 11 ribiških rajonov, od tega 2 v jadranskem povodju in 9 v donavskem povodju in 65 ribiških okolišev (8 v jadranskem povodju in 57 v donavskem povodju) (Poročilo o stanju okolja 2002, 2003). Ribiški revir pa je najmanjša prostorska enota ribiškega okoliša, v kateri se izvaja trajnostna raba rib. Vrste ribiških revirjev in njihove meje se določijo z ribiškogojitvenim načrtom, po katerem delimo revirje, glede na način upravljanja, na: varstveni, ribolovni, brez aktivnega ribiškega upravljanja in prizadeti revirji. Varstveni

revirji so gojitveni revirji za sonaravno gojitev rib, rezervati za vzpostavljanje in ohranjanje populacij avtohtonih ribjih vrst, njihovih plemenk in genskega materiala. Ribolovni revir je tisti del ribiškega območja, kjer je dovoljen športni ribolov, ki je zakonsko določen (določa varstveno dobo rib, ki je odvisna od časa drsti posamezne vrste rib, najmanjšo lovno mero in število dovoljenega ulova ene vrste na dan). Revir brez aktivnega upravljanja in prizadeti revir pa sta tista dela ribiškega okoliša, v katerih se ne izvaja ribiško upravljanje oziroma v katerih je življenje rib zaradi poslabšane kakovosti voda onemogočeno (Zakon o sladkovodnem ribištvu, 2006).

Vse ribolovne vode so evidentirane v kartoteki Ribiškega katastra, ki predstavlja realno osnovo za smotrno gospodarjenje po ribiškogojitvenih načrtih (Koračin, 1993). Ribiškogojitveni načrt pa je dolgoročen načrt gospodarjenja oziroma ribiškega upravljanja, ki vsebuje podatke o oceni stanja, vplivih na ribiški okoliš in izvajalcu ribiškega upravljanja ter ima jasen cilj gojiti in varovati ribe v posameznih ribiških okoliših (Koračin, 1993; Zakon o sladkovodnem ribištvu, 2006).

Vse naše sladkovodne ribe so zaščitene po Zakonu o sladkovodnem ribištvu, nekatere ščiti še Zakon o varstvu narave oziroma Uredba o zavarovanih prostoživečih živalskih vrstah, ki deli ribe na tiste, za katere je potrebno varstvo vrste in na tiste, za katere je potrebno varstvo habitata (Govedič, 2007).

Porečje reke Mirne spada v mirenski ribiški okoliš, ki je del spodnjesavskega ribiškega območja. Mirenski okoliš je razdeljen na 67 ribiških revirjev, od tega je 38 gojitvenih potokov za salmonidne vrste, 17 športno ribolovnih revirjev, 8 prizadetih voda, 3 potoki brez aktivnega ribiškega upravljanja in 1 vzrejni ribnik Loke 2 (Jenič in Bertok, 2010). Reko Mirno po Habitatni direktivi (pSCI) uvrščamo tudi v območje Natura 2000 za platnico (*Rutilus virgo*; Heckel, 1852) in sulca (*Hucho Hucho*; Linnaeus, 1758) (Natura 2000, 2007).

2.3.3.1 Vlaganje ali poribljavanje rib

V naših vodah, predvsem športnoribolovnih, se populacija rib vse bolj zmanjšuje zaradi škodljivih dejavnikov okolja in nenačrnega športno turističnega ribolova. Če želimo obdržati naravno ravnovesje in ohraniti določene ribje vrste, moramo te izgube nadomestiti z vlaganjem oziroma poribljavanjem vrst, ki jih lahko umetno vzredimo ter zaščititi naravna dristišča tistih vrst rib, ki jih še ne znamo umetno vzrediti v varstvenih vodah (Koračin, 1993). Brez umetne vzreje in vlaganja v naravne vodotoke bi danes že marsikatera za ribolov zanimiva ribja vrsta izginila iz rek (Polž in Sket, 1990). V ribiškogojitvenih načrtih za gospodarjenje v ribiških okoliših je za vsak športnoribolovni revir izdelan načrt vlaganja rib po vrstah, količini in velikostni kategoriji. Načrt je izdelan ob upoštevanju naslednjih podatkov iz Ribiškega katastra ribolovnih voda: značaj vode, koristna vodna površina v ha, vrste rib, ki vodo naseljujejo, dominantne ribje vrste, prirast rib v kg/ha in starostne kategorije rib. Od naštetih dejavnikov je odvisna izbira primerne ribje vrste za vlaganje, količina vložka v posamezno vodo in v končni fazi tudi uspeh vlaganja, ki je poleg vsega naštetega odvisen še od: kakovosti vloženih rib, minimalnega pogina vloženega naraščaja, izbire prostora oziroma razdeljevanju po toku (potočne postrvi (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758) in ščuke (*Esox lucius*; Linnaeus, 1758) zaradi svoje teritorialnosti vedno vlagamo v manjših količinah na več mestih) in dejavnikov okolja, ki so primerni za določeno ribjo vrsto (Koračin, 1993).

V Sloveniji naj bi bilo trenutno 300 do 400 obratov za gojenje sladkovodnih vrst rib (Poročilo o stanju okolja 2002, 2003). V teh tako imenovanih ribogojnicah gojijo tako salmonidne (potočna postrv (*Salmo trutta*, Linnaeus, 1758) soška postrv (*Salmo marmoratus*; Cuvier, 1829), šarenka (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792), lipan (*Thymallus thymallus*; Linnaeus, 1758), sulec (*Hucho hucho*; Linnaeus, 1758)) kot ciprinidne (krap (*Cyprinus carpio*; Linnaeus, 1758), smuč (*Sander lucioperca*; Linnaeus, 1758), ščuka (*Esox lucius*; Linnaeus, 1758), linj (*Tinca tinca*; Linnaeus, 1758), som (*Silurus glanis*; Linnaeus, 1758)) vrste rib. Za poribljavanje predvsem ciprinidnih voda, kjer so dominantne vrste take, ki jih še ne vzrejamo umetno (npr. podust (*Chondrostoma nasus*; Linnaeus, 1758), mrena (*Barbus barbus*; Linnaeus, 1758), pohra (*Barbus*

balcanicus; Kotlík et al., 2002)), lahko primerno populacijo teh vrst ohranimo z zaščito drstišč in zmanjšanjem dovoljenega dnevnega ulova (Koračin, 1993).

2.3.3.2 Izlov rib

V preteklosti je bil prevelik izlov rib eden od ključnih dejavnikov ogrožanja ribje populacije, katere posledica je lahko popolno iztrebljenje ene ali več vrst rib. Danes ima ta dejavnik nekoliko manjši vpliv, saj je športni ribolov v naših vodah načrtovan (Polž in Sket, 1990). Na podlagi ribiškogojitvenih načrtov za gospodarjenje v ribolovnih vodah načrtujejo ribiške organizacije odlov rib glede na število članov v posamezni ribiški družini in po približni oceni prirasta rib v ribolovnem revirju. Z inventarizacijo in raziskavami produktivnosti dna oziroma z oceno naseljenosti dobimo podatek o letnem prirastu rib, ki ga brez škode za osnovno ribjo populacijo lahko odlovimo. Če pa izvedemo izlov, ki ni predpisan na podlagi ugotovljenega letnega prirasta ribje populacije, je le ta lahko prevelik ali včasih tudi premajhen (Koračin, 1993).

2.3.4 Vrstna pestrost

Ribe so najštevilčnejša skupina vretenčarjev na Zemlji, saj predstavljajo kar 56 % vseh živečih vretenčarskih vrst (Bogut et al., 2006). Trenutno je znanih 28.000 vrst rib, od tega jih 40 % živi v sladkih celinskih vodah. Te številke so samo okvirne in še zdaleč ne dokončne, saj vsako leto opišejo več kot 300 novih ribjih vrst, nekaj pa jih izgine, tako da se predvideva, da naj bi na Zemlji živelo med 32.000 in 40.000 vrst rib (Duplić, 2008).

Evropska ihtiofavna šteje 546 domorodnih ali avtohtonih (vrsta rib, ki izvira z geografskega področja, kjer živi še danes) in 33 tujerodnih ali alohtonih (vrsta rib, ki so bile slučajno ali namerno priseljene od drugod) sladkovodnih vrst rib (Duplić, 2008).

V slovenskih celinskih vodah je bilo leta 2006 zabeleženih 92 vrst rib, od tega je 77 vrst avtohtonih in 15 alohtonih ribjih vrst. V donavskem povodju živi 69 % domorodnih ribjih vrst, v jadranskem 39 %, 5 vrst pa je domorodnih v obeh povodjih. V 19. stoletju je prihajalo tudi do množičnega preseljevanja rib, predvsem v namene športnega ribištva.

Mnoge vrste so bile tako preseljene iz donavskega v jadransko povodje in obratno. V nekaterih primerih je med naseljenimi sorodnimi in domorodnimi vrstami prišlo do križanja, v večini primerov pa tujerodne vrste ogrožajo domorodne s kompeticijo, plenjenjem ali s spreminjanjem življenjskega prostora (Veenvliet in Veenvliet, 2006).

V Sloveniji je zaradi različnih dejavnikov ogroženih (zavarovanih ali uvrščenih na Rdeči seznam) 55 sladkovodnih vrst rib. Od tega je za 31 vrst Republika Slovenija opredelila posebna varstvena (pSCI) ali Natura 2000 območja. Uredba o varovanju prosto živečih živalskih vrstah pa določa varovanje habitatov za 46 vrst. Nekaj vrst že uvrščamo med izumrle (npr. več vrst jesetrov (Acipenseridae)), nekaj pa med lokalno izumrle (npr. blistavec (*Telestes souffia*; Risso, 1826) v reki Dravi). Razlog za njihovo izumrtje je v večini primerov človek s posrednim in neposrednim spreminjanjem oziroma uničevanjem habitatov (Govedič, 2007).

V vodotokih spodnjesarvskega območja po podatkih Zavoda za ribištvo (Jenič in Bertok, 2010) živi 55 vrst rib in 1 vrsta piškurja. Podatki za reko Mirno, ki je tudi pomemben del spodnjesarvskega območja, so že precej zastareli. Tako naj bi v letih 1969/70 živelo v porečju reke Mirne 16 vrst rib, leta 1985 pa 14 vrst rib (Povž, 1991). Kasnejših raziskav ihtiofavne v reki Mirni ni bilo.

2.3.5 Starost rib

Starost rib najpogosteje določamo s pomočjo lusk, saj so le te prisotne pri večini rib. Nekatere vrste rib imajo v koži posamezne zakrnele luske (npr. som (*Silurus glanis*; Linnaeus, 1758), kapelj (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758), zet (*Gasterosteus aculeatus*; Linnaeus, 1758)) ali pa so popolnoma brez lusk (npr. ameriški somič (*Ameiurus nebulosus*; Lesueur, 1819)) (Polž in Sket, 1990; Koračin, 1993). Poleg lusk lahko ugotavljamo starost rib še po kosteh v škržnem poklopcu, po vretencih ali po ravnotežnih kamenčkih ali otolithih v slušnem organu (Polž in Sket, 1990).

Luske so kožne tvorbe iz tanke zunanje koščene plasti in tanke notranje plasti vezivnega tkiva (Polž in Sket, 1990). Pri modernih kostnicah poznamo dve vrsti lusk: okrogle ali

cikloidne luske, ki imajo del, ki moli izpod kože, zaokrožen in nazobčane ali ktenoidne luske, pri katerih je zunanji rob posejan z drobnimi zobci, tako da je njihova koža na otip hrapava. Število in velikost lusk sta pomemben določevalni znak, saj se luske razvijajo že v fazi ličinke, njihovo število pa potem ostane nespremenjeno vse življenje (tudi če zaradi poškodb posamezne luske izpadejo, jih nadomestijo nove). Pri štetju lusk uporabimo pobočnico, saj tako lahko primerjamo število lusk med osebki in vrstami. Pri nekaterih vrstah pobočnice ni oziroma je nepopolno razvita, zato takrat preštejemo luske v vrsti, ki poteka po sredini bokov (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Na koščenem delu luske so lepo vidne koncentrične krožnice, s pomočjo katerih lahko določamo starost rib. Ločimo namreč pasove razmaknjenih in stisnjenih krožnic, ki se praviloma izmenjujejo. Pasu razmaknjenih in stisnjenih koncentričnih krožnic pravimo letnica ali anulus in nastane v enem letu življenja ribe (Polž in Sket, 1990).

2.3.6 Klen (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758)

Družina: krapovci _____ Cyprinidae

Vrsta: klen _____ *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)

Klen ima vretenasto telo, pokrito s srednje velikimi, temno obrobljenimi luskami. Vzdolž pobočnice je 45 - 46 lusk. Glava je ploščata s širokim čelom in velikimi terminalno nameščenimi usti. Telo je srebrne barve, ki proti hrbtu prehaja v sivo zeleno. Hrbtna in repna plavut sta pri odraslih osebkih temno rjavi, prsni sta temni z rdečkastim odtenkom, trebušni in predrepna plavut pa so rdeče obarvane. Za klena je značilna izbočena predrepna plavut, v kateri je 8 razvejanih plavutnic. Povprečno zraste 30 - 50 cm (lahko tudi 60 - 80 cm) in doseže starost 7 - 10 let, čeprav so ujeli tudi že 15 - 20 let stare primerke. Klen spolno dozori v 3. - 4. letu starosti. Drsti se od aprila do junija na plitvih prodiščih z močnim pretokom. Samci v času drsti dobijo drstne bradavice po glavi in telesu. Samica odloži 100.000 - 200.000 iker, ki se prilepijo na kamenje, potopljene koščke lesa ali vodno rastlinje in se izvalijo že po enem tednu. Hranijo se z vodnimi žuželkami in njihovimi ličinkami, mehkužci, ribjimi ikrami, občasno tudi z vodnim rastlinjem, odrasli kleni pa so tudi ribojedi. Živi v jatah v vseh tipih tekočih voda z razgibanim dnem in bregovi ter močnim pretokom. Najdemo ga lahko tudi v večjih stoječih vodah (npr. v Bohinjskem in

Cerkniškem jezeru), če je v njih dovolj kisika. Klen je razširjen v vodah vse Evrope, razen na severnem Škotskem, Irskem, Skandinaviji, v vardarskem in jadranskem porečju. Pri nas je splošno razširjen v donavskem povodju, naseljen pa je tudi že v dele soškega porečja. Sega tako v pas postrvi, kot tudi v pas lipana, pas mreke in celo v ploščičev ribji pas. Klen je občutljiv za organsko onesnaževanje, zato je ogrožen predvsem tam, kjer zaradi onesnaževanja in regulacij pride do izgube drstišč (Polž in Sket, 1990; Veenvliet in Veenvliet, 2006).

2.3.7 Pohra (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002)

Družina: krapovci _____ Cyprinidae

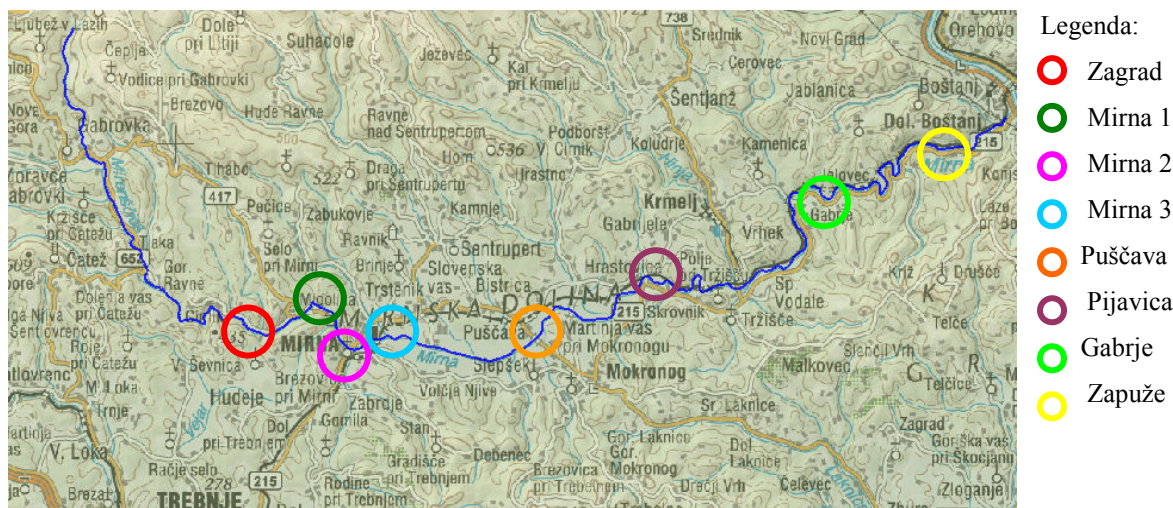
Vrsta: pohra _____ *Barbus balcanicus* (Kotlík et al., 2002)

Pohra ima vretenasto telo s plosko trebušno stranjo. Luske so majhne, vzdolž rahlo usločene pobočnice je 55 – 60 lusk. Na glavi je dolg gobec z izrazito podstojnimi usti. Na gobcu ima dva para brkov, prvi par na konici gobca in drugega v koticah ust, ki je nekoliko daljši od prvega (sega pod sredino očesa). Hrbtna stran je temno rjave barve in posejana s črnimi nepravilnimi lisami. Trebuh je rumenorjav. Za pohro je značilna zelo dolga predrepna plavut, ki sega do baze škarjaste repne plavuti. Najdaljša nerazvejana plavutnica v hrbtni plavuti na zadnji strani ni nazobčana, po čemer jo lahko ločimo od mreke. Povprečno zraste 15 - 25 cm (do 40 cm). Pohra spolno dozori v 2. – 3. letu starosti. Pri pohri poteka drstitev od maja do junija. V tem času dobijo samci na glavi drstne bradavice. Samica odloži ikre na prodnato ali kamnito dno. Hrani se z ličinkami žuželk, rakci, ikrami, občasno tudi z maloščetinci. Živi v manjših jatah pri dnu srednjegorskih, redkeje nižinskih potokih med kamenjem in peskom. Najpogosteje jo najdemo v potokih hudourniškega značaja do 500 m nadmorske višine. Pohra naseljuje porečje Donave, Dnjestra in Vardarja, pri nas jo najdemo v potokih in rekah donavskega povodja v srednji in jugovzhodni Sloveniji, redko še v vodotokih severovzhodne Slovenije. Sega v pas postrvi, le ponekod jo lahko najdemo tudi v lipanskem ribjem pasu. Je pogosta riba naših vodotokov. Za normalno življenje potrebuje čisto vodo z dovolj kisika, zato jo najbolj prizadenejo onesnaževanje in regulacije (Polž in Sket, 1990; Veenvliet in Veenvliet, 2006).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 IZBIRA IN OPISI VZORČNIH MEST

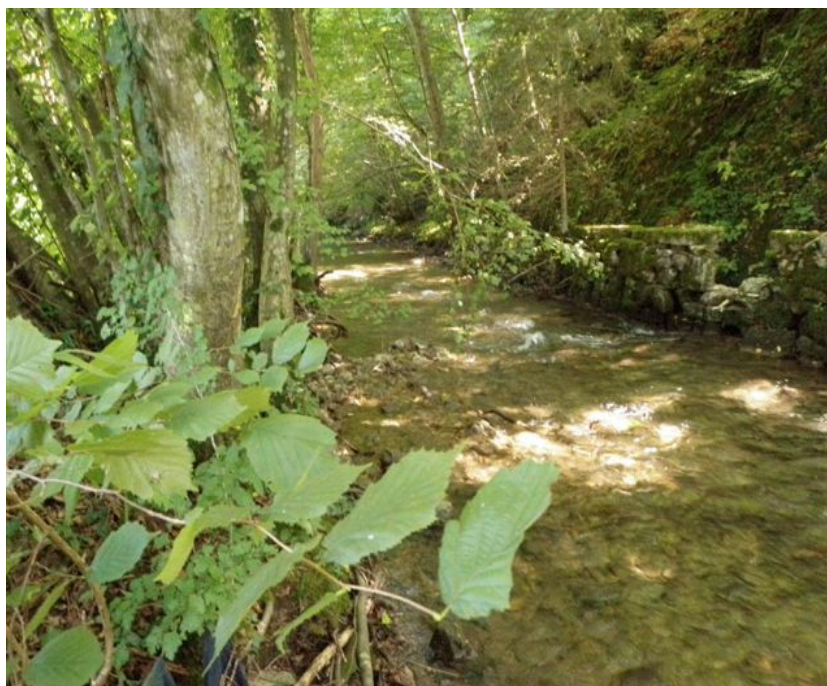
Raziskave so potekale od 13.08.2009 do 17.09.2009 na 28,30 km dolgem odseku reke Mirne. Z namenom, da bi ugotovili različne vplive nekaterih abiotских in antropogenih dejavnikov na združbo rib, smo si izbrali 8 vzorčnih mest (Slika 1). Prvo vzorčno mesto Zagrad in drugo vzorčno mesto Mirna 1 sta se nahajali 13,40 km oziroma 15,65 km od izvira in sta predstavljali naraven tok vode, kjer še ni bilo vpliva različnih antropogenih dejavnikov. Tretje vzorčno mesto Mirna 2 se je nahajalo na začetku Mirnsko – Mokronoške kotline pred samim mestom Mirna, kjer je reka rada poplavljala, zato je tam struga regulirana. S četrnim vzorčnim mestom Mirna 3, ki se je nahajalo približno 200 m za iztokom iz čistilne naprave Mirna oziroma samim mestom Mirna, smo želeli ugotoviti vpliv samega mesta oziroma čistilne naprave na združbo rib. Peto vzorčno mesto Puščava, šesto vzorčno mesto Pijavica in sedmo vzorčno mesto Gabrje smo izbrali na podlagi že znanih raziskav iz leta 1985. Vzorčna mesta so se razlikovala med seboj predvsem po toku vode, po poraščenosti okolice in reguliranosti brežin. Osmo vzorčno mesto Zapuže se je nahajalo 2,58 km pred izlivom v reko Savo. V tem delu je imela struga izrazito meandrirajoč vzorec s prevladujočim laminarnim tokom vode.



Slika 1: Porečje reke Mirne od izvira do izliva z označenimi vzorčnimi mesti (merilo 1: 121856; Interaktivni Atlas okolja, 2006).

3.1.1 Prvo vzorčno mesto Zagrad

Prvo vzorčno mesto Zagrad smo določili pod novim mlinom v naselju Zagrad. Dno struge so prekrivali različno veliki kamni in prodniki. Vodni tok je bil bolj ali manj laminaren z nekaj brzicami in le enim manjšim tolmunom. Struga je imela značilno obliko srednjegorskega potoka. Desni breg je poraščal naraven mešan gozd, levi breg pa intenzivni travniki. Reka ima tu relativno naravno strugo z minimalnimi človeškimi posegi v strugi. Človek je na tem območju posegal v strugo le z gradnjo starega mlina, ki se danes kaže kot ostanki kamnitega zidu. Na tem odseku je salmonidni revir, kamor vlagajo 4 – 5 let stare potočne postrvi (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758) predvsem v namene športnega ribolova.



Slika 2: Prvo vzorčno mesto Zagrad (Foto: D. Jakopin).

3.1.2 Drugo vzorčno mesto Mirna 1

Drugo vzorčno mesto Mirna 1 smo določili pred naseljem Mirna. Na desni strani so že prve posamezne hiše, na levi strani pa nogometno igrišče. Struga je imela podobne karakteristike kot na prvem vzorčnem mestu, le delež prodnikov je bil nekoliko večji od deleža kamnov. Vodni tok je bil laminaren z nekaj tolmunji in brzicami. Struga je tudi tukaj imela obliko srednjegorskega potoka. Desno stran brega so poraščali posamezni grmi in drevesa, levo stran brega pa travišča. Tudi tu ima reka relativno naravno strugo z minimalnimi človeškimi posegi. Človeški vpliv se kaže samo na desnem bregu v obliki kamnometa. To območje je prav tako del salmonidnega revirja, kamor se vlaga 4 – 5 let stare potočne postrvi (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758) v namene športnega ribolova.



Slika 3: Drugo vzorčno mesto Mirna 1 (Foto: L. Ramšak).

3.1.3 Tretje vzorčno mesto Mirna 2

Tretje vzorčno mesto Mirna 2 smo določili 50 m niže od drugega vzorčnega mesta, kjer je struga v celoti regulirana. Vodni tok je bil laminaren z brzicami. Desni breg je bil v celoti

pozidan, levi breg pa so poraščala posamezna travišča. Kljub reguliranosti je to območje del salmonidnega revirja, kjer uradno ne poteka vlaganje potočnih postrvi (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758), prav tako je redek ribolov.



Slika 4: Tretje vzorčno mesto Mirna 2 (Foto: L. Ramšak).

3.1.4 Četrto vzorčno mesto Mirna 3

Četrto vzorčno mesto Mirna 3 smo določili 100 m pod železniškim mostom oziroma 200 m za iztokom iz čistilne naprave Mirna. Struga je imela obliko nižinskih potokov, za katere je značilen finejši substrat. Dno struge so prekrivali različno veliki prodniki, pesek in nekaj kamnov. Vodni tok je bil pretežno laminaren z nekaterimi večjimi tolmunji. Oba bregova reke so poraščali posamezni grmi in drevesa, medtem ko so okolico poraščali intenzivni travniki. Reka ima tu naravno strugo brez vidnih vplivov človeka. To območje spada v beličarski revir 2, kjer je ribolov dokaj pogost.



Slika 5: Četrto vzorčno mesto Mirna 3 (Foto: D. Jakopin).

3.1.5 Peto vzorčno mesto Puščava

Peto vzorčno mesto Puščava smo določili pod glavnim mostom v naselju Puščava. Dno struge so pretežno prekrivali različno veliki prodniki, pesek in mulj, nekaj je bilo tudi kamnov, kar je značilno za nižinske potoke. Vodni tok je bil laminaren s številnimi brzicami in tolmunimi. Obrežje so poraščala drevesa v pasu 2 – 5 m, okolico pa intenzivni travniki. V strugi se kaže vpliv človeka, saj smo na levem bregu tik pod mostom opazili gradbene odpadke. Sicer pa je na tem območju intenziven ribolov tako salmonidnih kot ciprinidnih rib, saj je ta odsek del beličarskega revirja 2.



Slika 6: Peto vzorčno mesto Puščava (Foto: D. Jakopin).

3.1.6 Šesto vzorčno mesto Pijavica

Šesto vzorčno mesto Pijavica smo določili pod mostom v bližini železniške postaje Pijavica. Dno struge je prekrivala mešanica različno velikih kamnov in prodnikov. Vodni tok je bil pretežno laminaren. Oba bregova reke so večinoma poraščali posamezni grmi in drevesa ter travišča. V okolici so prevladovali intenzivni travniki, nekaj pa je bilo tudi njiv, vrtov in visokih zeli. Reka ima tu relativno spremenjene brežine, ki se kažejo v obliki kamnometa po celotni dolžini struge. To območje je del beličarskega revirja 2, kjer poteka intenziven ribolov.



Slika 7: Šesto vzorčno mesto Pijavica (Foto: D. Jakopin).

3.1.7 Sedmo vzorčno mesto Gabrje

Sedmo vzorčno mesto Gabrje smo določili 200 m nad mostom v kraju Gabrje. V strugi so bili vidni prodniki in kamni različnih velikosti. Tok je bil laminaren z globokimi tolmoni, brzice pa so bile le redko zastopane. Bregova reke so večinoma poraščala drevesa v pasu 2 – 5 m, nekaj malega pa je bilo predvsem na desnem bregu tudi travišč. V okolici so bili na desni strani predvsem ekstenzivni travniki in mešan gozd, na levi strani pa je bilo tudi nekaj hiš in kamniti zid nad cesto, ki poteka vzporedno z reko. Struga je na tem območju relativno naravna. Vpliv človeka se kaže v delni reguliranosti brežin v obliki kamnometa. Ta odsek je del muharskega revirja 3, kjer poteka vlaganje rib, predvsem šarenk (*Oncorhynchus mykiss*; Walmaum, 1792) in intenziven ribolov, t. i. muharjenje.



Slika 8: Sedmo vzorčno mesto Gabrje (Foto: L. Ramšak).

3.1.8 Osmo vzorčno mesto Zapuže

Osmo vzorčno mesto Zapuže smo določili v spodnjem delu toka reke Mirne v kraju Zapuže, kjer je imela reka izrazito meandrirajočo strugo. Dno struge je prekrivala mešanica različno velikih kamnov in prodnikov. Tok vode je bil pretežno laminaren z nekaj brzicami in tolmoni. Levi breg so poraščala travišča in posamezna drevesa, desni breg pa je bil v zgornjem delu večinoma neporaščen, v spodnjem delu pa so ga poraščala posamezna drevesa. V okolici so bili intenzivni travniki, mešan gozd, na levi strani tudi nekaj hiš. To območje je sicer del muharskega revirja 3, kjer vlagajo predvsem šarenke (*Oncorhynchus mykiss*; Walmaum, 1792). Prav tako je na tem odseku intenzivno muharjenje.



Slika 9: Osmo vzorčno mesto Zapuže (Foto: L. Ramšak)

3.2 MERITVE HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV

Na vsakem vzorčnem mestu smo si izbrali 100 - metrski odsek vodotoka, na katerem smo izmerili ali ocenili nekatere hidromorfološke lastnosti struge, kot so: širina struge, globina vode, tipi vodnih tokov, poraščenost okolice in obrežja, reguliranost brežin, zasenčenost in strukturo anorganskega substrata. Na istih 100 – metriških preiskovanih odsekih smo izmerili tudi nekatere fizikalne in kemijske parametre ter izvedli elektroizlov rib za določitev vrstne sestave, oceno velikosti populacije posameznih vrst rib in določitev starostne strukture klena in pohre.

3.2.1 Meritve širine struge in globine vode

Na vsakem vzorčnem mestu smo si na 100 – metrskega odseku izbrali posamezne preseke v tolmunih, brzicah in predelih laminarnega toka, kjer smo z merilnim metrom izmerili dejansko in omočeno širino struge na cm natančno ter z merilno desko izmerili globino

vode na cm natančno. Iz dobljenih meritev smo izračunali površino izlova z omočeno širino na 100 m² ter narisali prečne prereze strug.

$$\text{Enačba: } \text{Površina izlova z omočeno širino} / 100 \text{ m}^2 \quad \dots(1)$$

$$A = \check{S} \cdot L / 100$$

kjer je:

A - površina izlova z omočeno širino / 100 m²

Š - povprečna omočena širina struge (m)

L - dolžina izlova (100 m)

3.2.2 Ocene deležev posameznih kategorij anorganskega substrata

Na vsakem vzorčnem mestu smo na izbranem odseku vodotoka ugotovili posamezne kategorije anorganskega substrata in jim glede na opise, ki so prikazani v preglednici 2 (AQEM, 2002), določili njihove deleže za vsako vzorčno mesto.

Preglednica 2: Razvrstitev anorganskega substrata po velikosti delcev (po AQEM, 2002) (Urbanič in Toman, 2003).

KATEGORIJA	OPIS	PREMER DELCEV (cm)
Megalital	Skale, živa skala	> 40
Makrolital	Veliki kamni	20 – 40
Mezolital	Majhni kamni	6 – 20
Mikrolital	Veliki prodniki	2 – 6
Akal	Majhni in srednje veliki prodniki	0,2 – 2
Psamal	Pesek in blato	0,006 – 0,2
Agrilal	Mulj in glina	< 0,006

3.2.3 Ocene deležev posameznih tipov vodnih tokov, poraščenosti okolice in obrežja, reguliranosti brežin in zasenčenosti

Na vsakem 100 – metrskem preiskovanem odseku smo ocenili deleže:

- posameznih tipov tokov: tolmun (globoka, počasi tekoča voda), brzica (plitva, turbulentna voda) in laminaren tok (srednja globina in hitrost vode),
- poraščenosti okolice: njive in vrtovi, intenzivni travniki, ekstenzivni travniki, mešan gozd, listnat gozd, visoke zeli in pozidava,
- poraščenosti obrežja: brez rastja, travišča, posamezni grmi in drevesa, drevesa v pasu 2 – 5 m, drevesa v pasu 5 - 15 m in drevesa v pasu nad 15 m,
- reguliranosti brežin: ni regulirano, kamnomet (~ 45 %), kamniti zid (vertikala) in gradbeni odpadki in
- zasenčenosti.

3.3 MERITVE FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH PARAMETROV

S prenosnima multimetroma (Eutech PCD 650, HACH HQD) smo na vseh vzorčnih mestih pred začetkom vzorčenja rib izmerili temperaturo vode (°C), elektroprevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$) in pH vrednosti. Koncentracijo v vodi raztopljenega kisika (mg/L) in nasičenost vode s kisikom (%) zaradi nepravilno umerjenih aparatov nismo merili.

3.4 VZORČENJE RIB IN DOLOČANJE NJIHOVE STAROSTI

Vzorčenje rib v reki Mirni je potekalo od 13. avgusta 2009 do 17. septembra 2009. Na izbranih vzorčnih mestih smo najprej izbrali 100 – metrske odseke struge, ki so zajemali vse tri življenjske prostore oziroma vse tri tipe vodnih tokov: tolmun, brzico in laminaren tok. Izbrani del struge smo pred začetkom elektroizlova na zgornjem delu prečno omejili z zaporno mrežo ter tako preprečili uhajanje rib po toku navzgor. Izlov smo opravili z 2 – 3 (odvisno od širine same struge) nahrbtnimi elektroagregati z močjo 0,6 – 1,5 kW pod vodstvom strokovnih sodelavcev Zavoda za ribištvo Slovenije.

3.4.1 Vzorčenje rib

Izlovna ekipa, ki je štela 6 – 8 ljudi, se je počasi premikala po toku navzgor, da kalnost vode zaradi brodenja ne bi vplivala na učinkovitost izlova. Elektroribiča sta sistematično s kratkimi potegi anode skozi vodni habitat pritegnila ribe iz bližnje okolice in skrivališč. Električni tok namreč teče v vodi od negativne katode proti pozitivni anodi. Vpliv katode povzroči v motoričnem mišičevju (v zadnjem delu telesa in repu), da se mišice ribe skrčijo in ribo potegne proti anodi. To fazo imenujemo galvanotaksis. Tako omamljene ribe sta prva pomočnika polovila s sakom in jih podala drugima pomočnikoma v vedro z vodo. Te ribe smo sproti odnašali v zbiralne posode z vodo. Ribe iz zbiralnih posod smo postopoma prenesli v posodo z narkotikom (5 mL etilenglikolmonofenil etra na 10 L vode). Vsako omamljeno ribo smo glede na zunanje morfološke znake in s pomočjo določevalnega ključa po Veenvliet in Veenvliet (2006) določili do vrste, jo stehali do 1 g natančno in ji izmerili skupno telesno dolžino (od vrha ust do konca repne plavuti) do mm natančno. Določene in izmerjene ribe smo namestili v posodo s svežo vodo, da so se zbudile iz narkoze, nato pa smo jih spustili nazaj v reko nad prečno postavljeno mrežo, da jih pri naslednjem izlovu ne bi ponovno ulovili. Za oceno velikosti ribje populacije smo na vsakem vzorčnem mestu opisani postopek (najprej elektroizlov, nato določanje in meritve rib) ponovili dvakrat.

3.4.2 Določanje starosti rib

Po izmerjeni dolžini in masi smo klenu (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1759) in pohri (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) v predelu pobočnice s pinceto odvzeli par (3 – 5) lusk in jih zavili v listke papirja, ki smo jih predhodno označili z zaporedno številko posamezne ribe. Listke z luskami smo skupaj z etiketami, na katere smo zapisali datum in kraj vzorčenja, shranili v PVC vrečkah. V laboratoriju smo listke z luskami posušili in jih shranili v papirnate škatle do pregledovanja.

Pod lupo s presevno svetlobo smo najprej pregledali vse luske in ločili poškodovane (deregenerirane) od nepoškodovanih lusk, saj so za pravilno določanje starosti rib uporabne samo nepoškodovane luske.

S pomočjo fine pincete smo nato nepoškodovane luske prenesli s papirja na objektno stekelce ter jih pokrili z drugim objektnim stekelcem. Objektni stekelci smo na vsaki strani povezali skupaj s samolepilnim trakom. Tako pripravljen suhi preparat smo označili s primerno etiketo, na katero smo zapisali kraj in datum vzorčenja, vrsto ribe in zaporedno številko posamezne ribe. Preparate smo gledali pod lupo s presevno svetlobo Leica MZ8 pri povečavah 10 – 80 krat. Na luski so lepo vidne izražene koncentrične krožnice, po katerih lahko določimo starost ribe. V osrednjem delu luske je jasno opazno žarišče ali fokus, od njegove sredine proti robu pa potekajo žarkaste proge ali radiji. Žarišču sledijo pasovi razmaknjenih in stisnjenih koncentričnih krožnic, ki se praviloma izmenjujejo. Razmaknjeni pasovi koncentričnih krožnic predstavljajo obdobje leta, ko je bila rast ribe hitra. To obdobje v večini primerov predstavlja poletje, ko je hrane dovolj za rast in razvoj in je temperatura vode visoka. Gostejši pasovi koncentričnih krožnic pa nastanejo pozimi, ko je temperatura vode nizka, hrane je manj in je posledično tudi rast upočasnjena. V enem letu nastane po en pas razmaknjenih in en pas stisnjenih koncentričnih krožnic (letnica ali *anulus*). Na posameznem preparatu smo prešteli število letnic ter tako dobili starost posamezne ribe.

3.5 BIOLOŠKE ANALIZE

3.5.1 Združba rib

Združbo rib v reki Mirni smo primerjali prostorsko med posameznimi vzorčnimi mesti. Ribe smo primerjali glede na vrstno sestavo, po številu osebkov na 100 m² in po biomasi (g/100 m²). Klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1759) in pohro (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) smo primerjali tudi po velikosti (cm) in starosti (leta).

Iz vsote obeh izlovov smo izračunali oceno števila rib za vsako vzorčno mesto ter jo izrazili kot število rib na 100 m². Prav tako smo izračunali tudi oceno števila rib na 100 m² za najpogostejše vrste.

Biomaso smo izrazili kot g rib na 100 m². Biomase rib obeh izlovov smo preprosto sešteli in tako izračunali oceno biomase rib za vsako vzorčno mesto. Prav tako smo izračunali tudi oceno biomase za najpogostejše vrste.

Pri kleni (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1759) in pohri (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) smo spremljali tudi velikost in starost osebkov na vsakem vzorčnem mestu. Za obe vrsti smo sešteli število osebkov v posameznem starostnem razredu. Vsakemu starostnemu razredu so pripadali osebki določenih starosti in dolžin. Tako je bil npr. najmlajši starostni razred 0+, v katerem so bili kleni veliki 3,3 – 5,2 cm in so bili mlajši od enega leta ter pohre velikosti 4,6 – 5,6 cm, ki so bile mlajše od enega leta. Sledil je starostni razred 1, starostni razred 2 in tako naprej do starostnega razreda 8 pri kleni in do starostnega razreda 10 pri pohri. Starostni razredi so se med vrstama razlikovali. Prav tako so se pri kleni in pohri razlikovale velikosti osebkov v posameznem starostnem razredu. V rezultatih smo upoštevali dejansko število ujetih osebkov obeh vrst in ne ocene števila rib.

3.5.2 Statistične analize

Dobljene podatke smo statistično obdelali s pomočjo računalniških orodij MS Excel 2003 in MS Word 2003 ter s pomočjo programov Ecological Methodology (Krebs, 2000) in PAST (<http://folk.uio.no/ohammer/past>).

3.5.2.1 Ocena vrstnega bogastva

Indeksi vrstnega bogastva so uporabni za medsebojno primerjanje združb in njihovih skupin. V naši nalogi smo za oceno vrstnega bogastva na posameznem vzorčnem mestu uporabili Margalefov indeks vrstnega bogastva. Ocena temelji na prisotnosti vseh vrst, za pravilnost primerjav pa mora biti izpolnjen pogoj, da je število vrst linearna funkcija logaritma iz števila osebkov (Robič, 2000).

Enačba: Margalefov indeks vrstnega bogastva

...(2)

$$R_1 = (S - 1) / \log N$$

kjer je:

S - število vseh vrst

N - število vseh osebkov

3.5.2.2 Ocena raznovrstnosti združb

Za posamezna vzorčna mesta smo analizirali tudi značilnosti ribjih združb. Kot pomemben pokazatelj stanja določene združbe je vrstna diverziteta. Za oceno raznovrstnosti združb smo uporabili Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks in Simpsonov diverzitetni indeks, ki smo ju izračunali s pomočjo programa Ecological Methodology (Krebs, 2000).

Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks (H') smo uporabili za ugotavljanje pestrosti združbe rib, saj je le-ta indeks najbolj uporaben indeks splošne vrstne diverzitete. Indeks kot mero diverzitete vključuje tako število vrst v posamezni združbi kot pogostost pojavljanja osebkov posamezne vrste (Tarman, 1992).

Enačba: Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks

...(3)

$$H' = - \sum (p_i \cdot \ln p_i)$$

kjer je:

H' - diverziteta po Shannon – Wienerju

p_i - delež osebkov *i* – tega taksona

Simpsonov diverzitetni indeks (D) pa smo uporabili za ugotavljanje dominance posamezne vrste, saj je ta indeks občutljiv na pogostost pojavljanja določene vrste (Tarman, 1992).

Enačba: Simpsonov diverzitetni indeks

...(4)

$$D = \sum p_i^2$$

kjer je:

D - diverziteta po Simpsonu

p_i - delež *i* – te vrste v vzorcu

3.5.2.3 Podobnost med združbami

V vodnih ekosistemih, kjer ni tako ostrih razlik v dejavnikih okolja, združbe zvezno prehajajo druga v drugo, meje med njimi pa so težko določljive (Tarman, 1992). Zato za njihovo razlikovanje oziroma ugotavljanje podobnosti uporabljamo različne indekse, med njimi tudi Bray – Curtisov indeks podobnosti (Urbanič in Toman, 2008). S pomočjo programa PAST (<http://folk.uio.no/ohammer/past>) smo izračunali vrednosti Bray – Curtisovega indeksa za vsako vzorčno mesto in izrisali dendrogram podobnosti vzorčnih mest.

Enačba: Bray – Curtisov indeks podobnosti

...(5)

$$S_{BC} = 2w / (A + B)$$

kjer je:

S_{BC} - Bray – Curtisov indeks podobnosti

w - število skupnih osebkov v obeh vzorcih

A - število osebkov v 1. vzorcu

B - število osebkov v 2. vzorcu

4 REZULTATI

4.1 ANALIZE HIDROMORFOLOŠKIH PARAMETROV

V reki Mirni smo na izbranih vzorčnih mestih na 100 – metriških odsekih merili ali ocenili tudi nekatere abiotске parametre, kot so hidromorfološki, fizikalni in kemijski parametri.

4.1.1 Širina struge in globina vode

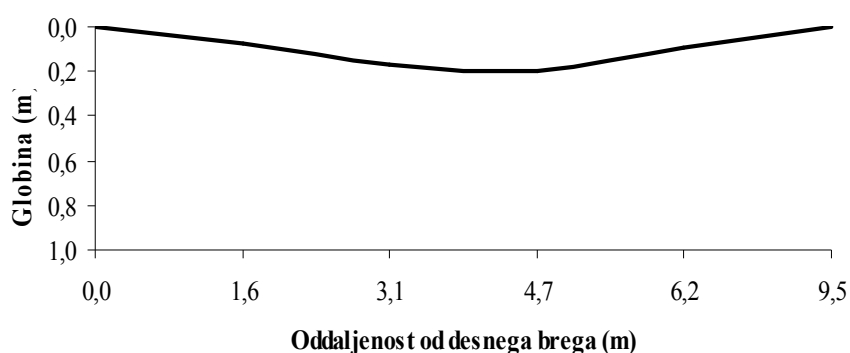
Preglednica 3: Minimalne (min), maksimalne (max) in povprečne (X) vrednosti ter standardne deviacije (SD) izbranih hidromorfoloških parametrov na posameznih vzorčnih mestih.

Vzorčno mesto	Dejanska širina struge (m)				Omočena širina struge (m)				Globina vode (m)			
	min	max	X	SD	min	max	X	SD	min	max	X	SD
Zagrad	6,2	9,5	8,0	1,7	5,3	6,2	5,8	0,5	0,1	0,3	0,2	0,1
Mirna 1	7,8	8,0	7,9	0,1	5,3	6,5	6,0	0,6	0,2	0,6	0,4	0,1
Mirna 2	8,5	8,9	8,8	0,2	6,2	8,3	7,6	1,2	0,1	0,3	0,2	0,1
Mirna 3	9,5	13,0	10,8	1,9	6,3	7,8	7,3	0,8	0,1	0,4	0,2	0,1
Puščava	10,5	13,0	11,8	1,3	8,2	8,8	8,5	0,3	0,2	0,5	0,4	0,1
Pijavica	11,0	11,8	11,4	0,4	8,5	9,3	9,0	0,4	0,1	0,6	0,3	0,2
Gabrje	11,1	13,6	12,0	1,4	9,0	11,6	9,9	1,5	0,1	0,9	0,5	0,3
Zapuže	16,6	20,6	18,7	2,0	12,2	13,1	12,7	0,5	0,1	0,8	0,5	0,3

Širina omočenega dela struge se je po toku navzdol povečevala, izjema je bilo le tretje vzorčno mesto Mirna 2, ki je imelo zaradi reguliranosti širšo strugo kot četrto vzorčno mesto Mirna 3. Trend upadanja po toku navzdol je bil viden tudi pri dejanski širini struge, čeprav je tukaj prihajalo do več odstopanj. Tako smo imeli na prvem vzorčnem mestu dejansko širino struge večjo kot na drugem vzorčnem mestu ter na vzorčnem mestu Puščava večjo kot na vzorčnem mestu Pijavica. Razlike med dejansko in omočeno širino struge so bile različne. Najmanjšo razliko med povprečno dejansko in povprečno omočeno širino struge je imela Mirna 2 (1,2 m), kot posledica regulacije struge. Majhno razliko med tema dvema kategorijama so imela tudi vzorčna mesta Mirna 1 (1,9 m), Gabrje (2,1 m), Zagrad (2,2 m) in Pijavica (2,4 m). Nekoliko večje razlike med povprečnimi dejanskimi in omočenimi širinami strug so bile na petem (3,3 m) in četrtem (3,5 m) vzorčnem mestu,

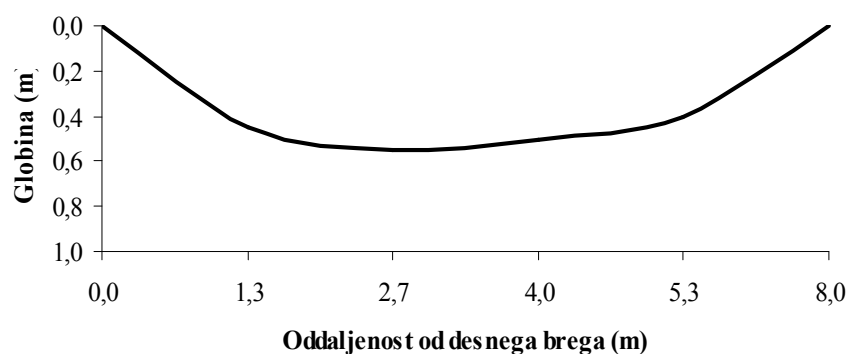
medtem ko se je dejanska in omočena širina struge v Zapužah razlikovala za 6 m. Tako velika razlika na osmem vzorčnem mestu je bila posledica počasnega, meandrirajočega toka na tem območju. V povprečju je bila voda v poletnem času globoka od 0,2 (Zagrad, Mirna 2, Mirna 3) do 0,5 m (Gabrje, Zapuže) (Preglednica 3).

Omočeni del struge na prvem vzorčnem mestu Zagrad je bil v povprečju globok 0,2 m in širok 5,3 – 6,2 m. Struga je imela obliko srednjegorskega potoka, za katerega je značilno korito v obliki črke U (Slika 10).



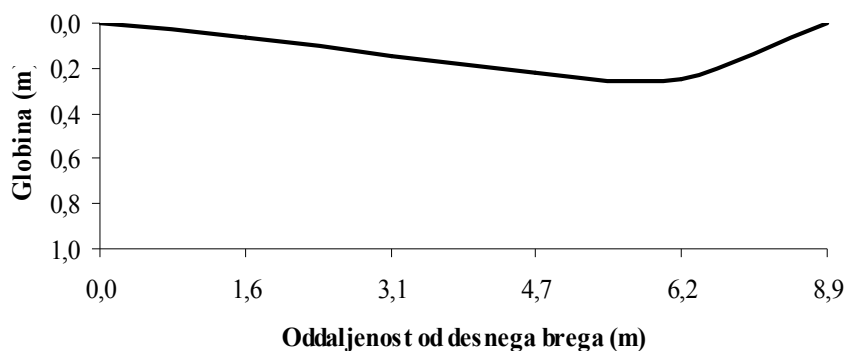
Slika 10: Prečni prerez struge reke Mirne na prvem vzorčnem mestu Zagrad.

Korito na drugem vzorčnem mestu Mirna 1 je imelo podobno obliko črke U srednjegorskega potoka kot Zagrad, le da sta bili omočena širina struge in globina vode za 0,2 m večji. Omočeni del struge je bil v povprečju širok 6,0 m in globok 0,4 m (Slika 11).



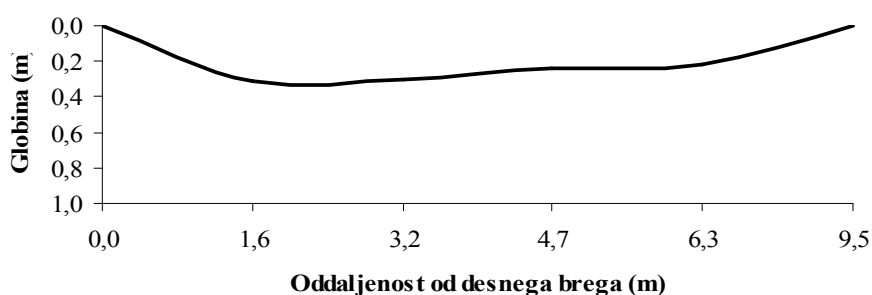
Slika 11: Prečni prerez struge reke Mirne na drugem vzorčnem mestu Mirna 1.

Struga tretjega vzorčnega mesta Mirna 2 je bila v celoti regulirana, zato je bila tam povprečna globina vode enaka kot na vzorčnem mestu Zagrad (0,2 m), medtem ko je bila struga omočenega dela širša tako od drugega (za 1,6 m) kot od četrtega vzorčnega mesta (za 0,3 m) in je merila v povprečju 7,6 m (Slika 12).



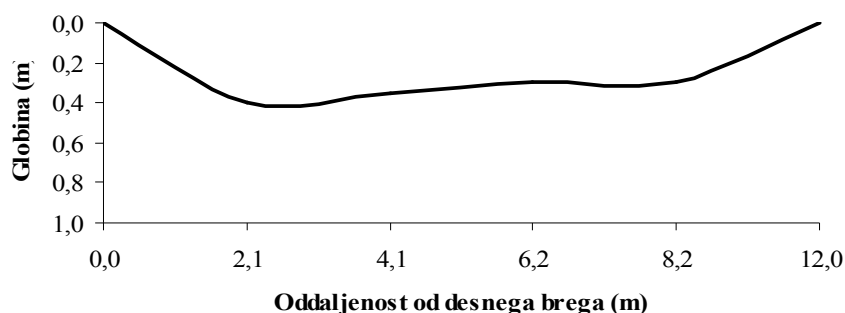
Slika 12: Prečni prerez struge reke Mirne na tretjem vzorčnem mestu Mirna 2.

Povprečna globina vode na četrtem vzorčnem mestu Mirna 3 je znašala isto kot na prvem in tretjem vzorčnem mestu (0,2 m). Širina omočenega dela struge je merila 6,3 – 7,8 m (Slika 13). Struga je imela na tem delu že obliko nižinskega potoka.



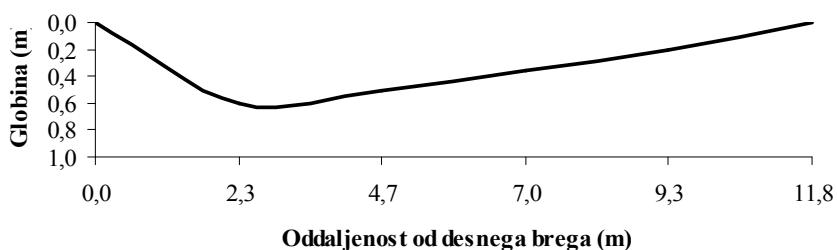
Slika 13: Prečni prerez struge reke Mirne na četrtem vzorčnem mestu Mirna 3.

Na petem vzorčnem mestu Puščava je bila voda globlja. V povprečju je globina vode merila 0,4 m, v globljih tolmunih tudi do 0,5 m. Omočeni del struge je bil širok 8,2 – 8,8 m in je imel obliko nižinskega potoka (Slika 14).



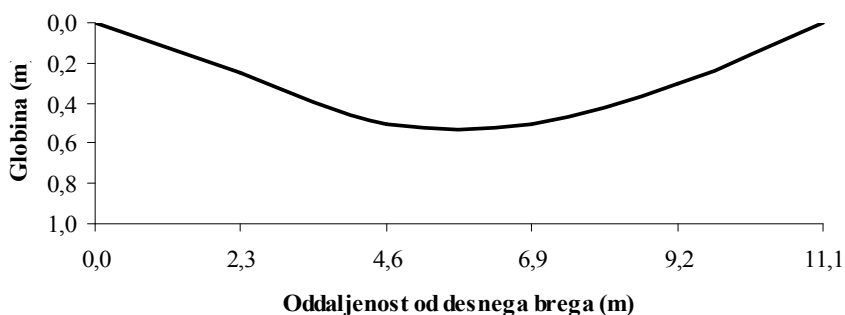
Slika 14: Prečni prerez struge reke Mirne na petem vzorčnem mestu Puščava.

Na šestem vzorčnem mestu Pijavica je bila voda ponovno nekoliko plitvejša (0,3 m) kot na petem vzorčnem mestu. To bi lahko bila tudi posledica širše struge. Omočeni del struge je bil namreč širši za 0,5 m in je v povprečju meril 9,0 m (Slika 15).



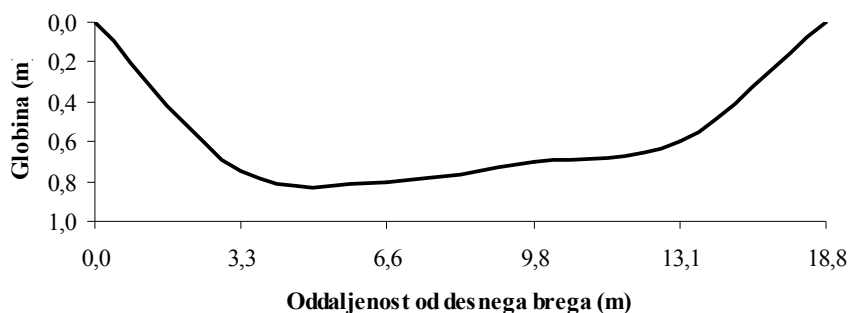
Slika 15: Prečni prerez struge reke Mirne na šestem vzorčnem mestu Pijavica.

Na sedmem vzorčnem mestu Gabrje je bila voda globoka 0,5 m, v tolmunih tudi do 1,0 m. Širina omočenega dela struge je merila 9,0 – 11,6 m in je bila od širine vzorčnega mesta Pijavica v povprečju širša za 0,9 m (Slika 16).



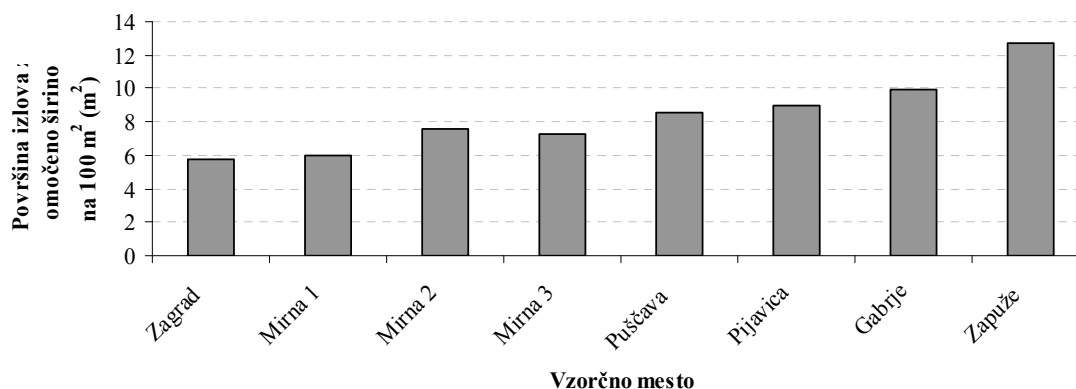
Slika 16: Prečni prerez struge reke Mirne na sedmem vzorčnem mestu Gabrje.

Povprečna globina vode na osmem vzorčnem mestu Zapuže je bila enaka kot na sedmem vzorčnem mestu (0,5 m), le tolmini so bili nekoliko plitvejši (najgloblji tolmun je bil globok 0,9 m). Struga je bila na tem delu vodotoka najširša. Omočeni del struge je meril 12,2 – 13,1 m. Glede na širino struge bi lahko ta del vodotoka že uvrstili med velike reke, ker pa struga pogosto meandrira, ima tudi ta struga obliko nižinskega potoka (Slika 17).



Slika 17: Prečni prerez struge reke Mirne na osmem vzorčnem mestu Zapuže.

Iz povprečne omočene širine struge in dolžine izlova smo izračunali površino izlova za vsako vzorčno mesto in jo izrazili kot površina izlova z omočeno širino na 100 m^2 (Enačba 1). Površine izlova so se sorazmerno s povečevanjem omočene širine struge po toku navzdol povečevale od $5,8 \text{ m}^2 / 100 \text{ m}^2$ na prvem vzorčnem mestu do $12,7 \text{ m}^2 / 100 \text{ m}^2$ na osmem vzorčnem mestu. Izjema je bilo le vzorčno mesto Mirna 2, kjer je bila zaradi reguliranosti struge, širina omočenega dela širša kot na četrtem vzorčnem mestu in je bila posledično tudi površina izlova na tretjem vzorčnem mestu večja kot na četrtem vzorčnem mestu. Tako je površina na tretjem vzorčnem mestu merila $7,6 \text{ m}^2 / 100 \text{ m}^2$, na četrtem pa $7,3 \text{ m}^2 / 100 \text{ m}^2$ (Slika 18).



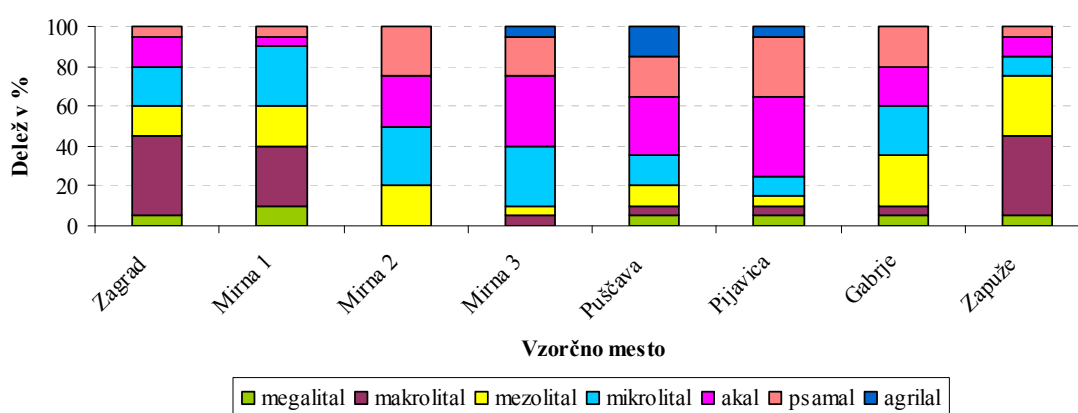
Slika 18: Velikosti površin izlova z omočeno širino na 100 m^2 na posameznih vzorčnih mestih.

4.1.2 Anorganski substrat in reguliranost brežin

Poleg same oblike struge je za vodno okolje in organizme v njem zelo pomemben tudi substrat in reguliranost brežin. Ribe, kot so npr. postrvi (*Salmo sp.*), živijo v vodotokih z bolj grobim substratom, saj jim le tovrstno okolje predstavlja ugoden življenjski prostor za življenje, prehranjevanje, drstitev, veliki kamni pa jim nudijo tudi zatočišča oziroma skrivališča. Spet druge ribe imajo raje finejši substrat, kjer prevladujejo manjši prodniki, pesek in mulj. Tako lahko že iz posameznega tipa substrata približno sklepamo, katere vrste rib bi lahko našli v takem vodotoku.

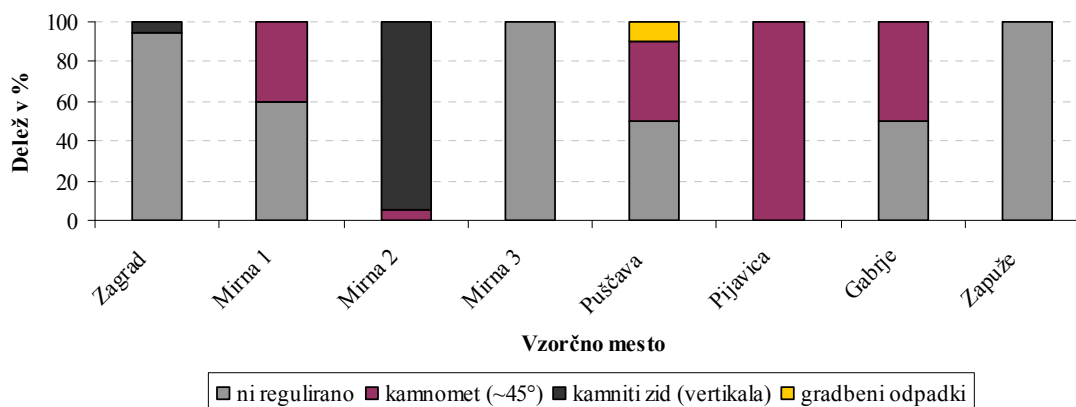
Substrat prvega in drugega vzorčnega mesta je bil grob, predvsem na račun velikih kamnov in prodnikov, kar je značilno za srednjegorske vodotoke. Na prvem vzorčnem mestu je prevladoval delež makrolitala (40 %), medtem ko so bili deleži mezolitala, mikrolitala in akala razmeroma enaki (15 – 20 %). Delež megalitala in psamala je bil minimalen (5 %). Drugo vzorčno mesto je imelo podobno strukturo substrata, le deleži so bili nekoliko drugačni. Tako so se povečali deleži megalitala (10 %), mezolitala (20 %) in mikrolitala (30 %), medtem ko sta se deleža makrolitala in akala zmanjšala za 10 %. Čeprav je imela struga osmega vzorčnega mesta obliko nižinskega potoka, je bil substrat grob in zelo podoben strukturi substrata na prvem vzorčnem mestu. Deleži megalitala, makrolitala in psamala so bili celo enaki kot na prvem vzorčnem mestu. Delež mezolitala je bil večji (30 %), deleža mikrolitala in akala pa sta bila nekoliko manjša kot na prvem vzorčnem mestu. Na tretjem vzorčnem mestu je bil substrat kljub regulaciji struge razmeroma raznolik. In sicer je dno struge na tem odseku prekrivala mešanica manjših kamnov, različno velikih prodnikov in peska. Delež mezolitala (20 %) in mikrolitala (30 %) je bil večji na začetku vzorčnega mesta predvsem na račun kamnometa, medtem ko sta na koncu prevladovala akal in psamal (skupaj 50 %). Substrat na preostalih štirih vzorčnih mestih je bil fin, kar je značilnost nižinskih potokov. Na četrtem, petem in šestem vzorčnem mestu je bil prisoten tudi manjši delež agrilala (5 – 15 %). Le ta se je na petem in šestem vzorčnem mestu pojavil v globljih tolmunih, medtem ko je bil na četrtem vzorčnem mestu prisoten tik pod mostom ob desnem bregu. Sicer pa je na teh treh vzorčnih mestih prevladoval akal (30 – 40 %), veliko je bilo tudi psamala (20 – 30 %) in mikrolitala (10 – 30 %). Le tega je bilo nekoliko več na četrtem vzorčnem mestu (30 %). Na petem in šestem vzorčnem mestu je

bil ob levem bregu tudi majhen delež megalitala (5 %), ki ga na četrtem vzorčnem mestu ni bilo. Smo pa 5 % delež megalitala zasledili tudi na sedmem vzorčnem mestu. Tudi sicer je bila struktura substrata sedmega vzorčnega mesta podobna strukturi substrata petega vzorčnega mesta, le deleži posameznih kategorij substrata so se nekoliko razlikovali in manjkalo je agrilal. Tako so na sedmem vzorčnem mestu dno struge predvsem na začetku vzorčnega mesta ob levem bregu prekrivali majhni kamni in veliki prodniki, med njimi so bili opazni še nekateri večji kamni in skale (skupno 10 %). Spodnji del struge, predvsem tolmune, je prekrival finejši substrat (20 % akala in 20 % psamala) (Slika 19).



Slika 19: Struktura in deleži posameznih kategorij anorganskega substrata na posameznih vzorčnih mestih.

Brežini strug četrtega in osmega vzorčnega mesta sta bili v celoti neregulirani (100 %). Tudi na vzorčnem mestu Zagrad sta prevladovali neregulirani brežini (95 %), le desna brežina na začetku vzorčnega mesta je imela obliko kamnitega zidu (5 %), kot ostanek starega mlina. Na preostalih vzorčnih mestih se je kazal različen vpliv človeka. Tako sta bili brežini na vzorčnem mestu Mirna 2 in Pijavica v celoti spremenjeni. Vzrok temu so bile pogoste poplave, zato je človek strugi reguliral. Na vzorčnem mestu Mirna 2 sta imeli brežini v 95 % obliko kamnitega zidu, 5 % pa je bilo kamnometa na začetku vzorčnega mesta, medtem ko sta imeli brežini vzorčnega mesta Pijavica v celoti obliko kamnometa (100 %). Kamnomet se je pojavil tudi na preostalih treh vzorčnih mestih. Delež kamnometa na vzorčnem mestu Mirna 1 in Puščava je bil 40 %, na vzorčnem mestu Gabrje pa je bil 50 %. Preostali deli brežin so bili neregulirani, le na vzorčnem mestu Puščava smo tik pod mostom zasledili tudi nekaj ostankov gradbenega materiala (10 %) (Slika 20).



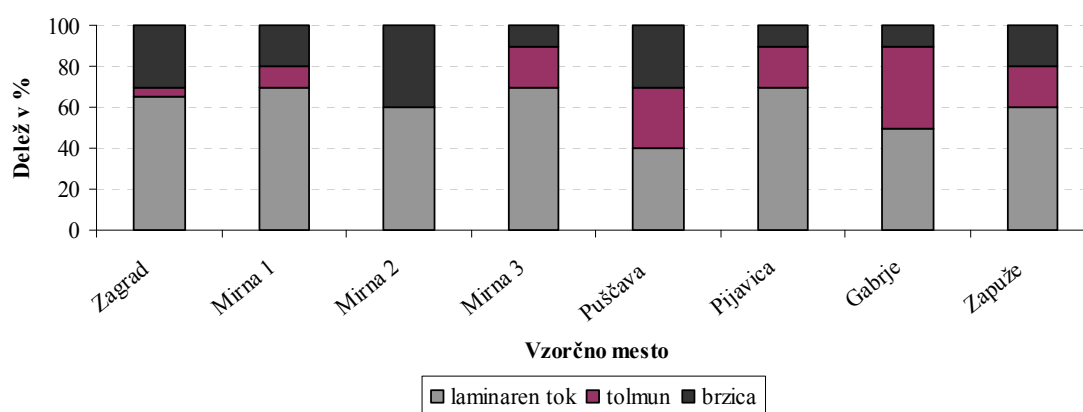
Slika 20: Struktura in deleži posameznih kategorij reguliranosti brežin na posameznih vzorčnih mestih.

4.1.3 Tip vodnega toka

Od same oblike struge in brežin ter substrata je odvisno tudi, kakšen tip vodnega toka bo prevladoval na posameznem delu vodotoka. Tip vodnega toka je namreč zelo pomemben dejavnik za določene ribje združbe, saj jim predstavlja ustrezen življenjski prostor.

Zagrad in Mirna 1 smo glede na obliko struge uvrstili med srednjegorske potoke, za katere so značilne brzice in hitrejši vodni tok ter plitvejši tolmoni s počasnejšim tokom vode. Tako je na prvem vzorčnem mestu 65 % predstavljal laminaren tok, 30 % brzice in le 5 % tolmun ob levem bregu, kjer je reka Mirna rahlo zavila proti severu. Na vzorčnem mestu Mirna 1 se je delež laminarnega toka še nekoliko povečal (70 %), povečal se je tudi delež tolmunov (10 %), medtem ko se je delež brzic nekoliko zmanjšal (20 %). Na tretjem vzorčnem mestu je bil zaradi reguliranosti struge vodni tok nekoliko hitrejši in brez tolmunov. Prevladoval je laminaren tok (60 %), velik je bil tudi delež brzic (40 %). Struga na vzorčnem mestu Mirna 3 je že imela obliko nižinskega potoka. Za tak tip struge so značilni globlji tolmoni, ki so na Mirna 3 predstavljali 20 % toka vode. Brzice so bile samo na zgornjem delu vzorčnega mesta (10 %), preostali del struge pa je imel laminaren tok (70 %). Na petem vzorčnem mestu je bil vodni tok najbolj heterogen. Delež laminarnega toka se je bistveno zmanjšal (40 %), povečala pa sta se deleža brzic in tolmunov (oba 30 %). Brzice so prevladovale na sredini struge, kjer je bil bolj grob substrat, delež tolmunov pa je bil večji ob bregovih. Na vzorčnem mestu Pijavica je bil tok vode enak toku vode na

vzorčnem mestu Mirna 3 s prevladujočim laminarnim tokom (70 %) ter majhnim deležem tolmunov (20 %) in brzic (10 %). Za sedmo vzorčno mesto so bili značilni globoki tolmini, ki so segali od desnega brega pa vse do sredine struge. Njihov delež je bil kar 40 %. Nekaj brzic je bilo le na zgornjem delu preiskovanega odseka (10 %), medtem ko je imela voda na preostalem delu struge predvsem laminaren tok (50 %). Na osmem vzorčnem mestu se je voda s prevladujočim laminarnim tokom (60 %) nekoliko umirila. Ob desnem bregu je bilo nekaj večjih tolmunov, ob levem pa je bilo nekaj več brzic (oba 20 %) (Slika 21).



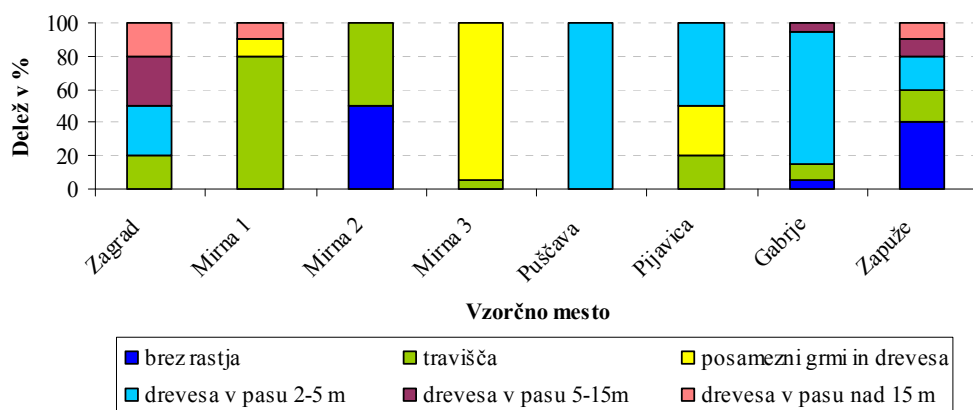
Slika 21: Tipi vodnih tokov in njihovi deleži na posameznih vzorčnih mestih.

4.1.4 Poraščenost okolice, poraščenost obrežja in zasenčenost

Poraščenost obrežja in okolice ima v času rastne sezone velik pomen pri senčenju reke, saj na ta način vpliva na spremembe v dinamiki življenja posameznih vrst rib v reki.

Travišča so poraščala obrežja večina vzorčnih mest, le na vzorčnem mestu Puščava tega tipa rastja ni bilo. Največ travišč je bilo na vzorčnem mestu Mirna 1 (80 %), kjer so preraščala celotno levo obrežje in spodnji del desnega obrežja, le na začetku vzorčnega mesta so desno obrežje preraščali posamezni grmi in drevesa v pasu nad 15 m. Večji delež travišč je bil tudi na vzorčnem mestu Mirna 2, medtem ko je bilo na preostalih vzorčnih mestih tega tipa poraščenosti obrežja nekoliko manj (5 – 20 %). Na vzorčnem mestu Puščava so obe obrežji v celoti poraščala drevesa v pasu 2 – 5 m. Ta tip rastja se je v

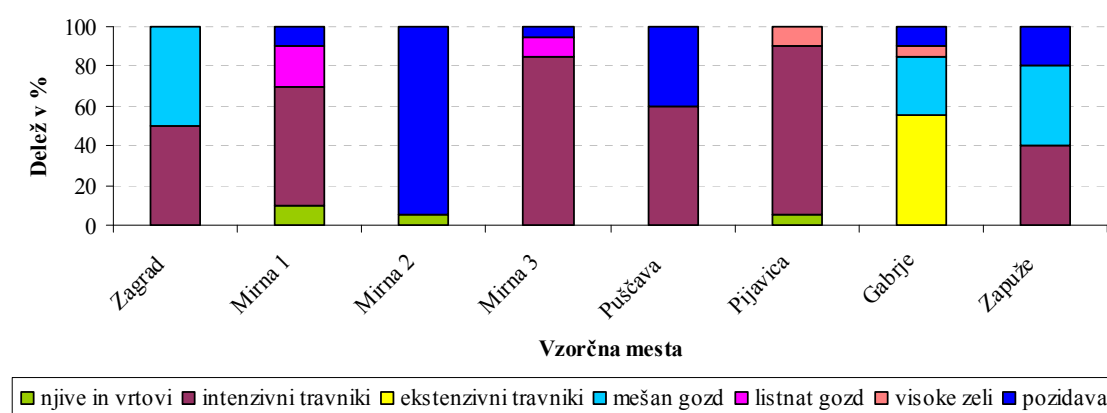
različno velikih deležih pojavil še na vzorčnem mestu Gabrje (80 %), Pijavica (50 %), Zagrad (30 %) in Zapuže (20 %). Posamezni grmi in drevesa so preraščali samo obrežja na treh vzorčnih mestih. In sicer so na vzorčnem mestu Mirna 3 predstavljali kar 95 % celotne poraščenosti obrežja. Veliko manjša deleža tega tipa poraščenosti obrežja sta bi še na začetku vzorčnega mesta Mirna 1 (10 %) in na vzorčnem mestu Pijavica (30 %). Na posameznih vzorčnih mestih so obrežja preraščala še drevesa v pasu 5 – 15 m (od 5 % na vzorčnem mestu Gabrje do 30 % na vzorčnem mestu Zagrad) in drevesa v pasu nad 15 m (od 10 % na vzorčnem mestu Mirna 1 in Zapuže do 20 % na vzorčnem mestu Zagrad). Obrežja treh vzorčnih mest so bila tudi brez rastja. Tako vzorčno mesto je bilo npr. Mirna 2, kjer je bilo kar 50 % obrežja neporaščena, predvsem zaradi regulacij na tem odseku. Razmeroma velik delež neporaščena obrežja je bil tudi na vzorčnem mestu Zapuže na desnem bregu (40 %), medtem ko je bil na vzorčnem mestu Gabrje neporaščen le majhen del preiskovanega odseka na levi strani tik pod cesto (5 %) (Slika 22).



Slika 22: Tipi poraščenosti obrežja in njihovi deleži na posameznih vzorčnih mestih.

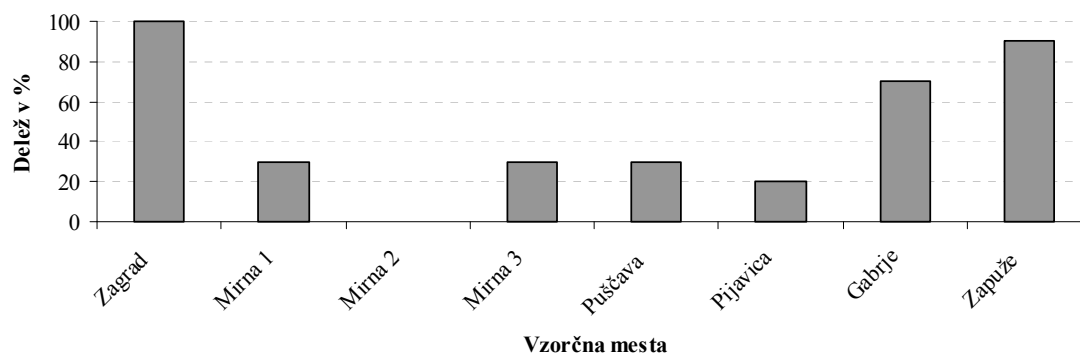
Okolico večino vzorčnih mest so preraščali intenzivni travniki. Tega tipa rastja ni bilo le na vzorčnem mestu Mirna 2, kjer je bila struga regulirana, okolica pa bolj ali manj pozidana (95 %) ter na vzorčnem mestu Gabrje, kjer so prevladovali ekstenzivni travniki (55 %). Ta tip rastja se je tudi sicer pojavil samo na tem vzorčnem mestu. Največ intenzivnih travnikov je bilo na vzorčnem mestu Mirna 3 in Pijavica (85 %), najmanj pa na vzorčnem mestu Zapuže (40 %). Mešan gozd je poraščal okolico vzorčnih mest Zagrad (50 %), Zapuže (40 %) in Gabrje (30 %). Na dveh vzorčnih mestih so rasle še posamezne krpe

listnatega gozda (20 % Mirna 1, 10 % Mirna 3) in visokih zeli (10 % Pijavica, 5 % Gabrje). Na nekaterih vzorčnih mestih smo lahko v okolici opazili še posamezne njive in vrtove (5 – 10 %). Poleg vzorčnega mesta Mirna 2 je imel velik delež pozidanih okoliških površin še vzorčno mesto Puščava, predvsem na račun objektov Elektro Mokronog na levi strani in posameznih hiš na desni (40 %). Na preostalih vzorčnih mestih so bili deleži pozidave minimalni (5 – 20 %) in so se nanašali predvsem na posamezne hiše na vzorčnem mestu Mirna 1, Mirna 3 in Zapuže in kamnito steno nad cesto na vzorčnem mestu Gabrje (Slika 23).



Slika 23: Tipi poraščenosti okolice in njihovi deleži na posameznih vzorčnih mestih.

Zasenčenost struge se je spreminjala sorazmerno s poraščenostjo obrežja in okolice. Na vzorčnih mestih, kjer so obrežja in okolico v večji meri preraščala visoka drevesa, kot sta bili vzorčni mesti Zagrad in Zapuže, je bila struga bolj ali manj zasenčena. Na vzorčnem mestu Zagrad je bila struga tako v celoti zasenčena, medtem ko je bilo na vzorčnem mestu Zapuže zasenčene 90 % struge. Razmeroma visoko zasenčenost je imelo tudi vzorčno mesto Gabrje (70 %). Na preostalih vzorčnih mestih je bila struga minimalno zasenčena (20 – 30 %), na vzorčnem mestu Mirna 2, kjer je bila struga regulirana, obrežje in okolica pa pozidani ali v večji meri porasli s travišči, je bila struga celo popolnoma nezasenčena. Čeprav je bilo obrežje vzorčnega mesta Puščava v celoti poraslo z mešanim gozdom, je bila struga zasenčena le v 30 %, saj so bila ta drevesa nizka, krošnje pa redke in so prepuščale večino svetlobe (Slika 24).



Slika 24: Zasenčenost struge in njeni deleži na posameznih vzorčnih mestih.

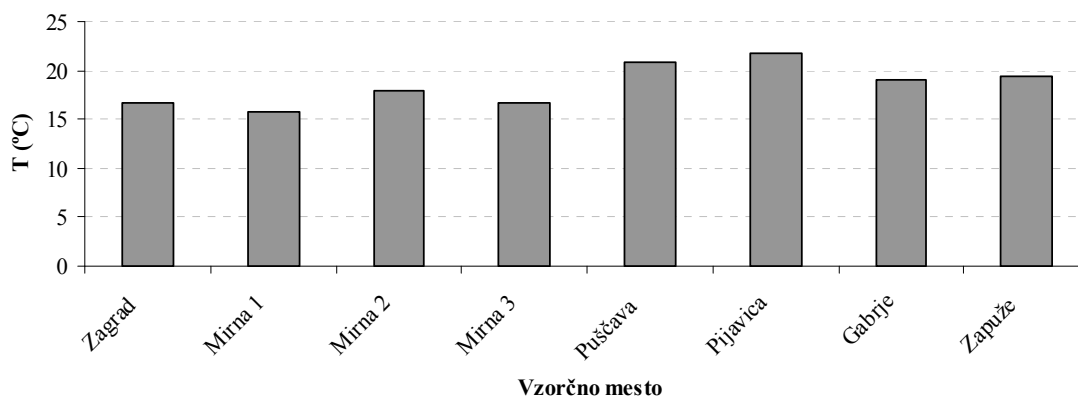
4.2 ANALIZE FIZIKALNIH IN KEMIJSKIH PARAMETROV

4.2.1 Temperatura vode

V poletnih mesecih so temperature vode višje, zato so višji tudi nekateri življenjski procesi v ribah, kot je npr. metabolizem, ki se kaže zlasti v večji prirasti biomase in hitrosti rasti.

Najvišja temperatura vode je bila izmerjena na vzorčnem mestu Pijavica (21,8 °C), kjer je bila razmeroma nizka zasenčenost, vzorčenje pa je potekalo v popoldanskem času. Le za 0,9 °C je bila voda hladnejša na vzorčnem mestu Puščava (20,9 °C), kjer je bila prav tako nizka zasenčenost. Na ostalih vzorčnih mestih so bile temperature vode pod 20,0 °C. Zapuže (19,3 °C) in Gabrje (19,0 °C) sta imela kljub visoki zasenčenosti razmeroma visoke temperature vode. Čeprav je bila na vzorčnem mestu Mirna 2 struga regulirana, nezasenčena in je bila voda plitva, je imela voda razmeroma nizko temperaturo (18,0 °C). Da je bila temperatura za toliko nižja, bi lahko iskali vzrok tudi v hitrosti vodnega toka. Na tem vzorčnem mestu so bile poleg laminarnega toka prisotne še brzice, za katere so značilne nižje temperature vode. Na prvem in četrtem vzorčnem mestu je imela voda enako nizke temperature (16,7 °C). Za nizke temperature vzorčnega mesta Zagrad sta lahko vzrok 100 % zasenčenost in hiter vodni tok, za četrto vzorčno mesto pa 30 % zasenčenost in razmeroma zgodnje ure vzorčenja (z vzorčenjem smo začeli ob 8¹⁰). Najnižjo temperaturo vode je imelo drugo vzorčno mesto (15,8 °C). Vzrok tako nizkim temperaturam na tem

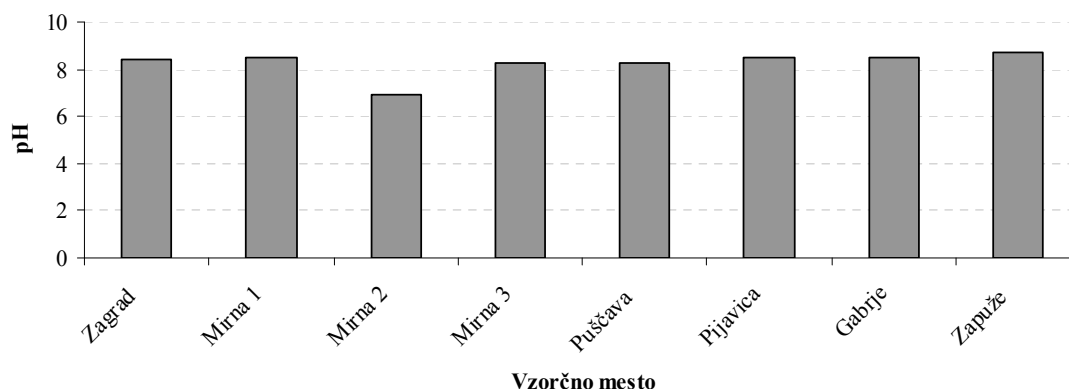
vzorčnem mestu bi lahko bile obilne padavine 3 dni pred vzorčenjem, ki so premešale vodo (Slika 25).



Slika 25: Temperature vode (T) na posameznih vzorčnih mestih.

4.2.2 pH

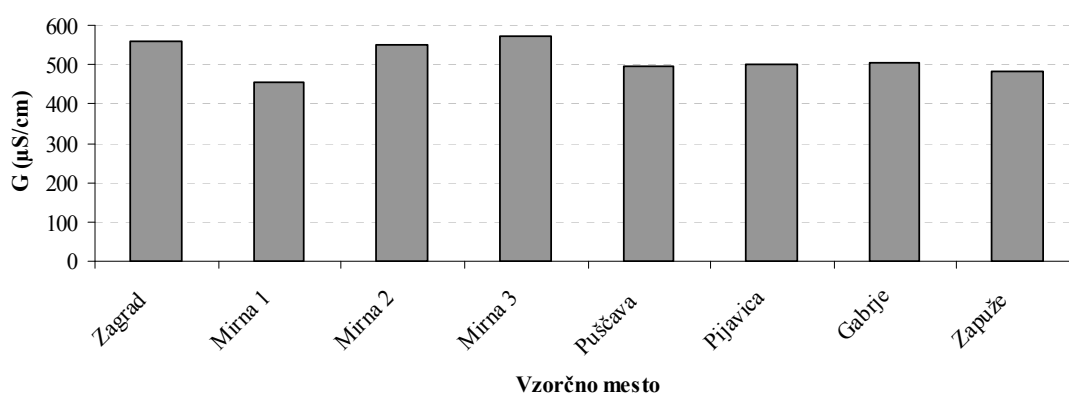
Za življenje naših sladkovodnih rib so optimalne pH vrednosti med 5,5 in 8,5. Tudi večina naših izmerjenih vrednosti je bila znotraj teh optimalnih vrednosti. Izstopalo je le osmo vzorčno mesto, kjer je pH vrednost znašala 8,7. Sicer pa so bile vrednosti pH, z izjemo vzorčnega mesta Mirna 2, kjer je bila pH vrednost 6,9, na vseh vzorčnih mestih zelo podobne in so merile od 8,3 (Mirna 3, Puščava) do 8,5 (Mirna 1, Pijavica, Gabrje). V tem razponu je bilo še vzorčno mesto Zagrad s pH vrednostjo 8,4 (Slika 26).



Slika 26: pH vrednosti na posameznih vzorčnih mestih.

4.2.3 Elektroprevodnost

Elektroprevodnost (v nadaljevanju prevodnost) je bila na vseh vzorčnih mestih med 400 in 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kar je značilno za vodotoke, ki tečejo po karbonatni podlagi. Najnižjo prevodnost je imelo drugo vzorčno mesto (455,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$) zaradi učinka redčenja padavin 3 dni pred vzorčenjem. Najvišjo prevodnost je imelo vzorčno mesto Mirna 3 (571,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Višja vrednost je bila najverjetneje posledica iztoka delno očiščenih odpadnih vod iz čistilne naprave Mirna in posledic samega mesta Mirna. Le za 9,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ je bila nižja prevodnost na prvem vzorčnem mestu (561,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$), najverjetneje na račun odpadlega listja, saj je bila na tem delu struga v celoti zasenčena z drevesi. Zaradi reguliranosti struge je imela visoko prevodnost tudi voda na vzorčnem mestu Mirna 3 (551,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Zadnja štiri vzorčna mesta so imela zelo podobno elektroprevodnost, samo vzorčno mesto Zapuže je izstopalo z nekoliko nižjo vrednostjo (483,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (Slika 27).



Slika 27: Elektroprevodnost (G) na posameznih vzorčnih mestih.

4.3 ANALIZA RIBJIH ZDRUŽB

V reki Mirni smo na osmih vzorčnih mestih skupno določili 29 vrst rib iz 7 družin in vrsto ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*), ki spada med obloustke v družini piškurjev (Petromyzontidae). V času vzorčenja smo našli tako ličinke kot odrasle osebk te vrste. Med skupno 29 vrstami rib je bilo 26 avtohtonih in 3 alohtone vrste (Preglednica 4).

nadaljevanje

Družina	Vrsta		Vzorčno mesto							
Slovensko ime (Latinsko ime)	Slovensko ime	Latinsko ime	Zagrad	Mirna 1	Mirna 2	Mirna 3	Puščava	Pijavica	Gabrje	Zapuže
Krapovci (Cyprinidae)	Pisanka	<i>Alburnoides bipunctatus</i>	-	+	+	+	+	+	+	+
	Zelenika	<i>Alburnus alburnus</i>	-	-	-	-	+	+	+	-
	Pezdirk	<i>Rhodeus amarus</i>	-	-	-	+	+	+	+	-
	Pisaneč	<i>Phoxinus phoxinus</i>	-	+	+	+	-	+	-	-
Činklje (Cibitidae)	Navadna nežica	<i>Cobitis elongatoides</i>	-	-	-	+	+	+	-	-
	Velika nežica	<i>Cobitis elongata</i>	-	-	-	-	+	+	+	+
	Zlata nežica	<i>Sabanejewia balcanica</i>	-	-	-	-	+	+	+	+
Rečne babice (Balitoridae)	Babica	<i>Barbatula barbatula</i>	+	-	+	+	+	+	+	+
Sončni ostrži (Centrarchidae)	Sončni ostrž	<i>Lepomis gibbosus</i>	-	-	-	-	-	-	++	-
Pravi ostrži (Percidae)	Navadni ostrž	<i>Perca fluviatilis</i>	-	+	-	+	+	+	+	-
Kaplji (Cottidae)	Navadni kapelj	<i>Cottus gobio</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

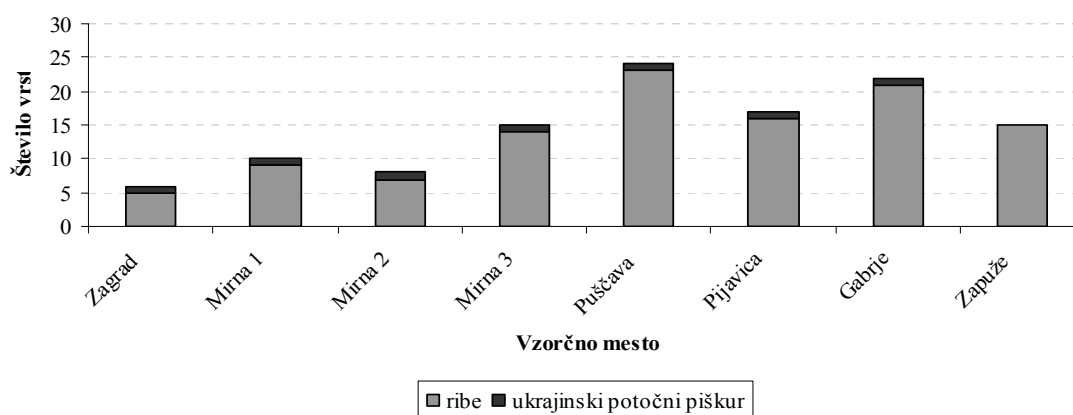
+ - avtohtona vrsta

++ - alohtona vrsta

- - vrsta ni bila prisotna

4.3.1 Sestava ribjih združb

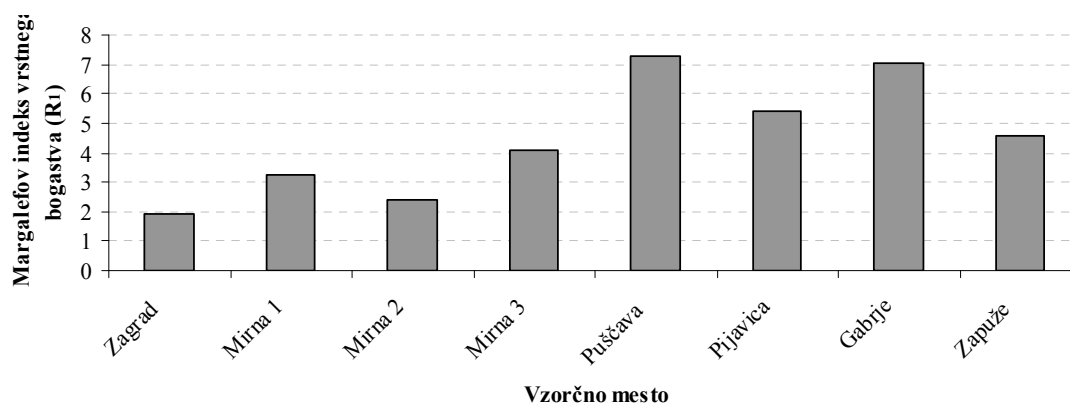
Na prvem vzorčnem mestu smo določili 5, na drugem vzorčnem mestu pa 9 vrst rib. V obeh odsekih vodotoka smo določili tudi vrsto ukrajinskega potočnega piškurja. Na tretjem vzorčnem mestu smo zaradi spremenjenega habitata zaradi regulacije struge določili 2 vrsti manj kot na vzorčnem mestu Mirna 1, torej 7 vrst rib in vrsto piškurja. Na četrtem vzorčnem mestu smo določili 14, na šestem vzorčnem mestu pa le 2 vrsti več (torej 16) vrst rib in vrsto potočnega piškurja. Največ vrst rib smo določili na vzorčnem mestu Puščava. Na tem vzorčnem mestu je bilo namreč kar 23 vrst rib. 2 vrsti manj (torej 21) smo določili na vzorčnem mestu Gabrje. Na obeh vzorčnih mestih smo določili tudi vrsto ukrajinskega potočnega piškurja. Šesto in osmo vzorčno mesto sta se po številu vrst rib razlikovali samo za eno vrsto. Razlikovali pa sta se tudi glede na prisotnost piškurja. Na osmem vzorčnem mestu je bil namreč ukrajinski potočni piškur odsoten. Hkrati je bilo to mesto tudi edino, kjer nismo našli nobenega osebk te vrste. Sicer pa smo v Pijavica določili 16, v Zapužah pa 15 vrst rib (Preglednica 4; Slika 28).



Slika 28: Število vrst rib in vrsta ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931) na posameznih vzorčnih mestih.

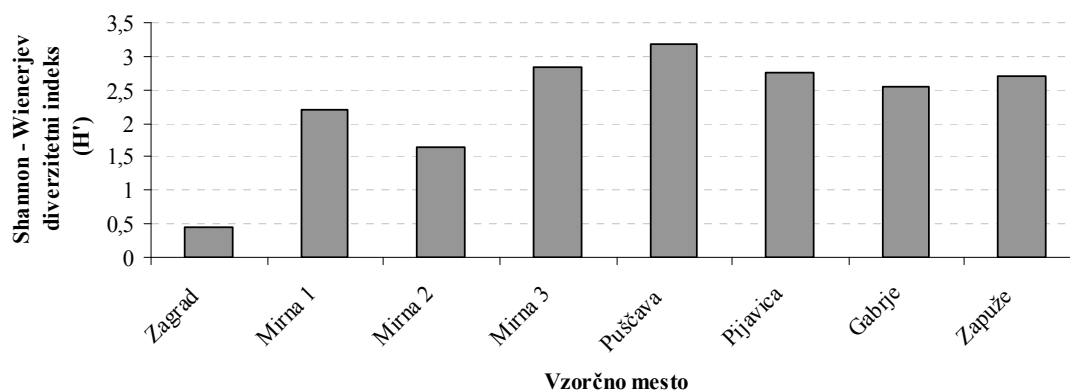
Število oziroma bogastvo vrst na posameznih vzorčnih mestih smo ocenili tudi s pomočjo Margalefovega indeksa vrstnega bogastva, ki temelji na prisotnosti vseh vrst. Pri samem izračunu indeksa smo upoštevali tudi vrsto ukrajinskega potočnega piškurja. Na sliki 29 lahko vidimo, da je bilo vzorčno mesto Puščava z vrednostjo indeksa 7,251 vrstno najbogatejše, sledilo mu je vzorčno mesto Gabrje z vrednostjo 7,018. Vrstno najrevnejši

sta bili prvo in tretje vzorčno mesto z vrednostma 1,917 za prvo oziroma 2,379 za drugo vzorčno mesto. Na preostalih štirih vzorčnih mestih so vrednosti indeksa vrstnega bogastva znašale 3,278 (Mirna1), 4,089 (Mirna 3), 4,558 (Zapuže) in 5,410 (Pijavica).



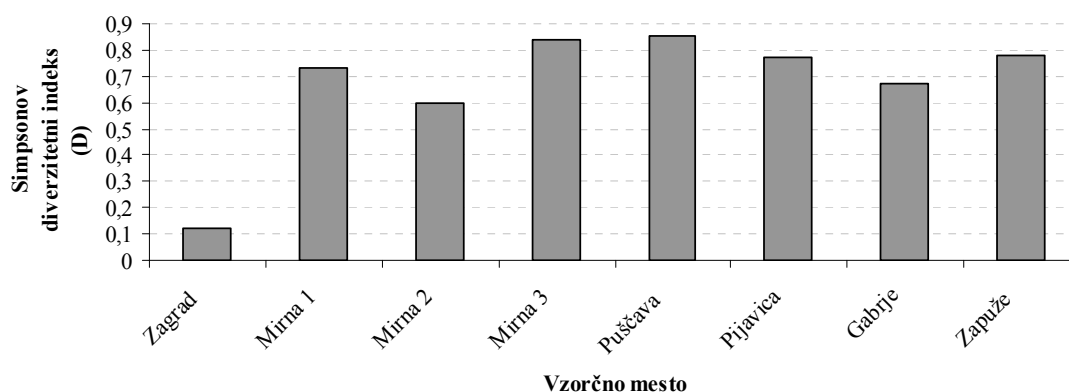
Slika 29: Margalefov indeks vrstnega bogastva (R_1) na posameznih vzorčnih mestih.

Za prikaz vrstne pestrosti smo uporabili Simpsonov in Shannon-Wienerjev diverzitetni indeks. Pri obeh indeksih smo pri izračunu upoštevali tudi vrsto ukrajinskega potočnega piškurja. Vrednost Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa je bila največja na vzorčnem mestu Puščava in je znašala 3,182, najmanjšo vrednost 0,458 pa je imelo vzorčno mesto Zagrad. Nižjo vrednost indeksa sta imeli tudi vzorčni mesti Mirna 2 (1,640) in Mirna 1 (2,201), medtem ko so bile razlike med vrednostmi na preostalih štirih vzorčnih mestih minimalne. Tako je vrednost Shannon – Wienerjevega diverzitetnega indeksa na vzorčnem mestu Mirna 3 znašala 2,833, na vzorčnem mestu Pijavica 2,750, na vzorčnem mestu Zapuže 2,702 in na vzorčnem mestu Gabrje 2,548 (Slika 30).



Slika 30: Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks (H') na posameznih vzorčnih mestih.

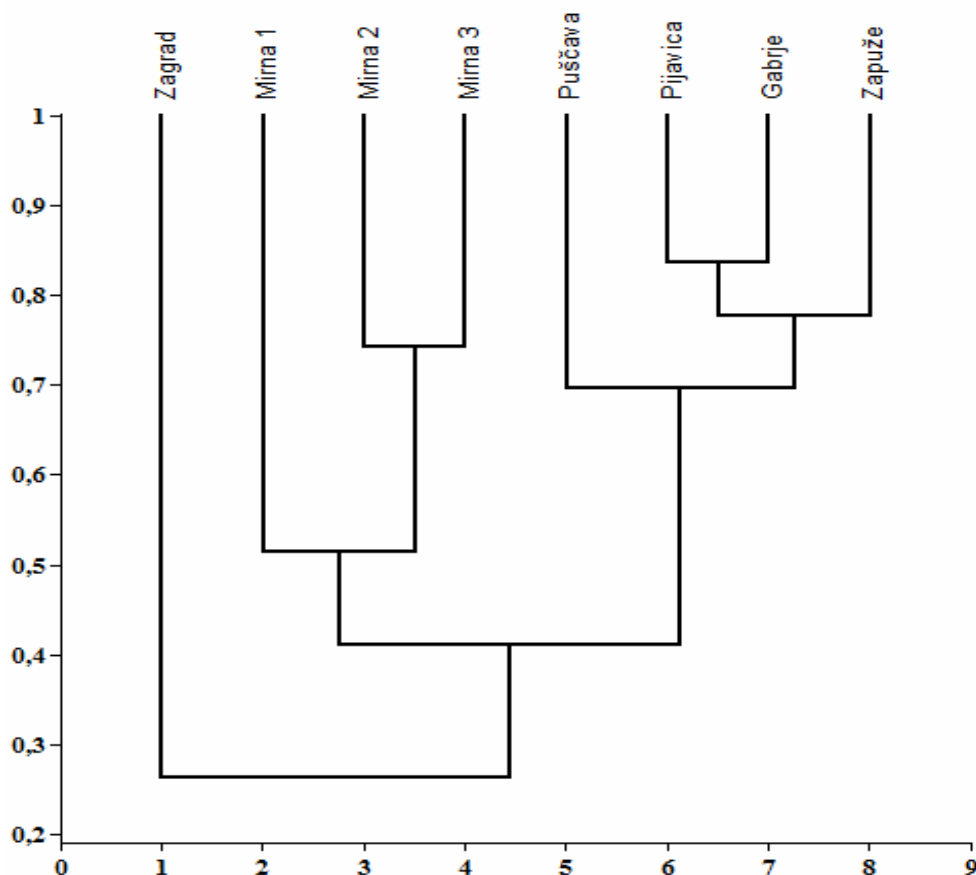
Tudi vrednosti Simpsonovega diverzitetnega indeksa, ki je občutljiv na pogostost pojavljanja določene vrste, so podobno kot vrednosti Shannon – Wienerjevega indeksa pokazale, da je imelo največjo vrstno pestrost vzorčno mesto Puščava. Vrednost indeksa na tem vzorčnem mestu je znašala 0,855. Sledilo je vzorčno mesto Mirna 3 z vrednostjo 0,842. Najmanjšo vrednost 0,119 je imelo vzorčno mesto Zagrad. Med vrednostmi preostalih vzorčnih mest so bile razlike minimalne, nekoliko je z vrednostjo indeksa 0,599 odstopalo samo tretje vzorčno mesto (Slika 31).



Slika 31: Simpsonov diverzitetni indeks (D) na posameznih vzorčnih mestih.

Pri medsebojni primerjavi združb je bila vrednost Bray – Curtisovega indeksa podobnosti največja med vzorčnim mestom Pijavica in Gabrje (0,769). Rezultat je bil zanimiv zaradi tega, ker sta si bili vzorčni mesti na nivoju hidromorfoloških, fizikalnih in kemijskih parametrov zelo različni. Ujemali sta se le glede elektroprevodnosti in vrednosti pH (Slika 32). Vendar smo lahko kljub temu na podlagi seznama ulovljenih vrst rib ugotovili, da se je na obeh vzorčnih mestih pojavilo kar 14 skupnih vrst (Preglednica 4). Nadaljnja primerjava podobnosti vzorčnih mest je pokazala, da je bilo vzorčnemu mestu Pijavica in Gabrje najbolj podobno vzorčno mesto Zapuže (Slika 32). Ta tri vzorčna mesta so imela namreč kar 11 skupnih vrst (Preglednica 4). Na sliki 32 lahko vidimo, da sta si bili razmeroma podobni tudi vzorčni mesti Mirna 2 in Mirna 3 s 7 skupnimi vrstami (Preglednica 4). Z diagrama, ki smo ga izrisali na podlagi vrednosti Bray – Curtisovega indeksa podobnosti lahko vidimo, da so se glede vrstne pestrosti spodnja štiri mesta kar precej razlikovala od zgornjih treh (Slika 32). Tem mestom so bile skupne le 4 vrste rib

(Preglednica 4). Medtem ko je imelo vzorčno mesto Zagrad s preostalimi vzorčnimi mesti skupni le 2 vrsti in sicer blistavca (*Telestes souffia*; Risso, 1826) in kaplja (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758). Ti dve vrsti sta bili hkrati tudi edini vrsti, ki sta se pojavili na vseh osmih vzorčnih mestih (Preglednica 4).



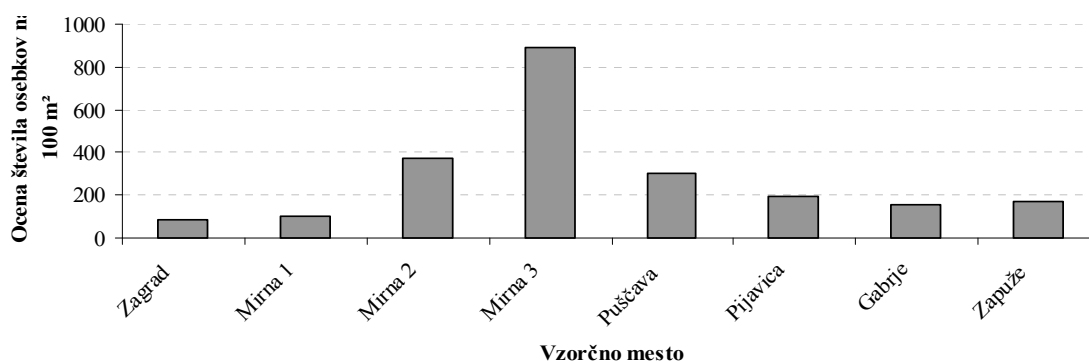
Slika 32: Primerjava različnih vzorčnih mest na osnovi Bray – Curtisovega indeksa podobnosti.

4.3.2 Število rib na posameznih vzorčnih mestih

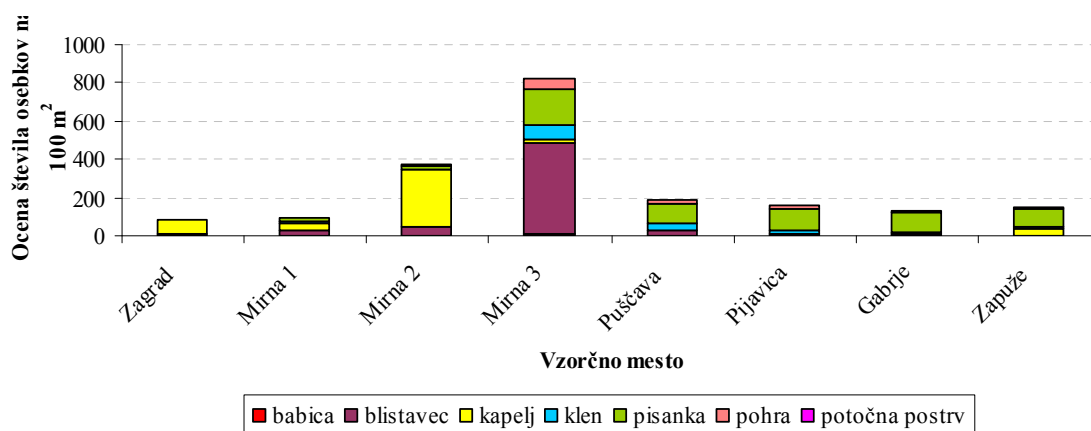
Število rib na posameznih vzorčnih mestih smo ocenili kot število osebkov na 100 m² (v nadaljevanju število osebkov). Pri tem smo k oceni števila rib prišteli tudi oceno števila ukrajinskega potočnega piškurja.

Največ rib je bilo na vzorčnem mestu Mirna 3. In sicer smo ocenili, da naj bi na tem vzorčnem mestu na 100 m² živele 890 rib (Slika 33). Od tega je bilo malo manj kot polovica blistavcev ((*Telestes souffia*; Risso, 1826) 473 osebkov te vrste) (Slika 34). Na

vzorčnem mestu Zagrad je bilo kar 10 – krat manj rib. 100 % zasenčena struga in hiter vodni tok namreč ne predstavljata idealnih razmer za življenje večini vrst rib, zato smo na tem delu ulovili le 86 osebkov. 15 osebkov več je bilo na drugem vzorčnem mestu (101), medtem ko je bilo na tretjem vzorčnem mestu kljub regulaciji struge 372 rib (Slika 33), predvsem na račun kaplja (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758), ki je bil na tem vzorčnem mestu najbolj zastopan (299 osebkov). Nekoliko večja populacija kaplja je bila še na prvem, drugem in osmem vzorčnem mestu, kjer je bil vodni tok hitrejši. Kaplji namreč živijo v vodotokih s hitrejšim vodnim tokom (Slika 34). Na petem vzorčnem mestu je bilo 300 osebkov, medtem ko je bilo na preostalih treh vzorčnih mestih bistveno manj rib (med 155 in 190) (Slika 33). Je pa na vseh štirih vzorčnih mestih prevladovala pisanka ((*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782) (96 – 111 osebkov), čeprav je bila največja populacija te vrste na četrtem vzorčnem mestu (186 pisank) (Slika 34).



Slika 33: Število rib na 100 m² na posameznih vzorčnih mestih.

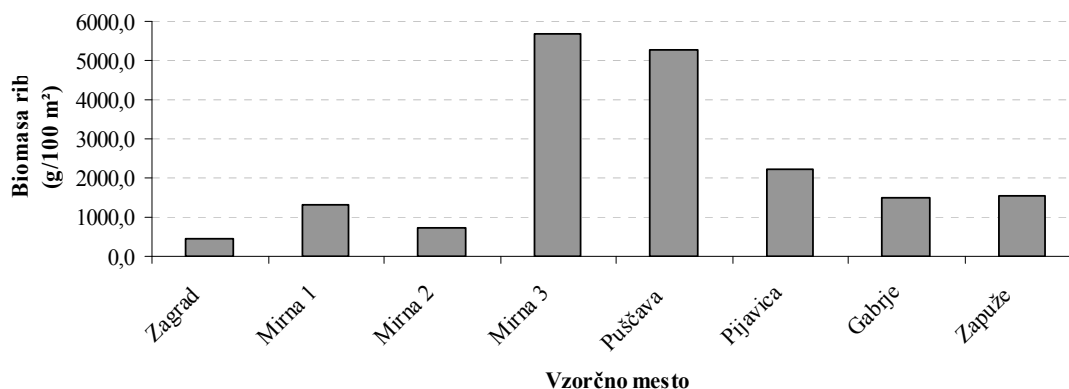


Slika 34: Število najpogostejših vrst rib na 100 m² na posameznih vzorčnih mestih.

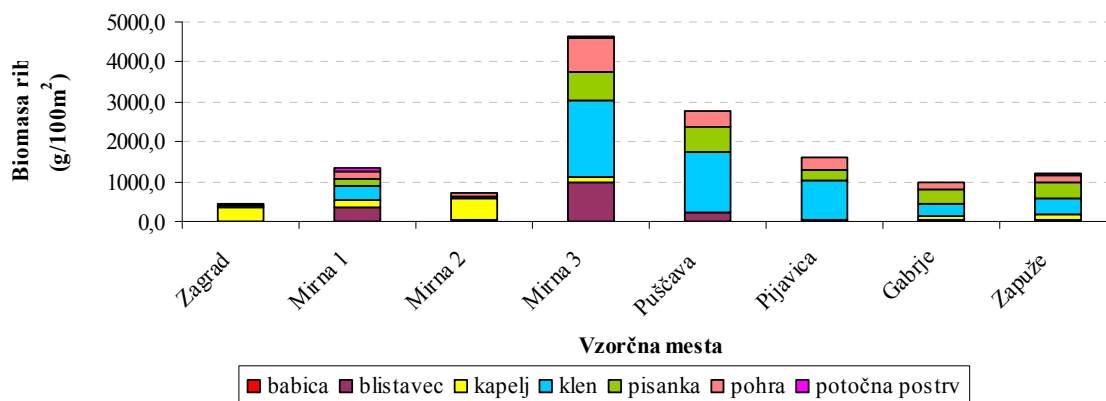
4.3.3 Biomasa rib na posameznih vzorčnih mestih

Biomasa rib na posameznih vzorčnih mestih smo izrazili kot oceno biomase rib v g na 100 m² (v nadaljevanju biomasa rib). Pri tem smo k oceni biomase rib prišteli tudi oceno biomase ukrajinskega potočnega piškurja.

Največja biomasa rib je bila na vzorčnem mestu Mirna 3. Na tem vzorčnem mestu smo ocenili skupno biomasa rib na 5696,8 g/100m². Za dobrih 400 g je bila manjša biomasa rib na vzorčnem mestu Puščava (5285,0 g/100m²) (Slika 35). Na obeh vzorčnih mestih je bila največja biomasa klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758). Na vzorčnem mestu Puščava je bila biomasa klena 1500,2 g/100m², medtem ko so bile na vzorčnem mestu Mirna 3 poleg biomase klena (1910,6 g/100m²), visoke še biomase blistavca (*Telestes souffia*; Risso, 1826) (956,1 g/100m²), pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) (848,8 g/100m²) in pisanke (*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782) (697,3 g/100m²) (Slika 36). Najmanjši biomasi rib sta bili na vzorčnem mestu Zagrad (456,7 g/100m²) in Mirna 2 (708,1 g/100m²) (Slika 35). Na obeh vzorčnih mestih sta prevladovali biomasi kaplja (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758), saj je bila ta vrsta na obeh mestih številčno najbolj zastopana. Na vzorčnem mestu Zagrad je bila biomasa kaplja 350,7 g/100m², na vzorčnem mestu Mirna 2 pa 535,3 g/100m² (Slika 36). Razlike v biomasi rib na preostalih vzorčnih mestih so bile minimalne (med 1328,9 in 1563,5 g/100m²), nekoliko je izstopalo le vzorčno mesto Pijavica z biomaso 2211,0 g/100m² (Slika 35). Na vseh štirih vzorčnih mestih so imeli največjo biomasa kleni (Pijavica 975,0 g/100m², Zapuže 436,5 g/100m², Mirna 1 375,3 g/100m² in Gabrje 351,4 g/100m²) (Slika 36).



Slika 35: Biomasa rib (g/100 m²) na posameznih vzorčnih mestih.

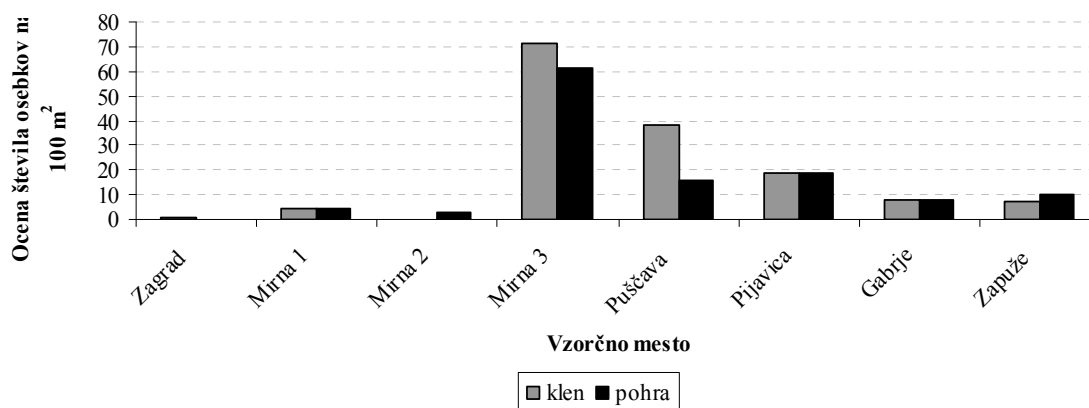


Slika 36: Biomasa najpogostejših vrst rib (g/100 m²) na posameznih vzorčnih mestih.

4.3.4 Klen (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohra (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002)

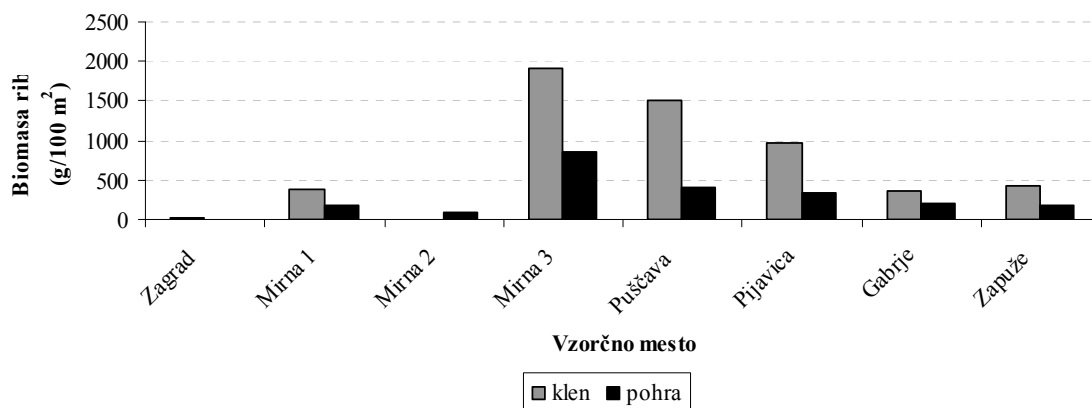
Tudi klen (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohra (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) sta bili eni najpogostejših vrst rib v reki Mirni, saj smo ju ulovili na sedmih od osmih vzorčnih mest. Klen je bil odsoten samo na vzorčnem mestu Mirna 2. Na tem vzorčnem mestu je bila namreč struga regulirana, medtem ko kleni živijo predvsem v vodotokih z razgibanim dnom. Pohre nismo našli samo na vzorčnem mestu Zagrad, čeprav ta vrsta naseljuje srednjegorske potoke.

Obe vrsti sta bili najštevilčnejši na četrtem vzorčnem mestu. Ocenili smo, da naj bi na tem vzorčnem mestu na 100 m² živel 71 osebkov klana in 61 osebkov pohre. Številčnejša populacija klana je bila še na petem (38) in šestem vzorčnem mestu (19), medtem ko je bilo na preostalih vzorčnih mestih manj predstavnikov te vrste (od 4 na drugem vzorčnem mestu do 8 na sedmem vzorčnem mestu). Ocenili smo, da naj bi na šestem vzorčnem mestu na 100 m², živel 19 osebkov pohre, na petem pa 16. Na preostalih štirih vzorčnih mestih so bile ocenjene populacije pohre velike od 3 (Mirna 2) do 10 (Zapuže) osebkov (Slika 37).



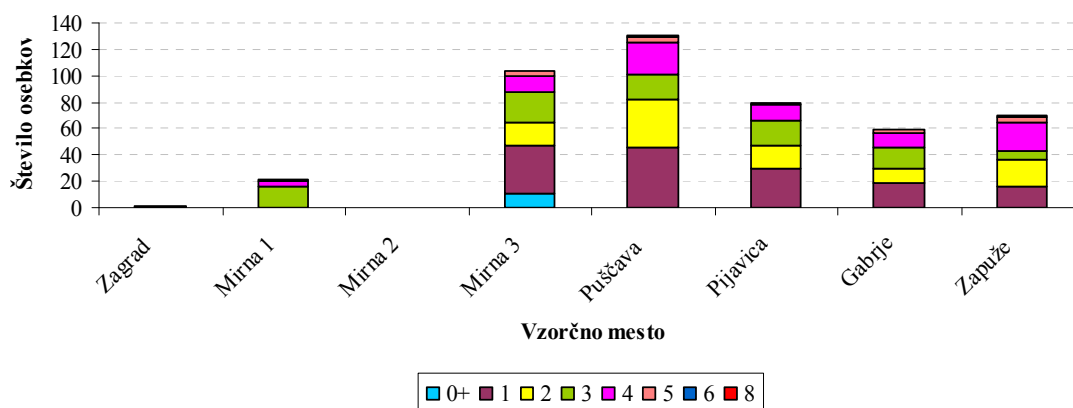
Slika 37: Število klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) na 100 m² na posameznih vzorčnih mestih.

Na vseh vzorčnih mestih je bila ocenjena biomasa klena večja kot ocenjena biomasa pohre, predvsem na račun velikosti klena, saj je ta vrsta rib nekoliko večja tako po masi kot po dolžini. Sicer pa je bila biomasa klena in pohre tako kot njuna številčnost največja na četrtem vzorčnem mestu. Tako smo na tem vzorčnem mestu biomaso klena ocenili na 1910,6 g/100 m², biomaso pohre pa na 848,8 g/100 m². Najmanjša biomasa klena je bila na prvem vzorčnem mestu (17,4 g/100 m²), pohre pa na tretjem vzorčnem mestu (90,8 g/100 m²). Na petem vzorčnem mestu je bila biomasa pohre 394,5 g/100 m². Za slabih 60 g je bila manjša biomasa pohre na šestem vzorčnem mestu. Na preostalih vzorčnih mestih so bile razlike med biomasami pohre minimalne in so znašale med 172,0 g/100 m² (Zapuže) in 196,0 g/100 m² (Gabrje). Večje biomase klena smo ocenili tudi na petem (1500,2 g/100 m²) in šestem vzorčnem mestu (975,0 g/100 m²), medtem ko so bile na preostalih treh vzorčnih mestih razlike minimalne (436,5 g/100 m² na osmem vzorčnem mestu, 375,3 g/100 m² na drugem vzorčnem mestu in 351,4 g/100 m² na sedmem vzorčnem mestu) (Slika 38).

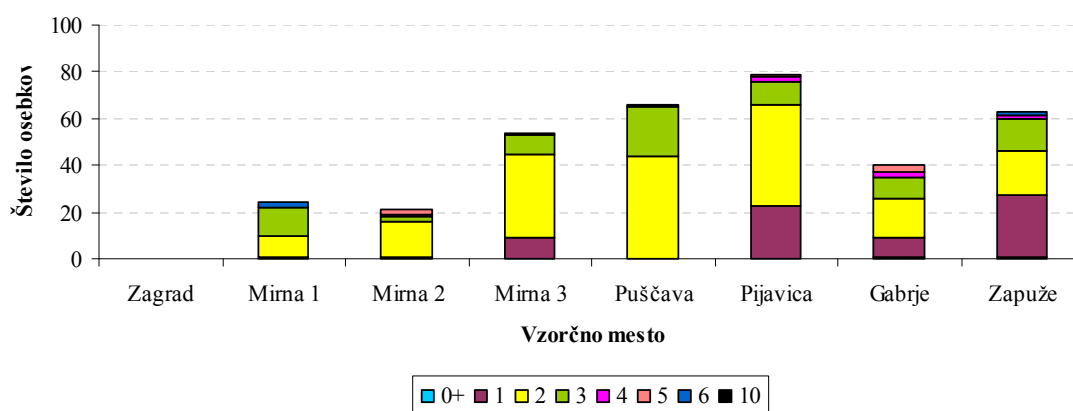


Slika 38: Biomasa klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) (g/100m²) na posameznih vzorčnih mestih.

Pri klenu in pohri smo poleg številčnosti in biomase določili tudi njune velikosti in starosti. Starost smo določili v letih na podlagi odvzetih lusk ter na podlagi dobljenih rezultatov izrisali starostne razrede. Na vseh vzorčnih mestih, razen na drugem vzorčnem mestu, kjer je bilo največ triletnih klenov, so prevladovali enoletni kleni. Skupno je bilo namreč 147 enoletnih klenov. Veliko je bilo tudi dvoletnih (103), že prej omenjenih triletnih (99) in štiriletnih klenov (84). Klenov mlajših od enega leta, označenih kot 0+, smo določili samo 11 na četrtem vzorčnem mestu. Sicer pa smo določili še 17 petletnih in 4 šestletne klene. Najstarejši določen klen je bil star 8 let in smo ga ulovili na vzorčnem mestu Pijavica (Slika 39). Največ enoletnih, dvoletnih in štiriletnih klenov smo ulovili na vzorčnem mestu Puščava, medtem ko je bilo najmanj enoletnih klenov na vzorčnem mestu Zapuže, dvoletnih na vzorčnem mestu Gabrje in štiriletnih na vzorčnem mestu Mirna 1. Največ triletnih klenov je bilo na vzorčnem mestu Mirna 3, najmanj pa na vzorčnem mestu Zagrad, kjer smo ulovili samo en osebek te starosti (Priloga B1).

Slika 39: Starost klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) v letih na posameznih vzorčnih mestih.

Pri pohri so na vseh vzorčnih mestih prevladovali dvoletni osebki. Dvoletni osebki so predstavljali dobro polovico vseh določenih poher (183 osebkov). Razmeroma veliko je bilo tudi triletnih (76) in enoletnih osebkov (68). Najstarejša določena pohra je bila stara 10 let in smo jo ulovili na petem vzorčnem mestu. Najmanj je bilo petletnih (6) in šestletnih (4) poher, medtem ko smo na sedmem in osmem vzorčnem mestu določili tudi po eno pohro mlajšo od enega leta (Slika 40). Največ enoletnih poher je bilo na vzorčnem mestu Zapuže, le 3 osebki manj so bili na vzorčnem mestu Pijavica. Najmanj enoletnih osebkov smo določili na vzorčnem mestu Mirna 1 in Mirna 2 (skupno 2 osebka). Sicer pa je bilo največ dvoletnih in triletnih poher na vzorčnem mestu Puščava, medtem ko je bilo najmanj dvoletnih osebkov na vzorčnem mestu Mirna 1, triletnih pa na vzorčnem mestu Mirna 2 (Priloga B2).

Slika 40: Starost pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) v letih na posameznih vzorčnih mestih.

V posameznih starostnih razredih smo določili tudi velikosti klenov in poher. Na splošno smo ugotovili, da starejši kot so bili osebk, večji so bili. Je pa do razlik prihajalo med posameznimi vzorčnimi mesti znotraj določenega starostnega razreda.

Najmlajši klen je bil hkrati tudi najmanjši. Tako smo določili, da je bil klen mlajši od enega leta (0+ klen) velik 4,5 cm, medtem ko je bil osemletni klen velik 36,6 cm. Enoletni kleni so bili v povprečju veliki 8,6 cm na vzorčnem mestu Mirna 3 do 10,0 cm na vzorčnem mestu Pijavica. Tudi največji dvoletni osebek smo določili na vzorčnem mestu Pijavica (14,5 cm). Največji triletni klen je bil velik 21,5 cm in je bil določen na vzorčnem mestu Zagrad. Pri ostalih triletnih klenih so bile razlike v velikostih minimalne (17,3 – 18,6 cm). Štiriletni kleni so bili od triletnih v povprečju daljši za 0,2 do 0,4 cm. Tako smo največjega štiriletnega klena izmerili na vzorčnem mestu Mirna 1 (22,9 cm), najmanjšega pa na vzorčnem mestu Gabrje (20,9 cm). Razlike v velikostih petletnih in šestletnih klenov so bile minimalne. Petletni kleni so bili veliki 25,3 do 28,5 cm, šestletni pa 30,4 do 33,0 cm (Priloga C1).

Najmlajši pohri (0+ pohri) sta bili tudi najmanjši. In sicer smo na vzorčnem mestu Gabrje najmanjši pohri izmerili 4,6 cm, na vzorčnem mestu Zapuže pa 5,6 cm. Najmanjša enoletna pohra na vzorčnem mestu Mirna 1 je bila od 0+ pohre na vzorčnem mestu Zapuže daljša le za 1,1 cm, medtem ko so bili ostali enoletni osebk bistveno večji in so v povprečju merili od 9,0 do 9,5 cm. Med velikostmi dvoletnih poher so bile minimalne razlike. Največja pohra je bila določena na vzorčnem mestu Mirna 1 in je merila 12,7 cm, najmanjša pa 11,2 cm in je bila ulovljena na vzorčnem mestu Zapuže. Triletni osebk so bili v povprečju veliki 15,0 cm. Samo pohra na vzorčnem mestu Zapuže je merila pod 15,0 cm (14,9 cm), pohra na vzorčnem mestu Gabrje pa je merila celo več kot 16,0 cm (16,1 cm). Štiriletni osebk so bili v povprečju veliki 18,1 cm (Gabrje) do 19,1 cm (Mirna 3), petletni pa 20,3 cm (Pijavica) do 20,8 cm (Mirna 2 in Gabrje). Šestletni pohri na vzorčnem mestu Zapuže sta v povprečju merili 21,7 cm, na vzorčnem mestu Mirna 1 pa 22,4 cm. Najstarejša pohra je bila velika 32,4 cm (Priloga C2).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Preučevanje združbe rib v določenem vodotoku zahteva poznavanje strukture tega vodnega ekosistema. Strukturo vodnega ekosistema namreč sestavljajo tako fizikalni in kemijski dejavniki z značilno prostorsko, kakovostno in količinsko različnostjo, kot tudi biotski elementi s taksonomsko, fiziološko in ekološko raznolikostjo (Tarman, 1992). Pri tem pa ne smemo pozabiti na vedno večje vplive človeka, ki s svojim delovanjem nenehno spreminja vodno okolje in s tem neposredno in posredno tudi ribje združbe v njem. Zaradi vplivov antropogenih dejavnikov, kot so hidrotehnični posegi, onesnaževanja, prevelik izlov in vlaganje tujerodnih vrst rib (Trontelj, 2005), je danes vedno več avtohtonih rib ogroženih, saj ti posegi pripeljejo do degradacije življenjskih prostor določenih vrst rib (Giller in Malmqvist, 1998).

Na ribje združbe v vodnih ekosistemih vplivajo različni abiotiski dejavniki. Med njimi so najpomembnejši hidromorfološki, fizikalni in kemijski dejavniki (Jackson et al., 2001), zato smo si na osmih vzorčnih mestih (Zagrad, Mirna 1, Mirna 2, Mirna 3, Puščava, Pijavica, Gabrje in Zagrad) pogledali tudi nekatere izmed teh dejavnikov. Na posameznih vzorčnih mestih smo izmerili širine in globine struge ter izrisali prečne prereze strug. Pri tem smo ugotovili, da prihaja med posameznimi vzorčnimi mesti do znatnih razlik. Tako sta imeli strugi na prvem in drugem vzorčnem mestu obliko srednjegorskega potoka, to je obliko črke U in sta bili razmeroma homogeni. Za tak tip vodotoka je značilen tudi hitrejši vodni tok. Hitrejši vodni tok in zelo homogena struga je značilna tudi za kanalizirane in regulirane struge, kot jo je imelo tretje vzorčno mesto. Na četrtem in petem vzorčnem mestu sta strugi že imeli obliko nižinskega potoka, za katerega je značilen počasnejši vodni tok, njeno dno in brežina pa sta izredno heterogena. Tak tip struge ima tudi osmo vzorčno mesto, razlika je le v tem, da struga na tem delu močno meandrira in ima hitrejši tok vode. Šesto in sedmo vzorčno mesto sta imela ponovno nekoliko bolj homogeno strugo, predvsem na račun globljih tolmunov. Le ti so bili namreč globoki tudi do 1,0 m.

Z izoblikovanostjo struge pa sta tesno povezana tudi substrat in hitrost vodnega toka (Dekar in Magoulick, 2007). Na prvem in drugem vzorčnem mestu je prevladoval za srednjegorske potoke značilen bolj grob material. Tako so bili na teh mestih najbolj zastopani deleži megalitala, makrolitala in mezolitala. Zaradi velikih kamnov in prodnikov so poleg laminarnega toka prevladovale še brzice in hitrejši vodni tok. Velik delež brzič in za njih značilen vodni tok smo določili tudi na tretjem vzorčnem mestu, čeprav je na tem odseku prevladoval nekoliko bolj fin substrat. Tako velik delež brzič smo dobili predvsem na račun kanaliziranosti struge. Na tem odseku je voda namreč pogosto poplavljala, zato so strugo v celoti regulirali. Rezultat regulirane struge pa je hiter vodni tok, voda hitro odteče in ne povzroča poplav. Na četrtem, petem in šestem vzorčnem mestu je bil substrat izrazito heterogen, saj so bili prisotni vsi tipi substrata, le na četrtem vzorčnem mestu so manjkale skale. Kljub raznolikosti pa so prevladovali za nižinske potoke značilni fini materiali, kot so mikrolital, akal in psamal. Vzorčna mesta so se med seboj razlikovala glede na deleže posameznega tipa anorganskega substrata in prevladujoči tip tokov. Na četrtem in šestem vzorčnem mestu so poleg laminarnega toka prevladovali še tolmunji s počasnejšim vodnim tokom, medtem ko so bili deleži laminarnega toka, tolmunov in brzič na petem vzorčnem mestu skoraj enako zastopani, kar kaže na izrazito heterogen substrat. Kljub nekoliko bolj homogeni strugi na sedmem vzorčnem mestu na račun globokih tolmunov, ki so zajemali kar 40 % struge, pa je bil substrat na tem delu razmeroma raznolik s prevladujočimi finimi materiali, manjkal je le delež mulja in gline. Na osmem vzorčnem mestu je bil substrat ponovno bolj grob, kar sovpada s heterogenostjo same struge in hitrejšim vodnim tokom, čeprav sta bila deleža tolmunov in brzič enaka (20 %) in je imela reka na tem odseku obliko nižinskega potoka.

Brežini na vzorčnem mestu Mirna 3 in Zapuže sta bili v celoti neregulirani, medtem ko je bil na vzorčnem mestu Zagrad viden vpliv človeka le na majhnem delu na začetku odseka kot ostanek kamnitega zidu starega mlina. Delno regulirane brežine smo imeli na vzorčnem mestu Mirna 1, Puščava in Gabrje. Na teh odsekih je namreč človek brežine utrdil z različno velikimi kamni (kamnomet), na vzorčnem mestu Puščava pa smo zasledili v reki tik pod mostom še ostanke gradbenega materiala. Na preostalih dveh vzorčnih mestih sta bili brežini v celoti spremenjeni. Zaradi pogostih poplav je bila struga in njej pripadajoči brežini na vzorčnem mestu Mirna 2 v celoti regulirana s kamnitim zidom, le na

začetku je bil še majhen delež kamnometa. Medtem ko sta bili brežini na vzorčnem mestu Pijavica v celoti spremenjeni in sta imeli obliko kamnometa.

Velik pomen na združbo rib ima tudi obrežna vegetacija, saj vpliva na senčenje reke v času rastne sezone, kar ima za posledico spremembe v dinamiki življenja rib v reki (Cattaneo et al., 2002). Struga je bila bolj ali manj zasenčena na vzorčnih mestih Zagrad (100 %), Zapuže (90 %) in Gabrje (70 %), saj so na tem odseku obrežje in okolico poraščala različno visoka drevesa v pasu 2 - 5 m, v pasu 5 – 15 m in drevesa v pasu nad 15 m. Na preostalih vzorčnih mestih (Mirna 1, Mirna 3, Puščava, Pijavica) je bilo drevesnega rastišja manj, ali pa je bilo to redko, nizko in je raslo le v posameznih krpah, zato je bila tudi struga manj zasenčena. Na vzorčnem mestu Mirna 2 je bila struga regulirana, okolica pa bolj ali manj pozidana, zato tam ni bilo senčenja.

Temperatura vode se povečuje sorazmerno z zmanjševanjem obrežne vegetacije in pada z naraščanjem globine (Svetina, 1982). Predvidevamo, da je tudi v naši raziskavi na temperaturo vode vplivala zasenčenost same struge, čeprav je bila opazna tudi izjema. In sicer temperatura na tretjem vzorčnem mestu, kjer je bila struga nezasenčena, sončevo sevanje pa je bilo zaradi popoldanskih ur vzorčenja maksimalno, ni bila najvišja. Razlog bi lahko iskali v hitrejšem in turbulentnem vodnem toku v brzicah, ki so bile na tem vzorčnem mestu pogoste. Sicer pa so bile najnižje temperature na prvem in drugem vzorčnem mestu. Za nižje temperature prvega vzorčnega mesta sta lahko vzrok 100 % zasenčenost in hiter vodni tok, medtem ko bi lahko bile tako nizkim temperaturam na drugem vzorčnem mestu vzrok obilne padavine 3 dni pred vzorčenjem, ki so premešale vodo in razmeroma zgodnje ure vzorčenja, ko zaradi megle še ni bilo sončevega sevanja. Najvišje temperature sta imeli vzorčni mesti Pijavica in Puščava, kjer je bilo senčenje nizko.

Za življenje naših sladkovodnih rib so optimalne pH vrednosti med 5,5 in 8,5 (Svetina, 1982). Tudi naše izmerjene vrednosti so bile znotraj teh optimalnih vrednosti, za malo je izstopalo le vzorčno mesto Zapuže z vrednostjo 8,7. Sicer pa so bile pH vrednosti na vseh vzorčnih mestih rahlo bazične, le na vzorčnem mestu Mirna 2 smo izmerili rahlo kisel oziroma nevtralen pH (6,9), kar pa nima vpliva na ribe v reki Mirni.

Padavine zaradi nizke vsebnosti ionov praviloma zmanjšajo koncentracije ionov v vodi (Urbanič in Toman, 2003), kar pomeni, da je elektroprevodnost v času večjih padavin nižja. Predvidevamo, da je bil to razlog tudi za našo izmerjeno vrednost na drugem vzorčnem mestu, saj je 3 dni pred vzorčenjem deževalo. Nižjo vrednost je imelo še vzorčno mesto Zapuže, medtem ko so bile na preostalih vzorčnih mestih izmerjene vrednosti elektroprevodnosti višje (500 – 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Najvišjo prevodnost smo izmerili na vzorčnem mestu Mirna 3, ki je bila najverjetneje posledica iztoka delno očiščenih odpadnih vod iz čistilne naprave Mirna in posledic samega mesta Mirna. Z dotokom hranil (npr. iz čistilnih naprav) se praviloma poveča tudi elektroprevodnost (Urbanič in Toman, 2003). Sicer pa so bile vse vrednosti znotraj optimalnih vrednosti (400 - 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ki so značilne za vodotoke, ki tečejo po karbonatni podlagi (Počkaj, 2008).

V reki Mirni smo določili 29 vrst rib in vrsto ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931). Med skupno 29 vrstami rib je bilo 26 avtohtonih in 3 alohtone vrste (šarenka ali amerikanka (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792), babuška ali srebrni koreselj (*Carassius gibelio*; Bloch, 1782) in sončni ostriž (*Lepomis gibbosus*; Linnaeus, 1758)). Na vseh vzorčnih mestih sta se pojavili le 2 vrsti (blistavec (*Telestes souffia*; Risso, 1826) in navadni kapelj (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758)), na sedmih od skupno osem vzorčnih mest smo določili 5 vrst rib (potočna postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758), pohra (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002), klen (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758), pisanka (*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782), babica (*Barbatula barbatula*; Linnaeus, 1758)) in vrsto ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931), medtem ko so se ostale vrste pojavljale samo na določenih preiskovanih odsekih.

Predvidevali smo, da se bojo združbe rib glede na število vrst na posameznih vzorčnih mestih po toku navzdol razlikovale. Največ vrst smo določili na vzorčnem mestu Puščava, najmanj pa na vzorčnem mestu Zagrad. To smo potrdili tudi z Margalefovim indeksom vrstnega bogastva, s Shannon – Wienerjevim diverzitetnim indeksom in s Simpsonovim diverzitetnim indeksom, katerih vrednosti so bile največje za vzorčno mesto Puščava, najmanjše pa za vzorčno mesto Zagrad. Vzrok za tako visoko vrstno bogastvo na vzorčnem mestu Puščava bi lahko iskali v veliki heterogenosti vodotoka na tem odseku, ki ribam

nudi številne mikrohabitate. S številom mikrohabitatsov naj bi namreč naraščalo tudi število rib (Grossman et al., 1998). Struga na tem delu je bila izrazito heterogena, dno struge so prekrivali različno veliki kamni in prodniki, pesek, mulj, na sredini struge pa je bilo celo nekaj manjših skal. Tudi vodni tok je bil na tem odseku v primerjavi z ostalimi vzorčnimi mesti najbolj raznolik, saj so bili deleži laminarnega toka, brzic in tolmunov najbolj enakomerno zastopani. Brežini sta bili le delno regulirani, porasli z mladim mešanim gozdom, katerega drevesa so bila manjša, krošnje pa redke, tako da je bila tudi sama zasenčenost struge minimalna (30 %). Fizikalni in kemijski dejavniki so bili na tem vzorčnem mestu v okviru optimalnih vrednosti in torej ugodni za življenje različnih vrst rib. Ravno nasproten pa je bil življenjski prostor na vzorčnem mestu Zagrad, kjer smo določili najmanjšo vrstno pestrost. Na tem vzorčnem mestu je bila struga homogena, njeno dno pa je prekrival grob substrat (skale, veliki kamni in prodniki). Vodni tok je bil laminaren, velik delež so predstavljale brzice, medtem ko je bil tolmun samo en sam, tako da je bil za to vzorčno mesto značilen hitrejši vodni tok. Brežine so bile neregulirane, vendar na gosto porasle z drevesi, tako da je bila struga 100 % zasenčena. Zaradi velike stopnje zasenčenosti so bile temperature na tem delu nekoliko nižje, elektroprevodnost pa je bila na račun odpadlega listja nekoliko višja, vendar še vedno v okviru optimalnih vrednosti. Vsi ti abiotski dejavniki so bili vzrok za manjše število mikrohabitatsov, kar pa privede, kot smo že omenili, do manjšega števila vrst. Nizko vrstno bogastvo oziroma raznolikost je imelo tudi vzorčno mesto Mirna 2, kjer je bila struga regulirana. Cattaneo et al. (2002) so namreč ugotovili, da se število mikrohabitatsov zmanjšuje z reguliranjem struge, posledično pa se zmanjšuje tudi vrstna pestrost rib, kar smo potrdili tudi z našo raziskavo.

Vzorčna mesta so se torej po številu vrst med seboj razlikovala, kljub temu pa smo poskušali na podlagi Bray – Curtisovega indeksa podobnosti ugotoviti, na katerih vzorčnih mestih so si bile združbe rib najbolj podobne. Ugotovili smo, da sta si bili najbolj podobni združbi na vzorčnem mestu Pijavica in Gabrje. Čeprav sta si bili vzorčni mesti na podlagi preučenih abiotskih in antropogenih dejavnikov zelo različni (ujemali sta se namreč le glede elektroprevodnosti in vrednosti pH), sta imeli obe vzorčni mesti največ skupnih vrst. Razmeroma podobni sta si bili tudi vzorčni mesti Mirna 2 in Mirna 3 s 7 skupnimi vrstami. Podobnost gre predvsem na račun 4 skupnih vrst (pohra (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al.,

2002), blistavec (*Telestes souffia*; Risso, 1826), pisanka (*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782) in pisanec (*Phoxinus phoxinus*; Linnaeus, 1758)) iz družine krapovcev (Cyprinidae), ki za svoj življenjski prostor potrebujejo prodat substrat. Le ta je skupaj s peskom prevladoval ravno na teh dveh vzorčnih mestih. Sicer pa sta se vzorčni mesti močno razlikovali. Vzorčno mesto Mirna 2 je imelo namreč homogeno, regulirano strugo, medtem ko je bila struga na vzorčnem mestu Mirna 3 heterogena in neregulirana. Na splošno smo na podlagi Bray – Curtisovega indeksa podobnosti ugotovili, da so si bile med seboj bolj podobne združbe rib na spodnjih štirih vzorčnih mestih in združbe na zgornjih treh vzorčnih mestih. Združba rib na prvem vzorčnem mestu Zagrad se je od preostalih združb rib najbolj razlikovala, saj je imela s preostalimi vzorčnimi mesti skupni le dve vrsti, ki sta se sicer pojavili na vseh osmih vzorčnih mestih (blistavec (*Telestes souffia*; Risso, 1826) in navadni kapelj (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758)). Tako nizko stopnjo podobnosti smo tudi pričakovali, saj se je vzorčno mesto Zagrad po abiotičnih dejavnikih močno razlikovalo od preostalih vzorčnih mest. Razlikovalo se je predvsem po visoki stopnji zasenčenosti, homogeni strugi s plitvo vodo in samo enim tolmunom.

Ugotovili smo, da so se vzorčna mesta razlikovala tudi v številu rib na 100 m². Čeprav je bilo največ vrst rib na vzorčnem mestu Puščava, so bile vrste na tem vzorčnem mestu številčno slabo zastopane. Vzrok bi lahko bil intenziven športni ribolov na tem odseku. Največje število osebkov na 100 m² smo ocenili za vzorčno mesto Mirna 3, predvsem na račun blistavcev (*Telestes souffia*; Risso, 1826). Ta vrsta namreč naseljuje tako srednjegorske kot nižinske potoke in živi v jatah na predelih z zmernim do hitrim tokom in kamnitim dnom (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Pollux et al. (2006) so ugotovili, da v reguliranih vodotokih živijo predvsem mladice in manjše ribe. To smo potrdili tudi z našo raziskavo, saj smo na vzorčnem mestu Mirna 2, kjer je bila struga regulirana, določili največ navadnih kapljev (299 osebkov te vrste). Kaplji (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758) so manjše ribe, velike do 15 cm, ki živijo v postrvjem pasu pri dnu vodotokov (Veenvliet in Veenvliet, 2006). So samotarske in nočno aktivne ribe, ki so pogosto plen postrvi (*Salmo sp.*) (Povž in Sket, 1990). Ravno zaradi majhnega števila postrvi (*Salmo sp.*), ki so zelo občutljive na regulacije struge in hitrejšega vodnega toka na tem vzorčnem mestu, je bilo število kapljev večje. Sicer pa je na spodnjih štirih vzorčnih mestih prevladovala pisanka (*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782), ki je tipična vrsta nižinskih potokov donavskega

povodja, ki se združuje v jate (Veenvliet in Veenvliet, 2006). Najmanjše število osebkov na 100 m² smo ocenili na vzorčnem mestu Zagrad, kjer so bile zaradi razmeroma hitrega vodnega toka in 100 % zasenčenosti za ribje vrste najmanj ugodne razmere.

Med vzorčnimi mesti so bile tudi razlike v skupni biomasi rib na 100 m². Največjo ocenjeno biomaso rib na 100 m² je imelo vzorčno mesto Mirna 3, le za dobrih 400 g/100 m² je imelo manjšo biomaso vzorčno mesto Puščava. Vzrok za večjo biomaso na vzorčnem mestu Mirna 3 bi lahko bile tudi delno očiščene vode iz čistilne naprave Mirna oziroma posledice samega mesta Mirna, ki predstavljajo večje količine hranil za ribe. Večje količine hranil v vodi na tem odseku smo dokazali tudi z meritvami elektroprevodnosti. Na tem vzorčnem mestu smo namreč izmerili največjo elektroprevodnost. Večjo biomaso na vzorčnem mestu Puščava pa bi lahko razložili s tem, da je tam zelo pogosto hranjenje rib zaradi intenzivnega športnega ribolova. Na obeh vzorčnih mestih je bila največja biomasa klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758). Večjo biomaso klenov lahko razložimo s tem, da so na teh vzorčnih mestih prevladovali večji osebki. Večja biomasa pisank (*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782) na spodnjih petih vzorčnih mestih, blistavcev (*Telestes souffia*; Risso, 1826) na četrtem vzorčnem mestu in navadnega kaplja (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758) na prvem in tretjem vzorčnem mestu je posledica velikega števila teh vrst na omenjenih vzorčnih mestih.

Med posameznimi vzorčnimi mesti smo primerjali tudi populacije klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002). Obe vrsti smo izlovili na sedmih od osmih vzorčnih mest. Klen je bil odsoten samo na vzorčnem mestu Mirna 2, kjer je bila struga regulirana, homogena in brez tolmunov, saj kleni živijo predvsem v vodotokih z razgibanim dnem in v večjih tolmunih. Pohre nismo našli samo na vzorčnem mestu Zagrad, čeprav ta vrsta naseljuje tudi srednjegorske potoke. Vzrok za to bi lahko bila visoka zasenčenost na tem vzorčnem mestu, saj se je pohra pojavila že na drugem vzorčnem mestu Mirna 1, ki je prav tako imelo obliko srednjegorskega potoka in je bilo glede abiotских dejavnikov zelo podobno vzorčnemu mestu Zagrad, le zasenčenost struge je bila bistveno nižja.

Obe vrsti sta bili najštevilčnejši na četrtem vzorčnem mestu, medtem ko je bilo najmanjše ocenjeno število klenov na 100 m² na vzorčnem mestu Zagrad, pohre pa na vzorčnem mestu Mirna 2. Enake rezultate smo dobili tudi za ocenjeno biomaso klena oziroma pohre na 100 m². Večjo številčnost klena in pohre bi lahko razložili z ugodnimi razmerami na vzorčnem mestu Mirna 3. Obe vrsti namreč živita v jatah v vodotokih z razgibanim dnom in heterogenim substratom. Večja biomasa obeh vrst na tem vzorčnem mestu pa je bila posledica večjega števila obeh vrst in večje količine hranil zaradi vpliva samega mesta in čistilne naprave Mirna. Vzrok za manjšo številčnost klena in s tem povezano manjšo biomaso na vzorčnem mestu Zagrad bi lahko bila homogena struga s prevladujočim grobim substratom in le enim bolj ali manj plitvim tolmunom ter 100 % zasenčenost. Medtem ko bi za manjšo številčnost pohre in s tem povezano biomaso na vzorčnem mestu Mirna 2 lahko iskali vzrok v reguliranosti struge na tem vzorčnem mestu.

Na vseh vzorčnih mestih so prevladovali mlajši kleni. Tako je bilo največ enoletnih in dvoletnih klenov, razmeroma veliko je bilo tudi triletnih in štiriletnih, ki že veljajo za spolno zrele osebkke. Starejši kleni so bili redki. Pri pohri so prevladovali dvoletni in triletni osebki, ki že veljajo za spolno zrele, razmeroma veliko je bilo še enoletnih osebkov, medtem ko so bile starejše pohre tako kot kleni redke. Vzrok za tako nizko številčnost starejših osebkov klena in pohre bi lahko iskali v intenzivnem ribolovu v reki Mirni.

S starostjo se je povečevala tudi velikost klena in pohre. Tako klen kot pohra sta intenzivno rasla v dolžino do spolne zrelosti, ki je pri klenu v 3. – 4. letu starosti, pri pohri pa v 2. – 3. letu. Potem pa se je rast v dolžino zmanjšala. Za sladkovodne ribe je namreč značilno, da do pričetka formiranja aktivnih spolnih organov rastejo intenzivno v dolžino in le postopoma pridobivajo na teži. Potem pa se rast v dolžino značilno zmanjša, pridobivanje na teži pa konstantno nadaljuje (Svetina, 1982).

Relativno veliko smo določili tudi ukrajinskih potočnih piškurjev (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931). In sicer smo to vrsto izlovili na sedmih od osmih vzorčnih mest. Manjkal je samo na osmem vzorčnem mestu. Večina osebkov je bila še na stopnji larve, nekaj piškurjev pa se je že preobrazilo v zrele osebkke z dobro razvitimi očmi. Larve piškurjev potrebujejo za razvoj čiste, neregulirane vodotoke s peščenim ali glinenim dnom (Povž in

Sket, 1990). Tega sicer z našo raziskavo nismo potrdili, saj smo piškurja določili tudi na prvem in drugem vzorčnem mestu, kjer je prevladoval grob substrat ter tudi na tretjem vzorčnem mestu, kjer je bila struga regulirana.

Iz Pravilnika o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS, št. 82/02) smo v reki Mirni izlovili 10 ogroženih (potočna postrv (*Salmo trutta*; Linnaeus, 1758), krap (*Cyprinus carpio*; Linnaeus, 1758), mrena (*Barbus barbus*; Linnaeus, 1758), platnica (*Rutilus virgo*; Heckel, 1852), blistavec (*Telestes souffia*; Risso, 1826), podust (*Chondrostoma nasus*; Linnaeus, 1758), ogrica (*Vimba vimba*; Linnaeus, 1758), pezdirk (*Rhodeus amarus*; Bloch, 1782), velika nežica (*Cobitis elongata*; Heckel et Kner, 1858) in zlata nežica (*Sabanejewia balcanica*; Karaman, 1922)) in 5 ranljivih vrst rib (beloplavuti globoček (*Romanogobio vladykovi*; Fang, 1943), Kesslerjev globoček (*Romanogobio kessleri*; Dybowski, 1862), zvezdogled (*Romanogobio uranoscopus*; Agassiz, 1828), navadna nežica (*Cobitis elongatoides*; Bacescu et Maier, 1969) in navadni kapelj (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758)). Med ogrožene vrste uvrščamo tudi ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931), ki smo ga našli tudi v reki Mirni.

5.2 SKLEPI

Ugotovili smo, da so se vzorčna mesta med seboj razlikovala glede nekaterih abiotских dejavnikov. Med fizikalnimi in kemijskimi dejavniki na posameznih vzorčnih mestih so bile razlike minimalne, vse vrednosti pa so bile znotraj optimalnih vrednosti. Razlike med vzorčnimi mesti so bile ugotovljene predvsem na račun hidromorfoloških dejavnikov, kot so širina struge, globina vode, tip anorganskega substrata, tip vodnega toka, reguliranost brežin, poraščenost brežin in okolice ter s tem povezane zasenčenosti struge.

Ugotovili smo, da se združbe rib na posameznih vzorčnih mestih med seboj razlikujejo in s tem potrdili prvo hipotezo. Najbolj podobni sta si bili vzorčni mesti Pijavica in Gabrje z 11 skupnimi vrstami, visoko podobnost sta imeli tudi vzorčni mesti Mirna 2 in Mirna 3 s 7 skupnimi vrstami. S preostalimi vzorčnimi mesti je imelo najmanj skupnih vrst vzorčno mesto Zagrad, ki se je tudi sicer močno razlikovalo od preostalih preiskovanih odsekov.

Največjo vrstno bogastvo smo ugotovili za vzorčno mesto Puščava, kjer smo določili 23 vrst rib, najmanjšo pa na vzorčnem mestu Zagrad, kjer smo izlovili le 5 vrst rib. Svoje ugotovitve smo potrdili tudi z Margalefovim indeksom vrstnega bogastva, s Shannon – Wienerjevim diverzitetnim indeksom in s Simpsonovim diverzitetnim indeksom.

Ugotovili smo, da so se številčnost in biomasa rib med posameznimi vzorčnimi mesti razlikovale in s tem potrdili drugo hipotezo. Povprečno število rib na 100 m² je bilo najvišje na vzorčnem mestu Mirna 3, najmanjše pa na vzorčnem mestu Zagrad. Na vseh vzorčnih mestih so številčno prevladovali navadni kapelj (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758) na prvem, drugem in tretjem vzorčnem mestu, blistavci (*Telestes souffia*; Risso, 1826) na četrtem vzorčnem mestu in pisanke (*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782) na petem, šestem, sedmem in osmem vzorčnem mestu. Tudi povprečna biomasa rib na 100 m² je bila največja na vzorčnem mestu Mirna 3 in najnižja na vzorčnem mestu Zagrad. Na spodnjih vzorčnih mestih so imeli največjo povprečno biomaso kleni (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758), pisanke (*Alburnoides bipunctatus*; Bloch, 1782) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002). Na prvem in tretjem vzorčnem mestu je imel največjo povprečno biomaso navadni kapelj (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758).

Primerjali smo tudi klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohro (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002). Klena nismo določili samo na vzorčnem mestu Mirna 2, pohre pa na vzorčnem mestu Zagrad. Povprečno število klena in pohre na 100 m² je bilo največje na vzorčnem mestu Mirna 3, najmanjše pa na vzorčnem mestu Zagrad za klena in na vzorčnem mestu Mirna 2 za pohro. Enako je veljalo tudi za povprečno biomaso klena in pohro na 100 m².

Največ smo določili enoletnih in dvoletnih klenov, veliko je bilo tudi triletnih in štiriletnih, medtem ko so bile ostale starosti zastopane samo s posameznimi predstavniki. Pri pohri smo določili največ dvoletnih osebkov, razmeroma veliko je bilo tudi enoletnih in triletnih, medtem ko bile starejše pohre redke. S starostjo se je povečevala tudi velikost klena in pohre.

Ugotovili smo, da so se velikosti in starosti klena in pohre med posameznimi vzorčnimi mesti razlikovale in s tem potrdili tretjo hipotezo.

Na sedmih od osmih vzorčnih mest smo določili tudi vrsto ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931). Odsoten je bil samo na osmem vzorčnem mestu. Večina osebkov je bila še na stopnji larve, nekaj pa se jih je že preobrazilo v spolno zrele osebkove z dobro razvitimi očmi.

6 POVZETEK

S tem diplomskim delom smo želeli preučiti strukturo ribjih združb v reki Mirni. Reka Mirna teče skozi razgibano pokrajino z različno kamninsko sestavo, skozi nekatera večja naselja (Mirna, Mokronog, Boštanj), kmetijsko krajino in mimo nekaterih večjih industrijskih objektov (Dana, Kolinska, Zavod za prestajanje kazni zapora Dob pri Mirni), zato je pogosto predmet obravnav zaradi onesnaženosti in poginov rib. Prav tako je reka v preteklosti pogosto poplavljala, zato je danes na več odsekih hidromorfološko spremenjena (regulirana) z namenom hitrejšega odvajanja vode. Vsi ti zgoraj omenjeni dejavniki vplivajo med drugim tudi na združbo rib v samem vodotoku.

Za preučevanje strukture ribjih združb smo si izbrali osem vzorčnih mest, ki so se razlikovala tako v abiotskih kot v antropogenih dejavnikih. Prvo vzorčno mesto Zagrad in drugo vzorčno mesto Mirna 1 sta predstavljali naraven tok vode, kjer še ni bilo vpliva različnih antropogenih dejavnikov. Na tretjem vzorčnem mestu Mirna 2 je bila struga regulirana. S četrnim vzorčnim mestom Mirna 3, ki se je nahajalo za iztokom iz čistilne naprave Mirna oziroma samim mestom Mirna, smo želeli ugotoviti vpliv samega mesta oziroma čistilne naprave na združbo rib. Peto vzorčno mesto Puščava, šesto vzorčno mesto Pijavica in sedmo vzorčno mesto Gabrje smo izbrali na podlagi že znanih raziskav iz leta 1985. Vzorčna mesta so se razlikovala med seboj predvsem po toku vode, po poraščenosti okolice in reguliranosti brežin. Osmo vzorčno mesto Zapuže se je nahajalo pred izlivom v reko Savo. V tem delu je imela struga izrazito meandrirajoč vzorec s prevladujočim laminarnim tokom vode. Vzorčenje smo izvedli od 13.08.2009 do 17.09.2009.

Na vseh vzorčnih mestih smo izmerili nekatere fizikalne in kemijske parametre, kot so temperatura, pH vrednost in elektroprevodnost. Razlike med fizikalnimi in kemijskimi parametri na posameznih vzorčnih mestih so bile minimalne, vse vrednosti pa so bile znotraj optimalnih vrednosti. Med hidromorfološkimi dejavniki smo izmerili širino in globino struge ter ocenili deleže posameznih tipov anorganskega substrata, posameznih tipov tokov, poraščenosti okolice in obrežja, reguliranosti brežin in zasenčenosti. Posamezna vzorčna mesta so se glede na opisane hidromorfološke dejavnike močno

razlikovala. Ugotovili smo, da imajo za ribe najugodnejše življenjske razmere vzorčna mesta Mirna 3, Puščava in Pijavica, medtem ko so hidromorfološki dejavniki na vzorčnem mestu Zagrad in Mirna 2 najmanj primerni za življenje rib.

Ribe smo izlovili z elektroagregatom, jih določili do vrst, izmerili dolžine in stehtali do g natančno. Klenu (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohro (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) smo odvezli tudi luske, s pomočjo katerih smo kasneje v laboratoriju določali njuno starost. Vse določene in izmerjene ribe smo po drugem izlovu vrnili v reko. Na vseh vzorčnih mestih smo določili 29 vrst rib in vrsto ukrajinskega potočnega piškurja (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931). Med skupno 29 vrstami rib je bilo 26 avtohtonih in 3 alohtone vrste (šarenka (*Oncorhynchus mykiss*; Walbaum, 1792), babuška (*Carassius gibelio*; Bloch, 1782) in sončni ostriž (*Lepomis gibbosus*; Linnaeus, 1758)). Na vseh osmih vzorčnih mestih sta se pojavili le 2 vrsti (blistavec (*Telestes souffia*; Risso, 1826) in navadni kapelj (*Cottus gobio*; Linnaeus, 1758)). Združbe rib so se med posameznimi vzorčnimi mesti razlikovale. Največ vrst smo določili na vzorčnem mestu Puščava, najmanj pa na vzorčnem mestu Zagrad. To smo potrdili tudi z Margalefovimi indeksi vrstnega bogastva, s Shannon – Wienerjevim diverzitetnim indeksom in s Simpsonovim diverzitetnim indeksom. Na podlagi Bray – Curtisovega indeksa podobnosti pa smo ugotovili, da so si bile med seboj bolj podobne združbe rib na spodnjih štirih vzorčnih mestih in združbe na zgornjih treh vzorčnih mestih, medtem ko se je združba rib na prvem vzorčnem mestu Zagrad od preostalih združb rib najbolj razlikovala, saj je imela s preostalimi vzorčnimi mesti skupni le dve vrsti.

Združbo rib vsakega vzorčnega mesta smo primerjali tudi v številu in biomasi. Ugotovili smo, da so se vzorčna mesta razlikovala tako po številu rib na 100 m², kot po biomasi v g na 100 m². Največje število osebkov na 100 m² smo ocenili za vzorčno mesto Mirna 3, predvsem na račun blistavcev (*Telestes souffia*; Risso, 1826), najmanjše pa na vzorčnem mestu Zagrad. Največjo ocenjeno biomaso rib na 100 m² je imelo vzorčno mesto Mirna 3, najmanjšo pa vzorčno mesto Zagrad.

Med posameznimi vzorčnimi mesti smo primerjali tudi populacije klenu (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) in pohre (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002), ki smo ju

izlovili na sedmih vzorčnih mestih. Primerjali smo ju po številu na 100 m², po biomasi na 100 m², po velikosti in starosti. Ugotovili smo, da so se populacije klena in pohre razlikovale med posameznimi vzorčnimi mesti tako po številu, kot po biomasi, velikosti in starosti.

Relativno veliko smo določili tudi ukrajinskih potočnih piškurjev (*Eudontomyzon mariae*; Berg, 1931). In sicer smo to vrsto izlovili na sedmih od osmih vzorčnih mest. Odsoten je bil samo na osmem vzorčnem mestu. Večina osebkov je bila še na stopnji larve, nekaj piškurjev pa se je že preobrazilo v z zrele osebkove z dobro razvitimi očmi.

V naši raziskavi smo ugotovili, da so se vzorčna mesta razlikovala tako po abiotских kot po antropogenih dejavnikih. Posledično so se razlikovale tudi združbe rib na preiskovanih odsekih reke Mirne. S tem smo pokazali, kako pomembni so naravni habitati za posamezne ribje vrste ter kako človek s svojimi posegi in dejanji spreminja njihovo naravno okolje, kar ima bolj ali manj negativne posledice tako na združbo rib, kot na ostala živa bitja v vodnem ekosistemu.

7 VIRI

7.1 CITIRANI VIRI

1. Adams S. M., Ryon M. G., Smith J. G. 2005. Recovery in diversity of fish and invertebrate communities following remediation of a polluted stream: investigating causal relationships. *Hydrobiologia*, 542, 1: 77 – 93
2. Baer J., Blasel K., Diekmann M. 2007. Benefits repeated stocking with adult, hatchery – reared brown trout, *Salmo trutta*, to recreational fisheries. *Fisheries Management and Ecology*, 14, 1: 51 – 59
3. Bogut I., Novoselić D., Pavličević J. 2006. *Biologija riba*. Osijek, Poljoprivredni fakultet: 620 str.
4. Cattaneo F. et al. 2002. The influence of hydrological and biotic processes on brown trout (*Salmo trutta*) population dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1: 12-22
5. Dauwalter D. C., Splinter D. K., Fusher W. L., Marston R. A. 2007. Geomorphology and stream habitat relationships with smallmouth bass (*Micropterus dolomieu*) abundance at multiple spatial scales in eastern Oklahoma. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64, 8: 1116 – 1129
6. Dekar M.P., Magoulick D.D. 2007. Factors affecting fish assemblage structure during seasonal stream drying. *Ecology of Freshwater Fish*, 16, 3: 335-342
7. Duplić A. 2008. *Slatkovodne ribe. Priručnik za inventarizacijo in pračenje stanja*. Zagreb, Državni zavod za zaščito prirode: 35 str.
8. Giller P. S., Malmqvist B. 1998. *The biology of streams and rivers*. Oxford, Oxford University Press: 296 str.
9. Govedič M. 2007. *Strokovne podlage za dolgoročni program reševanja problematike "kormorani – ribe" – neodvisna analiza in predlog rešitve*. Center za kartografijo favne in flore (01. avgust 2010)
10. Grossman G. D., Ratajezak R. E., Crawford Jr. M., Freeman M. C. 1998. Assemblage Organization in Stream Fishes: Effects of enviromental Variation and Interspecific Interactions, *Ecological Monographs*, 68, 3: 395 – 420

11. Hargrave C. W. 2009. Effects of fish species richness and assemblage composition on stream ecosystem function. *Ecology of Freshwater Fish*, 18, 1: 24 – 32
12. Hellawell J. M. 1972. The growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* (L.), of the River Lugg, Herefordshire. *Journal of Fish Biology*, 4,4: 469 – 486
13. Interaktivni Atlas okolja. 2006. Agencija Republike Slovenije za okolje (03. avgust 2010)
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso
14. Jackson D. A., Peres – Neto P. R., Olden J. D. 2001. What controls who is where in freshwater fish communities the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 1: 157 – 170
15. Janc A. 2008. Mlademu ribiču. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 64 str.
16. Jenič A., Bertok M. 2010. Načrt za izvajanje ribiškega upravljanja v spodnjemrečnem ribiškem območju. Osnutek. Spodnje Gameljne, Zavod za ribištvo Slovenije: 49 str.
17. Koračin M. (ur.) 1993. Priročnik za gospodarje in čuvaje ribiških družin. 1. ponatis, Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 105 str.
18. Krebs C. J. 2000. *Ecological Methodology*
19. Kunaver J., Drobnjak B., Klemenčič M. M., Lovrenča F., Luževič M., Pak M., Senegačnik J., Vrhovec V. 1998. Obča geografija za 1. letnik srednjih šol. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 265 str.
20. Maitland P. S., Linsell K. 2006. *Guide to freshwater fish of Britain and Europe*. London, Philip□s: 272 str.
21. Natura 2000. 2007. Ministrstvo za okolje in prostor (02. avgust 2010)
http://www.natura2000.gov.si/index.php?id=105&no_cache=1&area_id=52
22. Ocena ekološkega in kemijskega stanja rek v Sloveniji v letih 2007 in 2008. 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje (28. julij 2010)
<http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije>
23. PAST (15. september 2010)
<http://folk.uio.no/ohammer/past>
24. Počkaj P. 2008. Okoljska ocena in makrofiti Rižane: diplomsko delo. Ljubljana, Iniverza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 72 str.

25. Poročilo monitoringa kakovosti voda za življenje sladkovodnih vrst rib za leto 2008. 2009. Agencija Republike Slovenije za okolje (28. julij 2010)
<http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije>
26. Poročilo o stanju okolja 2002. 2003. Agencija Republike Slovenije za okolje (28. julij 2010)
<http://www.arso.gov.si/varstvo>
27. Povž M. 2005. Vpliv akumulacij in visokih pregrad na sladkovodne ribe. Slovenski vodar, 16: 27 – 30
28. Povž M., Kryžanowski A. 2005. Ribje steze kot naravovarstven ukrep za ohranjanje biodiverzitete v reki Savi – Slovenija. Sevnica, 7. posvet SLOCOLD, Tehnična in okoljska problematika gradnje verige HE na spodnji Savi: 65 – 76
http://www.slocold.si/zbornik/Z_7.pdf
29. Povž M., Sket B. 1990. Naše sladkovodne ribe. Ljubljana, Mladinska knjiga: 370 str.
30. Povž M., Šumer S. 2006. Tujerodne ribe slovenskih voda. Proteus, 68, 9-10: 412 – 419
31. Puklavec D. 2009. Mnenje k predlogu odprave lovopusta za rdečeperko in navadnega ostriža v Cerkniškem jezeru. Zavod za ribištvo Slovenije (11. avgust 2010)
<http://www.rdcernica.si/newsimages/MnenjeZZRS.pdf>
32. Rejic M. 1988. Sladkovodni ekosistemi in varstvo voda. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo: 225 str.
33. Ribe. 1999 – 2010. Ribiška družina Tolmin. (11. avgust 2010)
<http://www.ribiska-druzina-tolmin.si/ribe.php>
34. Robič D. 2000. Različno razumevanje in pomen biodiverzitete v ekologiji, posebno v fitocenologiji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 63: 47 – 93
35. Scheuerell M. D., Schindler D. E. 2004. Changes in the Spatial Distribution of Fishes in Lakes Along a Residential Development Gradient. Ecosystems, 7, 1: 98 – 106
36. Simon K. S. et al. 2004. Habitat – Specific Nitrogen Dynamics in New Zealand Streams Containing Native or Invasive Fish. Ecosystems, 7, 8: 777 – 792
37. Skalin B. 1993. Ribogojstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 191 str.

38. Smith R. L., Smith T. M. 2001. Ecology and field biology. Sixth Edition. San Francisco, Addison Wesley Longman: Benjamin Cummings: 766 str.
39. Svetina M. 1982. Sladkovodno ribištvo na Slovenskem. Ribiški zbornik. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 343 str.
40. Šolić M. 2005. Ekologija. Interakcije između populacija. Split, Institut za oceanografiju i ribarstvo, 51 – 54
41. Šumer S., Jesenšek D. 2002. Reka Bača in ocenjena nosilna zmogljivost. Ribič. Glasilo slovenskega ribištva, LXI, 1-2: 13-17
42. Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.
43. Toman M. J. 2008. Limnologija. Zapiski s predavanj.
44. Topole M. 1998. Mirnska dolina: regionalna geografija porečja Mirne na Dolenjskem. Ljubljana, Založba ZRC SAZU: 175 str.
45. Trontelj P. 2005. Vretenčarji Slovenije: gradivo za vaje iz zoologije strunarjev. Ljubljana, Študentska založba, 95 str.
46. Urbanič G. 2004. Ekologija in razširjenost mladoletnic (*Insecta: Trichoptera*) v nekaterih vodotokih v Sloveniji: doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 188 str.
47. Urbanič G., Toman M. J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.
48. Urbanič G., Toman M. J. 2008. Limnologija in ekosistemi – celinske vode. Praktikum. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo, 58 str.
49. Uredba o ribjih vrstah, ki so predmet ribolova v celinskih vodah. 2007. Uradni list Republike Slovenije, št. 46/2007 (02. avgust 2010)
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlrid=20072510>
50. Veenvliet P., Veenvliet K. J. 2006. Ribe slovenskih celinskih voda. Grahovo, Zavod Symbiosis: 168 str.
51. Vrtačnik J. 2005. Etološke značilnosti rib in akvakultura. Prva slovenska stran o vijačenju. (09. avgust 2010)
52. Wetzel R. G. 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. 3rd Edition. San Diego, Academic Press: 980 str.

53. Zakon o sladkovodnem ribištvu. 2006. Državni zbor Republike Slovenije (28. julij 2010).

<http://www.dzrs.si>

7.2 DRUGI VIRI

1. Dobson M., Frid C. 2009. Ecology of Aquatic Systems. Second Edition. United States of America, New York, Oxford University Press: 321 str.
2. Lah A. 1998. Sladkovodno ribištvo Slovenije v stodesetih letih razvoja in konec drugega tisočletja : 1888 – 1998. Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije: 88 str.
3. Naglič M. 2010. Ribiško upravljanje in naravovarstvene smernice. Ribič. Glasilo slovenskega ribištva, LXIX, 6: 137
4. Svet ob Mirni in Radulji. 2007. Občina Mokronog – Trebelno (20. september 2010)
5. Povž M., Šumer S., Budihna N. 1998. Ribe in raki Pokolpja: razširjenost, biologija in ekologija sladkovodnih rib ter naravovarstvene smernice. Ljubljana, i2: 95
6. Steinmetz B., Müller R. 1991. An atlas of fish scales and other bony structures used for age determination. Non – salmonid species found in European fresh waters. Great Britain, Samara Publishing: 51 str.
7. Ward D., Holmes N., Jose P. 1995. The New Rivers and Wildlife Handbook. Bedfordshire, The Royal Society for the Protection of Birds: 426 str.

ZAHVALA

Pri izdelavi diplomske naloge mi je pomagalo zelo veliko ljudi, nekaterim izmed njih pa se želim še posebej zahvaliti.

Prof. dr. Mihaelu J. Tomanu, ki je zmeraj našel čas zame, se zahvaljujem za mentorstvo, vsestransko pomoč in nasvete, za ves trud in dobro voljo, ki mi jo je namenil.

Zahvaljujem se somentorju dr. Samu Podgorniku, da mi je omogočil samo izvedbo terenskega dela ter za ves trud, pomoč in nasvete.

Za recenzijo in svetovanje pri izdelavi naloge se zahvaljujem še prof. dr. Ivanu Kosu in doc. dr. Rudiju Verovniku.

Zahvala gre tudi vsem delavcem na Zavodu za ribištvo Slovenije, ki so mi pomagali pri terenskem delu in analizi podatkov.

Hvala predsedniku Ribiške družine Sevnica, dr. Sandiju Kosmaču, za posredovane podatke in pomoč.

Hvala kolegici Blanki Ravnjak, univ. dipl. biol., za vso pomoč, podporo, nasvete in spodbudne besede.

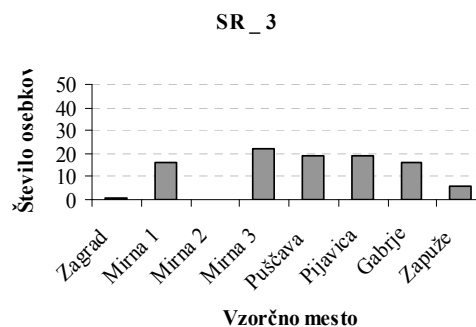
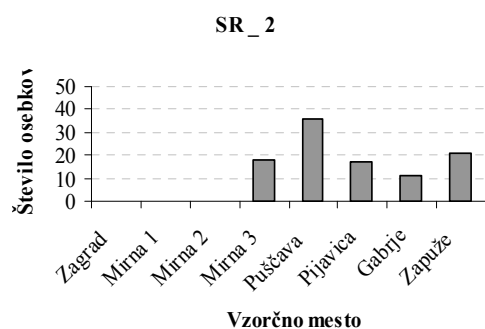
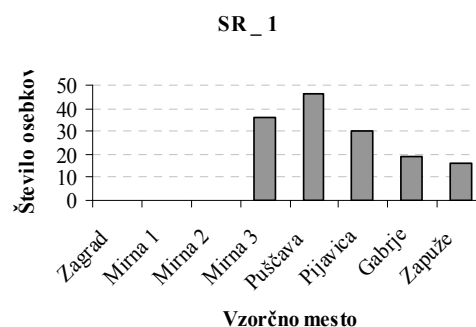
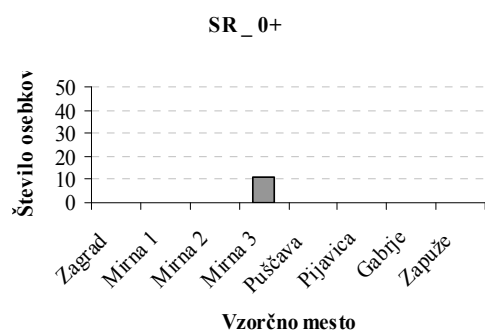
Iskreno se zahvaljujem mojim staršem, ki so mi tekom študija nudili vsestransko podporo, pomoč, me v težkih trenutkih vzpodbujali in prepričevali, da je jutri nov dan.

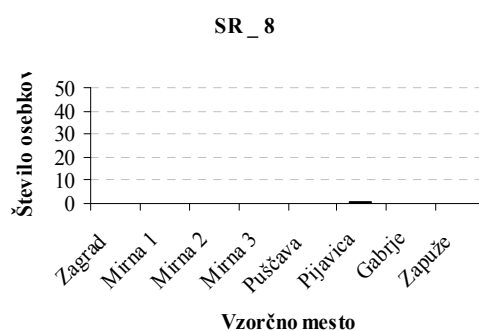
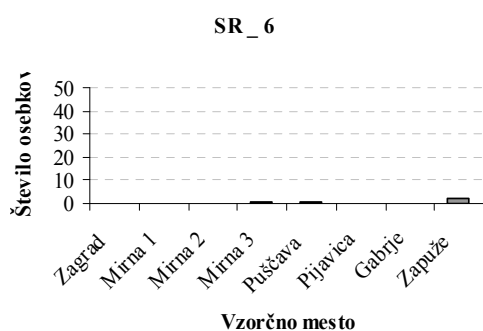
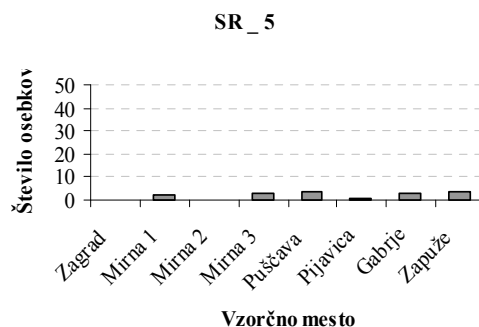
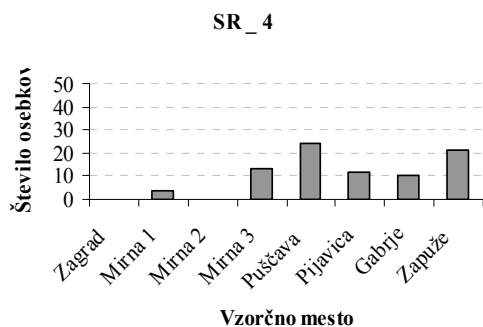
PRILOGE

Priloga A: Število vrst rib, Margalefov indeks vrstnega bogastva (R_1), Shannon – Wienerjev diverzitetni indeks (H') in Simpsonov diverzitetni indeks (D) na posameznih vzorčnih mestih.

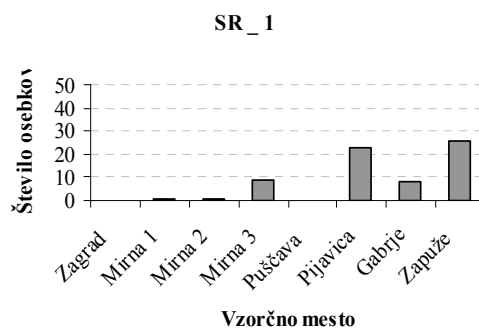
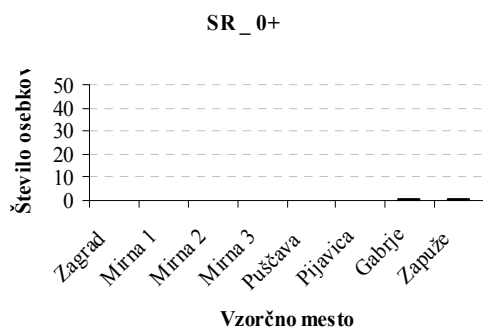
Vzorčno mesto	Zagrad	Mirna 1	Mirna 2	Mirna 3	Puščava	Pijavica	Gabrje	Zapuže
Število vrst	6	10	8	15	24	17	22	15
R_1	1,917	3,278	2,379	4,089	7,251	5,410	7,018	4,558
H'	0,458	2,201	1,640	2,833	3,182	2,750	2,548	2,702
D	0,119	0,733	0,599	0,842	0,855	0,772	0,673	0,778

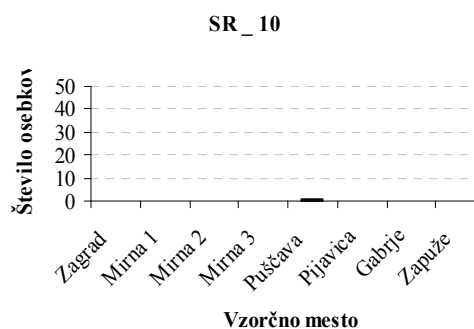
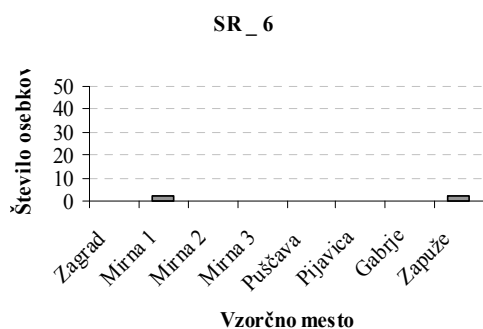
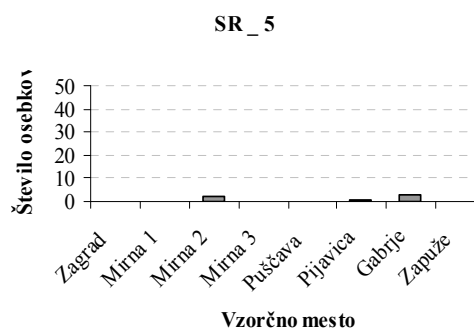
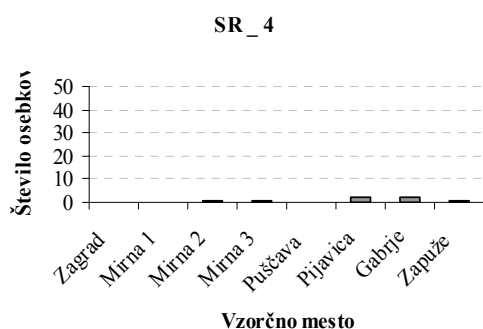
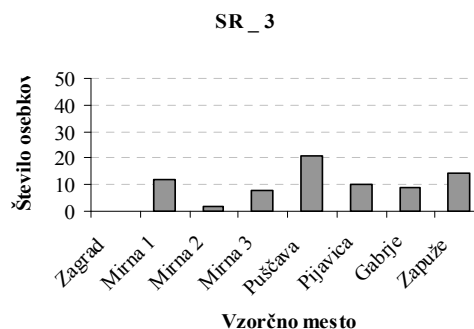
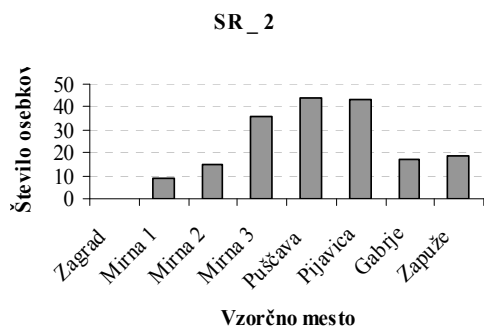
Priloga B1: Razporeditev klenov (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) po starostnih razredih (SR _ 0+ = kleni mlajši od enega leta, SR _ 1 = kleni stari eno leto, SR _ 2 = kleni stari dve leti, SR _ 3 = kleni stari tri leta, SR _ 4 = kleni stari štiri leta, SR _ 5 = kleni stari pet let, SR _ 6 = kleni stari šest let, SR _ 8 = kleni stari osem let) na posameznih vzorčnih mestih.



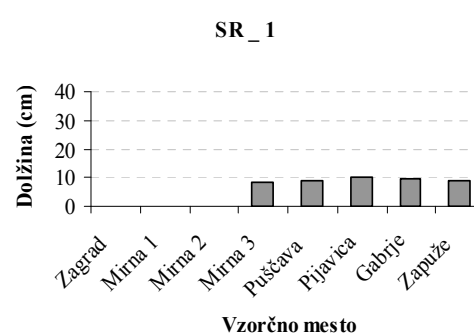
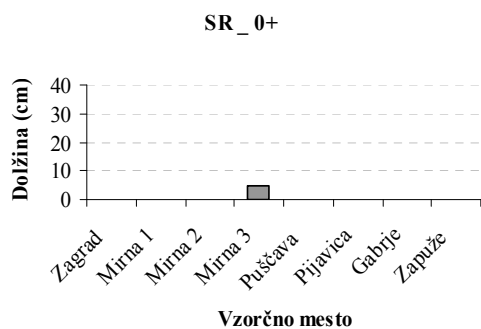


Priloga B2: Razporeditev poher (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) po starostnih razredih (SR_0+ = pohre mlajše od enega leta, SR_1 = pohre stare eno leto, SR_2 = pohre stare dve leti, SR_3 = pohre stare tri leta, SR_4 = pohre stare štiri leta, SR_5 = pohre stare pet let, SR_6 = pohre stare šest let, SR_10 = pohre stare deset let) na posameznih vzorčnih mestih.

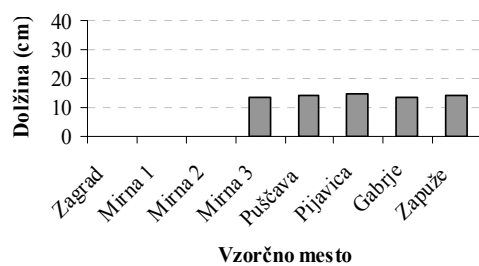




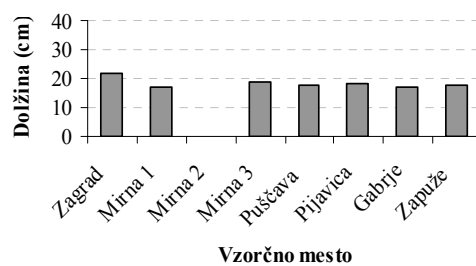
Priloga C1: Velikosti klenov (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) po starostnih razredih (SR_0+ = kleni mlajši od enega leta, SR_1 = kleni stari eno leto, SR_2 = kleni stari dve leti, SR_3 = kleni stari tri leta, SR_4 = kleni stari štiri leta, SR_5 = kleni stari pet let, SR_6 = kleni stari šest let, SR_8 = kleni stari osem let) na posameznih vzorčnih mestih.



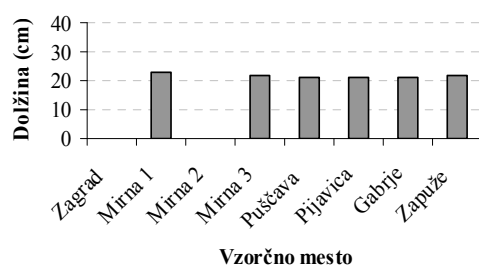
SR_2



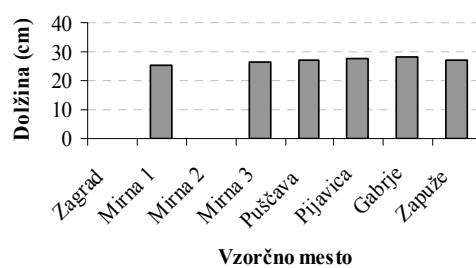
SR_3



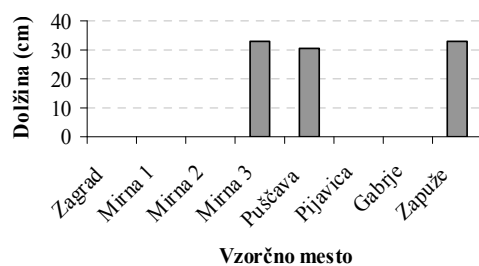
SR_4



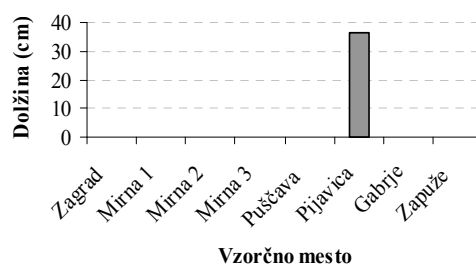
SR_5



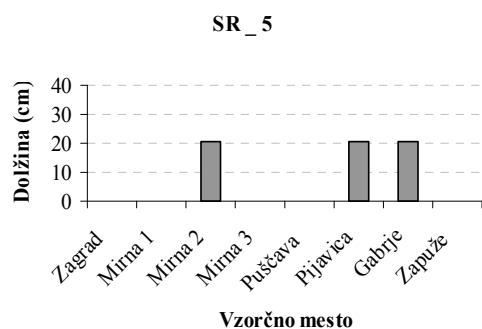
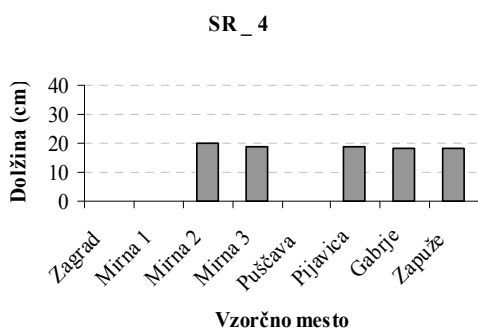
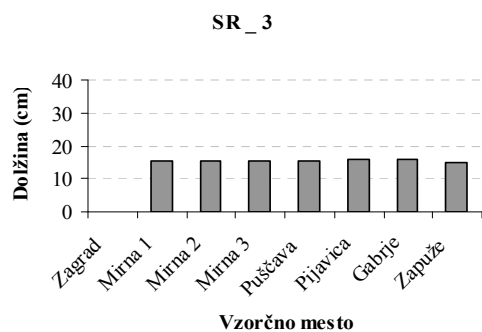
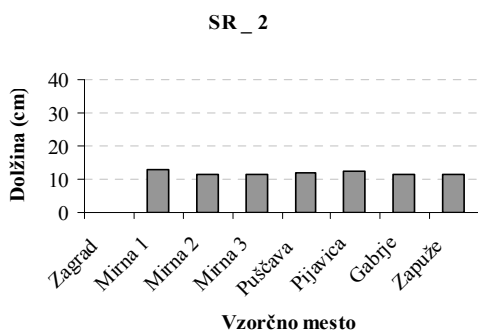
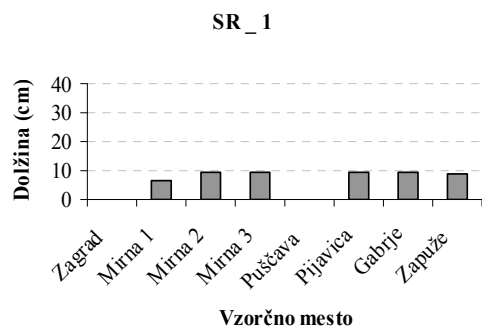
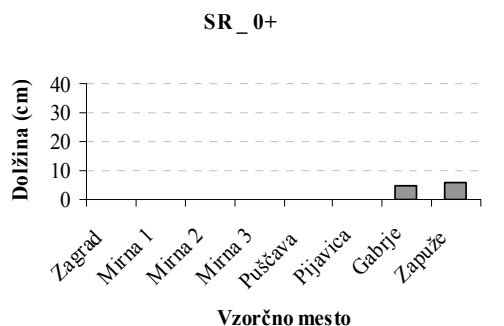
SR_6

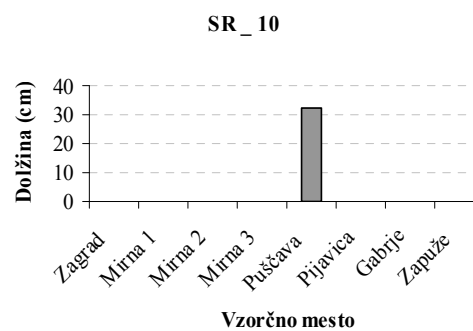
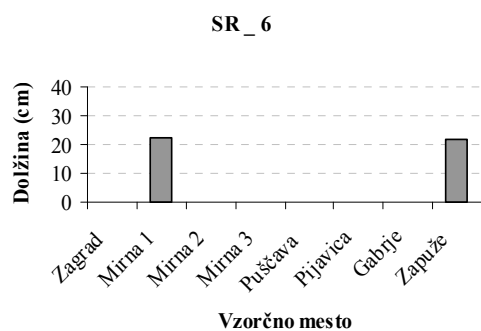


SR_8



Priloga C2: Velikosti poher (*Barbus balcanicus*; Kotlík et al., 2002) po starostnih razredih (SR_0+ = pohre mlajše od enega leta, SR_1 = pohre stare eno leto, SR_2 = pohre stare dve leti, SR_3 = pohre stare tri leta, SR_4 = pohre stare štiri leta, SR_5 = pohre stare pet let, SR_6 = pohre stare šest let, SR_10 = pohre stare deset let) na posameznih vzorčnih mestih.





Priloga D: Slika luske dvoletnega klena (*Squalius cephalus*; Linnaeus, 1758) pod lupo Leica MZ8 (Foto: J. Jakopin).

