

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Maša ČARF

**VPLIV MALIH HIDROELEKTRARN NA ŠTEVILČNOST IN STRUKTURO  
POPULACIJE POTOČNE POSTRVI (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758)**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Maša ČARF

**VPLIV MALIH HIDROELEKTRARN NA ŠTEVILČNOST IN STRUKTURO  
POPULACIJE POTOČNE POSTRVI (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758)**

MAGISTRSKO DELO

**THE IMPACT OF SMALL HYDROPOWER PLANTS ON ABUNDANCE AND  
STRUCTURE OF THE BROWN TROUT POPULATION (*Salmo trutta fario*, Linnaeus,  
1758)**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2016

*"Nasvidenje, in hvala za vse ribe."*

*Douglas Adams, Štoparski vodnik po Galaksiji*

Nalogo posvečam vsem borcem za javno dobro, za naše vode in ribe.

Magistrsko delo je zaključek podiplomskega študija bioloških in biotehniških znanosti. Raziskovalno delo je bilo opravljeno na Zavodu za ribištvo Slovenije in na Biotehniški fakulteti, na oddelku za biologijo.

Na podlagi statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu senata Biotehniške fakultete z dne 28. 9. 2015 je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja biologije na podiplomskem študiju Bioloških in biotehniških znanosti.

Za mentorja je bil imenovan prof. dr. Mihael Jožef Toman.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Ivan KOS  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Igor ZELNIK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Franci STEINMAN  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za okoljsko gradbeništvo

Datum zagovora: 23. 8. 2016

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Maša Čarf

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Md
DK	UDK 574:597.552.53 (043.2) = 163.6
KG	ribe/potočna postrv/struktura populacije/male hidroelektrarne
AV	ČARF, Maša, univ. dipl. biologinja
SA	TOMAN, Mihael Jožef (mentor)
KZ	SI -1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje biologije
LI	2016
IN	VPLIV MALIH HIDROELEKTRARN NA ŠTEVILČNOST IN STRUKTURO POPULACIJE POTOČNE POSTRVI ( <i>Salmo trutta fario</i> , Linnaeus, 1758)
TD	Magistrsko delo (podiplomski študij)
OP	IX, 127 str., 19 pregl., 51 sl., 10 pril., 125 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V letih 2010 in 2011 smo izvedli ihtiološko raziskavo populacije potočne postrvi in njenega habitata v reki Oplotnici in reki Lobnici. Na reki Oplotnici se nahaja veriga obratujočih malih hidroelektrarn (MHE). Vzorčenje smo izvedli na 5 odsekih, od katerih sta bila 2 odseka pod vplivom odvzema vode za obratovanje MHE. Na reki Lobnici v času vzorčenja ni bilo MHE; vzorčenje smo izvedli na 1 odseku v letu 2011. Vzorčno mesto na Lobnici se nahaja na odseku, kjer so glede na Okvirno vodno direktivo referenčne razmere. V obeh vodotokih živita populaciji potočne postrvi ( <i>Salmo trutta fario</i> , Linnaeus, 1758). Določili in izmerili smo abiotske in biotske parametre vodotokov ter na podlagi vzorčenja rib ocenili številčnost in strukturo populacije potočne postrvi na vzorčenih odsekih. Opazili smo trend upadanja gostote populacije potočne postrvi v Oplotnici v dolvodni smeri, ki je lahko posledica antropogenih vplivov, kamor spada tudi odzjem vode. Z multivariatno kanonično korespondenčno analizo smo raziskali odvisnost starostne strukture potočne postrvi od izbranih okoljskih dejavnikov ter dokazali statistično značilen vpliv odvzema voda. Primerjava deležev juvenilnih potočnih postrvi starostnih razredov 0+ do 1+ je pokazala statistično značilno večje število manjših rib na odsekih z odvzemom vode; obratno je primerjava pokazala statistično značilno večje število večjih, spolno zrelih rib starostnih kategorij 2+, 3+, 4+ in 5+ na odsekih brez odvzemov vode. Primerjali smo način določitve ekološko sprejemljivega pretoka po metodologiji, ki je v veljavi v Sloveniji in v Avstriji, ter prikazali razliko med vrednostmi $Q_{es}$ , ki smo jih dobili pri izračunu.

## KEY WORD DOCUMENTATION (KWD)

- DN Md  
DC UDK 574:597.552.53 (043.2) = 163.6  
CX fish/brown trout/population structure/small hydropower plants  
AU ČARF, Maša  
AA TOMAN, Mihael Jožef (supervisor)  
PP SI -1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Biology  
PY 2016  
TI THE IMPACT OF SMALL HYDROPOWER PLANTS ON ABUNDANCE AND STRUCTURE OF THE BROWN TROUT POPULATION (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758)  
DT M. Sc. Thesis  
NO IX, 127 p., 19 tab., 51 fig., 10 ann., 125 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB An ichthyological research of the brown trout populations and their habitat conditions was implemented in the Oplotnica and Lobnica Rivers in the years 2010 and 2011. A chain of small hydropower plants (SHPP) is operating on the Oplotnica River where we conducted sampling at 5 different sections of the river. Two of the chosen sections were under the impact of SHPP operations. There were no existing SHPP on the Lobnica River where we conducted sampling at one section in the dry period of 2011. Sampled section of the Lobnica River corresponds to the conditions for a river reference site as defined in the Water Framework Directive. Both watercourses are inhabited by brown trout populations (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758). We determined and measured selected abiotic and biotic parameters and assessed the abundance and structure of the brown trout populations at the sampled sections. The longitudinal decrease of the brown trout population density was observed in the Oplotnica River. We applied the multivariate canonical correspondence analysis to explore the relationship between the brown trout population age structure and selected environmental variables and found a statistically significant impact of water abstraction. In addition, statistically significant differences of the ratio of juvenile brown trout fry (0+) and parr (1+) was detected, resulting in higher ratio of juvenile fish at the sampling sites with water abstraction. In contrast, statistically significant differences of the ratio of adult fish (2+, 3+, 4+ and 5+) was determined at the sampling sites without water abstraction, resulting in higher ratio of adult fish at these locations. Finally, we compared different ecological flow determination methods by applying Slovenian and Austrian methodology and demonstrated the difference between calculated environmental flow values.

## KAZALO VSEBINE

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA</b> .....	III
<b>KEY WORD DOCUMENTATION (KWD)</b> .....	IV
<b>KAZALO VSEBINE</b> .....	V
<b>KAZALO SLIK</b> .....	VII
<b>KAZALO PREGLEDNIC</b> .....	X
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI</b> .....	XII
<b>1 UVOD</b> .....	1
1.1 DELOVNE HIPOTEZE .....	3
<b>2 PREGLED OBJAV</b> .....	4
2.1 VPLIVI ODVZEMOV VODE IN ČLOVEKOVIH POSEGOV NA VODOTOKE .	4
2.2 MALE HIDROELEKTRARNE V SLOVENIJI .....	9
2.3 POTOČNA POSTRV .....	12
2.4 HABITATNE ZAHTEVE POTOČNE POSTRVI ( <i>Salmo trutta fario</i> , Linnaeus, 1758).....	14
2.5 VPLIV ODVZEMOV VODE NA RIBE .....	17
2.6 MIGRACIJE RIB IN ODGOVOR NA NIZKE PRETOKE .....	19
2.7 EKOLOŠKO SPREJEMLJIVI PRETOK .....	20
<b>2.7.1 Določitev ekološko sprejemljivega pretoka v Sloveniji</b> .....	<b>21</b>
2.8 DOLOČITEV PREOSTALEGA PRETOKA PO PREDPISIH AVSTRIJE .....	22
2.9 RIBIŠKO UPRAVLJANJE IN VARSTVO RIB .....	25
<b>3 MATERIAL IN METODE DELA</b> .....	32
3.1 ČAS VZORČENJA .....	32
3.2 OBMOČJE RAZISKAVE.....	33
<b>3.2.1 Značilnosti vzorčenih odsekov reke Oplotnice</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2.2 Vzorčeni odsek Oplotnica – nad Oplotnico (VM 1)</b> .....	<b>40</b>
<b>3.2.3 Vzorčeni odsek Oplotnica – nad regulacijo nad žago (VM 1a)</b> .....	<b>41</b>
<b>3.2.4 Vzorčeni odsek Oplotnica – Lačna gora (VM 2)</b> .....	<b>42</b>
<b>3.2.5 Vzorčeni odsek Oplotnica – Cezlak (VM 3)</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2.6 Vzorčeni odsek Oplotnica – Lukanja 1 km JV (VM 4) – Planina na Pohorju</b> .	<b>46</b>
<b>3.2.7 Vzorčeni odsek Oplotnica – Lukanja (VM 5)</b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.8 Značilnosti vzorčenih odsekov reke Lobnice</b> .....	<b>48</b>
3.3 METODE TERENKEGA DELA .....	50

<b>3.3.1</b>	<b>Vzorčenje rib .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Meritve in opis izbranih abiotskih in biotskih dejavnikov .....</b>	<b>52</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Ocena tipov vodnega toka.....</b>	<b>53</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Opis substrata .....</b>	<b>55</b>
<b>3.3.5</b>	<b>Meritve izbranih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3.6</b>	<b>Merjenje pretokov in gladin vode.....</b>	<b>57</b>
<b>3.4</b>	<b>STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV .....</b>	<b>61</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Analiza vzorčenja rib .....</b>	<b>61</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Multivariatne analize .....</b>	<b>64</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI .....</b>	<b>65</b>
<b>4.1</b>	<b>OPLOTNICA - ABIOTSKI DEJAVNIKI .....</b>	<b>65</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Oplotnica - temperatura vode .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Oplotnica - pretok .....</b>	<b>69</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Oplotnica – substrat in tip vodnega toka .....</b>	<b>70</b>
<b>4.2</b>	<b>OPLOTNICA – VZORČENJE RIB.....</b>	<b>72</b>
<b>4.3</b>	<b>LOBNICA – ABIOTSKI DEJAVNIKI IN VZORČENJE RIB.....</b>	<b>82</b>
<b>4.4</b>	<b>REZULTATI MULTIVARIATNIH ANALIZ .....</b>	<b>86</b>
<b>4.4.1</b>	<b>PCA analiza (metoda glavnih komponent) .....</b>	<b>86</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Kanonična korespondenčna analiza (CCA analiza) .....</b>	<b>88</b>
<b>4.5</b>	<b>IZRAČUN EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA PO RAZLIČNIH METODOLOGIJAH.....</b>	<b>92</b>
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA .....</b>	<b>96</b>
<b>5.1</b>	<b>PRIMERJAVA VZORČNIH MEST .....</b>	<b>96</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Abiotski dejavniki .....</b>	<b>96</b>
<b>5.2</b>	<b>PRIMERJAVA STRUKTURE POPULACIJE POTOČNE POSTRVI.....</b>	<b>98</b>
<b>5.3</b>	<b>PRIMERJAVA IZRAČUNANIH <math>Q_{es}</math>.....</b>	<b>103</b>
<b>5.4</b>	<b>SKLEPI .....</b>	<b>107</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK.....</b>	<b>110</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>113</b>
<b>8</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>116</b>

**ZAHVALA**  
**PRILOGE**



## KAZALO SLIK

Sl. 1: Karta hidroekoregij v Sloveniji. Rumeno je obarvana hidroekoregija Alpe (4), modro Panonska nižina (5), zeleno Dinaridi (11) in roza Padska nižina (3) (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016).	5
Sl. 2: Potočna postrv iz Oplotnice ( <i>Salmo trutta fario</i> , Linnaeus, 1758) (foto: M. Čarf, 2011).	13
Sl. 3: Mladica potočne postrvi z vidnimi juvenilnimi lisami v naravnem habitatu v Oplotnici (foto: M. Čarf, 2011).	14
Sl. 4: Navadni koščak ( <i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803)), ranljiva vrsta, ki poseljuje Oplotnico (foto: Arhiv ZZRS, 2011).	29
Sl. 5: Skupni uplen (število rib) potočne postrvi in število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Oplotnica 2A med letoma 2000 do 2011.	30
Sl. 6: Skupni uplen (masa rib) potočne postrvi in število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Oplotnica 2A med letoma 2000 do 2011.	30
Sl. 7: Skupni uplen (število rib) potočne postrvi in šarenke ter število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Lobnica med letoma 2000 do 2011.	31
Sl. 8: Skupni uplen (masa rib) potočne postrvi in šarenke ter število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Lobnica med letoma 2000 do 2011.	31
Sl. 9: Območje raziskave. Prikazana je lokacija Oplotnice in Lobnice v Sloveniji (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016).	34
Sl. 10: Pregledna karta vzorčnih mest na reki Oplotnici. Označeni so vzorčni odseki brez odvzemov vode (svetlo zeleno) ter odseka pod vplivom odvzema vode za obratovanje obravnavanih malih hidroelektrarn (svetlo rdeče) (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016).	36
Sl. 11: Za ribe pogojno prehodna pregrada pod izpustom iz MHE Šolar (foto: M. Čarf, 2015).	37
Sl. 12: Za ribe pogojno prehodni pragovi nad izpustom iz MHE Globovnik (foto: M. Čarf, 2015).	37
Sl. 13: Prikaz vpliva pojava hydropeakinga pri obratovanju derivacijskega tipa MHE na naravni pretok v smeri gorvodno (odvzem in akumuliranje vode) – dolvodno (izpust vode iz strojnice MHE).	39
Sl. 14 in Sl. 15: Vzorčni odsek VM 1. Naravni odsek struge (levo) in dolvodno ležeča regulirana desna brežina (desno) (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).	40
Sl. 16: Vzorčni odsek VM 1a. Naravni odsek struge Oplotnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).	41
Sl. 17: Vzorčni odsek VM 2. Dolvodna meja vzorčenega odseka nad izpustom vode iz MHE Šolar (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).	42
Sl. 18: Vzorčni odsek VM 2. Odsek struge Oplotnice pod vplivom odvzema vode za MHE Šolar – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).	43
Sl. 19: Vzorčni odsek VM 3. Gorvodna meja vzorčenega odseka pod izpustom vode iz MHE Cezlak – Globovnik (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).	44

Sl. 20: Vzorčeni odsek VM 3. Naravni odsek struge Oplotnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010). .....	45
Sl. 21 in Sl. 22: Vzorčeni odsek VM 4. Odsek struge Oplotnice pod vplivom odvzema vode za MHE Oplotnica – prikaz spremenjene hidromorfologije struge (levo). Na območju odvzemnega objekta je struga regulirana; v sklopu objekta je ribja steza (desno) (Foto: Arhiv ZZRS, 2010). .....	46
Sl. 23: Vzorčeni odsek VM 5. Naravni odsek struge Oplotnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010). .....	47
Sl. 24: Pregledna karta reke Lobnice z označenim vzorčnim odsekom (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016). .....	48
Sl. 25: Vzorčeni naravni odsek struge Lobnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010). .....	49
Sl. 26 in Sl. 27: Prikaz vzorčenja rib na različno širokih odsekih Oplotnice. (Foto: T. Prešeren – levo, arhiv ZZRS – desno). .....	52
Sl. 28: Shematski prikaz različnih tipov vodnega toka glede na hitrost in globino vodotoka (V. Zgonik, 2016). .....	55
Sl. 29: Merjenje fizikalnih in kemijskih lastnosti reke Lobnice (Foto: A. Jenič, 2016). .....	57
Sl. 30: Prenosni merilec pretoka Flo-Tracer in prikaz merjenja globine vode z geodetsko lato (foto: M. Čarf, 2012). .....	58
Sl. 31: Meritev pretoka po metodi sledenja oziroma razredčenja raztopljenega sledila (Vir: informativni list merilne naprave FLO TRACER). .....	59
Sl. 32: Meritev pretoka po metodi sledenja oziroma razredčenja raztopljenega sledila. Prikaz meritve pretoka s senzorjem v vodi in merjenja razdalje z laserskim merilcem (Foto: T. Prešeren, 2011). .....	60
Sl. 33: Grafični prikaz meritev temperature na vzorčnih mestih v vodnatem obdobju (oktober 2010). Temperatura vode na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za obratovanje MHE, je označena z rdečo, na odsekih, kjer odvzemov vode ni bilo, pa z zeleno. ....	67
Sl. 34: Grafični prikaz meritev temperature na vzorčnih mestih v sušnem obdobju (avgust 2011). Temperatura vode na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za obratovanje MHE, je označena z rdečo, na odsekih, kjer odvzemov vode ni bilo, pa z zeleno. ....	68
Sl. 35: Grafični prikaz meritev pretokov na vzorčnih mestih v vodnatem obdobju (oktober 2010) in sušnem obdobju (avgust 2011). Pretoki na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za obratovanje MHE, so označeni z rdečo, na odsekih, kjer odvzemov vode ni bilo, pa z zeleno. Sušno obdobje je posebej označeno s šrafuro. ....	69
Sl. 36: Grafični prikaz in primerjava ocenjenih deležev velikostnih razredov substrata na posameznem vzorčnem odseku (VM 1 - 5) v letih 2010 in 2011 (levo) in skupno povprečje posameznega velikostnega razreda substrata v reki Oplotnici (desno). .....	71
Sl. 37: Grafični prikaz in primerjava ocenjenih deležev tipov vodnega toka na posameznem vzorčnem odseku (VM 1 - 5) v letih 2010 in 2011 (levo) in skupno povprečje posameznega tipa vodnega toka v reki Oplotnici (desno). .....	71

Sl. 38: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot številčnosti rib (N/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2010. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja. ....	78
Sl. 39: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot številčnosti rib (N/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2011. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja. ....	79
Sl. 40: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot biomasa rib (kg/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2010. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja. ....	80
Sl. 41: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot biomasa rib (kg/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2011. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja. ....	81
Sl. 42: Grafični prikaz ocenjenih deležev velikostnih razredov substrata (levo) in ocenjenih deležev tipov vodnega toka na vzorčenem odseku Lobnice v letu 2011 (desno). ....	83
Sl. 43: Grafični prikaz deležev rib v dolžinskih razredih na vzorčenem odseku v vodotoku Lobnica v sušnem obdobju leta 2011. ....	84
Sl. 44: Grafični prikaz števila rib v starostnih razredih na vzorčnem mestu v vodotoku Lobnica v sušnem obdobju leta 2011. ....	85
Sl. 45: PCA ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (■) ter okoljske dejavnike (puščice). Horizontalna os je prva PCA os, vertikalna os je druga PCA os. Krivulji (rdeča in črna) povezujejeta vzorčna mesta, vzorčena v istem letu. ....	87
Sl. 46: Ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (glede na leto in odvzem vode; SAMPLES) ter okoljske dejavnike (puščice; ENV. VARIABLES). Horizontalna os je prva CCA os, vertikalna os je druga CCA os. ....	88
Sl. 47: Ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (glede na leto in odvzem vode; SAMPLES) ter vpliv odvzemov vode (puščica; ENV. VARIABLES). Horizontalna os je prva CCA os, vertikalna os je druga CCA os. ....	89
Sl. 48: Ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (glede na leto in odvzem vode; SAMPLES) ter starostne skupine (†). Horizontalna os je prva CCA os, vertikalna os je druga CCA os. ....	90
Sl. 49: Pregledna karta lokacij na reki Oplotnici, kjer je IZVRS izvedel hidrometrične meritve. ....	92
Sl. 50: Grafična primerjava med ekološko sprejemljivim pretokom, izračunanim po slovenski in avstrijski metodologiji. Izhodiščni hidrološki podatki ( $sQ_s$ in $sQ_{np}$ ) za oba izračuna so bili isti. ....	94
Sl. 51: Grafična primerjava vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka, izračunanega po slovenski metodologiji, z vrednostmi $sQ_s$ in $sQ_{np}$ ter z rezultati naših meritev pretokov na Oplotnici v sušnem in vodnatem obdobju. ....	95

## KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Vodnata (V) in sušna (S) obdobja, določena po mesecih v letu in glede na skupino ekoloških tipov (določitev po Uredbi o $Q_{es}$ ). .....	21
Pregl. 2: Vrednosti faktorja $f$ za izračun $Q_{es}$ pri povratnem odvzemu, določene z Uredbo o $Q_{es}$ (vir: Uredba o $Q_{es}$ , Uradni list RS, št. 97/2009). .....	22
Pregl. 3: Povzetek usmeritev za določanje ekološko sprejemljivega pretoka po avstrijski metodi v skladu z obravnavanim področnim predpisom. Upoštevan mora biti strožji način določitve vrednosti minimalnega pretoka. ....	24
Pregl. 4: Ribiško upravljanje, meje in površina ter tip rabe ribiških revirjev na območju raziskave glede na podatke javne evidence, Ribiškega katastra ZZRS.....	26
Pregl. 5: Vrsteni sestav in varstveni status rib v ribolovnih revirjih Oplotnica 2 A in Lobnica s pritoki glede na podatke javne evidence, Ribiškega katastra ZZRS. ....	27
Pregl. 6: Koordinate in obseg izbranih odsekov raziskave. Neosenčeni so vzorčeni odseki brez odvzemov vode za potrebe delovanja MHE, osenčeni so odseki pod vplivom odvzemov vode za MHE. ....	38
Pregl. 7: Koordinate in obseg izbranega vzorčenega odseka reke Lobnice, na katerem ni odvzemov vode za potrebe delovanja MHE.....	49
Pregl. 8: Zrnavostni razredi anorganskega substrata glede na velikost delcev po AQEM (2002). ....	56
Pregl. 9: Starostni razredi potočne postrvi, določeni z intervalom dolžine rib, privzeti po Slatinšku (2008). ....	62
Pregl. 10: Rezultati meritev izbranih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica znotraj celotnega vzorčenega odseka v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011. ....	65
Pregl. 11: Rezultati vzorčenja rib na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica znotraj celotnega vzorčenega območja v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011. ....	72
Pregl. 12: Grafični prikaz in primerjava deležev rib v dolžinskih razredih na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011. ....	73
Pregl. 13: Grafični prikaz števila rib v starostnih razredih na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011. ....	75
Pregl. 14: Rezultati meritev izbranih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica znotraj celotnega vzorčenega odseka v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011. ....	82
Pregl. 15: Rezultati vzorčenja rib na posameznem vzorčenem odseku v vodotoku Lobnica v sušnem obdobju leta 2011. ....	84
Pregl. 16: Rezultati PCA analize vseh okoljskih dejavnikov.....	86
Pregl. 17: Rezultati CCA analize na 8 izbranih okoljskih dejavnikih.....	91

Čarf, M. Vpliv malih hidroelektrarn na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758).  
Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2016

---

Pregl. 18: Rezultati Monte Carlo permutacijskega testa (999 permutacij) na 8 izbranih okoljskih dejavnikih. ....	91
Pregl. 19: Izračuni $Q_{es}$ po slovenski in avstrijski metodologiji. Za izračun smo uporabili rezultate hidroloških meritev na lokacijah v Oplotnici v vodnatem obdobju leta 2010.....	93

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

VM	Vzorčno mesto
MHE	mala hidroelektrarna/male hidroelektrarne
SHPP	Small hydropower plant/small hydropower plants
Q	pretok
$Q_{es}$	ekološko sprejemljivi pretok
${}_sQ_{np}$	srednji mali pretok
${}_sQ_s$	srednji pretok v obdobju
F	prispevna površina vodotoka
Uredba o $Q_{es}$	Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka; Uradni list Republike Slovenije, št. 97/2009
ZZRS	Zavod za ribištvo Slovenije
IZVRS	Inštitut za vode Republike Slovenije
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje

## 1 UVOD

Slovenija že od nekdaj velja za z vodnimi viri bogato deželo. V Sloveniji dolžina površinskih rečnih tokov znaša 26.989 km. V preteklosti so bili slovenski vodotoki predmet različnih interesov in posledično tudi upravljanja. Tako je po zaslugi pogosto pojavljajočih se poplav znano vselej aktualno »urejanje« vodotokov, v zadnjem desetletju pa narašča tudi vsesplošna potreba izkoriščanju vodnih virov za različne namene (osebno opažanje). Zakon o vodah (ZV-1, Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15) loči posebno rabo voda od splošne, pri čemer narašča prav zahteva po izkoriščanju vodnih virov, ki šteje kot posebna raba (osebno opažanje).

V Sloveniji se izvajajo odvzemi vode iz površinskih vodotokov za različne namene posebne rabe, katerim skupni imenovalec je večji ali manjši vpliv posega na vodno okolje. Med posebno rabo voda, za katero je treba dobiti vodno dovoljenje, spadajo raba za tehnološke namene, za namakanje, za proizvodnjo električne energije v hidroelektrarnah, za zasneževanje, za gojenje sladkovodnih in morskih organizmov, itd. S stališča varstva ribjih vrst in njihovih habitatov je med najbolj problematičnimi raba voda za obratovanje malih hidroelektrarn, ki imajo velike in ekstremne vplive na vodno okolje. Odvzemi vode, ki so potrebni za delovanje malih hidroelektrarn, so pogosto količinsko veliki in se izvajajo na dolgih odsekih vodotokov. V Sloveniji se velika večina malih hidroelektrarn nahaja v alpski in predalpski regiji, kjer imajo vodotoki dovolj velik pretok in padec, ki omogočata ekonomično energetske rabe vode (Atlas okolja, ARSO, 2015).

Z vstopom v Evropsko unijo se je tudi Slovenija zavezala k prenosu Okvirne vodne direktive (Direktiva 2000/60/ES) v slovenski pravni red. Posledično smo se zavezali slediti njenim ciljem, med katerimi je tudi zagotavljanje dobrega ekološkega stanja vodotokov. Zakon o vodah določa ekološko stanje površinskih vodotokov glede na kvaliteto vodnega ekosistema, pri čemer je upoštevana njegova struktura in funkcija. Ribe so pomemben biološki element, na podlagi katerega se določa ekološko stanje površinskih vodotokov.

Vodno okolje predstavlja življenjsko okolje številnim rastlinskim in živalskim vrstam. Ribe so največji vodni vretenčarji slovenskih celinskih voda, katerih celoten življenjski cikel je vezan na vodno okolje. Potočna postrv je v Sloveniji splošno razširjena in pogosta v alpskih in predalpskih vodotokih, pogosto je potočna postrv tudi edina vrsta, ki poseljuje višje ležeče dele vodotokov (Konar in sod., 2013).

Slovenija je v letu 2009 sprejela Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uredba o  $Q_{es}$ , Uradni list RS, št. 97/2009). Uredba se med drugim uporablja v postopkih za dovoljevanje posebne rabe površinske

vode, ki lahko povzroči zmanjšanje pretoka vode, znižanje gladine vode ali poslabšanje stanja voda. Glede na določila Zakona o vodah je ekološko sprejemljivi pretok,  $Q_{es}$ , tista količina vode, ki ob dovoljeni rabi ne poslabšuje stanja vodnega telesa oziroma ne preprečuje njegovega izboljšanja ter ohranja zgradbo in delovanje vodnega in obvodnega ekosistema. V praksi se je izvajanje Uredbe, ki obravnava način določitve  $Q_{es}$  z uporabo enačbe ali na podlagi študije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka, izkazalo za pomanjkljivo. Ekološke zahteve rib in negativni vplivi nekaterih načinov neposredne rabe vode pri določanju  $Q_{es}$  niso upoštevani.

V državah Evropske unije so za določitev  $Q_{es}$  v uporabi različne metodologije. Slovenija, Avstrija in Italija se nahajajo na območju alpsko-predalpskega območja, kjer je raba vode za proizvodnjo električne energije v malih hidroelektrarnah pogosta. Zaradi različnih metodologij za izračun ekološko sprejemljivega pretoka v teh državah so pri isti rabi vode lahko določene različne vrednosti  $Q_{es}$ .

V Sloveniji vplivi rabe vode za proizvodnjo električne energije v malih hidroelektrarnah na populacije rib, ki poseljujejo vodotoke na odsekih, obremenjenih z odvzemi vode, niso dovolj raziskani in jih je težko ovrednotiti.

V letih 2010 in 2011 smo v okviru evropskega mednarodnega programa South-East Transnational Cooperation Programme v Sloveniji izvedli projekt SEE Hydropower. Med cilji projekta je bila trajnostna raba voda pri proizvodnji električne energije v hidroelektrarnah ob upoštevanju razvoja obnovljivih virov energije in ohranjanju kvalitete okolja.

Namen magistrske naloge je oceniti vplive odvzemov vode za potrebe obstoječih malih hidroelektrarn na populacijo rib, ki živi v reki Oplotnici. Za pridobitev podatkov, ki so potrebni za oceno vplivov MHE na populacijo potočne postrvi v reki Oplotnici, smo izvedli vzorčenje rib in meritve abiotskih dejavnikov na odsekih reke Oplotnice in reke Lobnice. Na raziskovanem odseku reke Lobnice ni tovrstne posebne rabe voda, zato smo ga izbrali kot referenčni odsek, ki ima podobne hidromorfološke in geološke značilnosti kot reka Oplotnica. Vzorčenje smo izvedli s pomočjo Zavoda za ribištvo Slovenije.

V okviru raziskave smo pridobili, analizirali in interpretirali fizikalne, kemijske, hidrološke in biološke podatke. Namen raziskave je bil oceniti vplive odvzemov vode na ribje populacije ter določiti ekološko sprejemljivi pretok, ki bo omogočal trajno zagotavljanje naravni podobne dinamike vodotoka ter naravnih procesov, ki bodo omogočali ohranjanje obstoječih populacij rib ter njihovih habitatov.



## 1.1 DELOVNE HIPOTEZE

1. Odvzem vode negativno vpliva na velikost populacije potočne postrvi.
2. Odvzem vode negativno vpliva na velikost in številčnost osebkov v posameznem velikostnem razredu (struktura populacije potočne postrvi).
3. Določitev ekološko sprejemljivega pretoka,  $Q_{es}$ , na način, da pri rabi vode ne bo prekomernih vplivov na vodotok, je lahko dobro izhodišče za zmanjšanje negativnih vplivov odvzema vode na ribje populacije.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 VPLIVI ODVZEMOV VODE IN ČLOVEKOVIH POSEGOV NA VODOTOKE

Na ozemlju Slovenije, ki zajema površino 20.230 km<sup>2</sup> ali 0,4 % medmorske Evrope se srečujejo štiri regije: Alpe, Dinarsko gorstvo, Panonska nižina in Sredozemlje, kar daje Sloveniji neverjetno krajinsko pestrost. Ta se med drugim odraža na vseh pojavnih oblikah površinske vode, od hudournikov, rečic, potokov in rek do ponikalnic, izvirov, jezer in morja. Dolžina površinskih rečnih tokov znaša 26.989 km (po TK 1:25.000), kar daje Sloveniji povprečno gostoto 1,33 km/km<sup>2</sup>. Glavnina omrežja je vezana na štiri porečja največjih rek: Muro, Dravo, Savo, in Sočo (z Vipavo) ter na del Jadranskega povodja z odtokom v Tržaški in Koprski zaliv (Kolbezen in Pristov, 1998).

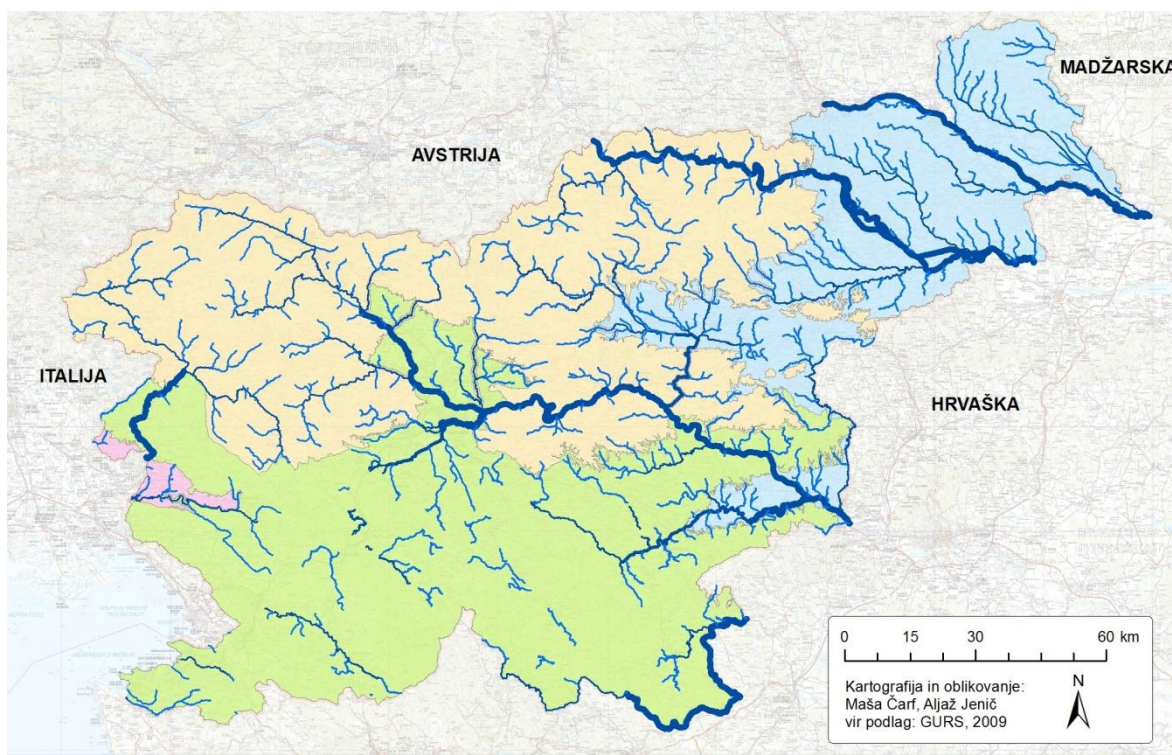
Geografski delitvi sledi delitev Slovenije na območja hidroekoregij. Podlaga za delitev na hidroekoregije je Okvirna vodna direktiva, v okviru katere je bil sprejet koncept oz. tipologija hidroekoregij po Illies-u (1978), ki je določil 25 evropskih ekoregij.

Hidroekoregija je območje celinskih voda, ki ga označujejo različni abiotski in biotski dejavniki, zaradi katerih se je v njih izoblikovala določena vodna flora in favna (Inštitut Republike Slovenije za vode, 2006). Na podlagi hidroekoregij so z Uredbo o Q<sub>es</sub> določene skupine ekoloških tipov vodotokov.

Hidroekoregije so tudi eden izmed obveznih deskriptorjev, ki opredeljuje tipe vodotokov, poleg geološke podlage, velikosti prispevne površine, nadmorske višine ter zemljepisne širine in zemljepisne dolžine (Osnutek NUV II, 2015).

Za izpolnjevanje zahtev Okvirne vodne direktive smo v Sloveniji sprejeli Uredbo o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/2011), ki v prilogi (Podrobnejša vsebina načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja), in sicer v Načrt upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2009 – 2015, določa meje hidroekoregij. Tako imamo v Sloveniji štiri hidroekoregije (Slika 1):

- Alpe: hidroekoregija 4
- Padska nižina: hidroekoregija 3
- Panonska nižina: hidroekoregija 5
- Dinaridi: hidroekoregija 11



Slika 1: Karta hidroekoregij v Sloveniji. Rumeno je obarvana hidroekoregija Alpe (4), modro Panonska nižina (5), zeleno Dinaridi (11) in roza Padska nižina (3) (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016).

Trenutno je v fazi usklajevanja Osnutek Načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2015 – 2021, v katerem meje hidroekoregij ostajajo nespremenjene. Osnutek Načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2015 – 2021 je bil pripravljen za izpolnitev zahteve Vodne direktive, v skladu s katero mora biti sprejet posodobljeni Načrt upravljanja voda za naslednje obdobje, pred sprejemom pa je potrebno izvesti postopke sodelovanja z javnostjo in deležniki.

V Sloveniji se izvajajo pri različnih neposrednih rabah vode izvajajo različni odvzemi vode iz vodotokov (vir: <http://www.arso.gov.si/vode/>).

Ljudje smo lahko dolgo občudovali dinamiko naravnih vodotokov. Kljub temu smo se potrudili ukrotiti reke za namen transporta, oskrbo z vodo, zaradi nadzora poplav, za namene kmetijstva in za namene proizvodnje energije. V sedanosti smo spoznali, da ima poseganje v vodotoke visoko ceno; mnogih rek ne poseljujejo več v družbi cenjene domorodne vrste, prav tako ni več zdravih ekosistemov, ki bi nudili pomembne dobrine in ekosistemske storitve (Poff in sod., 1997).

Na biocenozo v vodotoku vpliva več dejavnikov, ki se zaradi posegov v rečni ekosistem spremenijo in posledično spremenijo tudi živo komponento v vodotoku. Pri gospodarjenju

z vodami se pogosto srečujemo z različnimi interesi porabnikov vode, ki jih prvenstveno vodi želja po uporabi čim večjih količin vode in zato si prizadevajo za zakonsko določitev čim manjšega zajamčenega pretoka (Martinčič in sod., 1993). V nekaterih sistemih, kjer je večji del pretoka vodotoka namenjen za drugo rabo, so v poletnem času, ko so potrebe kmetijstva po rabi vode večje, skrb vzbujajoči dolgotrajni nizki pretoki ali presihanje vodotokov (Covington in Hubert, 2003).

Klimatske spremembe zahtevajo zmanjševanje porabe fosilnih goriv in povečanje deleža obnovljivih virov energije. Številne države so pripravile programe z visoko postavljenimi cilji za pospeševanje nadaljnjega razvoja obnovljivih virov energije, s čimer se strinja tudi Evropska unija, ki je sprejela Direktivo 2009/28/ES Evropskega parlamenta in Sveta o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov. Obnovljivi viri, ki izrabljajo energijo sonca in vetra, proizvajajo energijo na nereguliran način, kar pomeni, da proizvajajo energijo le v primernih klimatskih razmerah. Naraščanje deleža neuravnanih obnovljivih virov energije posledično vodi k večji potrebi po nadomeščanju teh energetskega virov. Takšno nadomeščanje lahko v večjem obsegu trenutno omogoči le vodna energija. Rezultat takšnih sprememb v proizvodnji energije so lahko hitrejša in pogostejša spremembe delovanja oz. obratovanja hidroelektrarn, kar povzroča večja nihanja pretokov v vodotokih v dolvodni smeri, t.i. »hydropeaking« (Schmutz in sod., 2015).

Hydropeaking (hidropiking) je hitro, sunkovito spreminjanje pretoka v kratkem času, ki ga v dolvodni smeri povzroča obratovanje hidroelektrarn. Do pojava pride zaradi akumuliranja velike količine vode na mestu odvzema in kasnejšega hitrega spuščanja vode po cevovodu do strojnice ter preko izpusta v strugo vodotoka. Za ohranjanje in zaščito vodnih ekosistemov v reguliranih vodotokih, ki so izpostavljeni sunkovitemu spreminjanju pretokov zaradi delovanja hidroelektrarn, je potrebno boljše razumevanje ekoloških odzivov na spremembe v pretočnih režimih. Prav tako je potrebno načrtovanje stroškovno učinkovitih ukrepov, s katerimi bodo postavljene razumne omejitve pri proizvodnji vodne energije. Evropski vodotoki kažejo trende upadanja oz. slabšanja ekološkega stanja v smislu degradacije hidromorfoloških razmer kot odgovor na različne tipe obremenitev. Glavni poudarek v večini evropskih ekoregij v alpskem prostoru je na kvaliteti vode, hkrati pa se poslabšujejo hidromorfološke lastnosti vodotokov (Schinegger in sod., 2012; cit. po Schmutz in sod., 2015). Med hidromorfološki obremenitvami, ki ogrožajo ribje populacije v alpskih vodotokih, je ključnega pomena hydropeaking (Schmutz in sod., 2015). Znan je tudi pojav »thermopeaking« (termopiking), ki je bil z raziskavo ugotovljen na območju alpskega vodotoka, kjer sta bili za obratovanje hidroelektrarne zgrajeni dve akumulaciji (gorvodni bazen s kapaciteto  $182 \times 10^6 \text{ m}^3$  in dolvodni bazen s kapaciteto  $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ ); hkrati s hydropeaking-om se je z isto frekvenco v odvisnosti od sezone pojavljala hladna ali topla thermopeaking. Kratkoročni in srednjeročni vplivi thermopeaking-a na biološke združbe niso dovolj raziskani (Zolezzi in sod., 2011).

V vodotokih potekajo relacije v treh dimenzijah: vzdolžno/longitudinalno (gorvodno in dolvodno), lateralno (obrežni pas, poplavno območje) in vertikalno (hiporeik, talna in podtalna voda) (Nilsson in Svedmark, 2002). Vzdolžna povezanost omogoča ribam prosto razporejanje v gorvodni in dolvodni smeri, medtem ko pregrade (npr. jezovne zgradbe) ribam otežujejo ali onemogočajo selitve (Thompson in Larsen, 2004).

Med neposrednimi vplivi rabe prostora, katerih izvor so človekovi posegi in ki vplivajo na vodotoke hribovitih predelov, spadajo regulacije vodnega toka, ki so posledica zajezitev in preusmeritev vode. Takšni posegi povzročajo spremembe v količini, frekvenci, trajanju in sezonski dinamiki pretokov v smislu motnje naravnega vodnega režima, prav tako vplivajo na temperaturni režim vodotoka, koncentracijo kisika v vodi, kemijske lastnosti vode, na kvaliteto vodnega habitata, na pretočnost vodotoka ter na premike sedimentov in strukturo substrata ter s tem na samo geometrijo struge vodotoka. Neposredne vplive na vodotoke hribovitih predelov ima tudi umeščanje pregrad v strugo vodotoka, ki povzroča razdrobljenost vzdolžnega profila vodotoka, spremembe dinamike premeščanja sedimentov, spremembe stabilnosti brežin, ter prekinja vzdolžno premikanje hranil in vodnih organizmov. Pregrade vplivajo tudi na prevajanje visokih poplavnih voda (Wohl, 2006).

Naravni režim pretokov je tisti, ki trajno omogoča celovitost ekosistema in biodiverzitetu vodotokov. Vsaka reka ima značilne vzorce in lastnosti vodnega toka, kot so velikost, frekvenca, čas nastopa in čas trajanja ter velikost sprememb (Poff in sod., 1997). Vsak vodotok ima značilen režim pretokov in posledično specifično združbo (Naiman in sod., 2002). Ribe in ostali vodni organizmi so prilagojeni mesečnim, sezonskim, letnim in večletnim nihanjem pretokov. Fizično okolje oblikuje značilnosti posameznih populacij v smislu telesne velikosti in razmnoževanja. Tako se na primer posamezne populacije iste vrste salmonidnih rib lahko razlikujejo v času drstne migracije ter v telesnih velikostih odraslih osebkov. Oboje je povezano z značilnim lokalnim pretočnim režimom (Thompson in Larsen, 2004).

V svetu narašča potreba po doseganju dobrega ekološkega stanja in funkcionalnosti vodotokov in z njimi povezanih mokrišč, kar s stališča človekovih posegov in zagotavljanja biodiverzitet podpirajo tudi nacionalna politika in zakonodaja različnih držav. Za doseg te ciljev so mnoge organizacije razvile metode za določanje tako imenovanih »za okolje sprejemljivih pretokov« (»environmental flows«), ki obravnavajo določitev pretočnega režima, potrebnega za doseganje zelenih okoljskih ciljev (Acreman in Dunbar, 2004).

Zdrav rečni ekosistem definirajo različni dejavniki (Norris in Thoms, 1999). Takšni dejavniki so pretok (vodni tok), fizična struktura rečne struge vključno z obvodnim obrežnim območjem, kvaliteta vode, upravljanje z vodotokom (npr. odstranjevanje

makrofytov, poglobljanje dna struge), izkoriščanje ribolovnih virov in prisotnost fizičnih ovir, ki vplivajo na zveznost oz. povezljivost vodotoka (Acreman in Dunbar, 2004).

Tradicionalno je ocenjevanje kakovosti vode v vodotokih temeljilo izključno na meritvah fizikalnih, kemijskih in nekaterih bioloških lastnosti. Takšne meritve so lahko učinkovite pri regulaciji odtokov in pri zaščiti ljudi, niso pa zelo uporabne pri upravljanju s povirjem v večjem obsegu ali za oceno varovanja rečnih ekosistemov. Za ocenjevanje stanja vodotokov so bila sprejeta merila, ki upoštevajo vodni živelj pri določanju celostne zgradbe in funkcije ekosistemov. Rezultati študij rečnih ekosistemov, ki so podvrženi stresnim razmeram, so pokazali, da je mogoče na podlagi manjšega števila bioloških oz. ekosistemskih indikatorjev oceniti stanje vodotoka. Na te indikatorje vplivajo fizikalni in kemijski dejavniki okolja ter spremembe strukture in funkcije, ki so rezultat človekovih posegov (Norris in Thoms, 1999).

Za opis stanja vodotokov se v tujini uporablja pojem »zdravje vodotoka« (»river health«), ki se nanaša na oceno stanja vodotoka. Pogosta je analogija z zdravjem človeka, kar pripomore k boljšemu razumevanju. Kljub temu je pomen zdravja vodotoka nejasen; z ekosistemskega vidika ni jasno, kateri indikatorji na ekosistemskem nivoju kažejo zdravje vodotoka. Prav tako ni jasno določeno, kako vključiti fizikalne, kemijske in biološke značilnosti v merila na način, ki bi nadomestil zgolj opazovanje vzrokov in posledic. Za analizo stanja vodotokov je tako potrebno v večjem obsegu raziskati odnose med okoljskimi dejavniki, ki vplivajo na vodni živelj. Takšni dejavniki so struktura habitata, režim pretokov, viri energije, kvaliteta vode, biološke interakcije in biološko stanje (Norris in Thoms, 1999).

V okviru Vodne direktive v EU je bil s strani stroke na podlagi študije določen standard za še dopustno oz. sprejemljivo spreminjanje pretok vode, pri čemer je bilo merilo vpliv na makrofite, makroinvertebrate in ribe. S standardom je določen razpon spreminjanja pretokov v različnih obdobjih leta; dopustno je spreminjanje v rangu 7,5 – 20 % v toplejših mesecih pri nižjih pretokih in v rangu 20 – 35 % v hladnejših mesecih pri višjih pretokih (Acreman in sod., 2006; cit. po Richter, 2011). V splošnem je za različne taksonomske skupine (makrofite, makroinvertebrate in ribe) stroka določila 10 % spremembo pretoka kot tisto, ki ima zanemarljiv vpliv na združbo in hidrologijo vodotoka (Acreman in Ferguson, 2010; cit. po Richter, 2011).

Za oceno vplivov hidroelektrarn in odvzemov vode na ekološko stanje vodotokov ali za določitev minimalnih pretokov za populacije vodnih organizmov so zelo uporabni habitatni modeli (Mouton in sod., 2007). Habitatni modeli so uporabni tudi za oceno in vrednotenje vplivov hidroelektrarn (npr. hydropeaking-a) in določanje omilitvenih ukrepov za zmanjšanje teh vplivov (Person, 2013).

## 2.2 MALE HIDROELEKTRARNE V SLOVENIJI

Hidroelektrarna izrablja moč vodnega padca za pridobivanje električne energije. Razpoložljiva moč hidroelektrarne je odvisna od vodnega padca in pretoka vode (vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrarna>). Proizvodnja električne energije v hidroelektrarnah spada med obnovljive vire energije. Glede na količino razpoložljive vode in padec razlikujemo različne tipe hidroelektrarn:

- **Pretočne elektrarne** izkoriščajo veliko količino vode, ki ima relativno majhen padec. Reko se zajezi, ne ustvarja pa se zaloga vode.
- **Akumulacijske hidroelektrarne** izkoriščajo manjše količine vode, ki pa ima velik višinski padec. Za akumulacijske elektrarne je značilno akumuliranje vode (npr. s hidrotehničnimi objekti).
- **Pretočno-akumulacijske hidroelektrarne** so kombinacija pretočnih in akumulacijskih HE. Gradijo se v verigi, v kateri ima le prva elektrarna akumulacijsko jezero(vir: <http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=vodna>).

Dejstvo je, da je za delovanje hidroelektrarn potrebna raba vode, in sicer odvzem vode iz vodotoka.

Za odvzem vode iz naravnih vodotokov se uporablja hidrotehnične zgradbe (odzemne zgradbe). Glede na mesto odvzema, ki je lahko v akumulacijah ali na površinskih vodotokih, odzemne zgradbe delimo na odzemne zgradbe v akumulacijah (globinske odzemne zgradbe) in površinske odzemne zgradbe. Površinske odzemne zgradbe se uporabljajo na vodotokih, kjer so pričakovana majhna nihanja gladin, npr. Pri kanalskih vodnih elektrarnah, derivacijskih elektrarnah in pri nekaterih pretočnih vodnih elektrarnah (Pemič in Mikoš, 2005).

Hidrotehnične zgradbe za dovod vode od odzemnega mesta do uporabnika ter od uporabnika do odvodnika razvrščamo v kanalske (površinske) in rovovske (podzemne) (Pemič in Mikoš, 2005).

Glede na proizvodnjo električne energije v Sloveniji razvrščamo hidroelektrarne v štiri velikostne razrede (Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni v soproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom (Uradni list RS, št. 37/09, 53/09, 68/09, 76/09, 17/10, 81/10 in 17/14 – EZ-1):

- mikro hidroelektrarne (< 50 kW)
- male hidroelektrarne (< 1 MW)

- srednje hidroelektrarne (do 10 MW)
- velike hidroelektrarne (do 125 MW)

Glede na določila Zakona o vodah (ZV-1; Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15) je za hidroelektrarne z instalirano močjo, manjšo od 10 MW, treba pridobiti vodno dovoljenje, za hidroelektrarne večje moči pa koncesijo.

V okviru Alpske konvencije so bile na XI. Alpski konferenci marca 2011 sprejete splošne smernice za uporabo malih hidroelektrarn (MHE) v alpskih regijah. Trenutno še ni mednarodnega konsenza o tehnični pragovni vrednosti, s katero bi določili mejo med malimi in velikimi hidroelektrarnami (Platforma za upravljanje voda v Alpah in Platforma v okviru Alpske konvencije, 2011).

Zaradi visokega potenciala hidroenergije na eni strani in prizadevanj za ohranitev ekosistemov in pokrajine na drugi strani povzroča uporaba malih hidroelektrarn v alpskih predelih nasprotje interesov med zagovorniki uporabe obnovljivih virov energije in tistimi, ki si prizadevajo zaščititi vodne ekosisteme in pokrajine. Dodatni problem je, da so zaradi uporabe malih hidroelektrarn postali odseki rek, ki so še v prvotnem stanju ali blizu naravnega stanja, vse redkejši. Med splošnimi cilji za uporabo malih hidroelektrarn je povečanje proizvodnje energije iz obnovljivih virov z izkoriščanjem hidroenergije ter zmanjšanje prizadetosti vodnega ekosistema in pokrajine na minimum (Platforma za upravljanje voda v Alpah in Platforma v okviru Alpske konvencije, 2011).

Med priporočili Alpske konvencije je glede na vrsto elektrarne in njen vpliv na ekologijo predlagano ločevanje med naslednjimi vrstami hidroelektrarn:

- Rečni tip:
  - preusmeritvene hidroelektrarne: značilno je odvajanje in preusmerjanje vode
  - pretočne hidroelektrarne: ni preusmerjanja vode, imajo pretočni režim
- Večnamenske hidroelektrarne: povezane so z infrastrukturo in se nahajajo znotraj omrežij, katerih glavni cilj ni proizvodnja električne energije; integrirane so v sistem dovajanja pitne vode, odvajanje odpadnih voda ali namakalnega omrežja.

Glede na javno dostopne podatke iz javnih evidenc (vodna knjiga, ARSO) je bilo do leta 2014 podeljenih 535 vodnih pravic za proizvodnjo električne energije v malih hidroelektrarnah (Kazalci okolja, ARSO). Razlika med podeljenimi vodnimi pravicami in



številom dejansko obratujočih MHE je posledica dejstva, da nekatere MHE ne obratujejo, so v fazi rekonstrukcije ali se šele gradijo.

V letu 2014 je v Sloveniji obratovalo po podatkih SODO (sistemski operater Distribucijskega Omrežja z električno energijo, d.o.o.; povzeto po ARSO 2015) okoli 466 MHE, ki so oddajale električno energijo v omrežje. Nekatere hidroelektrarne imajo več kot enega lastnika; vsak izmed solastnikov v omrežje prodaja svoj delež proizvedene elektrike. Tako je MHE dejansko nekoliko manj kot 466 (406); prav tako je treba upoštevati solastništvo pri seštevku proizvedene elektrike. Mali hidroelektrarn s povprečno močjo do 50 kW je okoli 244, kar predstavlja kar 52,4 % vseh MHE v Sloveniji; delež skupne moči teh MHE znaša 4,93 %. MHE z močjo od 50 do 500 kW je okoli 169, kar predstavlja 36,3 % vseh MHE v Sloveniji; njihov delež skupne moči je okoli 26,16 %. MHE z močjo od 500 kW do 1 MW je v Sloveniji 31, kar predstavlja 6,7 % vseh MHE v Sloveniji; njihov delež skupne moči je okoli 19,84 %. MHE z močjo od 1 do 10 MW je 22, kar predstavlja 4,7 % vseh MHE v Sloveniji; njihov delež skupne moči pa je okoli 49,07 %, kar predstavlja skoraj polovico moči vseh MHE v Sloveniji. Zanimiva je tudi primerjava proizvodnje električne moči MHE: skupna proizvodnja mikrohidroelektrarn z močjo do 50 kW, ki jih je največ, znaša okoli 26 GWh električne energije, proizvodnja malih hidroelektrarn (50 kW do 1 MW) znaša okoli 231 GWh, proizvodnja srednje velikih MHE (1 do 10 MW) pa znaša okoli 206 GWh. Očitno je, da največje število najmanjših MHE, mikrohidroelektrarn, k skupni proizvodnji doprinese najmanj.

V primerjavi s proizvodnjo električne energije v velikih hidroelektrarnah, ki je v letu 2014 znašala okoli 5200 GWh znaša delež električne energije, ki jo skupno proizvedejo vse MHE v Sloveniji, okoli 8,1 %.

Zanimivo bi bilo oceniti skupno količino odvzete vode, ki jo MHE v Sloveniji izkoriščajo za proizvodnjo relativno nizkega deleža električne energije (v primerjavi s skupno proizvodnjo v hidroelektrarnah v Sloveniji).

## 2.3 POTOČNA POSTRV

Potočne postrvi lahko na osnovi genetskih razlik in razširjenosti razdelimo v dve skupini – postrvi z marmornatim vzorcem (npr. soška postrv) in postrvi s pikastim vzorcem. Potočne postrvi s pikastim vzorcem se razlikujejo po velikosti, obliki, barvi in razporeditvi pik. Zaradi majhnih morfoloških razlik so bile pikaste potočne postrvi tradicionalno združene v vrsto *Salmo trutta*, morfološke razlike med njimi pa so opredelili s formami: *fario*, *trutta* in *lacustris*. Tem formam postrvi ne moremo pripisati statusa podvrst, saj so razlike med njimi odvisne predvsem od okoljskih dejavnikov, populacije pa niso geografsko ali reproduktivno ločene (Veenvliet in Kus Veenvliet, 2006).

Določevanje postrvi je pogosto zelo zapleteno, saj so morfološko zelo raznolike. Določevanje otežujejo tudi številna pretekla naseljevanja in preseljevanja postrvi, saj so postrvi ozko sorodne in med njimi pogosto prihaja do križanja (Veenvliet in Kus Veenvliet, 2006).

Donavska potočna postrv (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758) je v Sloveniji avtohtona (domorodna) ribja vrsta. Vrsta je zanimiva tudi v gospodarskem in prehranskem smislu, saj predstavlja ribolovni vir v smislu ribiškega turizma in je ena izmed pomembnejših avtohtonih sladkovodnih vrst rib v prehrani ljudi. Tudi na geografskem območju Evrope je potočna postrv najštevilčnejša in najbolj razširjena domorodna vrsta rib (Povž in Sket, 1990). Spada v družino postrvi (Salmonidae), ki zajema 11 rodov in skupno 228 vrst (Froese in Pauly, 2015). Za postrvi je značilna tolščenska ali tolsta plavut, ki leži med hrbtno in repno plavutjo. V naših vodah se stalno pojavljajo štiri rodovi. Rodova *Salmo* in *Hucho* sta avtohtona, medtem ko so rodova *Oncorhynchus* in *Salvelinus* k nam zanesli ribiči v 19. in 20. stoletju (Povž in Sket, 1990).

Potočna postrv (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758) je hladnovodna ribja vrsta in v Sloveniji poseljuje vodotoke alpskega in predalpskega območja (Kotellat in Freyhof, 2007; Povž in Sket, 1990). Potočna postrv spolno dozori v 2., običajno pa v 3. letu starosti. Drsti se od oktobra do februarja na prodnatih predelih vodotokov. Samica odloži 1000–3000 precej velikih iker ( $\varnothing$  4–5 mm). Zraste do 50 cm, redki primerki so veliki tudi do 70 cm. Hitrost rasti in velikost osebkov je odvisna predvsem od razpoložljive količine hrane in od temperature vode. Odrasle ribe se hranijo pretežno z vodnimi in kopenskimi nevretenčarji in delno z ribami (Povž in Sket, 1990) ter jo glede prehrane uvrščamo med inverti – piscivore ribje vrste (Dußling in sod., 2004). Potočna postrv je litofilna ribja vrsta, kar pomeni, da ikre odlaga na prodnato in kamnito podlago ali v pesek in drug drobnozrnat substrat (Dußling in sod., 2004).



Slika 2: Potočna postrv iz Oplotnice (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758) (foto: M. Čarf, 2011)

Potočna postrv tipično naseljuje rečni habitat z čisto, hladno ali mrzlo vodo, relativno nemuljastim dnom v katerem se izmenjujejo brzice in tolmeni. V tolmenih se voda upočasni in nudi dovolj veliko globino, zaradi brzic pa je voda dobro prezračena. Pri nas naseljuje vse slovenske vodotoke donavskega porečja od velikih rek do manjših potokov, prisotna pa je tudi v hladnejših jezerih. Pojavlja se v nižinah pa tudi na večjih nadmorskih višinah. V slovenskem delu Karavank sega do 1277 m nadmorske višine (Konar in sod., 2013).

Habitat neke vrste (taksona) je kombinacija različnih kemijskih in fizikalnih parametrov. Optimalni habitat je tisti, na katerega je vrsta najbolj prilagojena, v takih pogojih ima vrsta največjo rast, razmnoževanje in doseže največjo gostoto populacije. V suboptimalnem habitatu sta rast in razmnoževanje manjša, take prostore pa zasedajo osebkni nižje na hierarhični lestvici. Osebkni, ki se nahajajo izven suboptimalnega habitata, dolgoročno gledano ne uspejo (zaostajajo v rasti, se ne razmnožujejo) ali pa se selijo v habitat, kjer so zanje ugodnejše razmere (Steinman in sod., 2013).

Izbira habitata potočne postrvi je odvisna od velikosti ribe, stanja organizma in potreb po hrani in je relativno fleksibilna, vendar v ozkih mejah. Vsak razvojni stadij potočne postrvi ima specifične okoljske zahteve. Od izvalitve do dopolnjenega leta starosti potočne postrvi imenujemo zarod (ang: *fry*), do spolne zrelosti (običajno v drugem letu starosti) ribe imenujemo mladice (ang: *juvenile*; Slika 3), nato pa so ribe odrasle (ang: *adult*) (Steinman in sod., 2013).



Slika 3: Mladica potočne postrvi z vidnimi juvenilnimi lisami v naravnem habitatu v Oplotnici (foto: M. Čarf, 2011).

Potočna postrv je migratorna ribja vrsta; glede načina migracije je vrsta potamodromna. Med potamodromne vrste rib uvrščamo tiste, ki celoten življenjski cikel zaključijo v celinski vodi, predeli reke ali potoka, kjer se predstavniki teh vrst hranijo, pa so ločeni od predelov, kjer se razmnožujejo (Dušling in sod., 2004). Potočna postrv v Sloveniji se seli na kratkih do srednje dolgih razdaljah. Selitev je za njih nujno pomembna za ohranitev. (Froese in Pauly, 2015).

#### 2.4 HABITATNE ZAHTEVE POTOČNE POSTRVI (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758)

Živalske in rastlinske vrste se ne pojavljajo kjerkoli, ampak le na mestih, kjer najdejo ustrezne življenjske pogoje, kombinacijo dejavnikov, ki omogočajo njihovo preživetje in razmnoževanje. Takšno mesto imenujemo bivališče ali habitat. Organizmi imajo omejeno območje delovanja, zato so lahko prisotnost, pogostost vrste in še bolj številčnost njene populacije znaki, ki kažejo, v kolikšni meri je bivališče za vrsto ugodno življenjsko okolje (Tarman, 1992).

Znotraj celotnega območja razširjenosti potočna postrv ni prisotna povsod, niti ni enakomerno razširjena v vodotokih. Med dejavniki, ki vplivajo na naravne populacije

potočne postrvi, so pogoji okolja zelo pomembni in omogočajo določitev habitata te vrste (Baglinière in Maisse, 1999).

Habitat določajo fizični in biotski dejavniki. Biotske dejavnike je težko kvantificirati, posebej prehranske vire, ki so pogojeni z delovanjem ekosistema. Posebno vlogo ima tudi vegetacija, ki služi kot skrivališče in vpliva na zgradbo prostora. Vsak posamezen fizični kazalnik, ki vpliva na ekologijo vrste, je preučevalo mnogo raziskovalcev (Baglinière in Maisse, 1999).

Za večino dejavnikov je značilen gradient v intenziteti in kvaliteti; gre za razpon med minimalno in maksimalno vrednostjo. Večina vrst obstaja le v ožjem obsegu celotnega gradienta; govorimo o strpnostnem ali tolerančnem območju dejavnika, ki ga opisuje strpnostna ali tolerančna krivulja (Tarman, 1992).

Habitat potočne postrvi določajo različni dejavniki :

**Vodni tok** je ključni dejavnik v habitatu potočne postrvi in ima glavno vlogo pri delovanju in zgradbi ekosistema (Butcher, 1933; Huet, 1962; Bournaud, 1963; cit. po Baglinière in Maisse, 1999). Vodni tok vpliva na habitat na dva načina. Neposredno vodni tok vpliva z omogočanjem pogojev posamezni postrvi, ki je posebej dobro morfološko prilagojena vodnemu toku (Huet, 1962; Brown, 1975; cit. po Baglinière in Maisse, 1999) in ima pozitivno reotaktično vedenje (Huet, 1962; Brown, 1975; cit. po Baglinière in Maisse, 1999). Posredni vplivi vodnega toka se kažejo skozi mnoge lastnosti ekosistema, kot so prenašanje nevretenčarjev z vodnim tokom, oksigenacija drstišč (Crisp, 1989), vplivi na tip substrata in sedimentacijo le-tega (Butcher, 1933; cit. po Baglinière in Maisse, 1999).

**Morfološke značilnosti struge vodotoka** imajo prav tako vpliv na habitat potočne postrvi. Globine imajo pomembno vlogo pri tem, kje se bo postrv nahajala (Egglisshaw in Shackley, 1982; Heggenes in sod., 1995). Ker je globina obratno sorazmerna hitrosti vodnega toka, ima pri določeni širini vodotoka in hitrosti toka vlogo skrivališča, posebej v zimskem času (Chapman in Bjornn, 1969; cit. po Baglinière in Maisse, 1999).

**Tekstura substrata** (granulometrija) struge vodotoka je rezultat hitrosti vodnega toka, globine in geoloških značilnosti porečja. Če je velikost delcev substrata dovolj velika, ima vlogo skrivališč za ribe ob pojavu hitrega vodnega toka ter služi kot zaščita pred plenilci (Heggenes, 1988a). Velikostna struktura substrata določa število skrivališč, ki jih ribe zasedejo glede na svojo velikost. RIBE se skrivajo v prostore med deli substrata (Heggenes, 1988b). Poleg tega je velikost delcev substrata odločujoči dejavnik za postrvi pri izbiri lokacij za drst (drstne jame) v času drsti (Ottaway in sod., 1981). Presežek drobnih frakcij substrata lahko zaduši drstišča, ker povzroči pomanjkanje kisika, ki ga za razvoj

potrebujejo ikre (Grant in sod., 1986). Prevelike velikosti frakcij substrata nasprotno omogočajo možnost za nastanek drstne jame (Baglinière in Maise, 1999).

Ker je letna periodičnost v dolžini dneva in noči stalna in natančno ponovljiva, so se mnogi življenjski pojavi vezali na svetlobo. Takšni pojavi so selitve ali migracije, razmnoževanje, hibernacija in diapavza ter barvne in morfološke značilnosti živali (Tarman, 1992). **Svetloba** ribam omogoča določanje položaja in orientacijo z vidom. Svetloba vpliva na razvojni cikel, vpliva na fototaksijo rib in vpliva na druge dejavnike v habitatu rib, npr. na temperaturo in na v vodi raztopljeni kisik (preko fotosinteze) (Baglinière in Maise, 1999).

**Temperatura** je eden glavnih dejavnikov, ki kontrolira ekosisteme salmonidnih vrst rib. Zaradi večje termostabilnosti vodnega medija imajo vodne živali ožje termopreferenčno območje oz. so stenotermne (Tarman, 1992). Salmonidne vrste rib imajo običajno preferenco do hladnejših habitatov; njihova zgornja tolerančna meja je med 22 in 28 °C (Vornanen in sod., 2014). Potočna postrv, katere optimalni habitat so hladne vode z visoko vsebnostjo kisika, ima zgornjo letalno (smrtno) temperaturo med 25 in 30 °C glede na temperaturo aklimacije (Elliot 1981), zato jo štejemo med mezotermne vrste rib (Elliott in Elliott, 2010).

Podobno kot vodni tok lahko ima tudi temperatura neposredne in posredne vplive. Temperatura neposredno regulira vedenje rib (migracije, reprodukcija) in predvsem regulira ekofiziologijo postrvjih vrst. V naravnem okolju so optimalne temperature za potočno postrv med 7 in 19 °C (Frost in Brown, 1967) oz. med 7 in 17 °C (Mills, 1971). Temperature, ki pogojujejo rast pri potočni postrvi, so med 4 in 19,5 °C, pri čemer je spodnja meja preživetja pri 0 °C. Temperaturno območje za razvoj iker je ožje, in sicer med 0 in 15 °C (Elliot 1981). Temperatura na ribe vpliva tudi posredno, in sicer tako, da povzroča spremembe ostalih lastnosti habitata; posebej vpliva na koncentracijo raztopljenega kisika, rast vegetacije in razvoj bentoških nevretenčarjev (Bagliniere in Maise, 1999).

**Količina v vodi raztopljenega kisika** je življenjskega pomena za potočno postrv, ki se šteje za zelo zahtevno vrsto (Huet, 1962; cit. po Baglinière in Maise, 1999). Najnižja koncentracija raztopljenega kisika, ki omogoča preživetje potočni postrvi, je med 5,0 in 5,5 mg/L, najnižja nasičenost vode s kisikom pa mora običajno znašati vsaj 80 % (Mills, 1971).

Upoštevanji morajo biti tudi drugi parametri vode, ki morajo ustrezati potočni postrvi v njenem habitatu:

- pH vode mora biti med 5 in 9,5 (Mills, 1971). Vrednosti pH pod 4,5 povzročijo smrt zaroda (Crisp, 1989). pH nižji od 7 je škodljiv za spermatozoide rib in

- posledično negativno vpliva na reprodukcijo (Gillet in Roubaud, 1986; cit. po Baglinière in Maisse, 1999);
- prevelika količina suspendiranih delcev zmanjša sposobnost izmenjave plinov, kar ribe kompenzirajo s pospešeno ventilacijo. Če se razmere ne izboljšajo, se plast finih delcev na škregah počasi poveča, dihanje se dodatno oteži in na koncu se ribe zadušijo (Kerr, 1995). Previsoka koncentracija suspendiranih delcev je lahko glavni razlog za nizko preživetje iker in zaroda pred izvalitvijo (Massa in sod., 1998; cit. po Baglinière in Maisse, 1999). Delci, ki se usedajo na dno, zapolnijo intersticijski prostor med prodniki v drstiščih ter tam zmanjšajo pretok vode, s tem pa tudi kisika. Ikre se v takih tleh zadušijo. Če drobnega sedimenta ne spere hitrejša voda, je drstišče tudi trajno izgubljeno (Berry in sod., 2003; Kerr, 1995);
  - ioni, ki povzročajo akutno zastrupitev pri ribah, so večinoma nitriti (Lewis in Morris, 1986; cit. po Baglinière in Maisse, 1999), aluminij (Ramade, 1982; cit. po Baglinière in Maisse, 1999) in težke kovine (Alabaster in Lloyd, 1982; cit. po Baglinière in Maisse, 1999);
  - spremembe v trdoti vode, koncentraciji raztopljenega kisika in pH lahko vodijo v posredno toksičnost, ki je posledica raztapljanja ali reduciranja aluminija, mangana ali železa ter posledica redoks reakcij, v katerih nastaja amonijak (Bremond in Vuichard, 1973; Brooker, 1981; Vander Borgh in sod., 1982; cit. po Baglinière in Maisse, 1999).

**Vodni makrofiti in obrežna vegetacija** (tako potopljeni makrofiti kot ostala vodna vegetacija), ki sega nad ali v vodno telo, (tako potopljena kot tista, ki visi z brežin), ima vlogo skrivališča za ribe (Egglisshaw in Shackley, 1977) ter vpliva na zgradbo habitata, ker ustvarja vizualne meje (Jenkins, 1969).

Odnos organizmov do izbranega dejavnika okolja spoznamo eksperimentalno tako, da opazujemo njihovo vedenje (izbor, porazdelitev) v gradientu tega dejavnika. Pri tem morajo ostati drugi dejavniki nespremenjeni. Seveda eksperimentalno pridobljeni rezultati niso vedno skladni s tistimi iz proste narave, kjer se povezujejo različni dejavniki, ki vplivajo drug na drugega. Medsebojno vplivanje abiotskih dejavnikov je v prosti naravi vsakdanji pojav. Organizmu, ki je izpostavljen neugodnemu vplivu enega dejavnika, se običajno spremeni tudi strpnost do drugih dejavnikov okolja (Tarman, 1992).

## 2.5 VPLIV ODVZEMOV VODE NA RIBE

Slovenske vodotoke poseljujejo številne vrste rib, ki živijo v raznolikih vodnih habitatih (<http://www.zzrs.si/>). Fizično okolje, ki ga poseljujejo ribe, je večinoma odvisno od geoloških, morfoloških in hidroloških procesov (Armstrong in sod., 2003; Cowx in Welcomme, 1998).



Habitat ima velik vpliv na razporejanje in številčnost salmonidnih vrst rib. Habitat predstavljajo tako abiotski kot biotski dejavniki, ki so med seboj z različnimi interakcijami povezani v kompleksen sistem (Armstrong in sod., 2003), ki je del rečnega ekosistema.

Habitatne potrebe rib v vodotokih so v več pogledih podobne potrebam človeka v lastnem okolju. Ribe potrebujejo prostor za razmnoževanje, kisik, sprejemljive temperature, hrano ter čisto vodo brez odvečnega sedimenta in onesnaževal. Obstoje dobrih habitatov za ribe je odvisen od številnih dejavnikov, kot so geologija, podnebje, vodni tok, odsotnost pregrad – omogočanje gorvodnih in dolvodnih migracij, določene strukture habitata (tolmuni, brzice, skrivališča), kvaliteta vode, prisotnost zadostne količine hrane ter odsotnost večjega števila predatorjev in kompetitorjev (Thompson in Larsen, 2004).

Odvzemi vode in z njimi povezane dolvodne spremembe režima naravnih pretokov imajo številne vplive na ribe; vplivi teh sprememb so dobro dokumentirani. Z raziskavami so bili ugotovljeni škodljivi dolvodni vplivi odvzemov vode na populacije potočne postrvi, kot je na primer nihanje pretokov v obdobju razmnoževanja ter v zgodnjih fazah razvoja rib (Anderson in Nehring, 1985; Nelson 1986; Nehring in Anderson, 1993; Pender in Kwak, 2002; Belica, 2007).

Potencialno škodljivi vplivi močno zmanjšanih pretokov vodotokov na postrvi vključujejo zmanjšanje habitata, omejevanje dostopa do hrane, oviranje migracij ter povečanje temperature vode v poletnem času ali poslabšanje kvalitete vode (Covington in Hubert, 2003).

Povezanost med habitatami potokov, rek in jezer je pomembna tam, kjer so populacije potočne postrvi odvisne od pritokov, kjer se nahajajo drstni habitat, refugiji s hladnejšo vodo ali prezimovališča. Populacija potočne postrvi, ki je živel v akumulaciji, je na primer izbrala pritoke za drst ter v poletnem času kot hladnovodni refugij, saj v akumulaciji ni prišlo do stratifikacije, ki bi poleti omogočala obstoj primerne habitat (Garrett in Bennett, 1995).

Heggenes (1988b), ki je raziskoval vplive povečanih pretokov na juvenilne stadije potočne postrvi v norveških vodotokih, je ugotovil, da v normalnih okoliščinah potočne postrvi, velike najmanj 67 mm, nenadni visoki pretoki niso odplavili ali prestavili, kadar je ribam grob substrat omogočal skrivališče in so bili prisotni tudi mikrohabitati z nizkimi hitrostmi vode.



## 2.6 MIGRACIJE RIB IN ODGOVOR NA NIZKE PRETOKE

Raba habitata v prostorsko in sezonsko heterogenih vodotokih lahko bistveno vpliva na migracijo posamezne vrste rib. Sulec in postrvje vrste rib so migratorne in kažejo velike individualne in sezonske variacije v migracijskih vzorcih ter nagnjenost stalni poselitvi domačega areala ali k raziskovanju (Heggenes in sod., 2010).

Ribe imajo zmožnost odgovora na spremembe in vplive okolja v smislu naravnih časovnih in prostorskih prilagoditev, kot so npr. vedenjske migracije med habitati, zato je ohranjanje in zagotavljanje povezanosti vodotokov pomembno. V teoriji je migracija pričakovana kot tipičen odgovor na lokalno spremembo (Heggenes in sod., 2010).

Hiter padec vodostaja in krajši čas prilagajanja poveča možnost, da postrvje vrste rib ostanejo na suhem (Heggenes in sod., 2010).

Med hidromorfološkimi obremenitvami je bil tako imenovani hydropeaking (sunkovito spreminjanje pretokov v kratkem času) prepoznani kot ena ključnih groženj ribjim populacijam v alpskih rekah. Vplivi na ribe, ki poseljujejo vodotoke, kjer je prisoten vpliv hydropeakinga, so različni. Ribe se lahko ujamejo na območju spremenljivega robnega dela struge, lahko jih odplavi, drstišča ribjih vrst ostanejo na suhem, prihaja do motenj v času drsti ter do motenj migracije. Prav tako se zaradi vplivov sunkovitega spreminjanja pretokov lahko zmanjša količina razpoložljive hrane in poveča predacija (Hunter, 1992; Young in sod., 2011). Drstne jame salmonidnih vrst so pri visokih pretokih izpostavljene odnašanju (erozijskim procesom), pri nizkih pretokih pa izsuševanju, kar lahko škoduje razvoju rib v juvenilnih fazah in vpliva na kalo (smrtnost oz. mortaliteta v juvenilnem razvoju rib) (McMichael in sod., 2005).

V kolikšni meri bodo ribe ostajale na suhem (nasedanje), je odvisno od medsebojnega vpliva številnih biotskih in abiotskih dejavnikov. Ob upoštevanju fizikalnih zakonitosti je nasedanje rib odvisno od velikosti spremembe (nihanje vodostaja), amplitude pretoka, zgradbe substrata, morfologije struge in naklona brežine. Kalo zaradi nasedanja rib dodatno povečuje kritični minimalni pretok, časovna razporeditev vplivov (dnevna, sezonska) in trajanje obdobja, ko so ribe na suhem. Juvenilni stadiji ribjih vrst takih primerih so bolj ranljivi kot odrasle ribe (Young in sod., 2011; Nagrodski in sod., 2012; Harby in Noack, 2013). Nasedanje juvenilnih rib, manjših od 6 cm, šteje kot eden od pomembnejših vplivov hydropeaking-a na ribe (Young in sod., 2011).

Potencialno škodljivi vplivi močno zmanjšanih pretokov vodotokov na postrvi nastajajo zaradi zmanjšanja habitata, omejevanja dostopa do hrane, oviranja migracij ter povečanja temperature vode v poletnem času ali poslabšanja kvalitete vode (Covington in Hubert,

2003). Raziskava na območju vodotoka v Španiji, kjer se nahaja 16 malih hidroelektrarn, je pokazala, da so na odsekih, ki so pod vplivom odvzemov vode, habitati za ribe slabši (Benejam in sod., 2014).

Visoki pretoki se pojavljajo tako v naravnih kot reguliranih vodotokih. Kljub temu je treba izpostaviti, da se poplave v naravi običajno pojavijo nekajkrat letno, medtem ko se povečani pretoki, ki so posledica obratovanja hidroelektrarn, pojavljajo dnevno.

Analiza števila povečanih pretokov in denivelacije (hitro znižanje vodne gladine v krajšem časovnem obdobju) na odziv ribje združbe (Schmutz in sod., 2015) je potrdila ugotovitve drugih raziskav. Nasedanje rib pri denivelaciji, večji od 15 cm/h, je bilo najverjetnejši vzrok za degradacijo ribjih združb, kadar se je denivelacija pojavljala več kot dvajsetkrat letno. Ugotovili so tudi, da je imelo hitro in sunkovito nihanje pretokov večji vpliv na ribe v nočnem času. Rezultati izvedene raziskave so pokazali tudi, da so ribje združbe, v katerih prevladujejo lipan in rečne toplovodne vrste rib, bolj dovzetne za pojav hydropeaking-a kot združbe, kjer je prevladujoča ribja vrsta potočna postrv (*Salmo trutta*) (Schmutz in sod., 2015).

## 2.7 EKOLOŠKO SPREJEMLJIVI PRETOK

Glede na veljavno zakonodajo v Sloveniji je ekološko sprejemljivi pretok tista količina vode, ki ob dovoljeni rabi ne poslabšuje stanja vode oziroma ne preprečuje njenega izboljšanja ter ohranja zgradbo in delovanje vodnega in obvodnega ekosistema (ZV-1, Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15).

Prepoznavna naraščanja hidroloških sprememb vodotokov in degradacije okolja na globalni ravni je vodila v vzpostavitev znanstvenega ocenjevanja ekoloških pretokov, pri katerem je treba določiti količino in kvaliteto vode, ki je potrebna za ohranjanje ekosistemov in zaščito naravnih virov. Pregled obstoječih metodologij za določanje ekoloških pretokov je pokazal, da je na svetu vsaj 207 različnih metodologij za določanje le-teh, in sicer v 44 državah. Metodologije za določanje ekoloških oz. ekološko sprejemljivih pretokov lahko v grobem delimo na hidrološke, hidravlične, habitatne (simulacija habitatov) in celostne ter na kombinacije le-teh in ostale metodologije (Tharme, 2003).

Med metodologijami, ki se globalno uporabljajo za določanje ekološko sprejemljivih pretokov, je največje število takih, ki temeljijo na hidrološki osnovi (29,5 %) in na metodi simuliranja habitatov (28 %), manj so v uporabi kombinirane (16,9 %), hidravlične (11,1 %) in celostne (7,7 %) metodologije ter ostale metodologije (6,8 %) (Tharme, 2003).

## 2.7.1 Določitev ekološko sprejemljivega pretoka v Sloveniji

V Sloveniji za določanje ekološko sprejemljivega pretoka ( $Q_{es}$ ) uporabljamo metodologijo, ki temelji na hidrološki osnovi. Kljub temu sprejeta Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uredba o  $Q_{es}$ , Uradni list RS, št. 97/2009) načeloma omogoča določitev  $Q_{es}$  z uporabo kombinirane metode, kjer je upoštevana ocena različnih parametrov, med drugim tudi hidromorfološka ohranjenost vodotoka, sestava in številčnost vodnega rastlinstva (fitobentos in makrofiti), sestava in številčnost bentoških nevretenčarjev in rib starostna struktura rib. Pri tem izpostavljamo, da je za določitev  $Q_{es}$  po kombinirani metodologiji potrebna izvedba študije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka.

Uredba o  $Q_{es}$  (Uradni list RS, št. 97/2009) določa odvisnost vrednosti  $Q_{es}$  od:

- srednjega malega pretoka ( ${}_sQ_{np}$ ),
- tipa odvzema vode (povraten ali nepovraten),
- dolžine povratnega odvzema (točkovni, kratek ali dolg odvzem),
- velikosti prispevne površine (F),
- ekološkega tipa vodotoka,
- razmerja med srednjim pretokom v obdobju ( ${}_sQ_s$ ) in srednjim malim pretokom ( ${}_sQ_{np}$ ) in
- količine odvzema v odvisnosti od srednjega pretoka.

Ti kriteriji določajo vrednost faktorja  $f$ . Ekološko sprejemljivi pretok se nato določi z uporabo enačbe  $Q_{es} = f \times {}_sQ_{np}$ , pri čemer je faktor  $f$  odvisen od ekološkega tipa vodotoka, od velikosti prispevne površine vodotoka (F) ter od tipa vodotoka in se določi v skladu s preglednicami iz Uredbe o  $Q_{es}$  (Preglednica 2).

V preglednici (Preglednica 1) so določena sušna in vodnata obdobja po mesecih v letu in glede na skupino ekoloških tipov vodotokov. Preglednica 2 prikazuje primer rabe vode pri povratnih odvzemih, pri katerih se odvzeta količina vode odvzame iz vodotoka in se v isti vodotok tudi vrne. Med takšne povratne odvzeme vode spadajo npr. odvzemi za hidroenergetsko rabo, za ribogojnice, za tehnološke namene itd..

Preglednica 1: Vodnata (V) in sušna (S) obdobja, določena po mesecih v letu in glede na skupino ekoloških tipov (določitev po Uredbi o  $Q_{es}$ ).

Mesec		jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
Skupina ekoloških tipov	1	V	V	V	V	V	S	S	S	S	V	V	V
	2,3,4	S	S	V	V	V	S	S	S	S	V	V	S

Glede na metodologijo za določitev skupin ekoloških tipov vodotokov na podlagi hidroekoregij v skladu z Uredbo o  $Q_{es}$  reki Oplotnica in Lobnica spadata v skupino ekoloških tipov 3.

Preglednica 2: Vrednosti faktorja  $f$  za izračun  $Q_{es}$  pri povratnem odvzemu, določene z Uredbo o  $Q_{es}$  (vir: Uredba o  $Q_{es}$ , Uradni list RS, št. 97/2009).

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	<10 km <sup>2</sup>	10 - 100 km <sup>2</sup>	100 - 1000 km <sup>2</sup>	1000 - 2500 km <sup>2</sup> in $sQ_s < 50 \text{ m}^3/\text{s}$	> 2500 km <sup>2</sup> ali $sQ_s > 50 \text{ m}^3/\text{s}$
	<b>Točkovni odvzem</b>				
1 <sup>(1)</sup>	0,7	0,7	0,5	0,4	
2 <sup>(1)</sup>	0,7	0,5	0,4	0,4	
3	0,5	0,4	0,3		
4					0,3
	<b>Kratek odvzem celo leto ali dolg odvzem v sušnem obdobju</b>				
1 <sup>(1)</sup>	1,2	1,2	1,0	0,8	
2 <sup>(1)</sup>	1,2	1,0	0,8	0,8	
3	1,0	0,8	0,7		
4					0,7
	<b>Dolg odvzem v vodnatem obdobju</b>				
1 <sup>(1)</sup>	1,9	1,9	1,6	1,3	
2 <sup>(1)</sup>	1,9	1,6	1,3	1,3	
3	1,6	1,3	1,1		
4					1,1

<sup>(1)</sup> faktor  $f$  se pomnoži z 1,6, če je razmerje med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom na mestu odvzema večje od 20

## 2.8 DOLOČITEV PREOSTALEGA PRETOKA PO PREDPISIH AVSTRIJE

Slovenija in Avstrija si kot sosednji državi delita območje Alp, zato smo se odločili za primerjavo slovenske metodologije za določanje ekološko sprejemljivega pretoka z avstrijsko metodologijo za določanje preostalega pretoka (*»Restwasser«*). Podobno kot v Sloveniji je tudi Republika Avstrija način določanja preostalega pretoka predpisala s pravnim aktom, ki definira parametre, na podlagi katerih se določa preostali pretok ( $Q_{rest}$ ). Za primerjavo metodologije v naši in sosednji državi smo se odločili, ker je tako v Avstriji kot v Sloveniji v uporabi metodologija, ki temelji na hidroloških podatkih. Kljub temu je treba izpostaviti, da ima Republika Avstrija v okviru pravnega predpisa določen način, na katerega se lahko določi  $Q_{rest}$  z uporabo kombinirane metodologije, in sicer ob upoštevanju hidroloških podatkov ter ekoloških zahtev ribjih vrst na posameznem območju.

V Avstriji je upravljanje z vodami predmet državnega zakona o vodah (Wasserrechtsgesetz - WRG), ki je bil sprejet leta 1959 in nazadnje dopolnjen leta 2014. Veljavni predpis, ki določa ekološke cilje in kvaliteto površinskih voda, se imenuje *Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer (QZV Ökologie OG)*; gre za uredbo, sprejeto leta 2010. Namen uredbe je uskladitev s cilji Okvirne vodne direktive, zato so v predpis vključeni tudi vsi hidromorfološki elementi, na podlagi katerih se določa stanje oz. kvaliteta vodnih ekosistemov. Cilji predpisa tako zadevajo vodni režim, kontinuiteto vodnega toka in morfologijo površinskih voda. Predpis določa biološke, hidromorfološke in splošne fizikalno kemijske elemente, na podlagi katerih se določa dobro, zmerno, slabo in nezadovoljivo stanje površinskih voda. Uredba definira merila (usmeritve) za določitev dobrega hidromorfološkega stanja vodotokov (»good status«) in obravnava način določanja preostalega pretoka.

Za izračun preostalega pretoka,  $Q_{rest}$ , po avstrijski metodologiji uredba QZV v točki 13(2)-1c, 13. člen 2. poglavja določa sledeče :

- a) Pretok v strugi mora biti višji od naravno pojavljajoče se vrednosti najnižjega dnevnega naravnega pretoka »*Tagesniederwasser*« :  $(Q_{min} \geq_n Q_n)$
- b) V površinskih vodotokih, kjer je najnižji nizki naravno pojavljajoči se dnevni pretok nižji od tretjine naravnega srednjega nizkega letnega pretoka ( $_s Q_n$ ), mora biti preostali pretok določen v količini vsaj ene tretjine  $_s Q_{np}$  :  $Q_{min} \geq \frac{1}{3} _s Q_{np}$
- c) Za vodna telesa, kjer je povprečni pretok ( $_s Q_s$ ) manj kot  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  in je vrednost naravnega dnevnega minimalnega pretoka manjša od polovice naravnega povprečnega nizkega pretoka ( $_s Q_{np}$ ), mora biti trajno zagotovljen minimalni pretok v strugi vodotoka v količini najmanj polovice naravnega letnega nizkega pretoka ( $Q_{rest} \geq \frac{1}{2} _s Q_{np}$ ), pri čemer morajo biti upoštevane vrednosti, določene v Prilogi G, ki se nanašajo na minimalne globine in hitrosti vode v naravno prisotnih habitatih rib.

Priloga G v zvezi z določanjem minimalnih preostalih pretokov podpira določitev deleža 50 %  $_s Q_{np}$ . V takšnem primeru določitev minimalnega preostalega pretoka so v največji možni meri zagotovljene minimalne globine vode in minimalne hitrosti vodnega toka ter s tem zagotavljanje prehodnosti vodotoka za vodne organizme. Posledično so zakonsko obvezna merila za zagotavljanje skladnosti z upoštevanjem minimalnih globin in hitrosti vodnega toka lahko izvzeta.

Način določanja minimalnega pretoka v strugi vodotoka, opisan v točkah a – c, je povzet v preglednici (Preglednica 3).

Preglednica 3: Povzetek usmeritev za določanje ekološko sprejemljivega pretoka po avstrijski metodi v skladu z obravnavanim področnim predpisom. Upoštevan mora biti strožji način določitve vrednosti minimalnega pretoka.

	Naravni srednji obdobjni pretok $sQ_s < 1 \text{ m}^3/\text{s}$	Naravni srednji obdobjni pretok $sQ_s$ $> 1 \text{ m}^3/\text{s}$
<b>Minimalni</b> $Q_{rest}$	Naravno prisoten dnevni minimalni pretok	
	$\frac{1}{2}$ srednjega nizkega letnega pretoka ( $sQ_{np}$ )	$\frac{1}{3}$ srednjega nizkega letnega pretoka ( $sQ_{np}$ )

Zaradi lažje predstavljivosti podajamo primer izračuna minimalnega preostalega pretoka v skladu z avstrijsko zakonsko določeno metodologijo.

Za izračun smo uporabili naslednje hidrološke podatke vodotoka Oplotnica:

- $sQ_s = 0,69 \text{ m}^3/\text{s}$
- $sQ_{np} = 0,17 \text{ m}^3/\text{s}$

Načeloma je za uporabo avstrijske metode izračuna  $Q_{rest}$  treba poznati vrednost naravnega najnižjega dnevnega pretoka ( $nQ_n$  – najnižji nizki pretok), vendar se v opisanem primeru kot izhodišče za izračun upošteva vrednost srednjega obdobjnega pretoka  $sQ_s$ , ki je v našem primeru pod mejno vrednostjo  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Glede na določila odstavka 13(2)-1c obravnavane uredbe QZV je pri danih podatkih način izračuna preostalega pretoka naslednji:

$$Q_{rest} \geq 0,5 sQ_{np} \rightarrow 0,5 * 0,17 = \mathbf{0,085 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Ker izračunana vrednost predstavlja zgolj minimalni pretok, je priporočena določitev dinamičnega  $Q_{rest}$ , ki znaša 20 % količine vode, ki v danem trenutku teče v strugi vodotoka. Na ta način so upoštevana naslednja merila:

- a) Zagotovljeni so sezonsko pogojeni premiki sedimentov v strugi vodotoka in s tem zagotavljanje strukture substrata, ki je tipičen za vodotok.
- b) Zagotovljen je ustrezen vodni tok in zadosten pretok v času drstnih migracij rib.
- c) Zagotovljeno je upoštevanje različnih habitatnih zahtev v različnih obdobjih leta za različno stare ključne organizme.
- d) Zagotovljene so kisikove in temperaturne razmere, tipične za vodotok.

## 2.9 RIBIŠKO UPRAVLJANJE IN VARSTVO RIB

Potočna postrv v Oplotnici in Lobnici je prisotna po naravni poti, določen delež potočne postrvi pa je v vodotoka vnesen na podlagi aktivnega ribiškega gospodarjenja. Ker se vlaganje potočne postrvi odraža na strukturi populacije potočne postrvi, smo upoštevali tudi izvajanje ribiškega upravljanja na območju Oplotnice in Lobnice.

V Sloveniji se na celotnem območju države izvaja ribiško upravljanje. Uredba o določitvi meja ribiških območij in ribiških okolišev v Republiki Sloveniji (Uradni list RS, št. 52/2007) določa dvanajst ribiških območij in 67 ribiških okolišev, v katerih ribiško upravljanje izvaja 64 izvajalcev ribiškega upravljanja (koncesionarji oz. Ribiške družine) in Zavod za ribištvo Slovenije. Ribiško območje je največja prostorska enota za ribiško upravljanje, ki združuje več ribiških okolišev s podobnimi ekosistemskimi značilnostmi. V ribiška območja in ribiške okoliše spadajo vse celinske vode, ki se nahajajo znotraj meja ribiških območij oziroma ribiških okolišev, razen izločene vode po predpisu o izločenih vodah (vode posebnega pomena) in komercialni ribniki ter ribogojni objekti, za katere je bila podeljena vodna pravica.

Ker se na slovenskih vodotokih izvajajo številne različne rabe vode, prihaja do vplivov na ribiško upravljanje ter pogosto tudi do konfliktov med izvajalci ribiškega upravljanja ter imetniki vodnih pravic in nosilci urejanja prostora. Neposredna raba vode za namen proizvodnje električne energije je pogosto tista, ki ima velike negativne vplive na izvajanje ribiškega upravljanja. Ribiške družine se v realnosti prepogosto srečujejo s hujšimi kršitvami pri rabi voda. Med najpogostejšimi kršitvami pri rabi vode za obratovanje MHE so nedovoljeni (preveliki) odvzemi vode, nelegalni odvzemi vode in neupoštevanje zagotavljanja ekološko sprejemljivega pretoka, če je seveda le-ta določen in predpisan s pravnim aktom. Žal tisti, ki imamo vpogled v opisano problematiko, že vrsto let ugotavljamo, da je inšpekcijski nadzor nad rabo voda izjemno slab ali pa ga ni. Posledično kršitve niso sankcionirane, rezultat pa so dolgotrajni negativni vplivi rabe voda na populacije ribjih vrst in njihove habitate.

Glede na Uredbo o določitvi meja ribiških območij in ribiških okolišev v Republiki Sloveniji (Uradni list RS, št. 52/2007) se reka Oplotnica nahaja na območju slovenjebistriškega ribiškega okoliša. V skladu z Ribiško gojitvenim načrtom 2006-2010 Ribiške družine Slovenska Bistrica, ki ga je potrdila pristojna upravna enota, ter Letnim programom 2015, ki ga je potrdil Zavod za ribištvo Slovenije, ribiško upravljanje v slovenjebistriškem ribiškem okolišu izvaja Ribiška družina Slovenska Bistrica.

Reka Lobnica se nahaja na območju ruškega ribiškega okoliša, kjer ribiško upravljanje v skladu s potrjenim Ribiško gojitvenim načrtom in Letnim programom 2015 izvaja Ribiška

družina Ruše. V preglednici (Preglednica 4) so prikazani ribiški revirji, ki se nahajajo znotraj obravnavanega območja, meje in površina revirjev ter tip rabe revirjev.

Preglednica 4: Ribiško upravljanje, meje in površina ter tip rabe ribiških revirjev na območju raziskave glede na podatke javne evidence, Ribiškega katastra ZZRS.

<i>Vodotok</i>	<i>Izvajalec ribiškega upravljanja</i>	<i>Revir</i>	<i>Zgornja meja</i>	<i>Spodnja meja</i>	<i>Površina revirja (ha)</i>	<i>Tip rabe revirja</i>
Oplotnica	RD Slovenska Bistrica	Oplotnica 2A	Sotočje s Črnavo	Most v Oplotnici	3,8	Ribolovni revir
Lobnica	RD Ruše	Lobnica s pritoki	Izvir	Izliv v Dravo	10,9	Ribolovni revir

Legenda: RD = Ribiška družina

Glede na način ribiškega upravljanja Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib, Uradni list RS, št. 61/2006) v 9. členu določa status ribiških revirjev. Ribiški revirji, ki imajo varstveni status, so gojitveni revirji za sonaravno gojitev rib, rezervati za vzpostavljanje ali ohranjanje populacij domorodnih ribjih vrst, rezervati za plemenke domorodnih ribjih vrst in rezervati genskega materiala domorodnih ribjih vrst. Vodotok Oplotnica ima na odseku, kjer smo izvedli raziskavo, od sotočja s Črnavo do mostu v Oplotnici, status ribolovnega revirja z imenom *Oplotnica 2 A*. Vodotok Lobnica ima na celotnem odseku od izvira do izlova v reko Dravo status ribolovnega revirja z imenom *Lobnica s pritoki*.

V preglednici (Preglednica 5) so prikazane vrste rib in rakov, ki glede na podatke javne evidence, ribiškega katastra, poseljujejo ribiška revirja *Oplotnica 2 A* in *Lobnica s pritoki* na območju naše raziskave.

Za sladkovodne vrste rib se varstvo izvaja po Uredbi o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS, št. 46/2004, 109/2004, 84/2005, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011), Pravilniku o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah (Uradni list RS, št. 99/2007, 75/2010), Pravilniku o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS, št. 82/2002, 42/2010) in Habitatni direktivi Sveta Evropske skupnosti o ohranjanju naravnih habitatov ter divje favne in flore, Aneks II in V (92/43/EEC z dne 21.5.1992). V preglednici (Preglednica 5) je naveden varstveni status vrst, ki poseljujejo Oplotnico in Lobnico na raziskovanem območju.



Čarf, M. Vpliv malih hidroelektrarn na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758).  
Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2016

Preglednica 5: Vrstni sestav in varstveni status rib v ribolovnih revirjih Oplotnica 2 A in Lobnica s pritoki glede na podatke javne evidence, Ribiškega katastra ZZRS.

Vrsta	Znanstveno ime	Op 2 A	Lo	Uredba	Habitatna direktiva	Rdeči seznam	Pravilnik mera (cm)	Varstvena doba
potočna postrv	<i>Salmo trutta fario</i> Linnaeus, 1758	✓	✓	-	-	E	25	01.10. - 28.02.
šarenka	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	✓	✓	-	-	-	-	01.12. - 28.02.
potočna zlatovčica	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814)	-	✓	-	-	-	-	01.12. - 28.02.
lipan	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	✓	✓	-	5	V	30	01.12. - 15.05.
klen	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	-	✓	-	-	-	30	01.05. - 30.06.
navadni koščak	<i>Austropotamobius torrentium</i> (Schrank, 1803)	✓	✓	Z,H	2,5	V	-	-

Legenda:

Op 2 A – ribiški revir Oplotnica 2 A  
Lo – ribiški revir Lobnica s pritoki  
✓ - prisotnost vrste v ribiškem revirju

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

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

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

Z	zavarovana vrsta
H	vrsta, katere habitat se varuje

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

E	prizadeta vrsta
V	ranljiva vrsta

Pravilnik= Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah (Uradni list RS, št. 99/2007, 75/2010)

Ribiški revir Oplotnica 2 A poseljujejo potočna postrv, šarenka in rak navadni koščak. Ribolovni revir Lobnica s pritoki poseljuje 5 vrst rib in rak navadni koščak. Potočna postrv, lipan, klen in navadni koščak so domorodne vrste donavskega povodja, šarenka in potočna zlatovčica pa sta tujerodni vrsti v Sloveniji. Prisotnost navedenih tujerodnih ribjih vrst je posledica preteklih vlaganj rib v vodotoke.

Podatki o prisotnosti ribjih vrst se ujemajo z načinom izvajanja ribiškega upravljanja v Oplotnici in Lobnici. Oplotnica in Lobnica imata na območju naše raziskave status ribolovnega revirja v skladu z ZSRib (Uradni list RS, št. 61/2006) in Ribiško gojitvenim načrtom 2006-2010 ribiških družine Slovenska Bistrica in Ruše, kar pomeni, da se v tem revirju izvajajo vlaganja rib in ribolov. Pri vzorčenju vseh odsekov, ki smo jih raziskovali, smo v vodnatem obdobju leta 2010 ujeli le potočne postrvi (319 rib), v sušnem obdobju leta 2011 pa smo poleg skupno 471 potočnih postrvi ujeli še dva (2) raka koščaka in eno (1) šarenko.

V revirju Lobnica s pritoki je evidentiranih več vrst rib, kar je posledica dejstva, da ima reka Lobnica na celotni dolžini vključno s pritoki enoten status revirja (isti ribiški revir od izvira do izliva v reko Dravo). Po podatkih vzorčenj ZZRS klen in lipan poseljujeta dolvodni odsek Lobnice, ki obsega tudi izlivni del. Pri izvajanju vzorčenja naše raziskave na izbranem odseku Lobnice smo potrdili prisotnost samo ene vrste, in sicer potočne postrvi. Takšno stanje je tudi pogoj za določitev daljšega odseka Lobnice kot odseka z referenčnim stanjem, torej brez hidromorfoloških (odvzemi vode, regulacije struge) in bioloških (vlaganja šarenke) obremenitev.

Med evidentiranimi vrstami sta s Habitatno direktivo zavarovana lipan, ki je uvrščen v Prilogo V, in navadni koščak ki je uvrščen v Prilogi II in V. Z Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah je kot vrsta zavarovan navadni koščak, varuje pa se tudi njegov habitat. Na Rdeči seznam ogroženih živalskih vrst so uvrščene 3 vrste; potočna postrv je uvrščena v kategorijo prizadeta vrsta (E), lipan in navadni koščak pa v kategorijo ranljiva vrsta (V). S Pravilnikom o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah, ki določa lovno mero in varstveno dobo, je zavarovanih 5 lovnih vrst rib.

Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS, št. 82/02 in 42/10) v 3. členu določa lastnosti posameznih kategorij ogroženosti. Tako je prizadeta vrsta kategorija ogroženosti, v katero se uvrstijo vrste, katerih obstanek na območju Republike Slovenije ni verjeten, če bodo dejavniki ogrožanja delovali še naprej. Številčnost teh vrst se je zmanjšala na kritično stopnjo oziroma njihova številčnost zelo hitro upada v večjem delu areala. Skrajšana oznaka te kategorije je E (endangered).

Ranjiva vrsta je kategorija ogroženosti, v katero se uvrstijo vrste, za katere je verjetno, da bodo v bližnji prihodnosti prešle v kategorijo prizadete vrste, če bodo dejavniki ogrožanja delovali še naprej. Številčnost vrste se je v velikem delu areala zmanjšala oziroma se zmanjšuje. Vrste so zelo občutljive na kakršnekoli spremembe oziroma poseljujejo habitate, ki so na človekove vplive zelo občutljivi. Skrajšana oznaka te kategorije je V (vulnerable) (Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, Uradni list RS, št. 82/02 in 42/10).

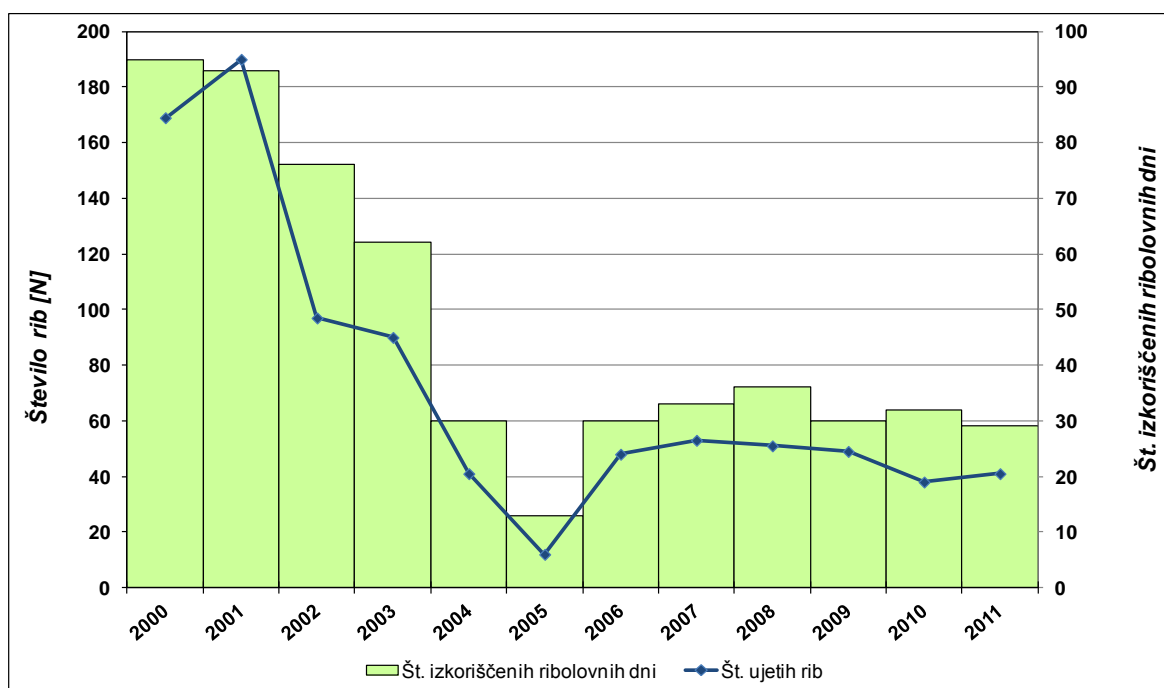


Slika 4: Navadni koščak (*Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803)), ranljiva vrsta, ki poseljuje Oplotnico (foto: Arhiv ZZRS, 2011).

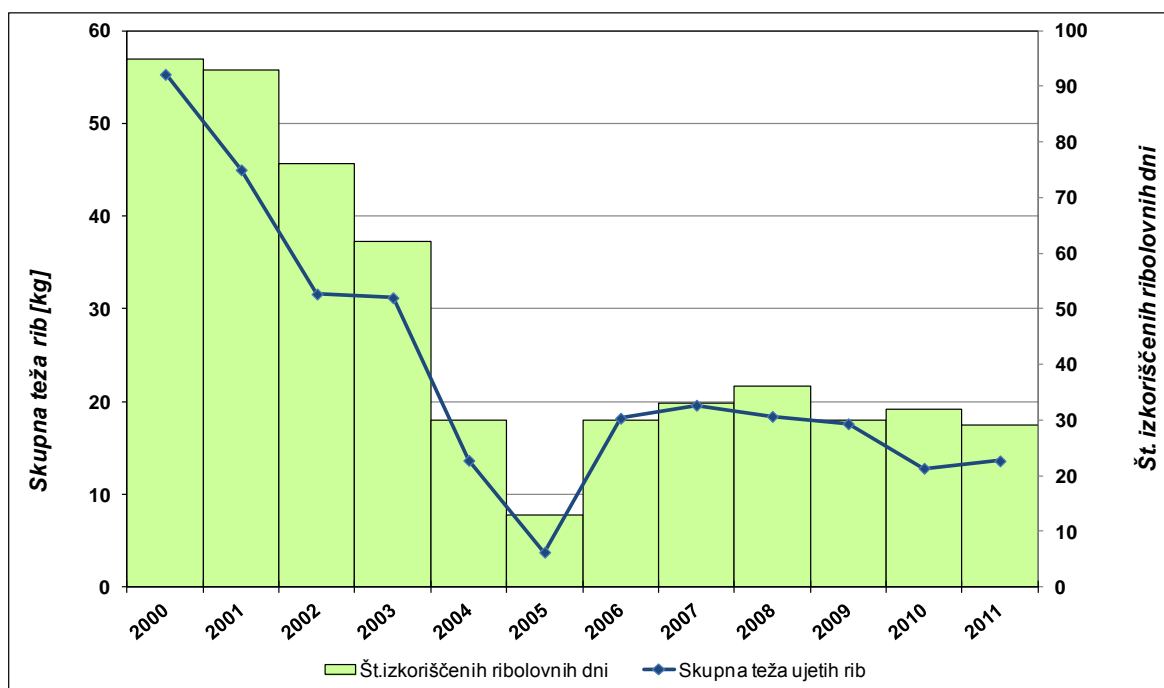
Ker sta Oplotnica in Lobnica ribolovna revirja, se na območju le-teh izvaja poribljavanje vodotokov – vlaganje rib v vodotok. Glede na ribiško upravljanje, določeno z ribiškogojitvenim načrtom, ribiške družine za potrebe ribolova in z namenom trajnostne rabe ribolovnih virov vodotoke poribljavajo z različnimi količinami različno velikih rib. Oplotnica in Lobnica se poribljavata s salmonidnimi vrstami rib (potočna postrv, lipan in šarenka), zato smo v prilogah prikazali poribljavanja postrvjih vrst rib v Oplotnici in Lobnici s pritoki med letoma 2000 do 2011 glede na podatke iz Ribiškega katastra. Prikazali smo število vloženih rib v posameznem velikostnem razredu.

Izpostaviti je treba, da aktivno ribiško upravljanje lahko vpliva na številčnost in strukturo populacije rib v vodotoku. Med dejavniki, ki imajo vpliv na populacije rib, so tako poribljavanja vodotokov z ribami določene velikosti oz. starosti kot tudi ribolov (ribolovni pritisk na vodotok). Odločili smo se, da prikazemo tudi primerjavo med uplenom potočne postrvi v Oplotnici in Lobnici ter uplenom šarenke v Lobnici ter številom izkoriščenih ribolovnih dni (ribolovni pritisk). Pri analizi teh podatkov smo ugotovili, da je ribolovni pritisk na Oplotnico in Lobnico relativno majhen, saj je znašalo število izkoriščenih ribolovnih dni na hektar v revirju Oplotnica 2A okoli 5 dni, v revirju Lobnica s pritoki pa okoli 6 dni (glej priloge).

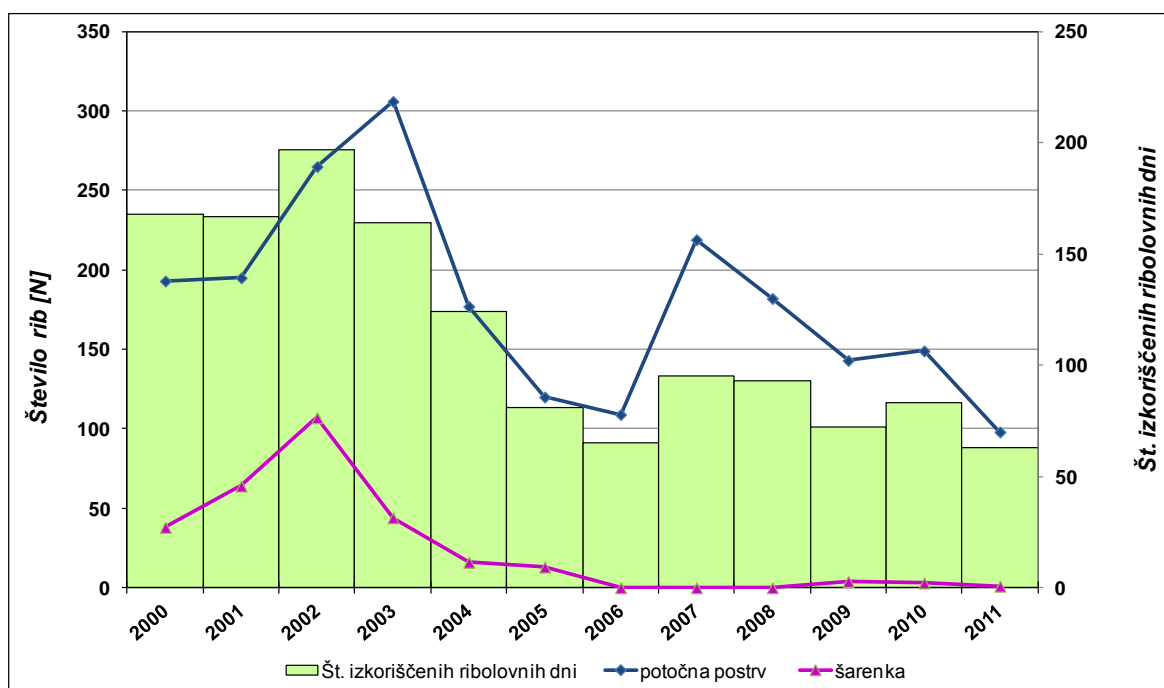
Čarf, M. Vpliv malih hidroelektrarn na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758).  
Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2016



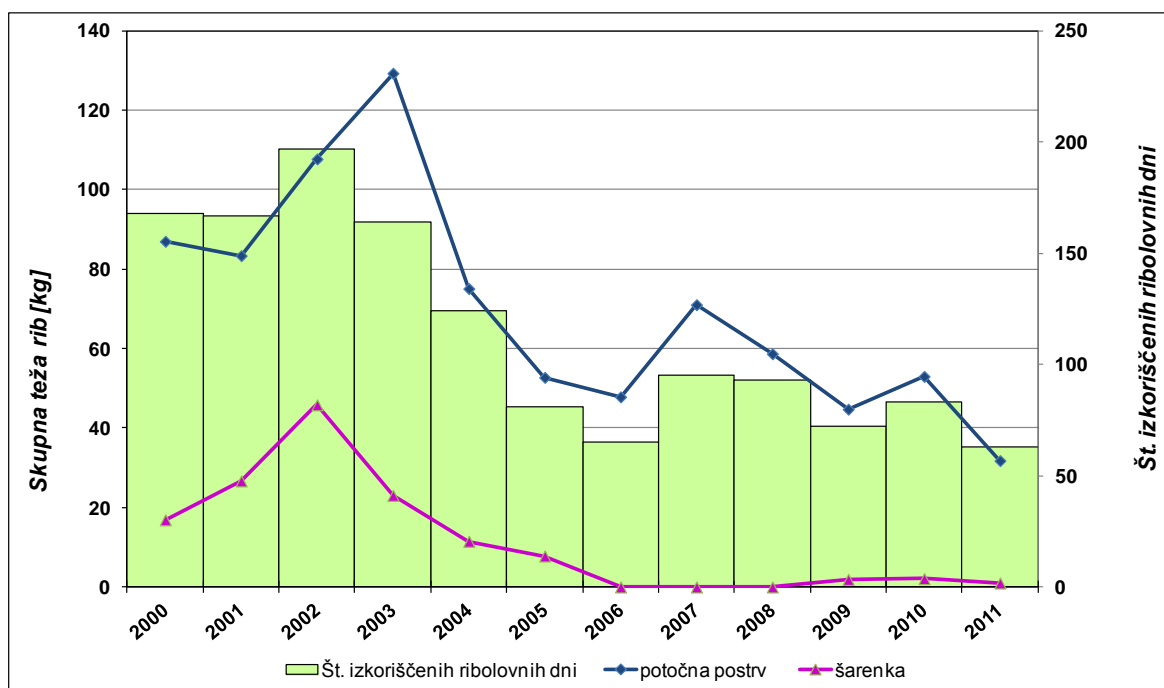
Slika 5: Skupni uplen (število rib) potočne postrvi in število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Oplotnica 2A med letoma 2000 do 2011.



Slika 6: Skupni uplen (masa rib) potočne postrvi in število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Oplotnica 2A med letoma 2000 do 2011.



Slika 7: Skupni uplen (število rib) potočne postrvi in šarenke ter število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Lobnica med letoma 2000 do 2011.



Slika 8: Skupni uplen (masa rib) potočne postrvi in šarenke ter število izkoriščenih ribolovnih dni v ribiškem revirju Lobnica med letoma 2000 do 2011.

### 3 MATERIAL IN METODE DE LA

#### 3.1 ČAS VZORČENJA

V Sloveniji kriterije za določitev  $Q_{es}$  določa Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (Uradni list RS, št. 97/2009). Uredba se med drugim uporablja za vse vrste posebne rabe površinske vode, ki lahko povzroči zmanjšanje pretoka vode, znižanje gladine vode ali poslabšanje stanja voda. Glede na določila te uredbe se ekološko sprejemljivi pretok določi na podlagi hidroloških izhodišč, značilnosti odvzema vode, hidroloških, hidromorfoloških in bioloških značilnosti vodotoka ter podatkov o varstvenih režimih, ki lahko vplivajo na nameravano posebno rabo površinske vode. Ker gre pri hidroenergetski rabi vode, ki se izvaja na več odsekih reke Oplotnice, v skladu z določili uredbe za velike odvzeme vode, je bilo treba določiti  $Q_{es}$  v sušnem in vodnatem obdobju leta.

Raziskava je zajemala dve različni obdobji leta, in sicer sušno obdobje, ki zajema mesece december, januar, februar, junij, julij, avgust in september, ter vodnato obdobje v mesecih marec, april, maj, oktober in november. Sušno in vodnato obdobje leta se določata glede na ekološki tip vodotoka.

Vzorčenje rib v reki Oplotnici smo v okviru raziskave izvedli v sledečih obdobjih:

- vodnato obdobje: 21. – 22. 10. 2010
- sušno obdobje: 17. – 18. 8. 2011

Na referenčnem mestu v reki Lobnici v letu 2010 v vodnatem obdobju nismo izvedli vzorčenja. V letu 2011 smo v Lobnici izvedli vzorčenje v sušnem obdobju dne 18. 8. 2011.

Eden od ciljev magistrskega dela je bil tudi izračun ekološko sprejemljivega pretoka,  $Q_{es}$ , v primeru rabe vode za proizvodnjo električne energije v malih hidroelektrarnah na osnovi istih podatkov z uporabo različnih metodologij, ki jih uporabljajo v drugih državah Evropske unije. Med sabo smo primerjali izračunane vrednosti  $Q_{es}$ , določenega po Slovenski in vsaj eni drugačni metodologiji države članice EU.

### 3.2 OBMOČJE RAZISKAVE

Geografsko ozemlje naše raziskave je Podravje. Po hidrogeoloških značilnostih lahko ozemlje Podravja razdelimo v posamezne enote, in to:

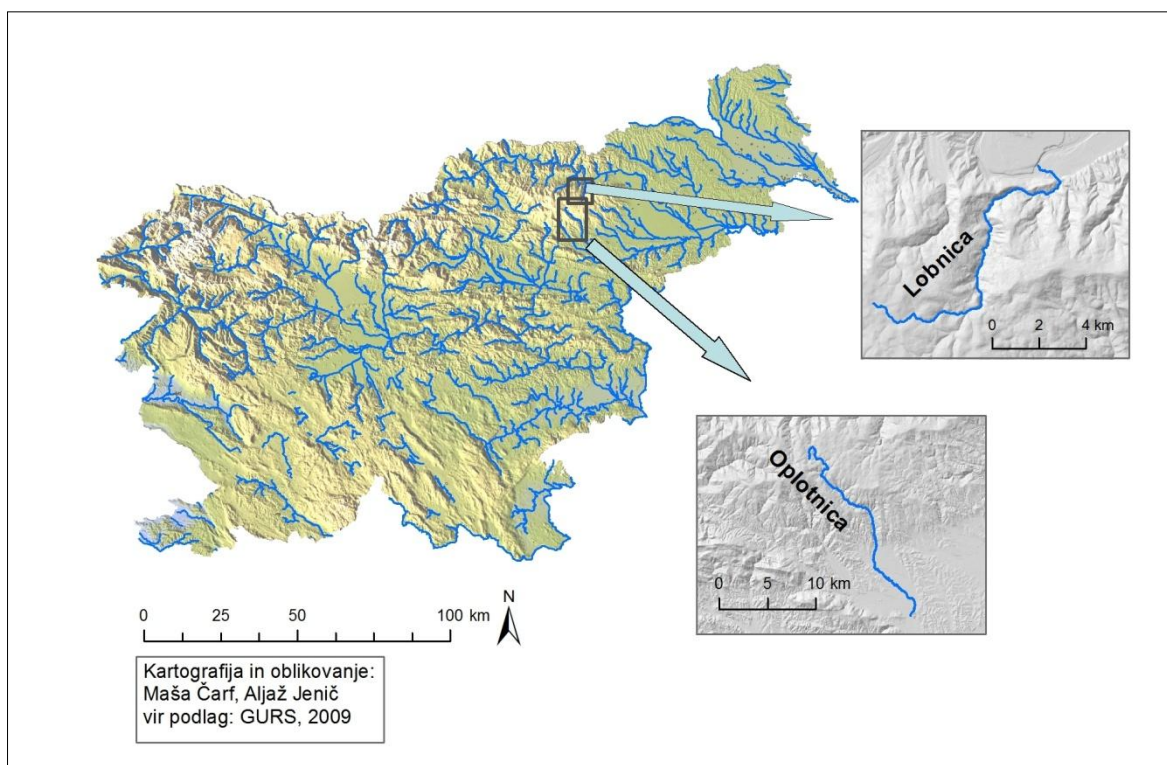
- porečje Meže,
- območje Pohorja in Kozjaka,
- porečje Dravinje z Dravinjskimi goricami in Halozami,
- območje Slovenskih in Ljutomerskih goric,
- ravninski del Dravsko-Ptujskega polja (Kolbezen in Pristov, 1998).

Ozemlje Pohorja in Kozjaka je grajeno iz neprepustnih metamorfni in magmatskih kamnin. Izjema je le območje med Lovrencem na Pohorju, Ribnico in Vuzenico (ribniška sinklinala), kjer srečamo klastične usedline (glinasti lapor, tuf, peščenjak). Zaradi neprepustnih kamnin odteče večina padavinske vode površinsko po številnih hudourniških grapah in potokih (Kolbezen in Pristov, 1998).

Terensko delo je obsegalo območje oz. odseke reke Oplotnice in reke Lobnice. Oba vodotoka izvirata na območju Pohorja na nadmorski višini med 1290 in 1330 m n.m. Oplotnica ima prispevno površino 85 km<sup>2</sup> in je 29 km dolg pritok reke Dravinje. Lobnica ima prispevno površino 43 km<sup>2</sup> in je 16 km dolg pritok reke Drave. Vodotoka imata podobno geološko podlago (Pohorje) in podobne hidromorfološke značilnosti. Zaradi vodnatosti sta oba vodotoka tudi predmet pobud za pridobitev dovoljenj za hidroenergetsko rabo vode. Posamezni odseki Oplotnice in Lobnice so varovani z različno okoljsko zakonodajo, ki mora biti upoštevana pri upravljanju teh vodotokov (Zakon o ohranjanju narave, Uredba o posebnih varstvenih območjih,...). Daljši odsek reke Lobnice je v skladu z Uredbo o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uredba o NUV, Uradni list RS, št. 61/11 in 49/12) odsek z značilnimi referenčnimi razmerami, t.i. referenčni odsek, na katerem se vodnih pravic za posebno rabo vode ne podeljuje, saj bi izvajanje vodnih pravic na referenčnih odsekih lahko poslabšalo stanje voda na le - teh.

Glavno merilo pri izboru reke Oplotnice kot testnega vodotoka in pri izboru ustreznih odsekov vodotoka je bil istočasni obstoj ohranjenih naravnih odsekov in obstoj odsekov, kjer obstaja raba vode (odvzem vode za MHE) in je hidromorfologija vodotoka do neke mere spremenjena (vodna infrastruktura, ureditev brežin in struge). Na ta način smo zagotovili primerjavo med referenčnim stanjem na območju Oplotnice in stanjem, kjer je stanje habitatov populacij potočne postrvi zaradi odvzema vode ali posegov v hidromorfologijo reke okrnjeno. Dolžina posameznega vzorčenega odseka, ki je bil predmet naših analiz, je okoli 100 metrov.

Na podlagi meritev na Oplotnici in Lobnici smo raziskali populacijo potočne postrvi v teh dveh vodotokih. Ker vodotoka Oplotnica in Lobnica izvirata na Pohorju ter imata podoben hidrološki režim in geološko podlago, je bilo rezultate vzorčenja rib v Oplotnici mogoče primerjati z rezultati vzorčenja v Lobnici. Referenčno in reprezentativno vzorčno mesto predstavlja reka Lobnica.



Slika 9: Območje raziskave. Prikazana je lokacija Oplotnice in Lobnice v Sloveniji (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016).

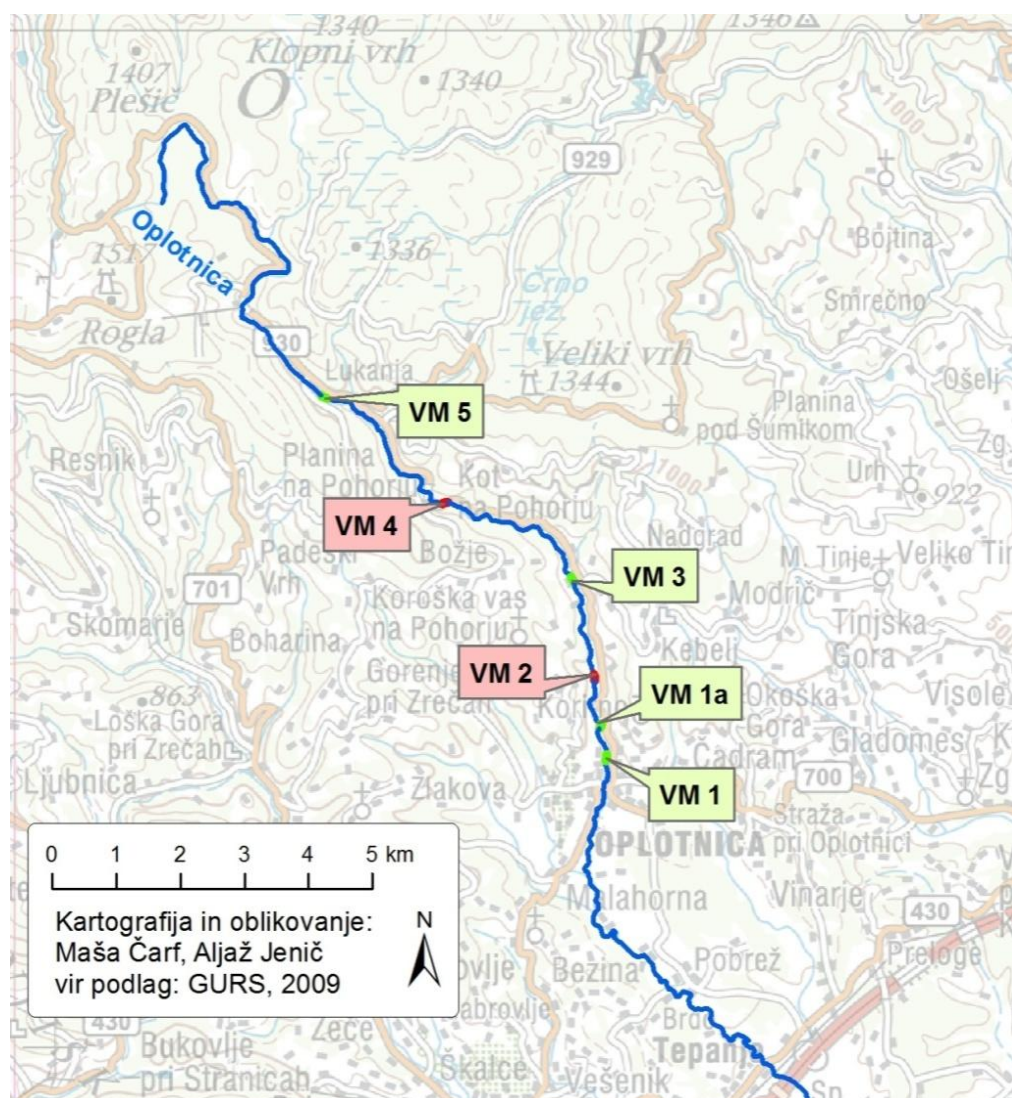
Na odseku reke Oplotnice, ki je predmet raziskave, se nahaja veriga obratujočih malih hidroelektrarn z različnimi odvzemi v smislu dolžine odseka, ki je pod vplivom odvzema, in količine odvzete vode. Reko Oplotnico poseljuje potočna postrv, ki je na odsekih rabe vode neposredno izpostavljena vplivom obratovanja malih hidroelektrarn. Tudi reko Lobnico poseljuje potočna postrv, vendar na ožjem območju raziskovanega odseka gorvodno in dolvodno ni hidroenergetske rabe vode, zato so rezultati vzorčenja rib referenčni in smo jih uporabili za medsebojno primerjavo populacij potočne postrvi v Oplotnici in Lobnici. Vzorčno mesto na Lobnici se nahaja na odseku z referenčnimi razmerami, določenem z Uredbo o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/11 in 49/12) glede na zahteve Okvirne vodne direktive.



### 3.2.1 Značilnosti vzorčenih odsekov reke Oplotnice

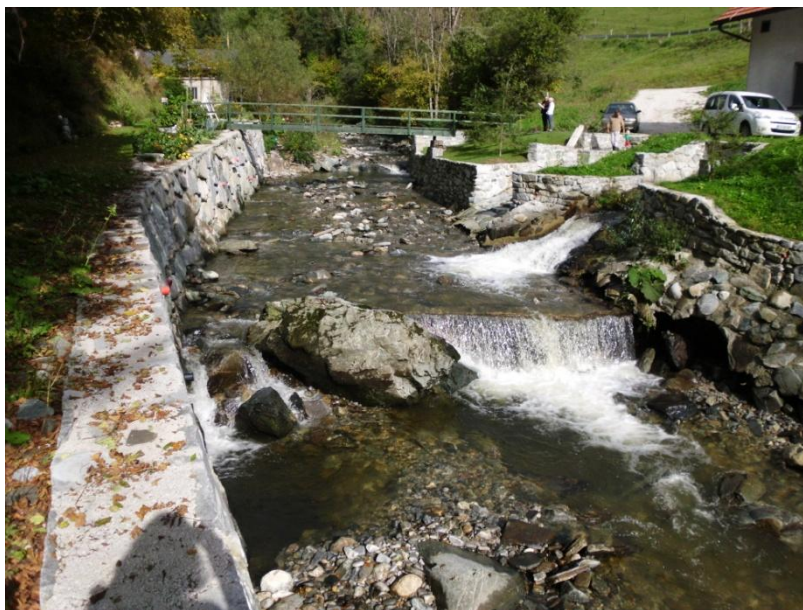
V vodnatem obdobju v letu 2010 smo na reki Oplotnici izvedli vzorčenje na petih (5) različnih odsekih, v sušnem obdobju v letu 2011 pa smo vzorčenje izvedli na šestih (6) odsekih, pri čemer smo najbolj dolvodno ležeči odsek vzorčili na dveh mestih, saj smo želeli z vzorčenjem ugotoviti morebitni vpliv regulirane brežine na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi. Z vzorčenjem smo pričeli na najbolj dolvodno ležečem odseku Oplotnice in nadaljevali v gorvodni smeri proti toku.

Za potrebe raziskave populacije potočne postrvi smo v letih 2010 in 2011 izbrali dva odseka reke Oplotnice, ki sta bila pod vplivom odvzema vode za proizvodnjo električne energije v malih hidroelektrarnah, ter v letu 2010 tri odseke in v letu 2011 štiri odseke, kjer teh vplivov ni bilo (Slika 10). Najbolj dolvodno ležeč vzorčeni odsek se je nahajal pod vsemi obratujočimi MHE na reki Oplotnici, najbolj gorvodno ležeč odsek pa nad vsemi obstoječimi MHE. Vzorčili smo tudi na odseku brez odvzema vode med dvema obratujočima MHE, in sicer med izpustom vode iz gorvodno ležeče MHE in odvzemom vode dolvodne MHE.

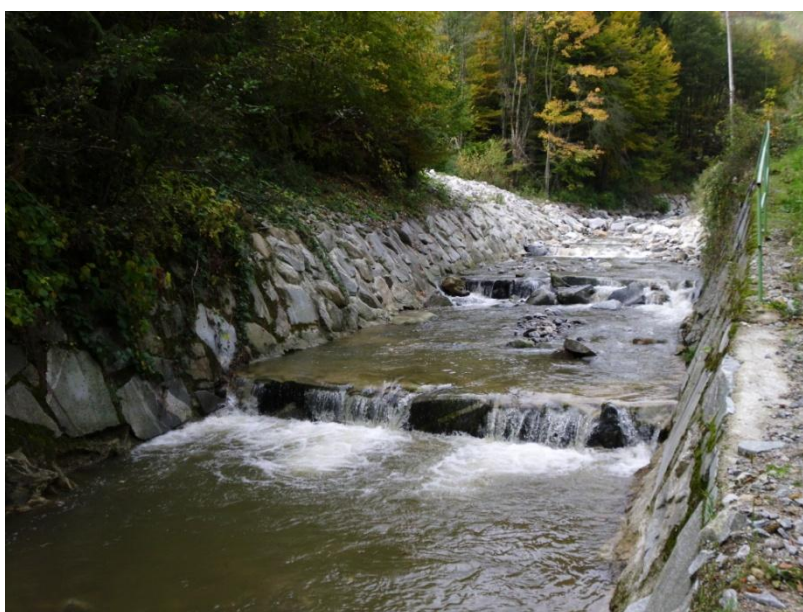


Slika 10: Pregledna karta vzorčnih mest na reki Oplotnici. Označeni so vzorčni odseki brez odvzemov vode (svetlo zeleno) ter odseka pod vplivom odvzema vode za obratovanje obravnavanih malih hidroelektrarn (svetlo rdeče) (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016).

Vsi vzorčni odseki so se nahajali na glavni osi vodotoka (glavni tok). Dolžina vsakega posameznega vzorčenega odseka je znašala okoli 100 m. Omočena širina vodotoka na posameznih vzorčenih odsekih je variirala v odvisnosti od nadmorske višine ter zaradi odvzemov vode. Zaradi morfologije struge, v kateri so bili v čez celotno dolžino struge (prečno na tok struge) prisotni veliki kamni in skale, ki so delovale kot zapora, pri vzorčenju nismo uporabili zapornih mrež. Poleg naravnih pregrad so bile na osi vodotoka prisotne tudi umetne pregrade, in sicer grajeni stabilizacijski pragovi, ki smo jih prav tako uporabili kot zaporo pri vzorčenju rib (Slika 11 in Slika 12).



Slika 11: Za ribe pogojno prehodna pregrada pod izpustom iz MHE Šolar (foto: M. Čarf, 2015).



Slika 12: Za ribe pogojno prehodni pragovi nad izpustom iz MHE Globovnik (foto: M. Čarf, 2015).

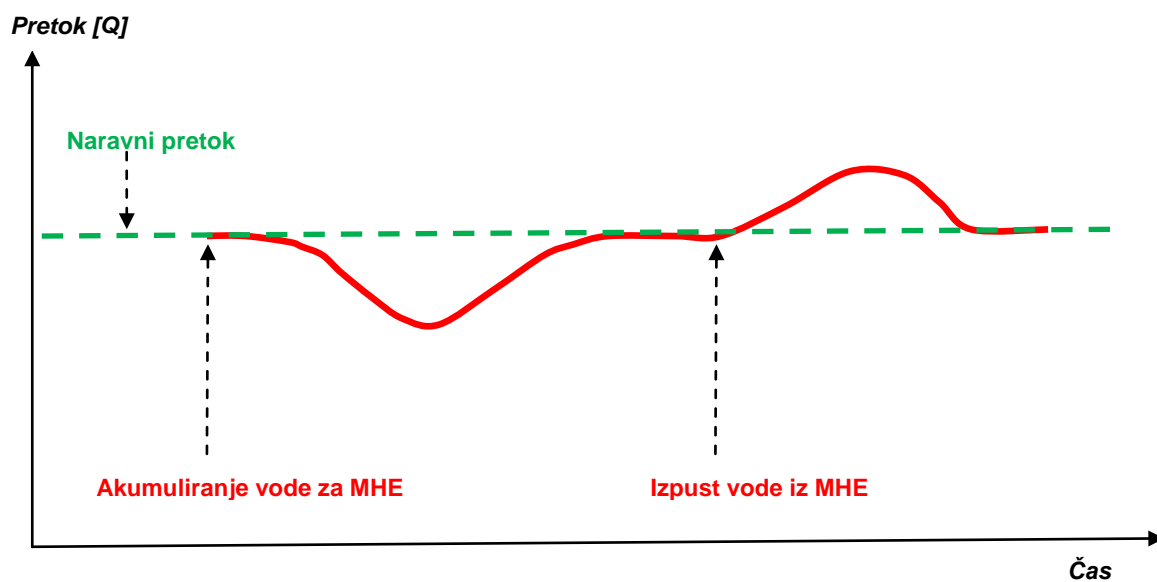
V preglednici (Preglednica 6) so navedene koordinate gorvodne in dolvodne meje vsakega izbranega odseka v Gauss – Krügerjevi projekciji, na Slikah 14 - 23 pa so prikazane lokacije izbranih odsekov reke Oplotnice ter njihove morfološke lastnosti ter raznolikost habitatov. Izbrana odseka, označena in poimenovana kot VM 2 in VM 4, sta bila dnevno izpostavljena vplivom odvzema vode zaradi obratovanja malih hidroelektrarn. Odseki, ki smo jih označili kot VM 1, VM 1a, VM 3 in VM 4, nista bili vplivom odvzemov vode.

Preglednica 6: Koordinate in obseg izbranih odsekov raziskave. Neosenčeni so vzorčeni odseki brez odvzemov vode za potrebe delovanja MHE, osenčeni so odseki pod vplivom odvzemov vode za MHE.

Vzorčno mesto (VM)	Opis odseka	Lokacija koordinate	GKY [m]	GKX [m]	Približna dolžina odseka [m]	Izlovna površina [m <sup>2</sup> ]	
						2010	2011
1	Oplotnica, nad Oplotnico	dolvodno - začetna	534641	138592	100	770	780
		gorvodno - končna	534649	138680	100		
1a *	Oplotnica, nad regulacijo nad žago	dolvodno - začetna	534544	139077	100	-	670
		gorvodno - končna	534543	139145	100		
2	Oplotnica, Lačna gora	dolvodno - začetna	534463	139848	100	370	450
		gorvodno - končna	534457	139854	100		
3	Oplotnica, Cezlak	dolvodno - začetna	534122	141352	100	670	720
		gorvodno - končna	534098	141444	100		
4	Oplotnica, Lukanja 1 km JV	dolvodno - začetna	532156	142635	100	600	330
		gorvodno - končna	532074	142599	100		
5	Oplotnica, Lukanja	dolvodno - začetna	530315	144221	100	780	450
		gorvodno - končna	530218	144214	100		

Iz preglednice je razvidno, da na istih vzorčenih odsekih izlovna površina v vodnatem in sušnem obdobju variira. Izlovna površina odseka se izračuna na podlagi izmerjene dolžine izlova in omočene širine struge. Na vseh vzorčenih odsekih je bila dolžina izlova okoli 100 m, omočena širina struge pa je bila odvisna tako od sezonske vodnatosti kot tudi od vpliva odvzema vode za delovanje MHE. V vodnatem obdobju raziskave so bili pretoki Oplotnice višji (v povprečju za okoli  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{1}{2}$ ), kljub temu pa je bila izlovna površina na VM 1 in VM 3, kjer ni bilo odvzemov vode, večja v sušnem obdobju. Večjo omočeno širino na najbolj dolvodno ležečem VM 1 in VM 3, ki se nahaja pod izpustom MHE Globovnik – Cezlak lahko posledica obratovalnega režima malih hidroelektrarn. Vse MHE na reki Oplotnici so v času raziskave obratovale in povzročale tako imenovani »hydropeaking« - hitro, sunkovito spreminjanje pretoka v kratkem času. Do pojava pride zaradi akumuliranja velike količine vode na mestu odvzema in kasnejšega hitrega spuščanja vode po cevovodu do strojnice ter preko izpusta v strugo vodotoka.

Pri izvajanju meritev pretokov na vzorčenih odsekih smo imeli težave zaradi obratovanja verige MHE, katerih obratovanje je vplivalo na dinamiko pretokov.



Slika 13: Prikaz vpliva pojava hydropeakinga pri obratovanju derivacijskega tipa MHE na naravni pretok v smeri gorvodno (odvzem in akumuliranje vode) – dolvodno (izpust vode iz strojnice MHE).



### 3.2.2 Vzorceni odsek Oplotnica – nad Oplotnico (VM 1)

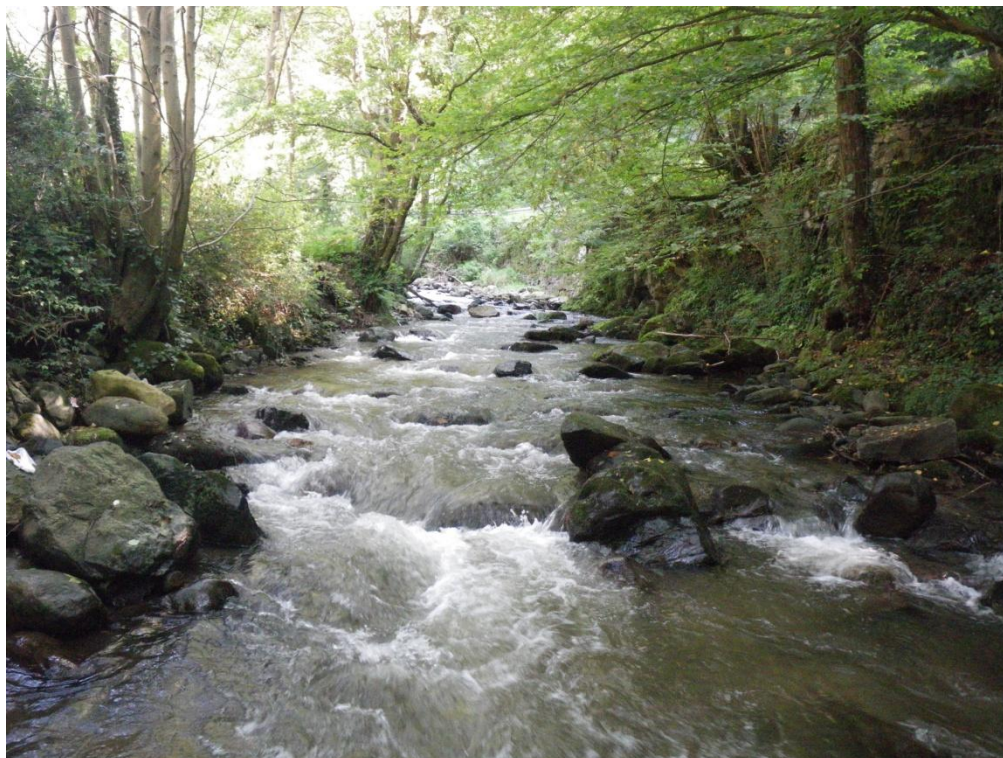
Najbolj dolvodno ležeč odsek reke Oplotnice, ki smo ga vzorčili, se nahaja na nadmorski višini okoli 370 m n.m. severno od kraja Oplotnica pod verigo vseh gorvodnimi obratujočimi malimi hidroelektrarnami. Na vzorčenem odseku se ne izvajajo odvzemi vode za obratovanje MHE. Struga na vzorčenem odseku je večinoma naravna (Slika 14), na krajšem dolvodno ležečem odseku desne brežine je prisotna regulacija brežine s kamnom v betonu (Slika 15). Prevladujoč substrat na tem odseku predstavlja kamenje (ocenjenih 60 - 65 %), nekaj manj je proda (okoli 20 %) in gramoza, v strugi pa se nahajajo tudi skale. Tip vodnega toka so večinoma (90 %) brzice, ki so bile v vodnatem obdobju povprečju globoke okoli 30 cm, v sušnem pa okoli 15 cm. Na odseku se je nahajalo tudi nekaj tolmunov (ocenjenih 10 %) s povprečno globino v vodnatem obdobju okoli 70 cm, v sušnem pa okoli 40 cm.



Slika 14 in Slika 15: Vzorceni odsek VM 1. Naravni odsek struge (levo) in dolvodno ležeča regulirana desna brežina (desno) (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

### 3.2.3 Vzorčeni odsek Oplotnica – nad regulacijo nad žago (VM 1a)

Drugi vzorčeni odsek okoli 500 m nad VM 1 v smeri dolvodno – gorvodno se nahaja na nadmorski višini okoli 395 m n.m. severno od kraja Oplotnica nad žago pod verigo vseh gorvodnimi obratujočimi malimi hidroelektrarnami. Na vzorčenem odseku se ne izvajajo odvzemi vode za obratovanje MHE. Odsek smo vzorčili le v sušnem obdobju v letu 2011; odsek smo za vzorčenje rib izbrali predvsem zaradi možnosti vpliva regulirane brežine na VM 1 na populacijo potočne postrvi. Struga na vzorčenem odseku je naravna (Slika 16), prevladujoč substrat na tem odseku predstavlja kamenje (ocenjenih okoli 50 %), nekaj manj je proda (okoli 30 %) in gramoza (10 %), v strugi pa se nahajajo tudi skale (10 %). Tip vodnega toka so večinoma (80 %) brzice, ki so bile v sušnem obdobju povprečju globoke okoli 15 cm, na odseku pa se je nahajalo tudi nekaj tolmunov (ocenjenih 20 %) s povprečno globino v sušnem obdobju okoli 30 cm.

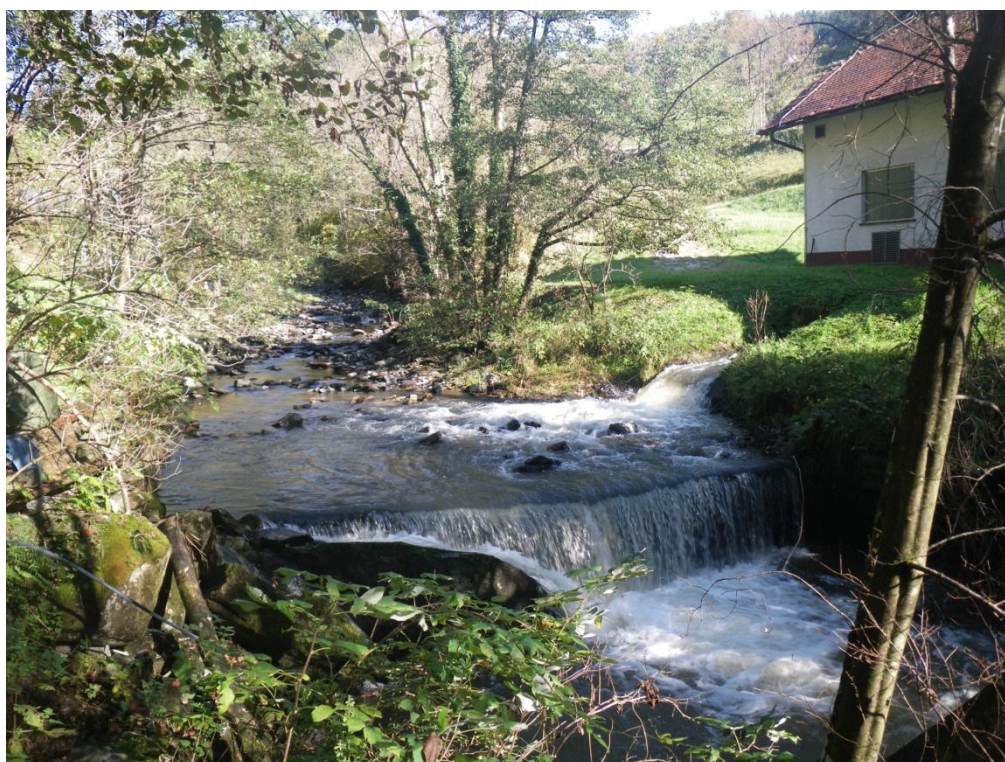


Slika 16: Vzorčeni odsek VM 1a. Naravni odsek struge Oplotnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).



### 3.2.4 Vzorčeni odsek Oplotnica – Lačna gora (VM 2)

Tretji vzorčeni odsek v smeri dolvodno – gorvodno okoli 900 m nad VM 1a se nahaja na nadmorski višini okoli 431 m n.m. zahodno od kraja Lačna gora. Vzorčeni odsek se nahaja znotraj odseka rabe vode za obratovanje MHE Šolar, ki je dolg okoli 1400 m. Dolvodni začetek VM 2 se prične tik nad izpustom vode iz strojnice obratujoče MHE Šolar (Slika 17).



Slika 17: Vzorčeni odsek VM 2. Dolvodna meja vzorčenega odseka nad izpustom vode iz MHE Šolar (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

Struga na vzorčenem odseku je naravna (neregulirana - Slika 18), prevladujoč substrat na tem odseku predstavlja kamenje (ocenjenih okoli 40 - 60 %), nekaj manj je proda (okoli 20 %) in gramoza (5-10 %), v strugi se nahajajo tudi večje skale, del dna struge pa predstavlja matična kamnina.

Tip vodnega toka so predstavljale brzice, katerih delež v vodnatem obdobju je bil ocenjen na 30 % in so bile v vodnatem obdobju povprečju globoke okoli 20 cm. V odvisnosti od sezonske vodnatosti je ocenjeni delež brzic v sušnem obdobju znašal okoli 60 % s povprečno globino okoli 15 cm. V sušnem obdobju se je na vzorčenem odseku pojavljal tudi mirni tok (ocenjenih 10 %) s povprečno globino okoli 15 cm. Na odseku se je nahajalo



tudi nekaj tolmunov, katerih delež je bil v vodnatem obdobju večji (ocenjenih 70 %), v sušnem pa manjši (ocenjenih 30 %); v obeh obdobjih je povprečna globina tolmunov znašala okoli 40 cm.



Slika 18: Vzorčeni odsek VM 2. Odsek struge Oplotnice pod vplivom odvzema vode za MHE Šolar – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

### 3.2.5 Vzorčeni odsek Oplotnica – Cezlak (VM 3)

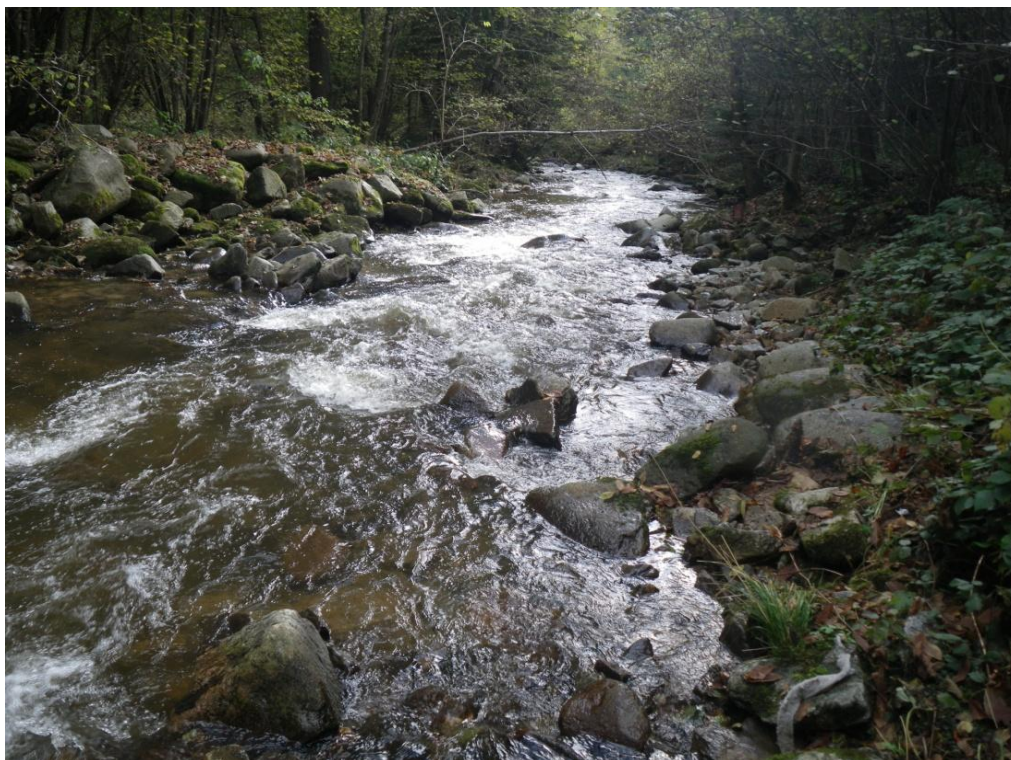
Četrty vzorčeni odsek v smeri dolvodno – gorvodno okoli 1700 m nad VM 2 se nahaja na nadmorski višini okoli 546 m n.m. pri kraju Cezlak. Dolvodni začetek VM 3 se nahaja okoli 280 m gorvodno od lokacije odvzema vode za MHE Šolar in okoli 80 m dolvodno od izpusta iz gorvodno ležeče MHE Cezlak – Globovnik (Slika 19). Na vzorčeni odsek v dolžini okoli 340 m predstavlja odsek reke Oplotnice, kjer se ne izvajajo odvzemi vode za obratovanje MHE.



Slika 19: Vzorcevni odsek VM 3. Gorvodna meja vzorcevnega odseka pod izpustom vode iz MHE Cezlak – Globovnik (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

Struga na večjem delu vzorcevnega odseka je naravna (Slika 20), na krajšem odseku pod izpustom iz MHE Cezlak – Globovnik pa je leva brežina regulirana s skalometom in betonom (Slika 19 – leva brežina).



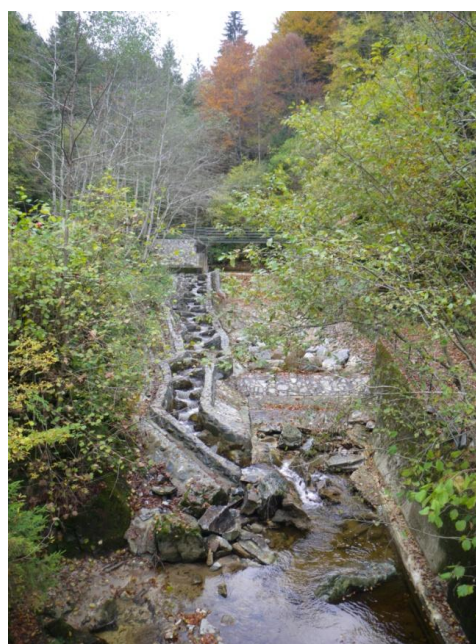
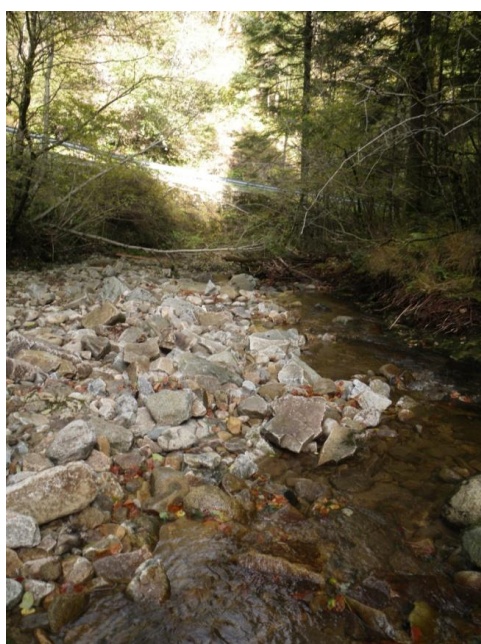


Slika 20: Vzorčeni odsek VM 3. Naravni odsek struge Oplotnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

Prevladujoč substrat na tem odseku predstavlja kamenje in skale (skupno ocenjenih okoli 70 %), nekaj manj je proda in gramoza, del dna struge pa predstavlja matična kamnina. Tip vodnega toka na odseku so predstavljale večinoma brzice (ocenjeno okoli 60 - 90 %), ki so bile v vodnatem obdobju povprečju globoke okoli 35 cm, v sušnem pa okoli 20 cm. Na odseku se je nahajalo tudi med 10 – 40 % tolmunov (ocena odvisna od sezonske vodnatosti) s povprečno globino v vodnatem obdobju okoli 100 cm, v sušnem pa okoli 40 cm.

### 3.2.6 Vzorčeni odsek Oplotnica – Lukanja 1 km JV (VM 4) – Planina na Pohorju

Peti vzorčni odsek v smeri dolvodno – gorvodno okoli 2700 m nad VM 3 se nahaja na nadmorski višini okoli 740 m n.m. pri kraju Planina na Pohorju. Vzorčni odsek se nahaja znotraj odseka rabe vode za obratovanje MHE Oplotnica (Oven elektro; Slika 21), ki je dolg okoli 2860 m; začetek vzorčenega odseka je bil okoli 250 m pod odvzemom vode za MHE Oplotnica. Neposredno nad gorvodno mejo vzorčenega odseka se nahaja odzemni objekt MHE Oplotnica, ki vključuje tudi ribjo stezo (Slika 22).



Slika 21 in Slika 22: Vzorčni odsek VM 4. Odsek struge Oplotnice pod vplivom odvzema vode za MHE Oplotnica – prikaz spremenjene hidromorfologije struge (levo). Na območju odzemnega objekta je struga regulirana; v sklopu objekta je ribja steza (desno) (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

Prevladujoč substrat na tem odseku predstavlja kamenje in skale (skupno ocenjenih okoli 70 %), nekaj manj je proda (ocenjeno 5 – 10 %), okoli 20 % dna struge pa predstavlja matična kamnina.

Tip vodnega toka na odseku so predstavljale brzice, katerih delež v vodnatem obdobju je bil ocenjen okoli 30 % s povprečno globino okoli 20 cm. Delež brzic v sušnem obdobju je bil ocenjen okoli 60 % s povprečno globino okoli 15 cm.

V odvisnosti od sezonske vodnatosti je bilo v vodnatem obdobju ocenjen delež tolmunov 70 % s povprečno globino okoli 50 cm, v sušnem obdobju pa je znašal delež tolmunov okoli 40 % s povprečno globino okoli 30 cm.



### 3.2.7 Vzorčeni odsek Oplotnica – Lukanja (VM 5)

Najbolj gorvodno ležeč odsek reke Oplotnice, ki smo ga vzorčili, se nahaja na nadmorski višini okoli 897 m n.m. pri kraju Lukanja nad verigo vseh dolvodnih malih hidroelektrarn. Vzorčeni odsek leži okoli 1 km nad odvzemom vode za potrebe MHE Hohler, kjer vzorčenja nismo izvajali, ter okoli 2,8 km nad VM 4. Na vzorčenem odseku se ne izvajajo odvzemi vode za obratovanje MHE. Struga na vzorčenem odseku je popolnoma naravna (Slika 23).



Slika 23: Vzorčeni odsek VM 5. Naravni odsek struge Oplotnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

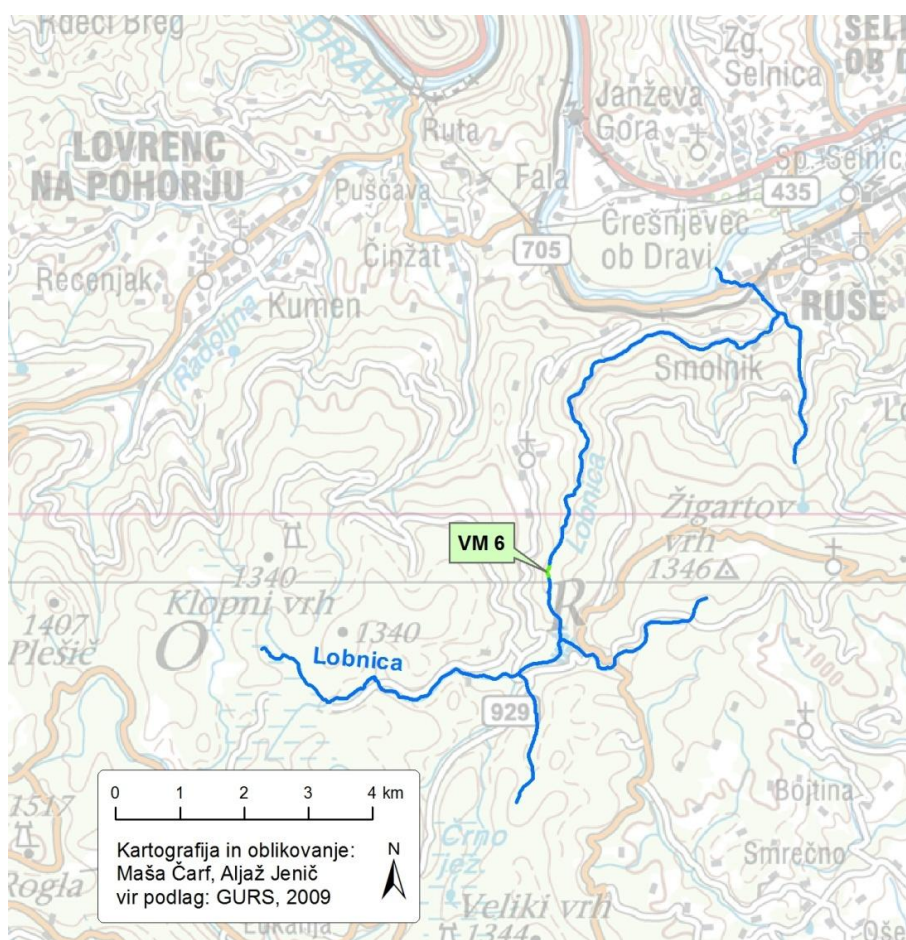
Prevladujoč substrat na tem odseku predstavljajo skale in kamenje (skupno ocenjenih okoli 70 %), nekaj manj je proda in gramoza, okoli 10 – 20 % delež dna struge pa predstavlja matična kamnina.

Tip vodnega toka predstavlja 50 % brzice, ki so bile v vodnatem obdobju povprečju globoke okoli 25 cm, v sušnem pa okoli 20 cm. Drugo polovico predstavljajo tolmeni s povprečno globino v vodnatem obdobju okoli 70 cm, v sušnem pa okoli 50 cm.

### 3.2.8 Značilnosti vzorčenih odsekov reke Lobnice

Odsek reke Lobnice, ki smo ga vzorčili, se nahaja na nadmorski višini okoli 471 m n.m. pri kraju Smolnik znotraj spodnje polovice daljšega referenčnega odseka. Vzorčeni odsek leži okoli 5,5 km gorvodno od izliva Lobnice v reko Dravo. Na vzorčenem odseku se ne izvajajo odvzemi vode za obratovanje MHE. Struga na vzorčenem odseku je popolnoma naravna (Slika 25).

Vzorčenje na območju referenčnega odseka reke Lobnice smo izvedli v sušnem obdobju leta 2011 na enem (1) odseku dolžine okoli 100 m. Na vzorčenem odseku ni bilo niti hidromorfoloških sprememb, niti odvzemov vode, kar je povezano tudi s statusom odseka z referenčnim stanjem vodotoka, določenim po Uredbi o načrtu upravljanja voda za vodni območju Donave in Jadranskega morja (Uradni list RS, št. 61/2011). Tudi na tem vzorčnem mestu smo z vzorčenjem pričeli dolvodno in nadaljevali v gorvodni smeri proti toku.



Slika 24: Pregledna karta reke Lobnice z označenim vzorčenim odsekom (Kartografija: M. Čarf in A. Jenič, 2016).

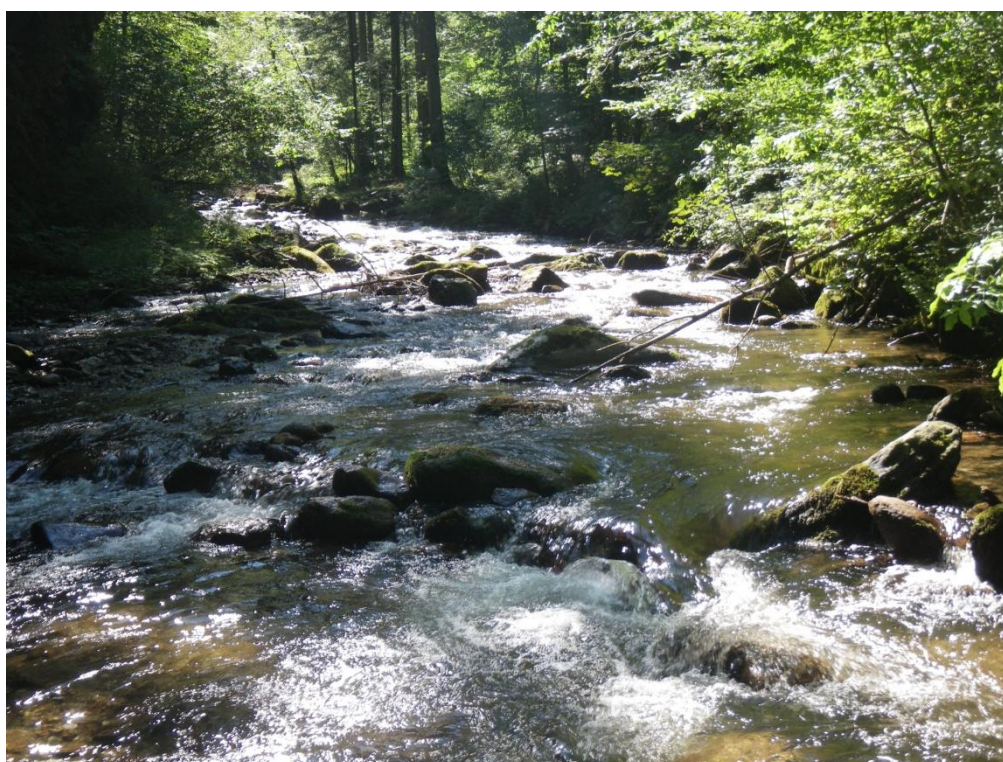


Vzorčeni odsek se je nahajal na glavni osi vodotoka (glavni tok). Tudi na reki Lobnici zaradi naravne morfologije struge, v kateri so bili prisotni veliki kamni in skale, ki so delovali kot zapora, pri vzorčenju nismo uporabili zapornih mrež.

V preglednici (Preglednica 7) so navedene Gauss – Krügerjeve koordinate gorvodne in dolvodne meje izbranega odseka reke Lobnice, na sliki (Slika 25) pa je prikazan vzorčeni odsek reke Lobnice ter njegove hidromorfološke lastnosti ter raznolikost habitatov.

Preglednica 7: Koordinate in obseg izbranega vzorčenega odseka reke Lobnice, na katerem ni odvzemov vode za potrebe delovanja MHE.

<i>Vzorčno mesto (VM)</i>	<i>Opis odseka</i>	<i>Lokacija koordinate</i>	<i>GKY [m]</i>	<i>GKX [m]</i>	<i>Približna dolžina odseka [m]</i>	<i>Izlovna površina [m<sup>2</sup>]</i>
6	Lobnica, Smolnik	dolvodno - začetna	535473	152941	100	660
		gorvodno - končna	535375	152901		



Slika 25: Vzorčeni naravni odsek struge Lobnice – prikaz hidromorfologije struge (Foto: Arhiv ZZRS, 2010).

Prevladujoč substrat na tem odseku predstavljajo kamenje (ocenjenih 45 %) in skale (ocenjenih 30 %), nekaj manj je proda (ocenjen delež 20 %), manjši delež dna struge pa predstavlja matična kamnina (ocenjenih 5 %).

Tip vodnega toka v času vzorčenja je predstavljalo 60 % brzic, ki so bile v sušnem obdobju povprečju globoke okoli 20 cm; ocenjen delež tolmunov je znašal 40 % s povprečno globino v sušnem obdobju okoli 40 cm.

### 3.3 METODE TERENKEGA DELA

Na vodotoku Oplotnica smo v letu 2010 določili pet (5) odsekov, v letu 2011 pa šest (6) odsekov, na katerih smo izvedli vzorčenje (vzorčna mesta). Na dveh (2) vzorčnih mestih se je v času vzorčenja izvajal odvzem vode za obratovanje obstoječih malih hidroelektrarn, medtem ko na preostalih vzorčnih mestih ni bilo obstoječih odvzemov vode.

Deli vzorčenih odsekov so bili hidromorfološko spremenjeni, kar je posledica vplivov odvzemov vode, prečnih objektov (pregrade) in regulacij brežin, ki so bile izvedene a območju odzemnih objektov in izpustov.

Da bi pridobili referenčno stanje vodotoka, je bil predmet vzorčenja tudi odsek vodotoka Lobnica (1 vzorčno mesto), kjer neposredno nad in pod vzorčnim mestom ni bilo obstoječih odvzemov vode, odsek pa ima tudi status referenčnega odseka.

Za pridobitev potrebnih podatkov je bila na terenu potrebna uporaba različnih metod, ki jih opisujemo v nadaljevanju.

#### 3.3.1 Vzorčenje rib

Čas vzorčenja rib vedno prilagodimo biologiji proučevane vrste na način, da z vzorčenjem čimmanj motimo ribe v reproduktivnem obdobju (migracija pred drstjo, čas drsti, čas do izvalitve zaroda) (Čarf in sod., 2013), kar smo upoštevali tudi pri načrtovanju časa vzorčenja populacije potočne postrvi. Za vzorčenje potočne postrvi v Sloveniji je najugodnejši čas za vzorčenje rib od začetka aprila do konca septembra. Vzorčenje potočne postrvi smo izvedli v jesenskem času pred pričetkom drsti, ter v poletnem času po zaključeni drsti in po izvalitvi zaroda iz iker.

Izbira metode vzorčenja izbrane vrste rib mora biti prilagojena biologiji in ekologiji vrste, ki jo preučujemo, ugotavljamo stanje ohranjenosti vrste oziroma njegovo spreminjanje. Včasih uporaba ene same metode ni dovolj, temveč se kombinira dve ali več metod. V



primeru, da nobena od metod ali kombinacij metod ne bi zagotavljala ustreznih rezultatov oziroma ocen, bi bilo treba s pomočjo natančnejših in usmerjenih raziskav poiskati ustrezne rešitve (Čarf in sod., 2013).

Kvantitativni način vzorčenja z elektroribolovom (z brodenjem z nahrbtnim elektroagregatom) je v ribištvu ena najpogosteje uporabljenih metod za pridobitev podatkov za ugotavljanje stanja ohranjenosti vrste, saj z rezultati vzorčenja s to metodo lahko podamo najzanesljivejše ocene naseljenosti, prikazane kot številčnost (t.i. abundanca) in skupna teža osebkov (t.i. biomasa) določene preiskovane vrste (Seber in Le Cren, 1967). Z rezultati, pridobljenimi s to metodo, lahko dobimo vpogled v strukturo populacije ribjih vrst, vendar pa kvantitativno vzorčenje z elektroribolovom po drugi strani zahteva tudi ustrezno vodno okolje. Za vzorčenje rib z elektroribolovom z nahrbtnim agregatom so najustreznejši majhni do srednje veliki in prebrodljivi vodotoki, katerih globina vode načeloma ne presega 1 m (Čarf in sod., 2013).

Prav tako je dobro, da vzorčna mesta, kjer izvajamo taka vzorčenja, za izbrano vrsto predstavljajo optimalni habitat in so tako tudi lokalne gostote preiskovane populacije bolj ali manj visoke. Na vzorčenih odsekih smo zajeli vse habitate, ki so se pojavili v vodnem ekosistemu.

Izbrane odseke reke Oplotnice in Lobnice smo vzorčili z metodo kvantitativnega brodenja z elektroribolovom z nahrbtnim elektroagregatom. Vsa vzorčna mesta so bila v času odlova rib prebrodljiva (globina vode < 100 cm); vzorčenja pritokov smo zato izvajali z nahrbtnim elektroagregatom znamke ELT 60 GI, 300/550 V, proizvajalca Hans Grassl GmbH.

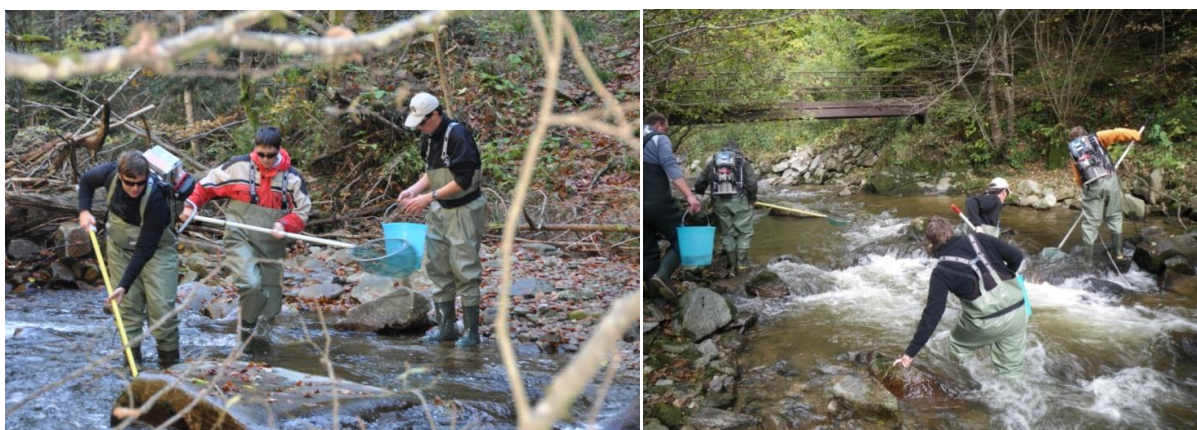
Struge Oplotnice in Lobnice na vzorčenih odsekih nismo omejili z zaporno mrežo, saj so imele vlogo zapore obstoječe naravne ali umetne pregrade (stopnje). Vsak kvantitativno vzorčeni odsek smo izmerili (dolžina in širina) ter dvakrat počasi in natančno odlovili ribe, tako da smo zajeli vse habitate na odseku.

En elektroagregat pokrije vodotok širine približno petih metrov ali manj, zato smo pri odlovih rib na vzorčenih odsekih Oplotnice in Lobnice glede na omočeno širino struge uporabili en elektroagregat na ožjih odsekih vodotoka in dva nahrbna elektroagregata na širših odsekih. Terensko delovno skupino v vodi in na kopnem je sestavljalo osem članov. En ali dva elektroribiča v vodi sta upravljala z anodo ter z električnim tokom privabljala ribe, pomočniki v vodi so s sakom zajemali omamljene ribe in jih podajali pomočniku, ki jih je shranjevali v vedro. Odlovna skupina se je po vzorčenem odseku počasi pomikala po vodotoku navzgor, tako da kalnost vode zaradi brodenja po strugi ni vplivala na učinkovitost izlova rib. Ker električni tok deluje tudi kot ovira za ribe, so ribe bežale

gorvodno proti zapori (pregrada); na ta način smo skušali doseči čim bolj uspešen odlov rib.

Na brežini smo člani terenske delovne skupine ujete ribe omamili z v vodi raztopljenim etilen glikol monofenil etrom, jim določili vrsto (sistematska določitev), jih izmerili (TL - celotna dolžina telesa od začetka glave do konca repne plavuti, ki je v naravni legi), stehali (določitev mase) in popisali ter jih žive vračali v vodo. Za vsako ujeto ribo smo tako pridobili kvantitativne podatke.

Elektroribič in eden od članov odlovne skupine, ki sta določen odsek vzorčila, sta na podlagi vizualne ocene opisala nekatere spremenljivke okolja na vzorčenem odseku. Eden od članov skupine je na vsakem vzorčenem odseku opravil meritve fizikalnih in kemijskih parametrov vodotoka (vsebnost kisika, nasičenost vode s kisikom, temperatura, pH in električna prevodnost vode). Vsako vzorčno mesto smo fotografirali in s pomočjo GPS-a določili koordinate začetne in končne točke vzorčenega odseka ter lokacijo izvedenih fizikalno kemijskih meritev.



Slika 26 in Slika 27: Prikaz vzorčenja rib na različno širokih odsekih Oplotnice. (Foto: T. Prešeren – levo, arhiv ZZRS – desno).

### 3.3.2 Meritve in opis izbranih abiotskih in biotskih dejavnikov

Na vodne ekosisteme in habitate, njihovo strukturo in funkcijo vpliva širok spekter številnih različnih dejavnikov žive in nežive narave, ki jih opisujemo kot biotski in abiotski dejavniki. Nastanek, razvoj (sukcesija) in obstoj habitatov ribjih vrst v vodnem okolju je neposredno odvisen od hidromorfologije struge vodotoka, ki se značilno odraža kot tokovna slika - s porazdelitvijo pretoka, ki vpliva na porazdelitev globin vode in z lastnostmi vrste vodnega toka (mirni, deroči ali stoječi), kar vpliva na velikostno sestavo usedlin (zrnatost) ter fizikalno – kemijske lastnosti vode. Proces v vodotokih so rezultat

naravne hidrološke dinamike, ki odvisna od sezone (količina padavin, vodnatost), biološke in kemijske kakovosti vode ter pogosto tudi rezultat vplivov človekovega poseganja v vodno okolje, kamor spadajo različne rabe vode in urejanja vodotokov ter onesnaženja antropogenega izvora.

Vsak vzorčni odsek vodotoka (vzorčno mesto) smo s pomočjo GPS določili z Gauss-Krügerjevimi geografskimi koordinatami dolvodne in gorvodne meje odseka. Vsako vzorčno mesto smo poimenovali (geografski krajevni opis), določili tip vodotoka (tekoča voda), fotografirali ter z uporabo enotnega obrazca (protokolarni list) znotraj odseka izmerili ali ocenili ter popisali sledeče biotske in abiotske dejavnike vzorčenega odseka:

- Širina in globine struge v brzicah, tolmunih in mirnem toku,
- pretok,
- fizikalno kemijske lastnosti vode,
- tip vodnega toka (brzica, tolmun ali mirni tok),
- struktura substrata (velikostni razredi delcev),
- naklon brežin,
- reguliranost brežin,
- pokrovnost struge z vegetacijo.

Širino struge (dejansko in omočeno), globine vode ter pretok smo na vsakem vzorčnem mestu izmerili. Tip vodnega toka, strukturo substrata, naklon in reguliranost brežin ter pokrovnost struge z vegetacijo na vzorčenih odsekih Oplotnice in Lobnice smo določili opisno (vizualno). V nadaljevanju bomo opisali lastnosti nekaterih abiotskih in biotskih dejavnikov.

### 3.3.3 Ocena tipov vodnega toka

Tolmuni, mirni tok in brzice niso diskretne spremenljivke, temveč tvorijo zveznost, za katero je kakršnakoli klasifikacija arbitrarna; posledično prihaja do delnega prekrivanja oz. prehajanja teh pojavov pri katerikoli subjektivni metodi ocenjevanja. Ocenjevanje habitata se prav tako razlikuje med vodotoki, saj opazovalci običajno plitve in hitrejše dele vodotoka kategorizirajo kot brzice, globoke in počasi tekoče dele pa kot tolmane ne glede na velikost globin vode in hitrost vodnega toka (Jowett, 1993).

Podobno kot pri substratu je tudi pri določanju tipa vodnega toka v uporabi več različnih načinov razdelitev. Hidromorfologi priznavajo izmenjujoče se tolmane in brzice kot osnovni enoti aluvialnih vodotokov (O'Neil in Abrahams, 1984; cit. po Jowett, 1993). Biologi pogosto uporabljajo habitate tolmunov, gladkega toka in brzic kot enote pri vzorčenju vodotokov (npr. Allen, 1951; Pridmore in Roper, 1985; cit. po Jowett, 1993) ali

za opis rabe habitata (npr. Glova in Duncan, 1985; cit. po Jowett, 1993). Določevanje tolmunov, gladkega toka in brzic je že dolgo težavno. Mnogi raziskovalci so preprosto identificirali tolmune, gladek tok in brzice brez določitve jasnih kriterijev. Predlagan je bil izbor specifičnih kriterijev in deskriptorjev, med katerimi so velikost substrata dna struge (Leopold in sod., 1964; Mosley, 1982 ; cit. po Jowett, 1993), naklon vodne površine (Yang 1971; cit. po Jowett, 1993), globine vode in hitrosti vodnega toka (Allen 1951; cit. po Jowett, 1993), topografija struge (Richards, 1976; cit. po Jowett, 1993), Froudovo število (tokovne razmere) (Wolman, 1955; cit. po Jowett, 1993) in opis značilnosti vodne površine (Mosley, 1982 ; cit. po Jowett, 1993).

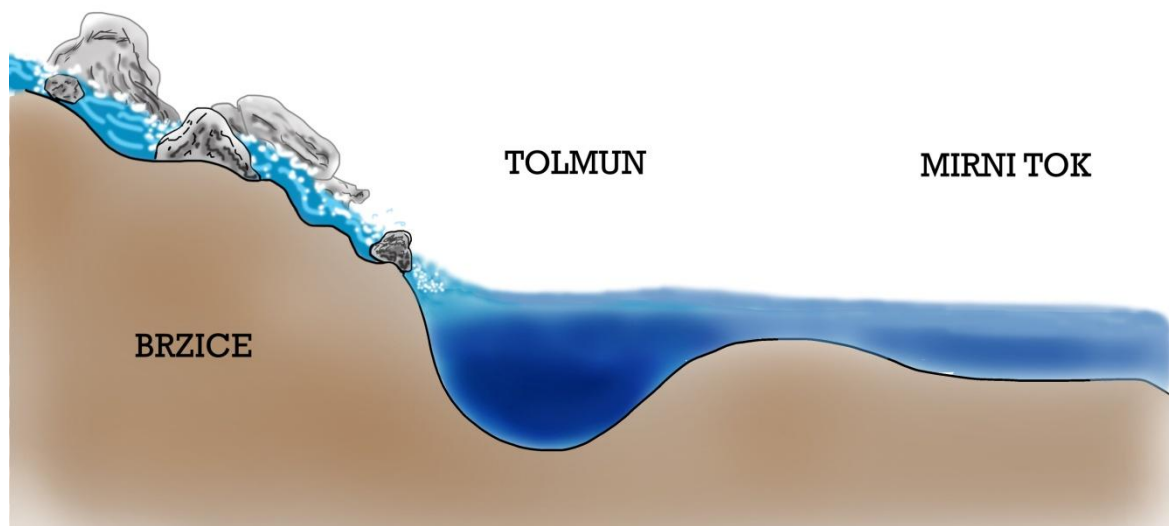
Kombinacija tolmunov in brzic se tipično pojavlja v prosto tekočih nereguliranih vodotokih s srednjim do nizkim naklonom struge. Pri nižjih pretokih imajo brzice višji padec in večje hitrosti vodnega toka ter so plitvejšje od tolmunov. Pri višjih pretokih postane vodna površina med brzicami in tolmuni bolj uniformna, pri čemer so tolmuni globlji; v tolmunih hitrosti vodnega toka naraščajo bolj kot v brzicah (Allan in Ibañez Castillo, 2009).

Froudovo število, ki opisuje tokovne razmere (razmerje med hitrostjo vodnega toka in hitrostjo širjenja valov zaradi majhne motnje na površini vodne gladine; Mikoš, 2009), ter razmerje med hitrostjo vodnega toka in globino vode, sta spremenljivki, s katerima lahko bolje opišemo razliko med tolmuni, brzicami in mirnim tokom kot z ostalimi spremenljivkami (Jowett, 1993). Rezultati izvedenih meritev v raziskavi, ki je obravnavala 187 tolmunov, 760 delov z mirnim tokom in 165 brzic (Jowett, 1993) je pokazala, da je bilo Froudovo število v tolmunih 0,10, v mirnem toku 0,36 in v brzicah 0,51; razmerje hitrost/globina v tolmunih je bilo 0,66, v mirnem toku 2,60 in v brzicah 4,69.

Glede na številne raziskave je tip vodnega toka izjemno pomemben za potočno postrv v vseh obdobjih življenja in je ključni dejavnik v habitatu potočne postrvi.

Pri izvedbi naše raziskave smo tip vodnega toka opisali vizualno in ga glede na ocenjeno hitrost vodnega toka in globino razdelili na naslednje opisne kategorije:

1. Brzice: območja vodotoka, kjer je vodni tok hitrejši, vodna površina valujoča, nakodrana in se lahko peni; dno struge ni ravno, globina vode je nižja kot v tolmunih.
2. Tolmuni: območja vodotoka z večjo globino in nižjimi hitrostmi vodnega toka; vodna površina je mirna, gladka, ali pa je na tem mestu turbulenca, ki tvori tolmun;
3. Mirni tok: območja vodotoka, kjer je vodni tok bolj umirjen ali navidez miren; gladina vode je mirna, globina vode je večja, kot na območju brzic, hitrost toka pa bisteno večja kot v tolmunih.



Slika 28: Shematski prikaz različnih tipov vodnega toka glede na hitrost in globino vodotoka (V. Zgonik, 2016).

### 3.3.4 Opis substrata

Glede na nekatere raziskave (Heggenes 1988a) substrat pri izbiri habitata sicer ni tako pomemben kot globina in hitrost vodnega toka, vendar so ugotovili, da potočne postrvi najraje izberejo kamnit substrat z delci premera od 2 do 30 cm in se izogibajo finejšim substratom. Z velikostjo rib narašča tudi preferenca do bolj grobih, skalnih substratov, vendar je to verjetno v povezavi z zmanjšanjem hitrosti vodnega toka, ki jo povzroči potopljena skala (Heggenes 1996).

Na svetu je v uporabi več različnih načinov razdelitev rečnega substrata glede na velikost delcev. Za namen opisa habitata smo uporabili razrede zrnivosti, kategorizirane po AQEM (2002) in jih priredili po Allan in Ibañez Castillo (2009). Za čim bolj natančno in čim lažjo vizualno določitev deleža različnih velikosti delcev substrata smo le-tega glede na premer delcev razdelili v naslednje razrede zrnivosti:

1. mulj/blato (do 6  $\mu\text{m}$ )
2. pesek (6  $\mu\text{m}$  - 2 mm)
3. gramoz (2 - 20 mm)
4. prod (2 - 6 cm)
5. kamenje (6 - 40 cm)
6. skale (nad 40 cm)
7. matična kamnina

Preglednica 8: Zrnavostni razredi anorganskega substrata glede na velikost delcev po AQEM (2002).

<i>Opisna kategorija</i>	<i>Velikost delcev</i>	<i>Opis substrata</i>
megalital	> 40 cm	veliki kamni, skale in matična kamnina
makrolital	> 20 – 40 cm	srednje veliki kamni
mezolital	> 6 – 20 cm	manjši kamni in prod
mikrolital	> 2 – 6 cm	prod
akal	> 0,2 – 2 cm	gramoz
psamal/psamopelal	> 6 $\mu$ m – 2 mm	pesek in blato
argilal	< 6 $\mu$ m	melj, glina, ilovica

Deleže razredov substrata v strugi Oplotnice in Lobnice smo ocenjevali vizualno. Ker so popis v dveh zaporednih letih izvedli različni popisovalci, je prišlo do odstopanj med popisanimi deleži substrata na istem vzorčenem odseku v različnih sezonah. Odstopanja so lahko posledica bodisi subjektivnosti vizualne ocene bodisi spremenjene strukture zaradi naravnih pojavov (prodonosnost). Popis substrata so izvajali izkušeni popisovalci, zato se kljub subjektivnosti vizualne ocene deleži na istih mestih v dveh zaporednih letih niso bistveno razlikovali.

### 3.3.5 Meritve izbranih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode

Na vseh vzorčenih odsekih Oplotnice in Lobnice smo opravili meritve nekaterih osnovnih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode. Izmerili smo sledeče parametre:

1. Temperatura vode ( $^{\circ}$ C),
2. količina raztopljenega kisika v vodi (mg/L) in nasičenost vode s kisikom (%),
3. pH,
4. električna prevodnost vode ( $\mu$ S/cm).

Globina izvedenih meritev je bila 10 – 15 cm.





Slika 29: Merjenje fizikalnih in kemijskih lastnosti reke Lobnice (Foto: A. Jenič, 2016).

Vse izbrane fizikalno kemijske meritve smo opravili s Hach Lange merilnimi inštrumenti (prenosna enota HQ40d Multi meter).

Na vzorčenih odsekih Oplotnice in Lobnice smo opravili meritve nekaterih osnovnih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode, ki so temperatura vode, količina raztopljenega kisika v vodi in nasičenost s kisikom, pH vode ter električna prevodnost vode, ki odraža vsebnost nabitih raztopljenih anorganskih in organskih snovi v vodi. Izmerjene vrednosti izbranih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode smo izmerili na vsaj enem vzorčnem mestu znotraj posameznega vzorčenega odseka. Na dveh lokacijah na reki Oplotnici smo dodatno izmerili fizikalno kemijske parametre tudi neposredno pod mejo vzorčenega odseka pod izpustom odvzete vode iz objekta MHE (VM 2) in neposredno nad mejo vzorčenega odseka nad izpustom vode iz MHE (VM 3).

### 3.3.6 Merjenje pretokov in gladin vode

Za določitev ekološko sprejemljivega pretoka po predpisani metodologiji, sprejeti v Republiki Sloveniji, je treba pridobiti osnovne hidrološke parametre, in sicer podatke o pretokih vodotoka na odseku kjer se ali se bo izvajala posebna raba vode (odvzem). Spremljajoče merjenje dejanskih pretokov hkrati z ostalimi meritvami je pomembno za določitev ekološko sprejemljivega pretoka ter za kasnejše vrednotenje (kalibracijo, validacijo in verifikacijo) le -tega.

Za merjenje izbranih hidravličnih parametrov smo uporabili sledečo opremo:

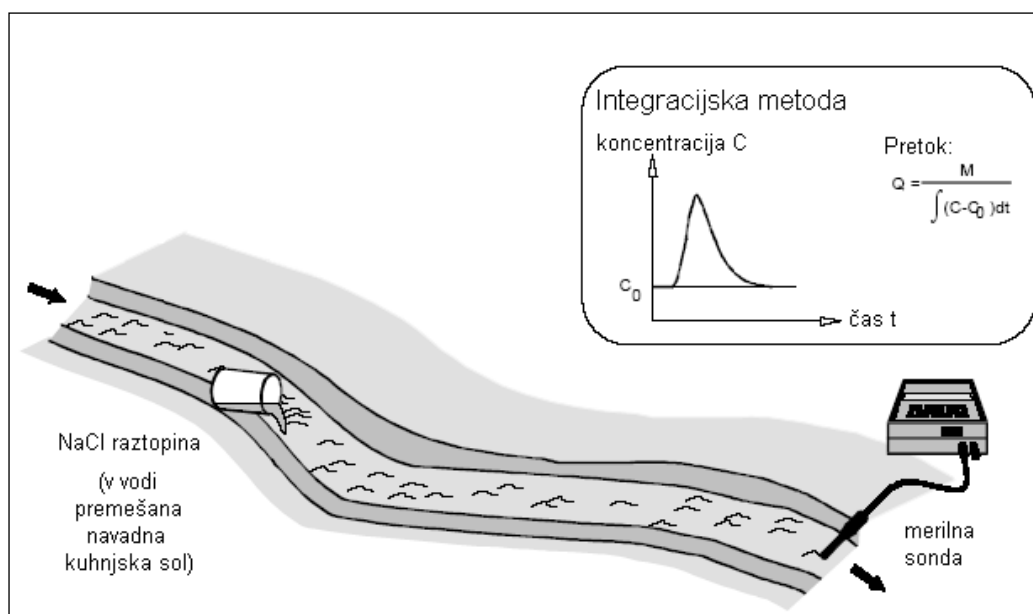
- Merilna sonda (senzor) za merjenje pretokov,
- elektronska merilna enota,
- kuhinjska sol (natrijev klorid),
- veliko vedro in mešalna palica,
- meter za merjenje razdalje,
- laserski merilec razdalje,
- destilirana voda za spiranje merilne sonde,
- protokolarni list za beleženje rezultatov.

Meritve pretokov na vsakem vzorčenem odseku reke Oplotnice in reke Lobnice smo izvajali z merilno napravo oziroma senzorjem, ki deluje na podlagi merjenja spremembe prevodnosti vode, ki ji je bila na določeni razdalji v smeri gorvodno primešana natančno določena količina popolno raztopljenega sledila, v našem primeru kuhinjske soli (NaCl), na katero je merilni instrument umerjen. Meritve smo izvedli s prenosnim merilcem *FLO-TRACER* (Slika 30). Način izvajanja meritve in izračuna pretoka prikazuje Slika 31.



Slika 30: Prenosni merilec pretoka Flo-Tracer in prikaz merjenja globine vode z geodetsko lato (foto: M. Čarf, 2012).





Slika 31: Meritev pretoka po metodi sledenja oziroma razredčenja raztopljenega sledila (Vir: informativni list merilne naprave FLO TRACER).

Pretok vode v strugi smo izmerili z merilno napravo, ki pretok določa na podlagi integracijske metode po naslednji enačbi:

$$Q = \frac{M}{\int (C - C_0) \cdot dt} \quad \dots (1)$$

kjer je  $Q$  = izračunan pretok vode,  $M$  = količina vnesene soli,  $C_0$  = osnovna slanost vode in  $C_1$  = trenutna merjena slanost, ki se spreminja v času, ko oblak koncentracije raztopljenih soli potuje mimo merilne sonde.

Vse meritve pretokov na izbranih odsekih Oplotnice in Lobnice smo izvajali z začetkom na najbolj dolvodno ležečem odseku in nadaljevali v smeri gorvodno ležečih vzorčnih mest. Ker je za merjenje pretokov na opisan način potrebna uporaba soli, smo se na ta način izognili vplivom akumuliranja povečanih koncentracij soli in s tem na prevodnost in verodostojnost rezultatov meritev. Pri izvajanju merjenja pretokov smo prav tako upoštevali vpliv raztopljenih soli na elektroribolov, zato smo na vsakem odseku najprej izvedli odlov rib. Pretok smo izmerili šele po tem, ko smo vse ribe žive vrnili nazaj v vodotok. Na ta način smo se izognili za ribe negativnim posledicam, ki bi jih imela večja električna prevodnost vode pri vzorčenju z električnim agregatom.

Pri vsakem merjenju pretoka smo natančno stehali količino kuhinjske soli, ki smo jo raztopili v vodi, izmerili razdaljo v metrih med lokacijo vnosa raztopine soli in merilno sondo v vodotoku in z geodetsko merilno lato izmerili globino vode na mestu potopljene sonde. Po končanem merjenju smo izpolnili zapisnik (protokolarni list) meritve pretoka s *Flo-tracer* merilcem.

V času merjenja pretokov in gladin vode so obratovale vse MHE vzdolž celotnega vzorčenega odseka reke Oplotnice. Način izvedbe meritev pretoka prikazuje Slika 32, ki je posneta na vzorčenem odseku VM 2 na reki Oplotnici.



Slika 32: Meritev pretoka po metodi sledenja oziroma razredčenja raztopljenega sledila. Prikaz meritve pretoka s senzorjem v vodi in merjenja razdalje z laserskim merilcem (Foto: T. Prešeren, 2011).

### 3.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Pri izbiri metod za statistično obdelavo pridobljenih podatkov smo izbrali tiste metode, ki najbolj opišejo lastnosti populacije potočne postrvi, ki smo jih želeli prikazati. Za obdelavo podatkov, pridobljenih z vzorčenjem, smo izbrali klasične statistične metode, ki se v ekologiji uporabljajo za opisovanje populacij in njihovo medsebojno primerjavo. Na ta način bo v prihodnosti mogoče rezultate naše raziskave, analizirane z uporabo izbrane statistične metode, primerjati tudi z rezultati raziskav drugih avtorjev, ki bodo temeljile na podobnih metodah vzorčenja oz. na primerljivih podatkih. Na podlagi podatkov o populaciji potočne postrvi, pridobljenih s kvantitativnim elektroribolovom, smo velikost populacije potočne postrvi ocenili na podlagi števila ujetih rib v dveh izlovih.

Za osnovno statistično obdelavo in pripravo podatkov za izris grafov smo uporabili naslednjo programsko opremo:

- Microsoft Office - Excel 2007; Access 2007 (podjetje Microsoft)
- ArcView - ArcGIS for Desktop Basic (podjetje Esri)
- CANOCO verzija 4.5 (Ter Braak in Šmilauer, 2002)

#### 3.4.1 Analiza vzorčenja rib

Ekološko je populacija skupina osebkov iste vrste, ki žive v določenem prostoru in v določenem času. Ker je populacija množica osebkov, ima specifične lastnosti, ki jih nimajo posamezni osebki in se vede drugače kot posamezen osebek. Posamezen osebek je mlad ali star; populacija vsebuje osebke različnih starosti. Starostna struktura, ki iz tega izhaja, je samo populacijska lastnost (Tarman, 1992).

Prvo vprašanje populacijske ekologije je številčnost ali velikost populacije. Podatek o velikosti populacije dobimo z neposrednimi ali posrednimi metodami preštevanja osebkov na naselitvenem območju populacije (Tarman, 1992). Na podlagi podatkov, ki smo jih pridobili z vzorčenjem rib, smo želeli oceniti naseljenost potočne postrvi na posameznih vzorčenih odsekih.

Gostoto populacije (naseljenost) potočne postrvi smo izračunali na podlagi podatkov kvantitativnih vzorčenj in jo podali kot ocenjeno število rib (abundanca oz. številnost) in ocenjeno biomaso (kg) rib na enoto površine vodotok (hektar).

Analizirali smo tudi velikostno strukturo populacije rib na posameznem vzorčnem mestu ter jo prikazali kot število rib v posameznem velikostnem razredu na 1 cm natančno. Dodatno smo analizirali tudi starostno strukturo populacije rib na vzorčenih odsekih, kjer

smo za določitev starosti rib privzeli starostne razrede potočne postrvi po Slatinšku (2008; Preglednica 9). Pri določitvi intervala dolžine rib smo upoštevali celotno dolžino telesa (TL).

Preglednica 9: Starostni razredi potočne postrvi, določeni z intervalom dolžine rib, privzeti po Slatinšku (2008).

<i>Starostni razred</i>	<i>Interval dolžine (cm)</i>
0+	≤ 11,0
1+	11,1 – 16,0
2+	16,1 – 23,5
3+	23,6 – 27,9
4+	28,0 - 29
5+	> 29

Gostoto populacije rib smo želeli prikazati kot številčnost (N/ha) in skupno biomaso (kg/ha). Za oceno gostote naseljenosti rib na posameznih vzorčenih odsekih smo izbrali metodo ocene parametrov populacije, ki sta jo opisala (Seber in Le Cren, 1967). Izračun ocene gostote populacije temelji na kvantitativni metodi izlova rib, pri kateri je isti odsek z elektroribolovom vzorčen zaporedoma dvakrat. Pri obeh odlovih rib mora biti napor enak (npr. uporabljeno enako število elektroagregatov), število ujetih rib v drugem odlovu mora biti manjše od števila rib, ujetih v prvem odlovu.

Za izračun naseljenosti potočne postrvi smo uporabili naslednje enačbe (Seber in Le Cren, 1967):

$$1) \tilde{n} = \frac{c_1^2}{(c_1 - c_2)} \quad \dots (2)$$

$$2) \text{var} [\tilde{n}] = \frac{c_1^2 c_2^2 (c_1 + c_2)}{(c_1 - c_2)^4} \quad \dots (3)$$

$$3) SE [\tilde{n}] = \sqrt{\text{var} [\tilde{n}]} \quad \dots (4)$$

Kjer je:

- $\tilde{n}$  = ocena velikosti populacije pred odlovom rib,
- $c_1$  = število/masa rib, ujetih v prvem odlovu,
- $c_2$  = število/masa rib, ujetih v drugem odlovu,
- $\text{var} [\tilde{n}]$  = varianca ocene velikosti populacije
- $SE [\tilde{n}]$  = standardna napaka ocene velikosti populacije pri 95 % intervalu zaupanja

Verjetnost ulova rib je bila odvisna od ribolovnega napora, ki je bil na vseh vzorčenih odsekih v obeh obdobjih vzorčenja enak.

Številčnost, biomaso in starostno strukturo rib na vzorčnih mestih brez odvzemov vode in na mestih z odvzemom smo analizirali tudi z *F – testom* (test varianc), ki nam pove, ali sta varianci primerjanih vzorcev enaki ali ne; statistično značilne razlike med dvema setoma podatkov smo nato analizirali z dvostranskim *Studentovim t – testom* pri različnih stopnjah tveganja ( $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$  in  $p \leq 0,001$ ).

### 3.4.2 Multivariatne analize

Za multivariatno analizo podatkov smo uporabili računalniški program CANOCO 4.5 (Ter Braak in Šmilauer, 2002). Najprej smo z analizo glavnih komponent oz. osi (PCA) ugotovili razporeditev vzorčnih mest v multivariatnem prostoru glede na izbrane okoljske dejavnike (pH, temperatura, koncentracija O<sub>2</sub>, električna prevodnost, globina vode, širina struge, pretok, prispevna površina, nadmorska višina, tip substrata in odvzem vode). Zaradi različnih merskih enot okoljskih dejavnikov smo uporabili standardizirano PCA analizo na podlagi korelacijske matrike, kjer smo okoljske podatke centralizirali in standardizirali.

Rezultate PCA analize smo prikazali z ordinacijskim diagramom, kjer je prikazana razporeditev vzorčnih mest in gradient okoljskih dejavnikov v obeh obdobjih vzorčenja.

Soodvisnost okoljskih dejavnikov in starostne strukture populacije potočne postrvi smo analizirali s kanonično korespondenčno analizo (CCA). Odločili smo se za izbor okoljskih dejavnikov, in sicer tako, da smo iz analize izločili tiste okoljske dejavnike, ki so bili v statistično značilni visoki korelaciji z vsaj enim od izbranih okoljskih dejavnikov in ki po naši oceni ob upoštevanju rezultatov fizikalno kemijskih meritev niso bistveno vplivali na pogoje za življenje in preživetje potočne postrvi. Za ugotavljanje vpliva okoljskih dejavnikov na potočno postrv različnih starostnih razredov smo izvedli statistično testiranje z Monte Carlo permutacijskim testom, kjer smo uporabili avtomatsko izbiro spremenljivk v reduciranem permutacijskem modelu (999 permutacij).

Rezultate CCA analize smo prikazali z ordinacijskimi diagrami, kjer je prikazana razporeditev vzorčnih mest in starostnih skupin potočne postrvi ter variabilnost okoljskih dejavnikov (prikazano kot gradient). Zaradi boljše predstaviteljivosti smo rezultate prikazali z dvema diagramoma (biplot). Na enem je prikazana razporeditev vzorčnih mest (VM) in variabilnost okoljskih dejavnikov, na drugem pa je prikazana razporeditev vzorčnih mest in starostnih skupin.

## 4 REZULTATI

### 4.1 OPLOTNICA - ABIOTSKI DEJAVNIKI

Vzorčenje fizikalno kemijskih lastnosti vode smo opravili na osmih (8) različnih vzorčnih mestih, z izjemo meritev pretoka, ki smo jih v letu 2010 izvedli na petih (5) vzorčenih odsekih, v letu 2011 pa na šestih (6) vzorčenih odsekih. Ker smo vzorčenje izbranih odsekov izvajali na lokacijah, kjer se je v dveh primerih (VM 2 in VM 3) v neposredni bližini gorvodne ali dolvodne meje vzorčenih odsekov nahajal izpust vode iz obratujočih malih hidroelektrarn, smo z namenom primerjave podatkov izvedli dodatne meritve fizikalno kemijskih parametrov tudi neposredno pod oz. nad mejo vzorčenih odsekov. Večino meritev smo izvedli na globini 10 cm.

Preglednica 10: Rezultati meritev izbranih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica znotraj celotnega vzorčenega odseka v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011.

		<i>Parameter</i>		<i>Vzorčno mesto</i>						
		<i>I</i>	<i>Ia</i>	<i>2+</i>	<i>2-</i>	<i>3-</i>	<i>3+</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	
<b>2010</b>	Odvzem vode (ne/da)	ne	-	da	ne	ne	da	da	ne	
	Globina meritve (cm)	10	-	10	10	10	10	10	10	
	O <sub>2</sub> raztopljen (mg/L)	12,5	-	11,5	12,3	11,8	11,8	11,7	12,7	
	O <sub>2</sub> nasičenost (%)	99	-	98	100	98	99	98	100	
	pH	6,9	-	7,5	8,1	7,7	7,8	7,6	7,5	
	Električna prevodnost (μS/cm)	72	-	154	71	67	72	53	47	
	Temperatura (°C)	4,4	-	6,5	4,8	5,1	5,5	4,5	3,5	
	Pretok (L/s)	1050	-	70		1080		60	650	
	<b>2011</b>									
Odvzem vode (ne/da)		ne	ne	da	ne	ne	da	da	ne	
Globina meritve (cm)		10	10	10	10	10	10	30	15	
O <sub>2</sub> raztopljen (mg/L)		9,6	9,3	9,3	9,7	9,2	9,0	9,1	9,3	
O <sub>2</sub> nasičenost (%)		97	96	98	100	97	97	97	100	
pH		7,6	7,8	7,9	7,8	7,7	7,8	7,7	7,1	
Električna prevodnost (μS/cm)		83	102	127	83	78	101	62	51	
Temperatura (°C)	14,2	13,8	15,3	14,4	14,9	15,3	15	13,8		
Pretok (L/s)	730	720	80		570		30	350		

Meritve koncentracije raztopljenega kisika (mg/L) in nasičenosti s kisikom (%) v vodnatem in sušnem obdobju so pokazale, da se rezultati med vzorčenimi odseki ne razlikujejo bistveno. V vodnatem obdobju so bile koncentracije kisika v vodi med najmanj 11,7 mg/L (98 % nasičenost) in največ 12,7 mg/L (100 % nasičenost), v sušnem pa med najmanj 9,25 mg/L (96 % nasičenost) in največ 9,7 mg/L (100 % nasičenost). Koncentracije kisika v vodi so glede na raziskave habitatnih zahtev vrste običajne in dovolj visoke za življenje populacije potočne postrvi na vzorčenih odsekih reke. V povprečju so bile koncentracije kisika v vodi nekoliko nižje v poletnem času, kar je najverjetneje posledica topnosti kisika pri višjih temperaturah vode. Splošno znano dejstvo je, da topnost kisika v vodi narašča z upadanjem temperature vode.

Izmerjen pH vode se je gibal med najmanj 6,9 in največ 8,1 v vodnatem obdobju ter med najmanj 7,1 in največ 7,9 v sušnem obdobju. pH je bil v obeh sezonah dokaj stabilen in je bil na vseh vzorčnih mestih (z izjemo VM 1 v vodnatem obdobju) rahlo bazičen.

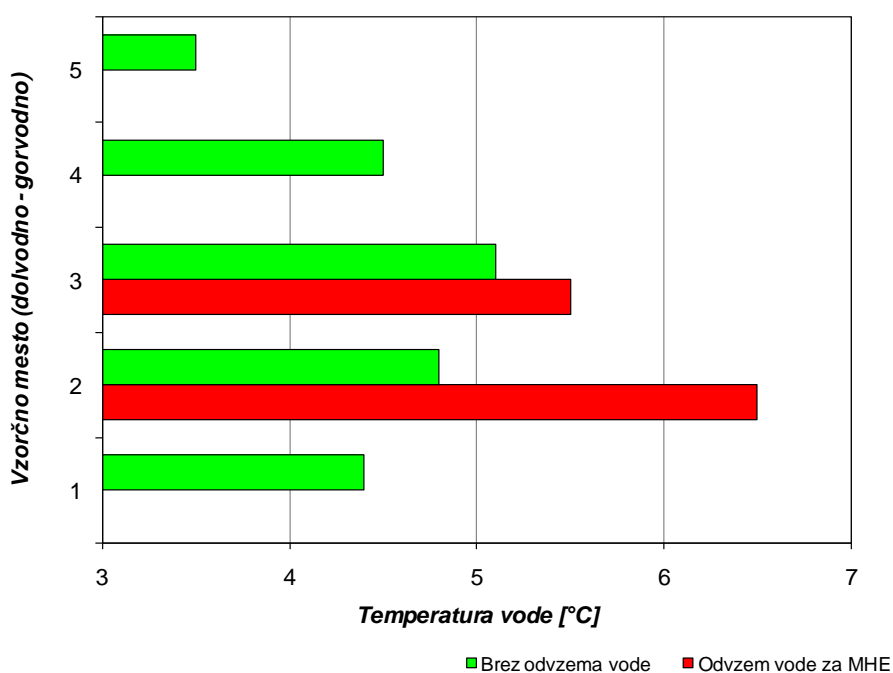
Električna prevodnost vode, ki je odvisna od koncentracije raztopljenih trdnih snovi, je v vodnatem obdobju znašala med najmanj 47  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in največ 154  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , v sušnem obdobju pa med najmanj 51  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in največ 127  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Električna prevodnost vode reke Oplotnice je zaradi geološke kamninske zgradbe površja (metamorfne in magmatske kamnine) dosegala relativno nizke vrednosti, kar je sicer značilno za mehke vode, ki tečejo po silikatnih kamninskih podlagah; pri nas so take vode na Pohorju (Tarman, 1992). V času poletnega vzorčenja, ko je bila temperatura vode najvišja, je tudi električna prevodnost dosegala višje vrednosti zaradi višje topnosti trdnih snovi. Kljub temu smo opazili, da je bila najvišja električna prevodnost tako v vodnatem kot sušnem obdobju izmerjena na merilnem mestu VM 2. Izmerjena električna prevodnost v vodnatem obdobju je bila več kot dvakrat višja od vrednosti, izmerjenih na ostalih vzorčnih mestih. Vzroka za takšen rezultat v času izvajanja meritev nismo posebej iskali, najverjetneje pa je večja prevodnost posledica povečane organske obremenitve, ki jo povzročajo neurejeni izpusti odpadnih komunalnih voda, kar je na območju manjših naselij v Sloveniji, kjer je priključitev na javno komunalno omrežje otežena, pogost pojav. Izpust odpadne vode iz gospodinjstev v Oplotnico na vzorčenem odseku VM 2 so ustno potrdili tudi prebivalci hiš, ki se nahajajo ob strugi vodotoka.

Na vzorčenih odsekih smo izmerili tudi temperaturo vode in pretok v času vzorčenja. Prav tako smo v okviru popisa abiotskih dejavnikov analizirali strukturo substrata na vzorčenih odsekih. Vsi ti abiotski dejavniki so izjemno pomembni za življenje potočne postrvi, zato v nadaljevanju posebej prikazujemo rezultate izvedenih meritev.

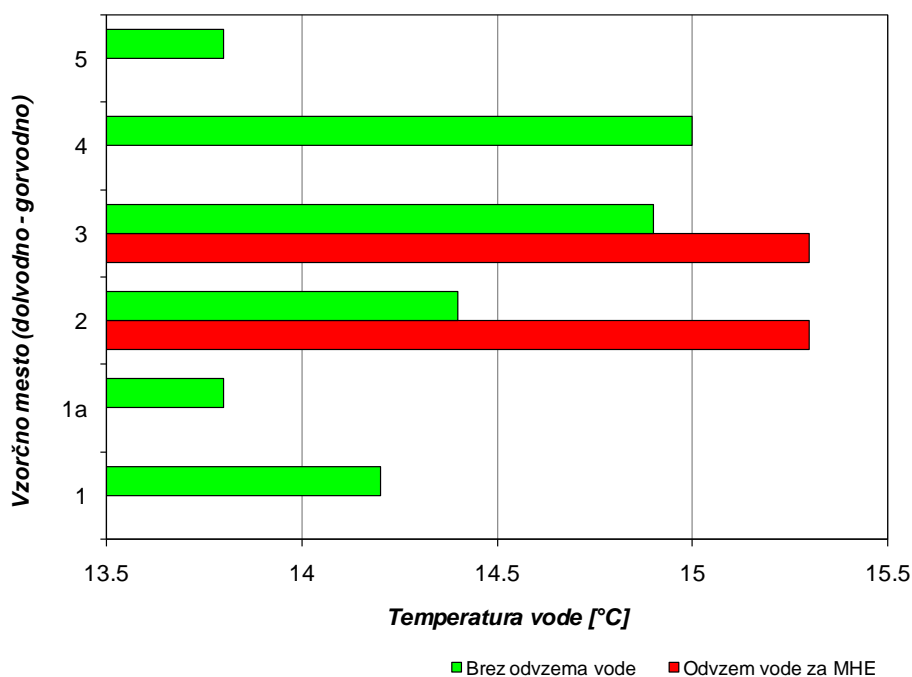


#### 4.1.1 Oplotnica - temperatura vode

V vodnatem obdobju leta 2010 smo temperaturo izmerili na petih vzorčenih odsekih. Meritve so pokazale spreminjanje temperature na posameznih vzorčnih mestih. Najnižjo temperaturo smo izmerili na najvišje ležečem vzorčnem mestu, kjer je imela voda 3,5 °C. Med rezultati izstopa najvišja izmerjena temperatura 6,5 °C, ki smo jo izmerili na VM 2, ki je bil pod vplivom odvzema vode za MHE. Na tej lokaciji smo temperaturo dodatno izmerili tik pod izpustom vode iz strojnice MHE, kjer je bila izmerjena temperatura vode 4,8 °C. Ugotovili smo, da je bila temperatura vode na odseku z odvzemom vode za 1,7 °C višja kot 10 m pod mejo odseka oz. pod izpustom vode iz MHE. Podobno smo merjenje temperature podvojili tudi tik nad VM 3, ki se je nahajal neposredno pod izpustom vode iz gorvodno ležeče MHE. Temperatura na VM 3 je znašala 5,1 °C, nad gorvodno mejo vzorčenega odseka pa smo izmerili za 0,4 °C višjo temperaturo, ki je bila 5,5 °C. Temperaturna razlika med najvišje in najnižje ležečim vzorčenim odsekom Oplotnice, kjer odvzemov vode ni bilo, je znašala 0,9 °C. Največjo temperaturno razliko smo opazili med VM 5 in VM 2, in sicer za 3 °C. Temperaturne razlike med vzorčnimi mesti smo prikazali v grafu (Slika 34).



Slika 33: Grafični prikaz meritev temperature na vzorčnih mestih v vodnatem obdobju (oktober 2010). Temperatura vode na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za obratovanje MHE, je označena z rdečo, na odsekih, kjer odvzemov vode ni bilo, pa z zeleno.



Slika 34: Grafični prikaz meritev temperature na vzorčnih mestih v sušnem obdobju (avgust 2011). Temperatura vode na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za obratovanje MHE, je označena z rdečo, na odsekih, kjer odvzemov vode ni bilo, pa z zeleno.

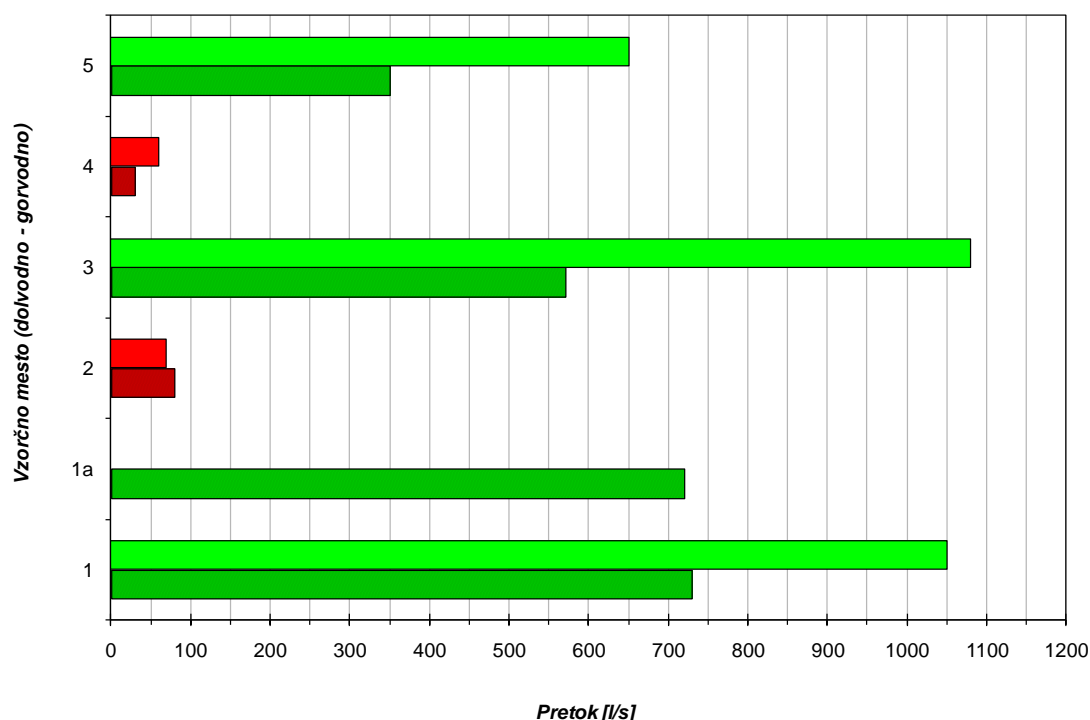
V sušnem obdobju leta 2011 smo temperaturo izmerili na šestih vzorčenih odsekih. Dodatne meritve temperature z namenom primerjave smo enako kot v vodnatem obdobju opravili tik pod VM 2 in tik nad VM 3. Tudi v poletnem času vzorčenja so meritve pokazale spreminjanje temperature na posameznih vzorčnih mestih. Najnižjo temperaturo smo izmerili na najvišje ležečem vzorčnem mestu VM 5 in na dolvodno ležečem VM 1a; na obeh vzorčnih mestih smo izmerili 13,8 °C.

Najvišjo temperaturo vode smo izmerili na VM 2, ki je bil pod vplivom odvzema vode za MHE, ter na lokaciji tik nad gorvodno mejo odseka VM 3, kjer se je prav tako izvajal odvzem vode. Na obeh vzorčnih mestih smo izmerili 13,8 °C.

Največja je bila temperaturna razlika med odsekoma brez odvzemov vode (VM 1a in VM 5) v primerjavi z odsekoma, kjer se je izvajal odvzem vode (VM 2 in VM 3) in je znašala 1,5 °C. Temperaturne razlike med vzorčnimi mesti smo prikazali v grafu (Slika 34).

#### 4.1.2 Oplotnica - pretok

V vodnatem obdobju leta 2010 smo temperaturo izmerili na petih vzorčenih odsekih, v sušnem obdobju leta 2011 pa na šestih vzorčenih odsekih. Meritve so pokazale velike spremembe pretoka na posameznih odsekih. Razlike med izmerjenimi pretoki v sušnem in vodnatem obdobju ter med posameznimi vzorčnimi mesti smo grafično prikazali v skupnem grafu (Slika 35).



Slika 35: Grafični prikaz meritev pretokov na vzorčnih mestih v vodnatem obdobju (oktober 2010) in sušnem obdobju (avgust 2011). Pretoki na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za obratovanje MHE, so označeni z rdečo, na odsekih, kjer odvzemov vode ni bilo, pa z zeleno. Sušno obdobje je posebej označeno s šrafuro.

Že v času vzorčenja smo lahko opazili bistvene razlike v količini vode, ki je na različnih vzorčenih odsekih tekla po strugi Oplotnice. Opažanja smo potrdili z meritvami pretoka.

Rezultati meritev v vodnatem obdobju leta 2010 so pokazali višje vrednosti na odsekih, kjer ni bilo odvzemov vode. Najnižji pretok v količini 60 L/s smo izmerili na VM 4, kjer je v času vzorčenja obratovala MHE Oplotnica (Elektro Oven), drugi najnižji pretok v količini 70 L/s pa pričakovano na VM 2, kjer je obratovala MHE Šolar.

Naravni pretok na najbolj gorvodno ležečem VM 5 je znašal 650 L/s, na najnižje ležečem VM 1 pa 1050 L/s. Razlika v pretoku med geografsko najvišje ležečima VM 5 (897 m n.m.) in VM 4 (740 m n.m.) je znašala 590 L/s, medtem ko je bila razlika med geografsko najnižje ležečima VM 2 (431 m n.m.) in VM 1 (378 m n.m.) kar 980 L/s. Izmerjeni pretok na odseku VM 4 je bil 10,8 - krat manjši kot pretok na VM 5; izmerjeni pretok na VM 2 je bil 15 - krat manjši kot pretok na VM 1.

Podobne razlike v vodnatosti smo opazili tudi v sušnem obdobju leta 2011, ko so bili pretoki Oplotnice že po naravni poti nižji. Tudi v poletnem času so bili pretoki višji na odsekih brez odvzemov vode. Podobno kot v vodnatem obdobju smo najnižji pretok izmerili na VM 4, kjer je v času vzorčenja obratovala MHE, in je znašal 30 L/s. Količinsko drugi najnižji izmerjeni pretok je bil izmerjen na VM 2, in je znašal 80 L/s.

Naravni pretok na VM 5 je v času vzorčenja znašal 350 L/s, na VM 1, ki je bil najbolj dolvodni vzorčeni odsek, pa smo izmerili pretok v količini 730 L/s.

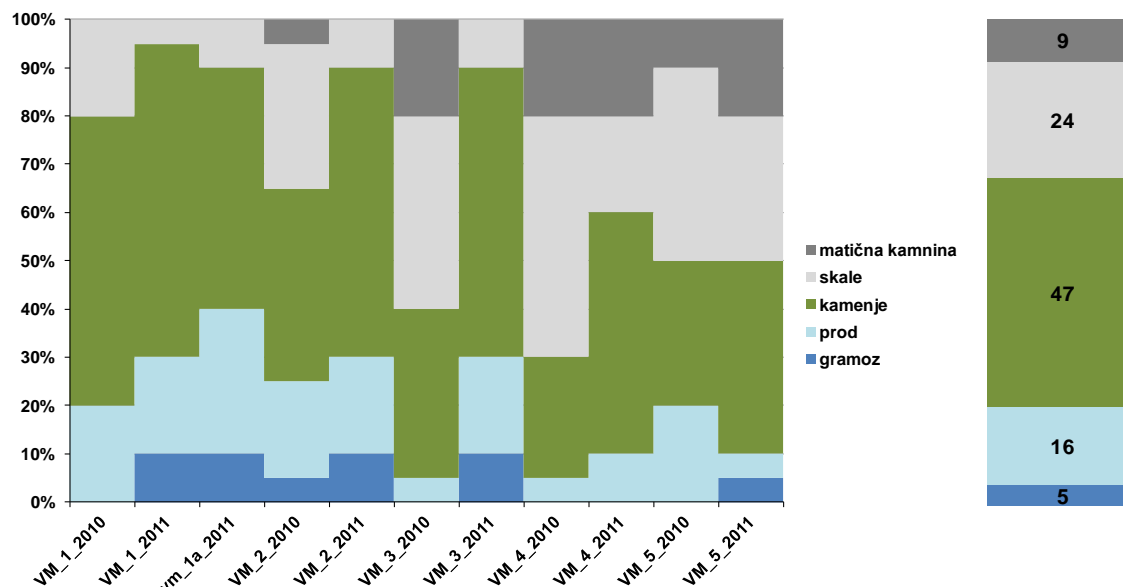
Razlika v pretoku med geografsko najvišje ležečima VM 5 in VM 4 je v letu 2011 znašala 320 L/s, medtem ko je razlika med geografsko najnižje ležečima VM 2 in VM 1 znašala 650 L/s. Izmerjeni pretok na odseku VM 4 je bil 11,6- krat manjši kot pretok na VM 5; izmerjeni pretok na VM 2 je bil 9,1-krat manjši kot pretok na VM 1.

V letu 2011 smo dodatno izvedli vzorčenje na odseku VM 1a; meritve pretoka niso pokazale bistvene razlike med VM 1 in VM 1a; razlika je znašala 10 L/s.

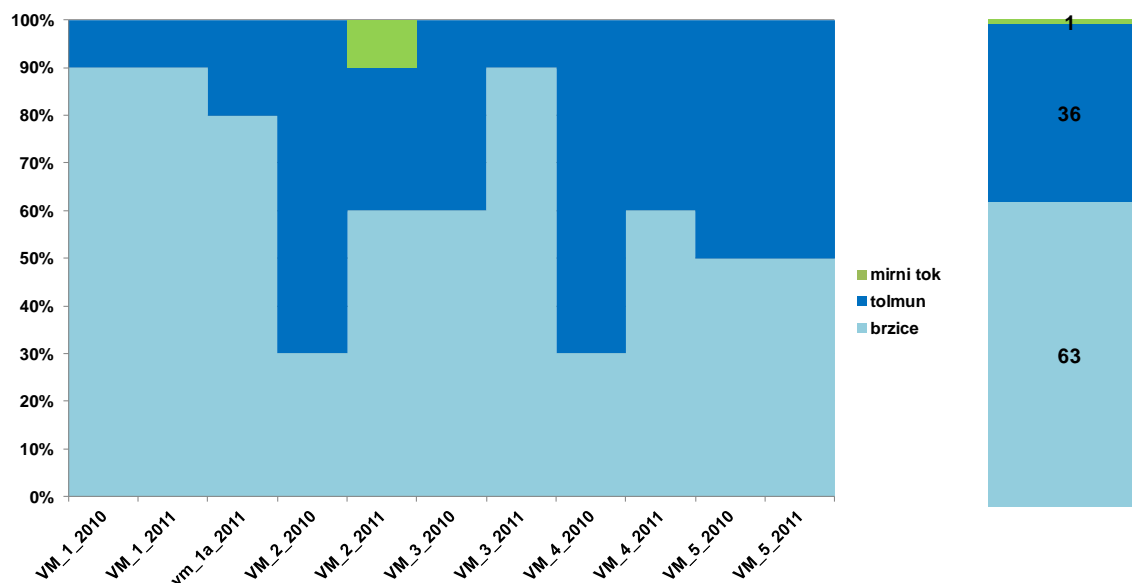
#### **4.1.3 Oplotnica – substrat in tip vodnega toka**

Na vseh vzorčenih odsekih smo v vodnatem in sušnem obdobju ocenili in popisali deleže velikostnih razredov substrata in tip vodnega toka. Deleže substratov in tipov vodnega toka smo ocenjevali vizualno, zato je bila ocena do določene mere subjektivna. Poleg dejstva, da je vizualna ocena odvisna od popisovalca, je odvisna tudi od naravne prodonosnosti in trenutne vodnatosti. Kljub temu se ocena sestave substrata na posameznih vzorčenih odsekih reke Oplotnice v dveh zaporednih letih večinoma ne razlikuje, čeprav so oceno podali različni popisovalci. V nadaljevanju (Slika 36 in Slika 37) so grafično prikazani ocenjeni deleži substrata in deleži tipa vodnega toka na vzorčenih odsekih, zaradi boljše vizualne predstave pa so natančneje podani v poglavju, kjer so opisane lastnosti posameznega vzorčenega odseka (Slike 14 do Slika 23).

Čarf, M. Vpliv malih hidroelektrarn na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758).  
Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2016



Slika 36: Grafični prikaz in primerjava ocenjenih deležev velikostnih razredov substrata na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letih 2010 in 2011 (levo) in skupno povprečje posameznega velikostnega razreda substrata v reki Oplotnici (desno).



Slika 37: Grafični prikaz in primerjava ocenjenih deležev tipov vodnega toka na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letih 2010 in 2011 (levo) in skupno povprečje posameznega tipa vodnega toka v reki Oplotnici (desno).

## 4.2 OPLOTNICA – VZORČENJE RIB

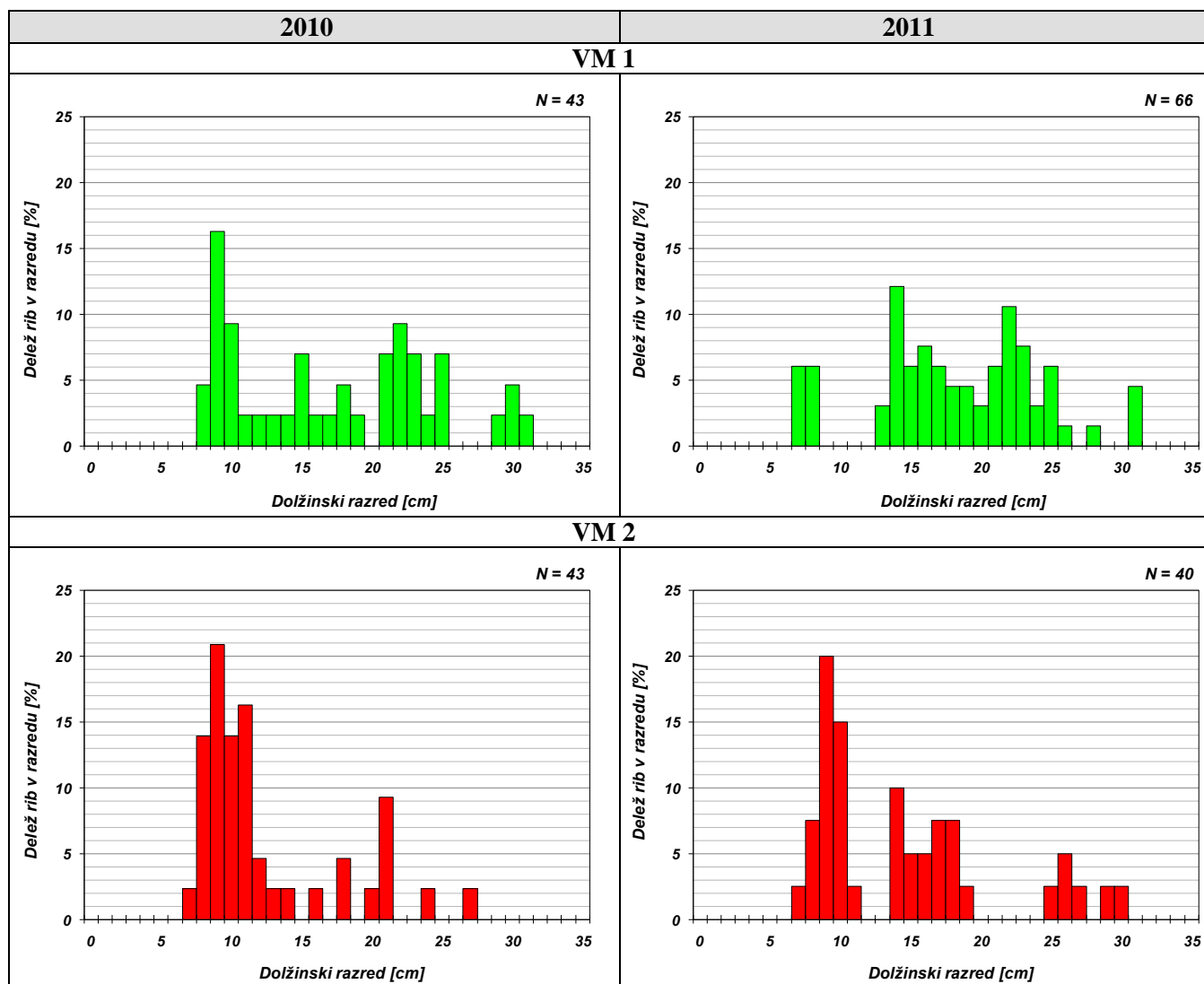
Vzorčenje rib z elektroribolovom smo izvedli v vodnatem obdobju, v oktobru leta 2010 in v sušnem obdobju, v avgustu leta 2011. V vodnatem obdobju smo vzorčenje rib izvedli na petih (5) vzorčenih odsekih, v sušnem pa na šestih (6) vzorčenih odsekih.

Preglednica 11: Rezultati vzorčenja rib na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica znotraj celotnega vzorčenega območja v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011.

Leto	Parameter	Vzorčno mesto					
		<i>1</i>	<i>1a</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
2010	Odvzem vode (ne/da)	ne	-	da	ne	da	ne
	Število ujetih rib (N)	43	-	43	71	50	112
	Številčnost (N/ha)	601	-	1165	1116	865	1739
	Biomasa (kg/ha)	45	-	30	57	22	63
		Vzorčno mesto					
2011		<i>1</i>	<i>1a</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
	Odvzem vode (ne/da)	ne	ne	da	ne	da	ne
	Število ujetih rib (N)	66	72	40	82	37	77
	Številčnost (N/ha)	868	1097	891	1237	1149	1723
	Biomasa (kg/ha)	68	65	43	47	45	66

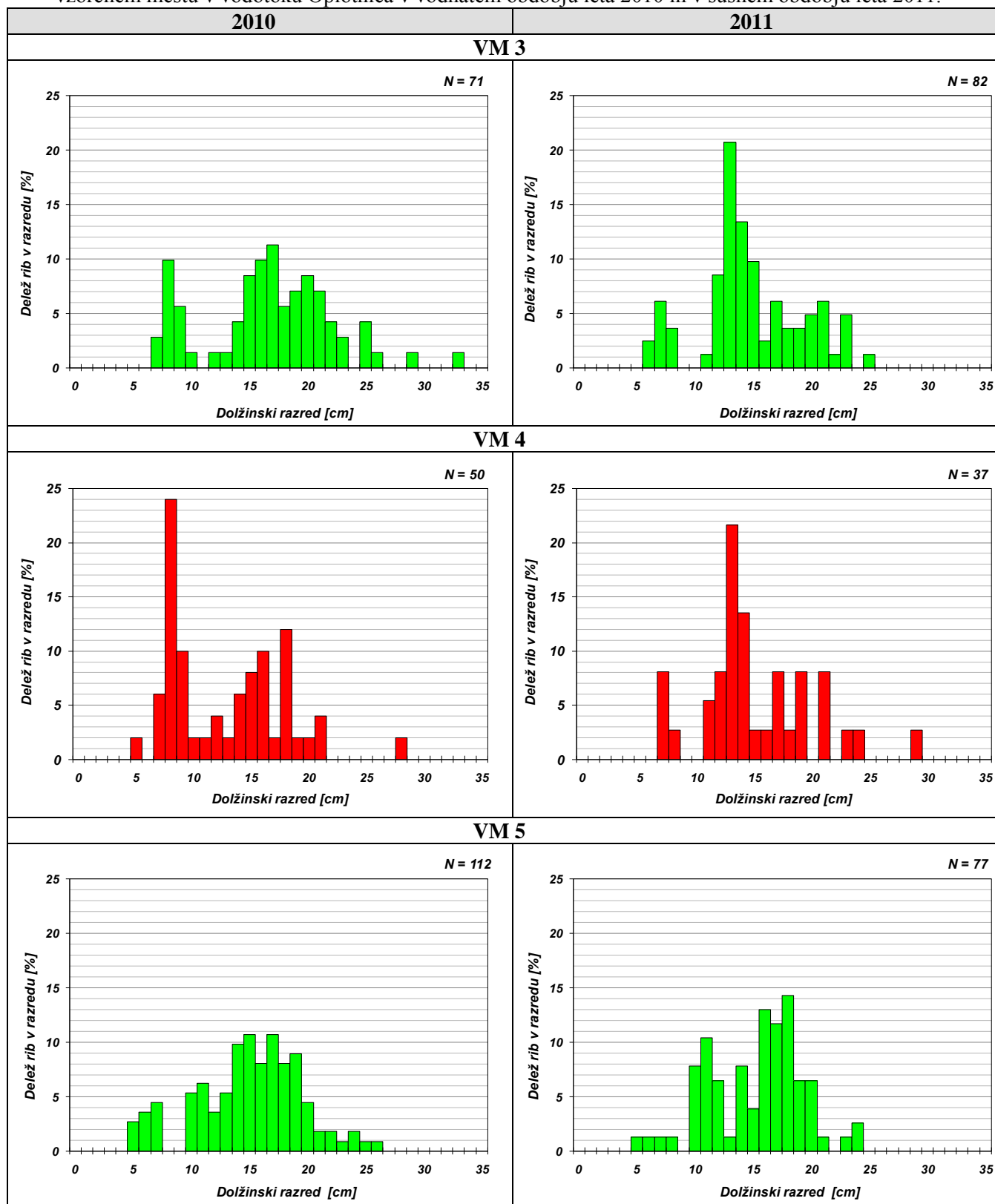
Vzorčenje rib v vodnatem in sušnem obdobju je pokazalo, da se rezultati, pridobljeni z elektroribolovom rib na posameznih vzorčenih odsekih razlikujejo. Vzorčna mesta so se med seboj razlikovala v številu ujetih rib, njihovi dolžini in teži. Posledično so se vzorčna mesta razlikovala v ocenjeni gostoti naseljenosti, kar se je pokazalo tako pri izračunu ocene številčnosti rib (N/ha) kot ocene skupne biomase rib (kg/ha). S statističnim dvostranskim Studentovim t – testom pri različnih stopnjah tveganja ( $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$  in  $p \leq 0,001$ ) smo iskali statistično značilne razlike v številčnosti in biomasi rib, ujetih na različnih vzorčnih mestih. Pri primerjavi biomase rib v obeh letih smo ugotovili statistično značilno manjšo biomaso rib (pri  $p \leq 0,05$ ) na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za delovanje MHE.

Preglednica 12: Grafični prikaz in primerjava deležev rib v dolžinskih razredih na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011.



se nadaljuje

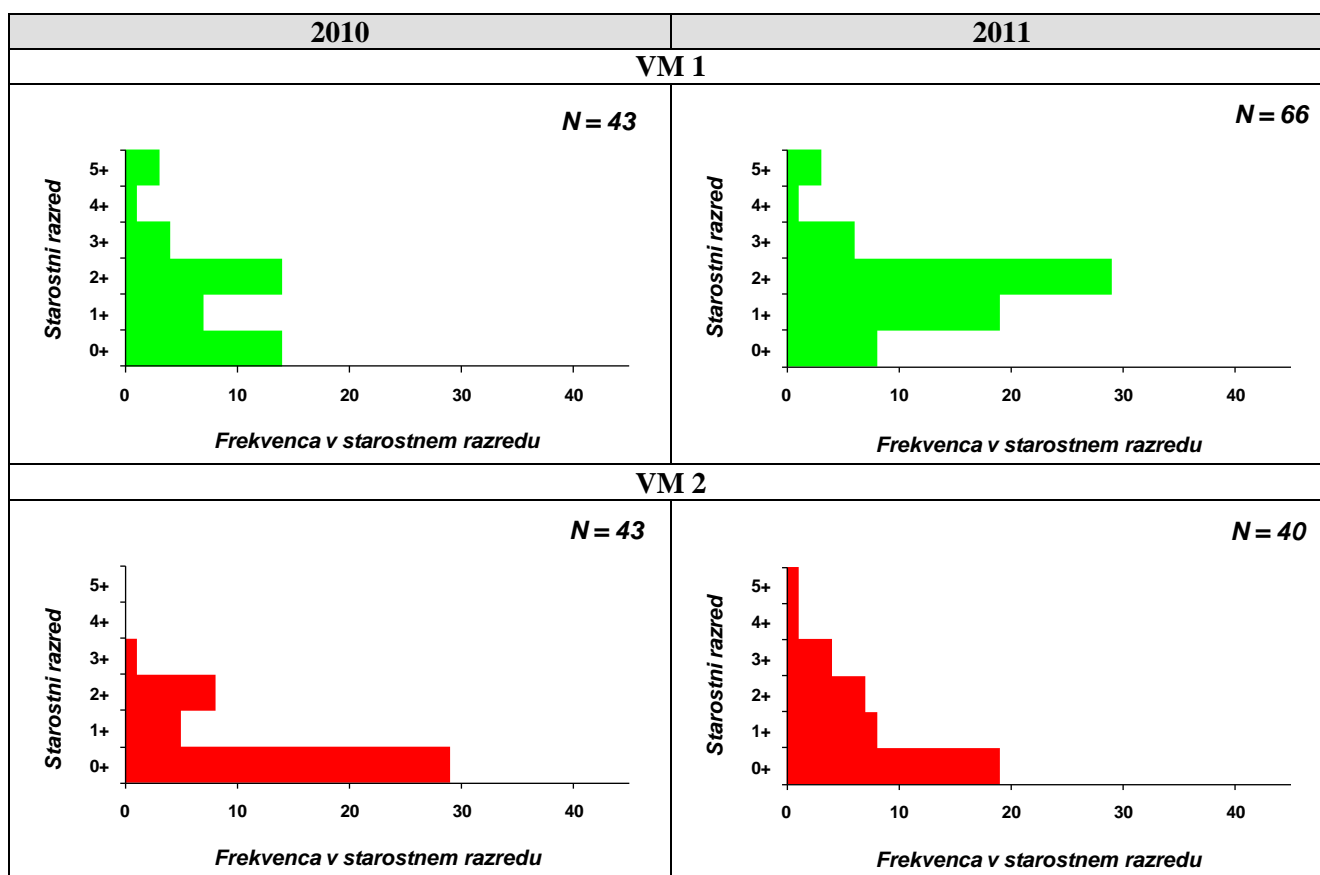
nadaljevanje Preglednice 12: Grafični prikaz in primerjava deležev rib v dolžinskih razredih na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011.





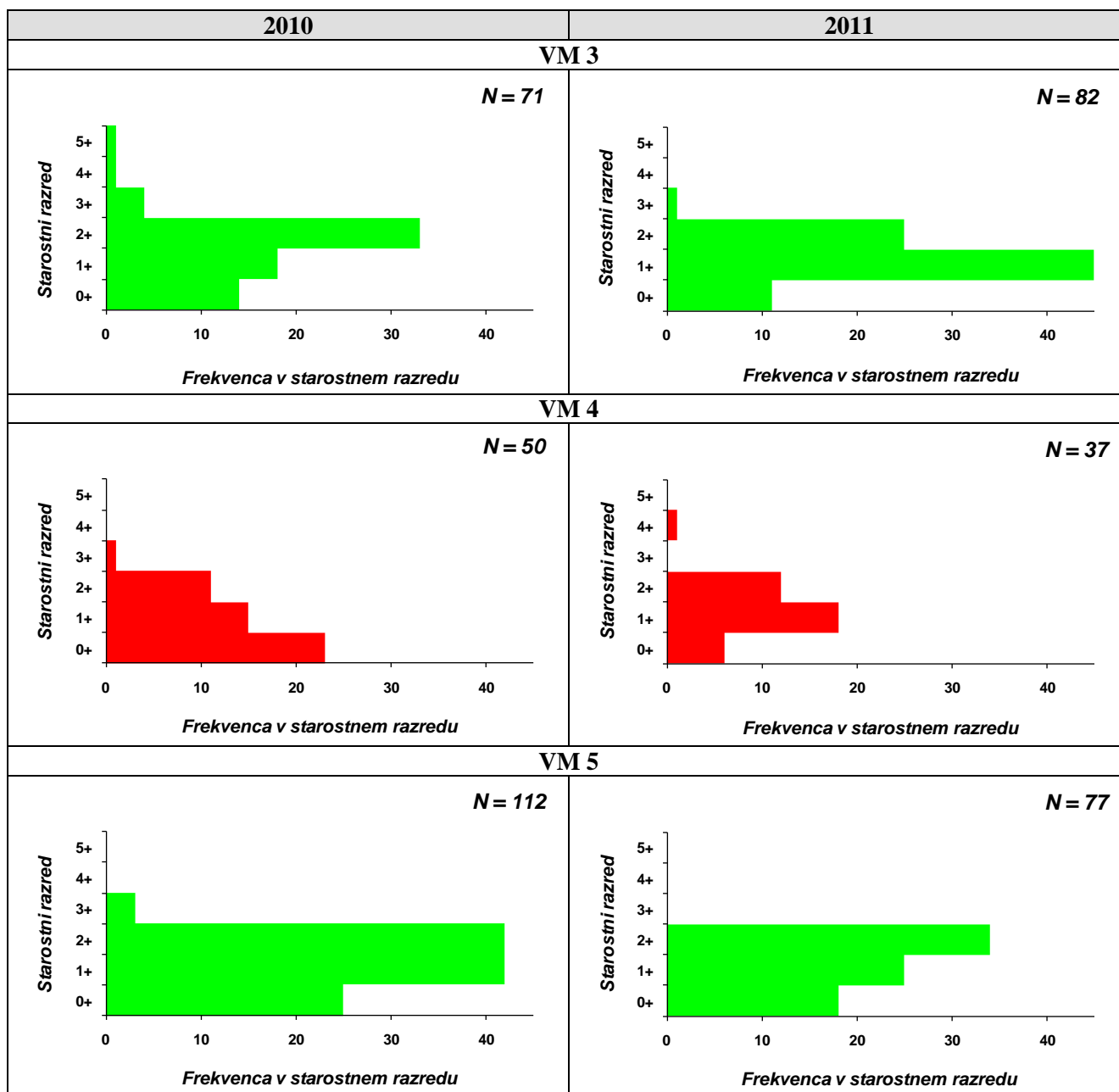
Zaradi lažje predstave o strukturi populacije potočne postrvi smo se odločili prikazati starostno strukturo rib na posameznem vzorčnem mestu. Vsaki potočni postrvi smo glede na izmerjeno celotno telesno dolžino določili starost. Starostne razrede potočne postrvi smo privzeli po Slatinšek (2008). Grafični prikaz števila rib v posameznem starostnem razredu kaže na razlike med posameznimi vzorčnimi mesti ter tudi razliko med vzorčenjem v vodnatem in sušnem obdobju leta. Število ujetih rib na posameznih VM je različno, najbolj popolna starostna struktura populacije potočne postrvi je bila v sušnem in vodnatem obdobju na VM 1, VM 3 in VM 5.

Preglednica 13: Grafični prikaz števila rib v starostnih razredih na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplopnica v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011.



se nadaljuje

nadaljevanje Preglednice 13: Grafični prikaz števila rib v starostnih razredih na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011.



Primerjava deležev juvenilnih potočnih postrvi (starostni razredi 0+ do 1+) na odsekih z odvzemom vode in na odsekih brez odvzemov vode je pokazala statistično značilno večje število manjših, juvenilnih rib do starosti 1+ (dvostranski *Studentov t – test* pri  $p \leq 0,01$ ) na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za delovanje MHE.

Statistično značilna je tudi razlika v deležu večjih spolno zrelih potočnih postrvi na odsekih z odvzemom vode in na odsekih brez odvzemov vode. Primerjava je pokazala statistično značilno večje število večjih, spolno zrelih rib starostnih kategorij 2+, 3+, 4+ in 5+ (dvostranski *Studentov t – test* pri  $p \leq 0,01$ ), s tem, da je bilo značilno večje število večjih rib na odsekih, kjer ni bilo odvzemov vode iz struge Oplotnice.

### **Rezultati vzorčenja rib v vodnatem obdobju**

Dolžina vseh potočnih postrvi, ujetih na vseh vzorčenih odsekih v vodnatem obdobju, je znašala med 5 in 33 cm. Iz prikaza deležev ujetih rib v posameznem dolžinskem razredu (histogrami) in razporeditve različno velikih rib je razvidno, da so med vzorčenimi odseki razlike. Na vzorčnih mestih, ki sta bila pod vplivom odvzemov vode (VM 2 in VM 4), je populacija rib neenakomerno razporejena. Število velikostnih razredov, v katerih ni bilo ujetih rib, je večje na vzorčnih mestih, kjer se izvajajo odvzemi vode. Prav tako smo ugotovili, da je delež ujetih rib, večjih od 25 cm, majhen, rib v velikostnih razredih 30 cm ali več pa sploh ni. Ugotovili smo, da je bil v letu 2010 pri istem številu ujetih rib delež manjših rib večji na odseku z odvzemom vode (VM 2) kot na odseku brez odvzema vode (VM 1). Podobno neenakomerno razporeditev različno velikih rib smo ugotovili tudi na VM 4, kjer znaša delež rib v dolžinskem razredu 24 %, medtem ko je večjih rib bistveno manj. 49 od skupno 50 rib je bilo manjših od 22 cm, v 8 dolžinskih razredih smo ujeli le eno ribo; prav tako smo ujeli le eno ribo dolžine 28 cm.

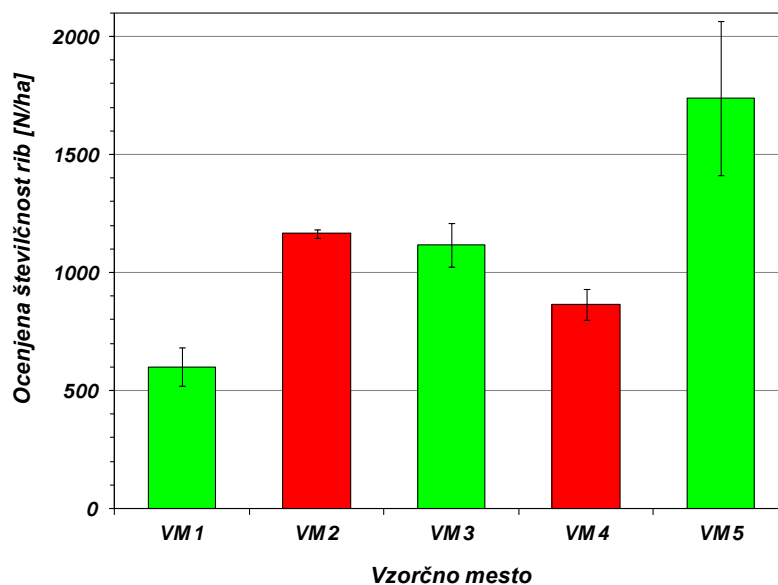
### **Rezultati vzorčenja rib v sušnem obdobju**

Tudi v sušnem obdobju so rezultati vzorčenja rib pokazali podobno sliko kot v vodnatem. Dolžina vseh potočnih postrvi, ujetih na vseh vzorčenih odsekih v vodnatem obdobju, je znašala med 4 in 31 cm. Rezultati vzorčenja rib v sušnem obdobju so pokazali podobno strukturo populacije rib na VM 2 in VM 4, kjer se je izvajal odzem vode – višji delež manjših osebkov (histogram). Izpostaviti je treba, da je tudi na VM 3, kjer ni odvzema vode, struktura populacije rib podobna kot na VM 2 in VM 4.

V vodnatem obdobju smo na VM 5, VM 4 in VM 2 v primerjavi s sušnim obdobjem ujeli več rib na istih odsekih, na ostalih vzorčnih mestih pa manj. Absolutna razlika v številu ujetih rib v različnih obdobjih vzorčenja (v letih 2010 in 2011) je na VM 1 znašala 23 rib, na VM 2 je znašala 3 ribe, na VM 3 11 rib, na VM 4 13 rib in na VM 5 35 rib.

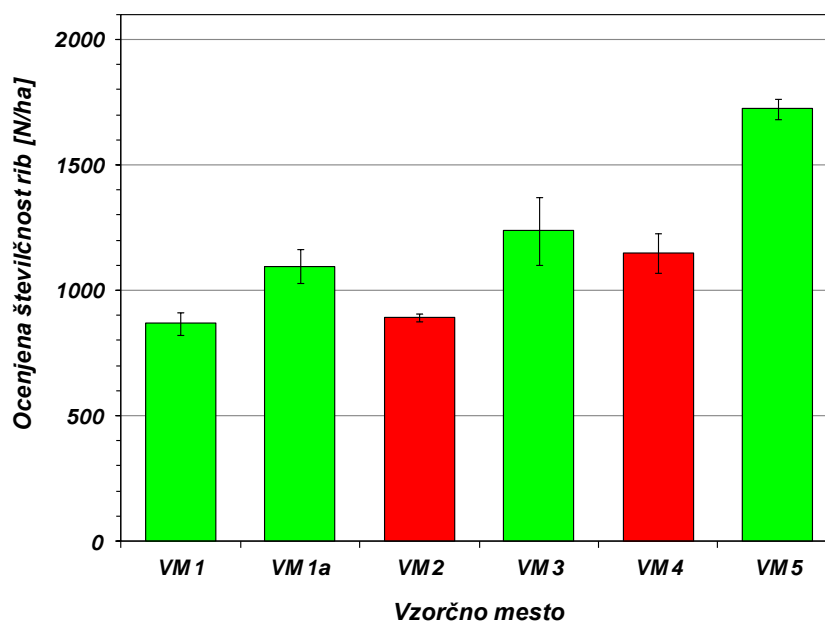
Rezultati ocenjene številčnosti rib so prikazani v skupni preglednici (Preglednica 11). Ocenjeno številčnost rib, ki smo jo prikazali kot število rib na površinsko enoto (N/ha) za vsako posamezno VM, smo grafično prikazali na slikah (Slika 38 in Slika 39)

V obeh obdobjih vzorčenja je bila najvišja ocenjena številčnost rib na VM 5; v vodnatem obdobju je bila na tem vzorčnem mestu naseljenost rib 1739 rib/ha, v sušnem pa 1723 rib/ha. Najnižja številčnost je bila v obeh sezonah ocenjena na VM 1 in je znašala v vodnatem obdobju 601 rib/ha, v sušnem pa 868 rib/ha.



Slika 38: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot številčnosti rib (N/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2010. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja.

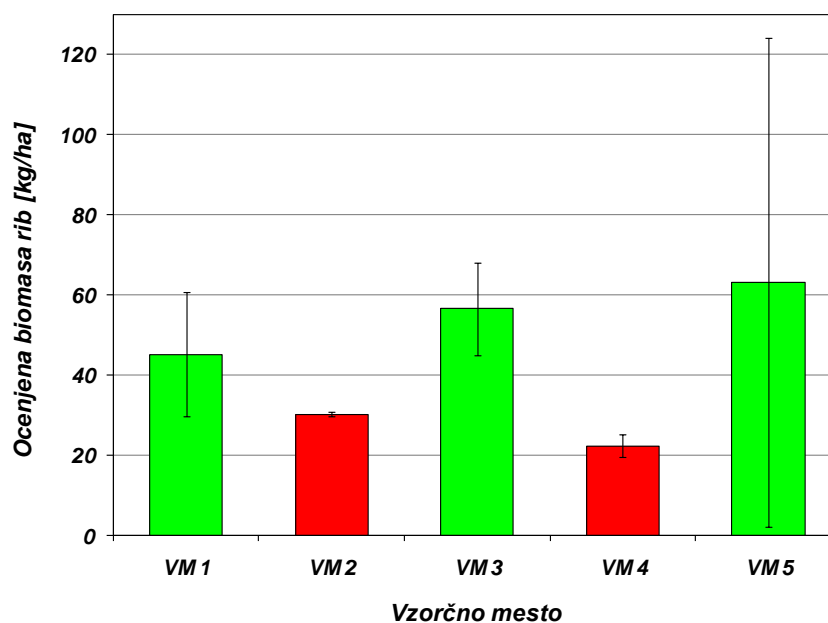
V letu 2010 je bila na VM 2, kjer se je izvajal odvzem vode, ocenjena številčnost rib večja kot na VM 1 in VM 3, kjer odvzema vode ni bilo. Številčnost na VM 1 je bila v vodnatem delu leta nižja tudi od ocenjene številčnosti na VM 4, kjer je bil odvzem vode.



Slika 39: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot številčnosti rib (N/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2011. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja.

V letu 2011 je bila najnižja ocenjena številčnost rib na VM 1 (868 rib/ha), druga najnižja pa na VM 2 (891 rib/ha). Ocenjena številčnost rib na VM 4, kjer se je izvajal odvzem vode, je znašala 1149 rib/ha in je bila višja od ocenjene številčnosti na VM 1 (868 rib/ha) in VM 1a (1097 rib/ha), kjer odvzema vode ni bilo.

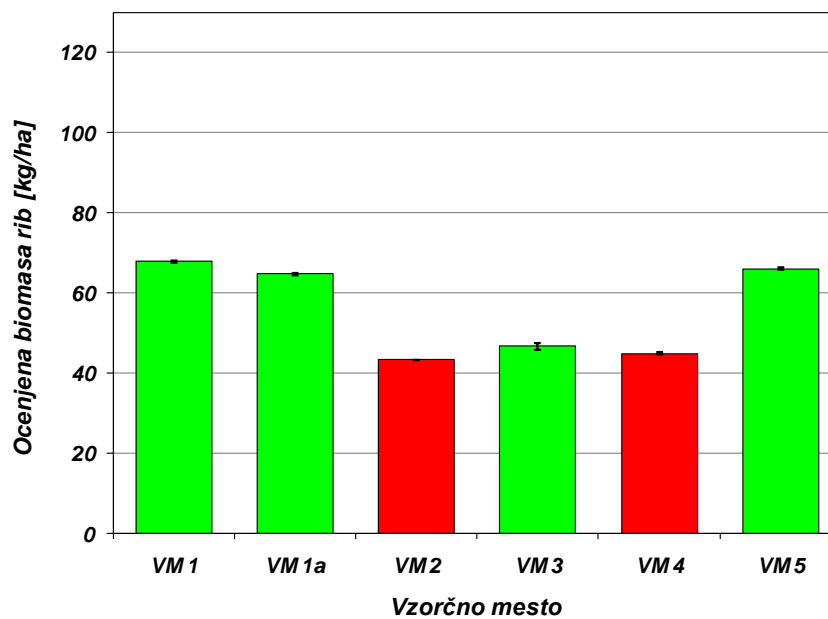
Analizirali smo tudi gostoto biomase rib v obeh sezonah vzorčenja na vseh vzorčnih mestih. Rezultati ocenjene številčnosti rib so prikazani v skupni preglednici (Preglednica 11). Ocenjeno biomaso rib, ki smo jo prikazali kot maso rib na površinsko enoto (kg/ha) za vsako posamezno VM, smo grafično prikazali na Slika 40 in Slika 41.



Slika 40: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot biomasa rib (kg/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2010. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja.

Tako v vodnatem obdobju leta 2010 kot v sušnem obdobju leta 2011 je bila ocenjena skupna biomasa rib brez izjem nižja na odsekih VM 2 in VM 4, kjer se je izvajal odvzem vode. Ocenjena biomasa rib na odsekih pod vplivom odvzemov vode v nobenem od vzorčenj ni presegla gostote biomase rib na odsekih, kjer odvzemov vode ni bilo. Ocenjena biomasa rib je v vodnatem obdobju dosegala nižje vrednosti kot v sušnem, če primerjamo med sabo ista vzorčna mesta. Izjema je VM 3, kjer je bila gostota rib, izražena kot skupna biomasa, v vodnatem obdobju za 10 kg/ha večja kot v sušnem.

V vodnatem obdobju je bila največja ocenjena biomasa rib na VM 5 in je znašala 63 kg/ha, v sušnem obdobju pa je bila največja ocenjena biomasa rib na VM 1, in sicer 68 kg/ha, kar predstavlja tudi največjo ocenjeno biomaso rib na vseh vzorčnih mestih v obeh sezonah vzorčenja. Najnižja ocenjena biomasa rib v letu 2010 je bila na VM 4, in sicer 22 kg/ha, kar predstavlja najmanjšo ocenjeno biomaso rib na vseh vzorčnih mestih v obeh sezonah vzorčenja. V sušnem obdobju leta 2011 je bila najnižja ocenjena biomasa rib na VM 2 in je znašala 43 kg/ha. V sušnem obdobju je bila podobno nizka gostota rib tudi na VM 4 (45 kg/ha) in na VM 3 (47 kg/ha), kar je razvidno iz grafičnega prikaza (Slika 41).



Slika 41: Grafični prikaz gostote naseljenosti, ocenjene kot biomasa rib (kg/ha) na posameznem vzorčenem odseku (VM 1 - 5) v letu 2011. Z linijo je označen 95 % interval zaupanja.

#### 4.3 LOBNICA – ABIOTSKI DEJAVNIKI IN VZORČENJE RIB

Reko Lobnico smo vzorčili v sušnem obdobju leta 2011, in sicer na enem odseku dolžine 100 m. Na širšem obravnavanem območju ni bilo odvzemov vode, ki bi se izvajali za rabo vode v MHE ali za druge namene posebne rabe voda.

Enako kot na vzorčnih mestih na Oplotnici smo tudi na Lobnici opravili meritve izbranih fizikalno kemijskih lastnosti vode, izmerili smo pretok in izvedli vzorčenje rib. Rezultati fizikalno kemijskih meritev in merjenja pretoka so prikazani v preglednici (Preglednica 14).

Preglednica 14: Rezultati meritev izbranih fizikalnih in kemijskih lastnosti vode na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica znotraj celotnega vzorčenega odseka v vodnatem obdobju leta 2010 in v sušnem obdobju leta 2011.

<i>Parameter</i>	<i>Vzorčno mesto Lobnica</i>
Odvzem vode (ne/da)	ne
Globina meritve (cm)	15
pH	7,4
O <sub>2</sub> raztopljen (mg/L)	9,2
O <sub>2</sub> nasičenost (%)	99
Električna prevodnost (μS/cm)	58,5
Temperatura (°C)	16,4
Pretok (L/s)	650

Meritve fizikalno kemijskih lastnosti vode smo opravili na globini 15 cm. Izmerjeni pH vode v sušnem obdobju je znašal 7,4. Vrednost je podobna tistim, ki smo jih v tem obdobju vzorčenja izmerili na reki Oplotnici.

Izmerjena koncentracija kisika v vodi je znašala 9,2 mg/L, kar predstavlja 99 % nasičenost vode s kisikom. Tudi koncentracija v vodi raztopljenega kisika je bila podobna vrednostim, izmerjenim pri vzorčenju reke Oplotnice.

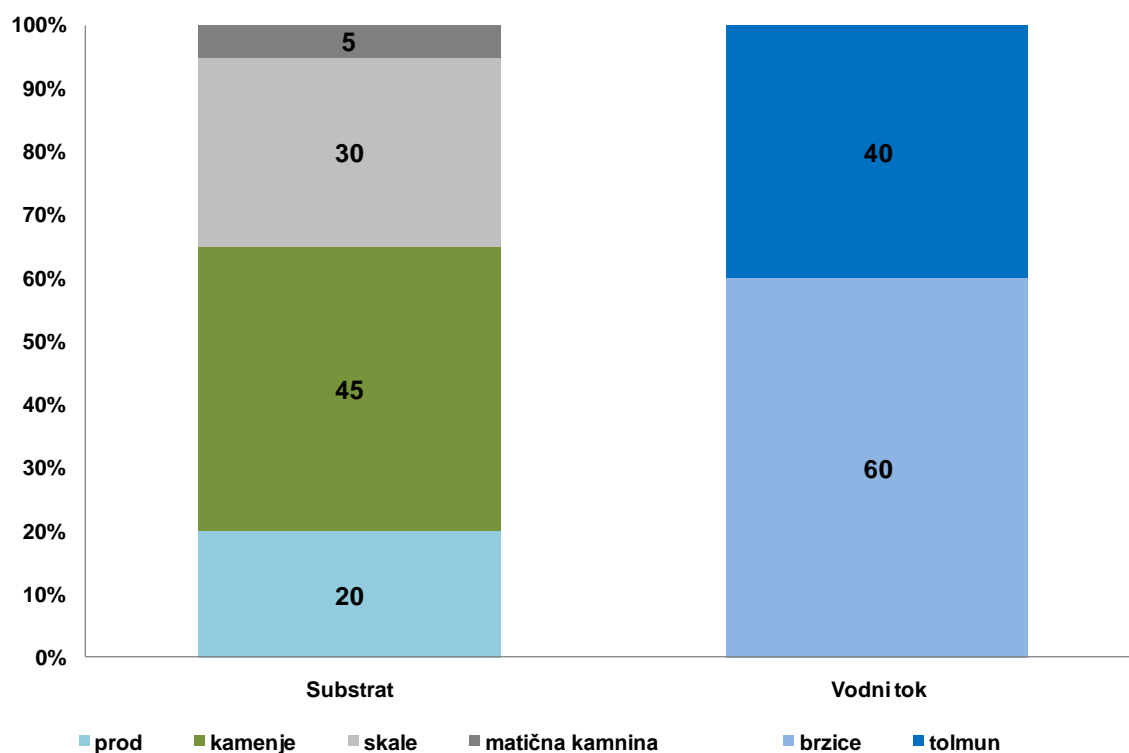
Električna prevodnost vode, ki je odvisna od koncentracije raztopljenih trdnih snovi, je na vzorčnem mestu v sušnem obdobju znašala 58,5 μS/cm. Ker tudi Lobnica teče po metamorfnih in magmatskih kamninah, ki sestavljajo Pohorje, je bila podobno kot na Oplotnici električna prevodnost vode nizka.



Temperatura vode reke Lobnice je v poletnem času vzorčenja znašala 16,4 °C in je za 1,1 °C višja od najvišje izmerjene temperature na odseku Oplotnice (15,3 °C).

Kot smo navedli, so pretoki v sušnem obdobju leta običajno nižji kot v vodnatem. V strugi reke Lobnice smo v sušnem obdobju izmerili pretok v količini 650 L/s. Temu rezultatu najbližje so bile vrednosti pretokov, ki smo jih v sušnem obdobju izmerili na Oplotnici na VM 1 (730 L/s), VM 1a (720 L/s) in VM 3 (580 L/s). Na ostalih vzorčenih odsekih Oplotnice smo v sušnem obdobju izmerili bistveno nižje pretoke.

Na odseku Lobnice, ki smo ga vzorčili sušnem obdobju, smo ocenili in popisali deleže velikostnih razredov substrata in tip vodnega toka. V nadaljevanju (Slika 42) so grafično prikazani ocenjeni deleži substrata in deleži tipa vodnega toka na vzorčenem odseku. Lastnosti habitata na odseku reke Lobnice so natančneje podani v poglavju, kjer so opisane lastnosti vzorčenega odseka (Slika 25).



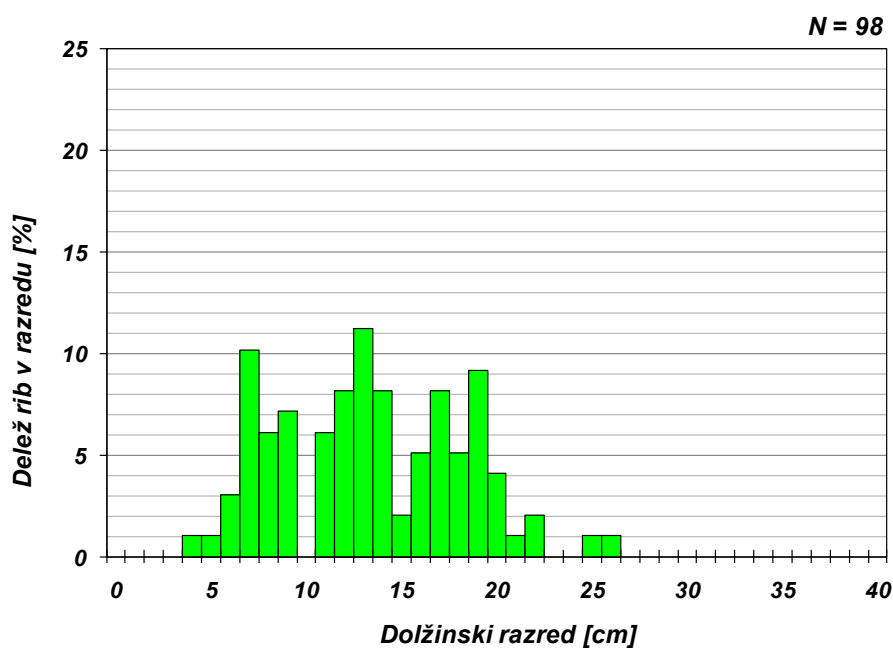
Slika 42: Grafični prikaz ocenjenih deležev velikostnih razredov substrata (levo) in ocenjenih deležev tipov vodnega toka na vzorčenem odseku Lobnice v letu 2011 (desno).

Pri vzorčenju reke Lobnice smo ujeli samo eno vrsto rib, in sicer potočno postrv (*Salmo trutta fario* Linnaeus, 1758).

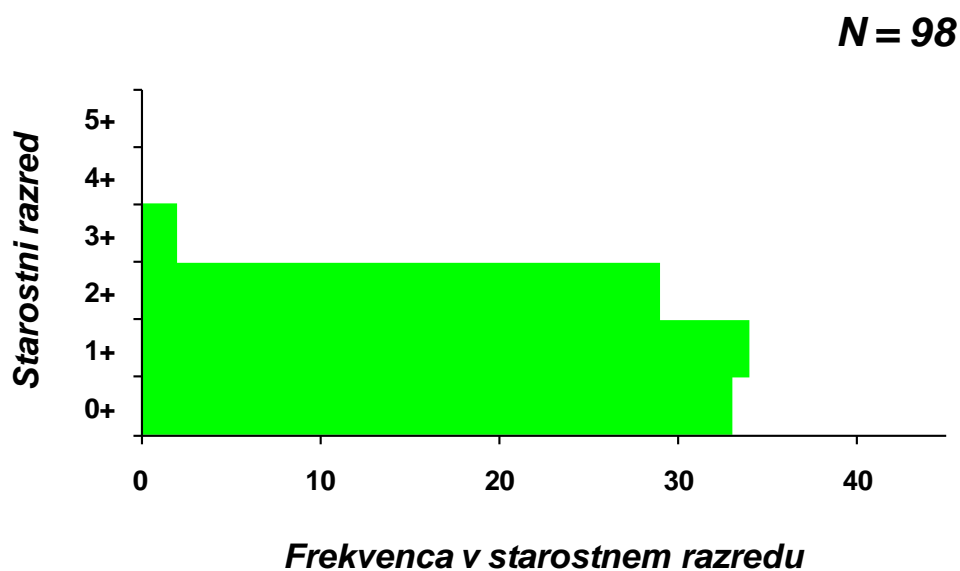
Preglednica 15: Rezultati vzorčenja rib na posameznem vzorčenem odseku v vodotoku Lobnica v sušnem obdobju leta 2011.

<i>Parameter</i>	<i>Vzorčno mesto Lobnica</i>
Odvzem vode (ne/da)	ne
Število ujetih rib (N)	98
Številčnost (N/ha)	1545
Biomasa (kg/ha)	41

Na vzorčenem odseku smo ujeli skupno 98 rib. Dolžina vseh potočnih postrvi, ujetih na vseh vzorčenih odsekih v vodnatem obdobju, je znašala med 4 in 26 cm.



Slika 43: Grafični prikaz deležev rib v dolžinskih razredih na vzorčenem odseku v vodotoku Lobnica v sušnem obdobju leta 2011.



Slika 44: Grafični prikaz števila rib v starostnih razredih na vzorčnem mestu v vodotoku Lobnica v sušnem obdobju leta 2011.

Zaradi lažje predstavljalivosti smo podatke o ujetih ribah različnih dolžin prikazali kot število rib v starostnih razredih.

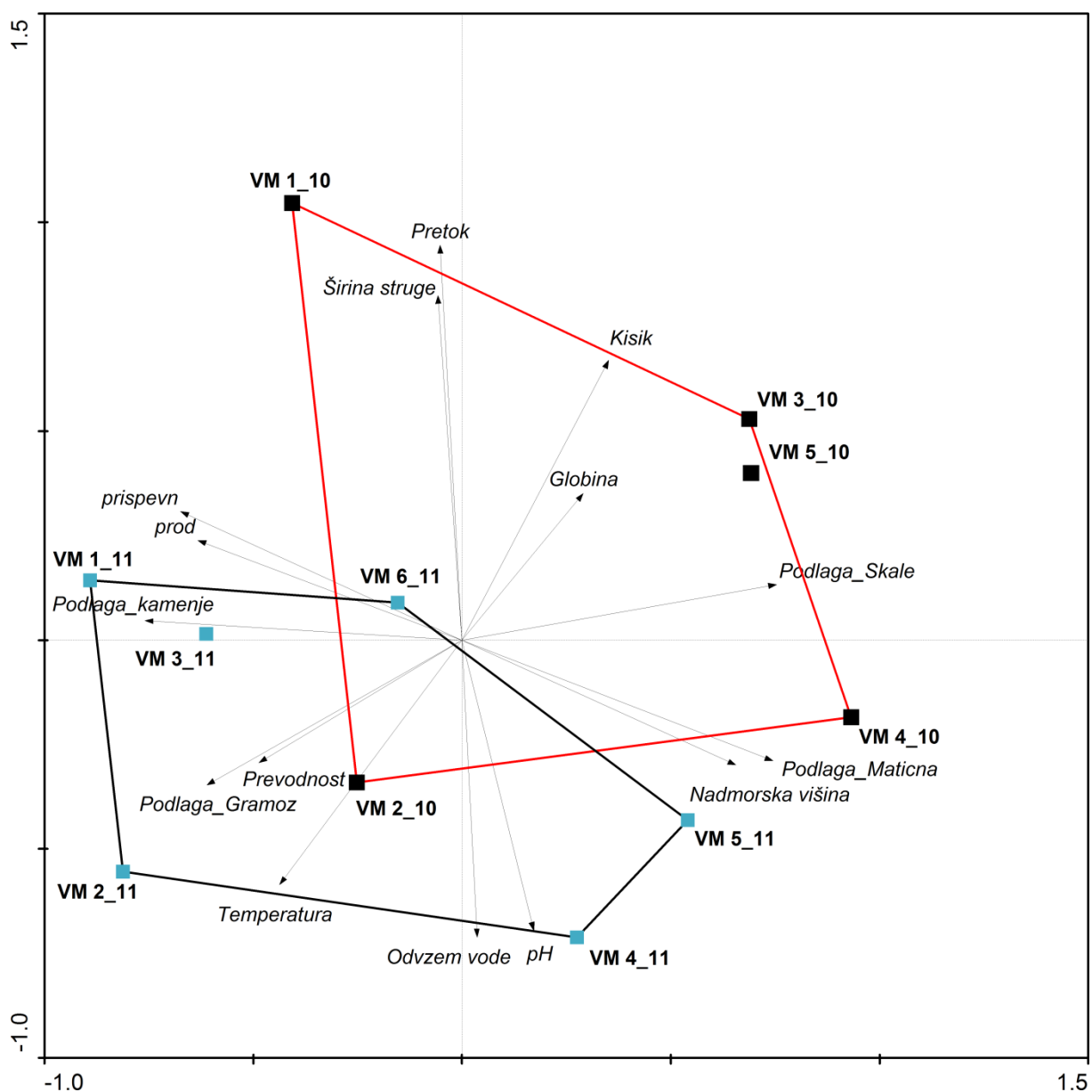
#### 4.4 REZULTATI MULTIVARIATNIH ANALIZ

##### 4.4.1 PCA analiza (metoda glavnih komponent)

PCA analiza okoljskih dejavnikov je s prvo osjo razložila 38,8 % celotne variance podatkov; z drugo osjo je razloženih 24,7 % celotne variance podatkov (Preglednica 16). Rezultati PCA analize so pokazali, da se vzorčna mesta razlikujejo predvsem na podlagi substrata, prispevne površine, nadmorske višine, pretoka, širine struge, pH in odvzema vode (Slika 45). Prvo os najbolje razložijo tip substrata, prispevna površina in nadmorska višina. Drugo os najbolje razložijo pretok, širina struge, odvzem vode in pH. Z ordinacijskega diagrama je razvidno tudi, da se vzorčna mesta razlikujejo med obema sezonama, predvsem zaradi sprememb v pretoku ter razlik v širini struge. Najbolj se med seboj razlikujeta VM 1 in VM 4, kjer smo opazili največje razlike v sestavi substrata, nadmorski višini in prispevni površini. V letu 2010 sta bili VM 3 in VM 5 podobni, kar je lahko posledica podobnosti deleža skal v substratu.

Preglednica 16: Rezultati PCA analize vseh okoljskih dejavnikov.

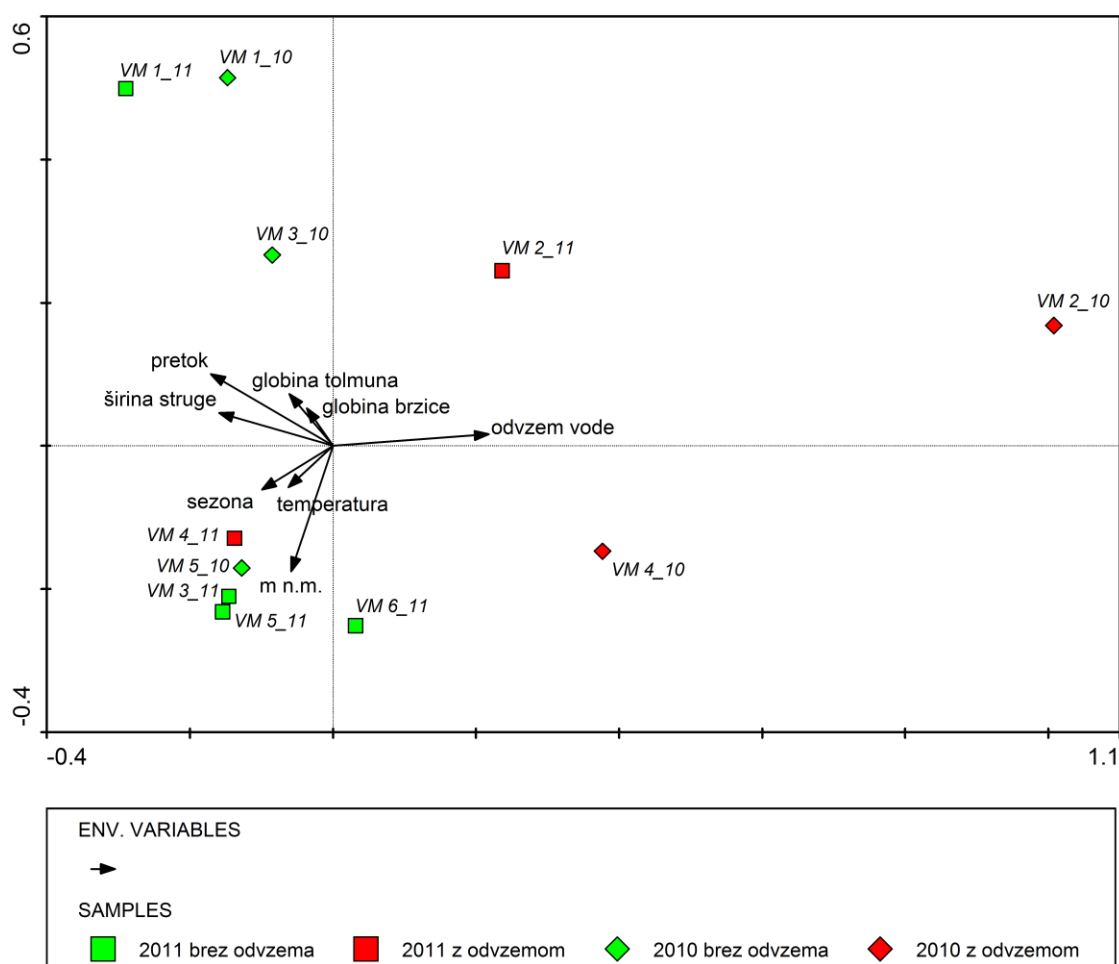
	PCA os				Skupna varianca
	1	2	3	4	
Lastne vrednosti	0.388	0.247	0.147	0.091	1.000
Kumulativni delež variance okoljskih dejavnikov	38.8	63.5	78.2	87.3	
Vsota vseh lastnih vrednosti					1.000



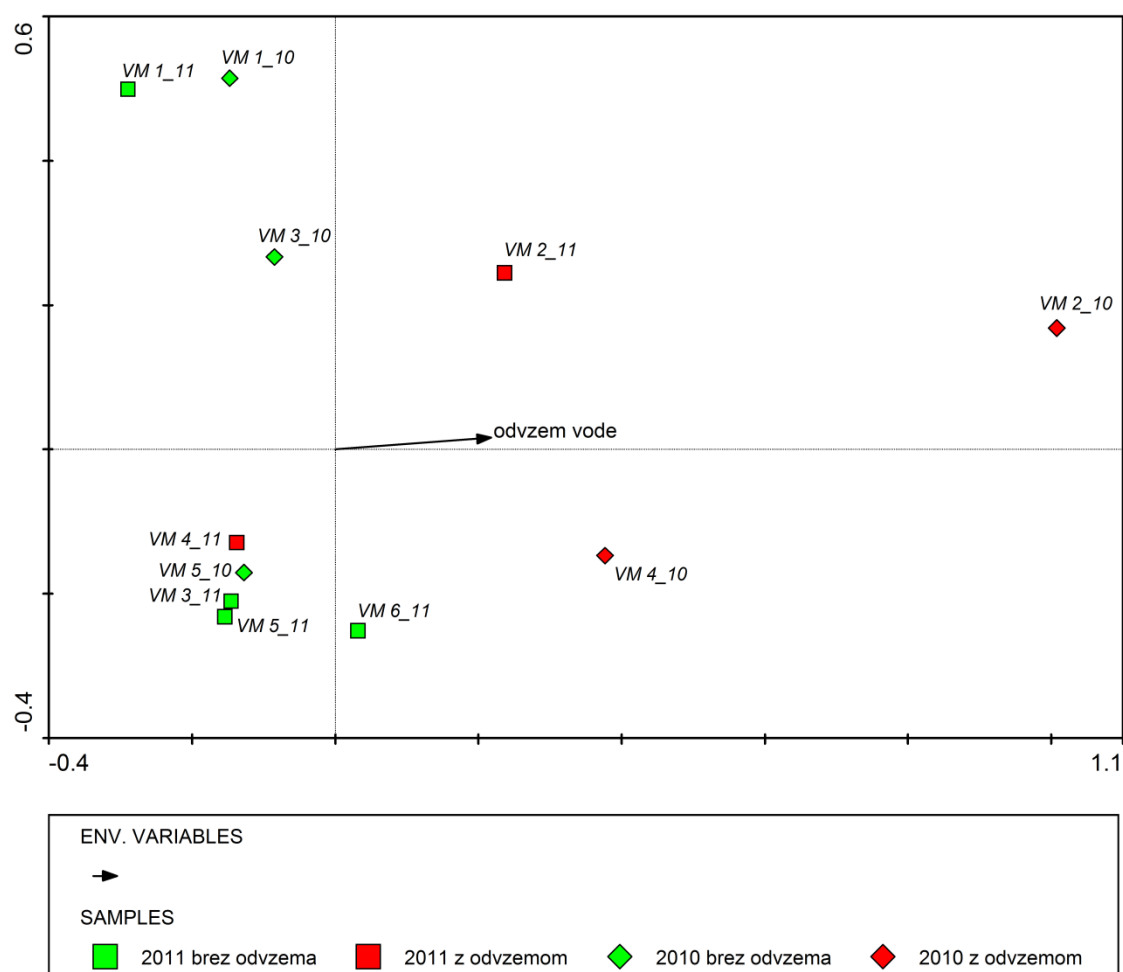
Slika 45: PCA ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (■) ter okoljske dejavnike (puščice). Horizontalna os je prva PCA os, vertikalna os je druga PCA os. Krivulji (rdeča in črna) povezujeta vzorčna mesta, vzorčena v istem letu.

#### 4.4.2 Kanonična korespondenčna analiza (CCA analiza)

CCA analiza je pokazala, da prvi dve osi razložita 87 % variabilnosti v starostni strukturi med različnimi vzorčnimi mesti razloženo z izbranimi okoljskimi dejavniki (Preglednica 17). CCA analiza soodvisnosti okoljskih dejavnikov in starostne strukture potočne postrvi na različnih vzorčnih mestih je pokazala statistično značilen vpliv odvzemov vode ( $p < 0,05$ ) na starostno strukturo potočne postrvi na različnih vzorčnih mestih (Monte Carlo permutacijski test) (Preglednica 18, Slika 47). Na razlike v starostni strukturi rib med posameznimi vzorčnimi mesti poleg odvzemov vode vpliva tudi pretok, ki ima podobno varianco in inercijo kot odzajem vode, vendar razlika ni statistično značilna. Na sliki (Slika 46) je prikazan vpliv vseh analiziranih okoljskih dejavnikov.



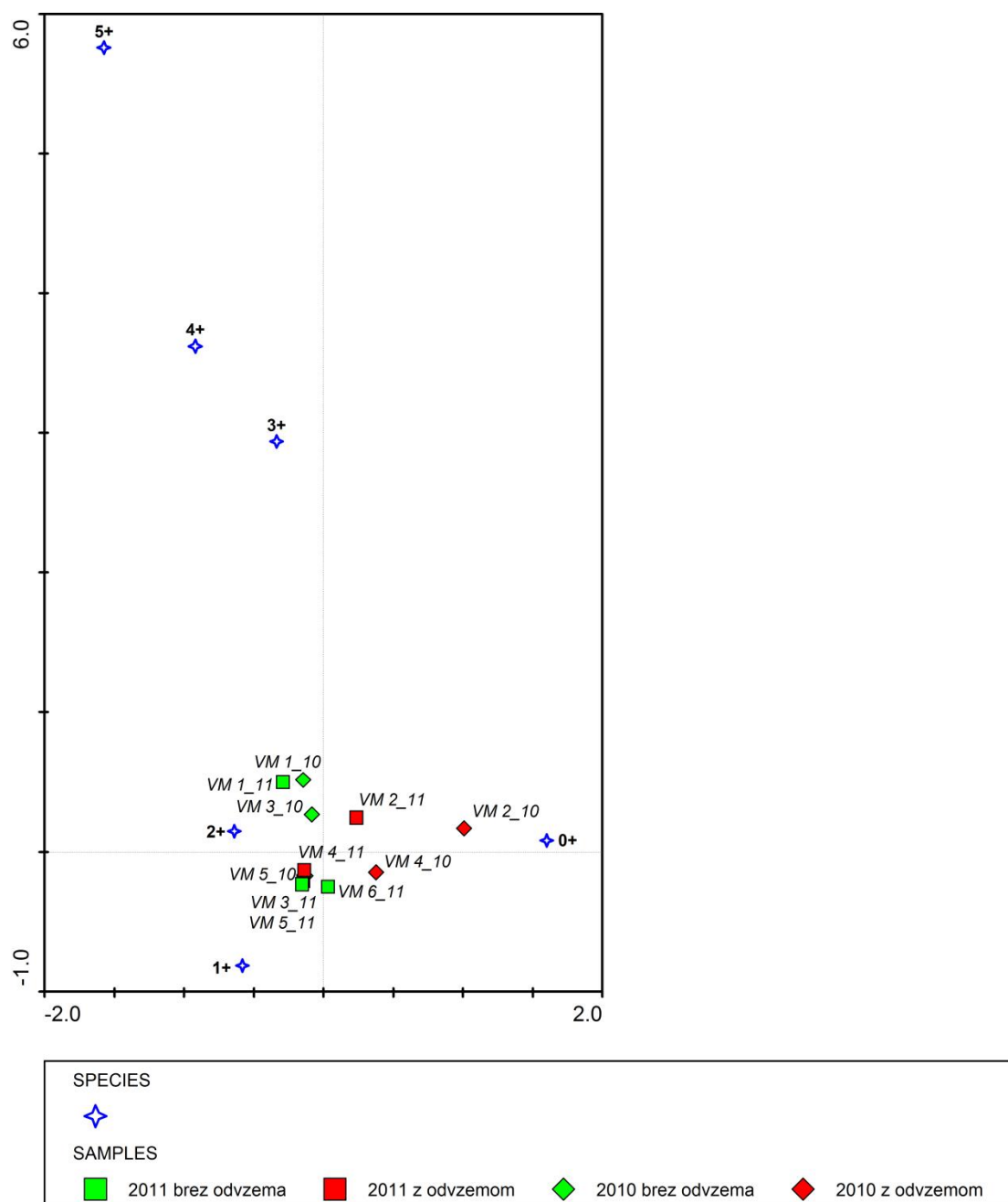
Slika 46: Ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (glede na leto in odvzem vode; SAMPLES) ter okoljske dejavnike (puščice; ENV. VARIABLES). Horizontalna os je prva CCA os, vertikalna os je druga CCA os.



Slika 47: Ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (glede na leto in odvzem vode; SAMPLES) ter vpliv odvzemov vode (puščica; ENV. VARIABLES). Horizontalna os je prva CCA os, vertikalna os je druga CCA os.

Na sliki (Slika 47) je prikazan statistično značilen vpliv odvzema vode na starostno strukturo potočne postrvi na različnih vzorčnih mestih na podlagi statističnega Monte Carlo permutacijskega testa.





Slika 48: Ordinacijski diagram, ki prikazuje razporeditev vzorčnih mest (glede na leto in odvzem vode; SAMPLES) ter starostne skupine (♣). Horizontalna os je prva CCA os, vertikalna os je druga CCA os.

Iz ordinacijskega diagrama, ki prikazuje odnos med vzorčnimi mesti in prisotnostjo starostnih skupin rib (Slika 48) je razvidno, da je starostna skupina 0+ v vodnatem obdobju prevladovala na VM 2 in VM 4, kjer se je izvajal odvzem vode. V sušnem obdobju so si bila VM 3, VM 4 in VM 5 podobna glede zastopanosti starostnega razreda 1+; enako zastopanost 1+ razreda kaže tudi VM 5 v vodnatem obdobju. Razporejanje starostne skupine 2+ kaže na podobnost med VM 1 v sušnem obdobju in VM 3 v vodnatem obdobju.

VM 1 v vodnatem obdobju se razporeja najbližje VM 1 v sušnem obdobju (podobnost). VM 2 v sušnem obdobju je razporejen najbližje VM 4 v vodnatem obdobju in kaže podobnost; na obeh VM se izvaja odvzem vode.

Preglednica 17: Rezultati CCA analize na 8 izbranih okoljskih dejavnikih.

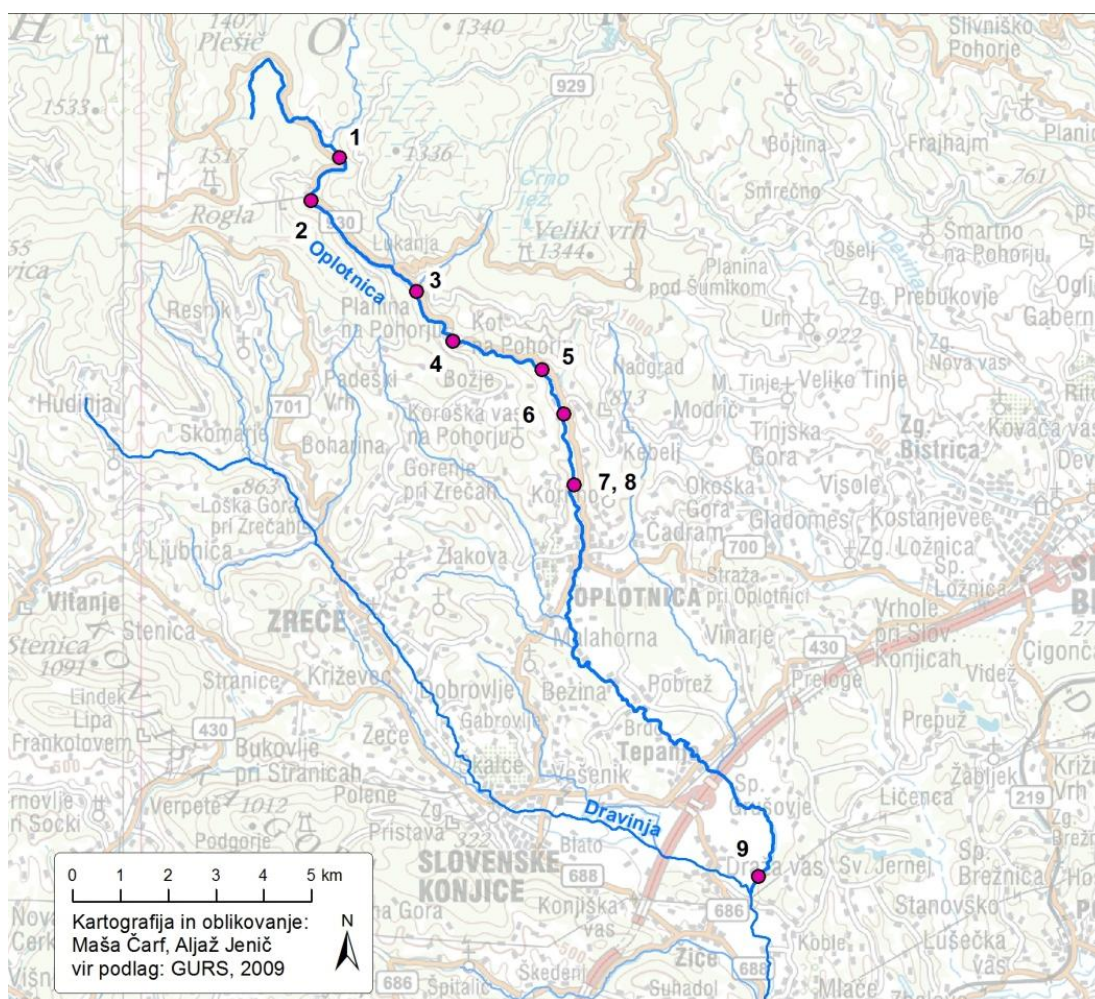
	CCA osi				Skupna inercija
	1	2	3	4	
Lastne vrednosti	0.092	0.077	0.016	0.006	0.221
Korelacija med starostno strukturo in okoljskimi dejavniki	0.937	0.936	0.948	0.983	
Kumulativni delež variance starostnih skupin	41.7	76.6	84	86.5	
Kumulativni delež variance med starostnimi skupinami in okoljskimi dejavniki	47.3	87	95.4	98.2	
Vsota vseh lastnih vrednosti					0.221
Vsota vseh kanoničnih lastnih vrednosti					0.195

Preglednica 18: Rezultati Monte Carlo permutacijskega testa (999 permutacij) na 8 izbranih okoljskih dejavnikih.

Okoljske spremenljivke	Lastni vektor	Kumulativni lastni vektor	p	Varianca (%)	Kumulativna varianca (%)	Inercija (%)	Kumulativna inercija (%)
odvzem vode	0.051	0.051	0.05	26.3	26.3	23.2	23.2
pretok	0.038	0.089	0.10	21.1	47.4	17.1	40.3
globina brzice	0.021	0.110	0.28	10.5	57.9	9.5	49.8
nadmorska višina	0.021	0.131	0.27	10.5	68.4	9.6	59.4
sezona	0.018	0.149	0.33	10.5	78.9	8.1	67.5
temperatura	0.020	0.170	0.25	10.5	89.5	9.2	76.7
širina struge	0.017	0.186	0.28	10.5	100.0	7.6	84.3
globina tolmana	0.008	0.195	0.60	0.0	100.0	3.7	88.1

#### 4.5 IZRAČUN EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA PO RAZLIČNIH METODOLOGIJAH

Kot smo že povedali, se v različnih državah, ki imajo razvite metodologije za izračun ekološko sprejemljivega pretoka, le-te med seboj razlikujejo. Odločili smo se za uporabo slovenskega in avstrijskega načina določanja  $Q_{es}$  in primerjavo rezultatov, dobljenih z izračunom po različnih metodologijah. Kot izhodišče pri izračunu ekološko sprejemljivega pretoka smo uporabili hidrološke podatke za reko Oplotnico, ki jih je v letu 2010 v okviru projekta *SEE Hydropower* z meritvami pridobil Inštitut za vode Republike Slovenije (IZVRS). Lokacije, na katerih je IZVRS izvedel merjenje pretokov reke Oplotnice, so kartografsko prikazane na sliki (Slika 49). Hidrološki podatki in rezultati izračuna ekološko sprejemljivega pretoka so povzeti v preglednici (Preglednica 19).



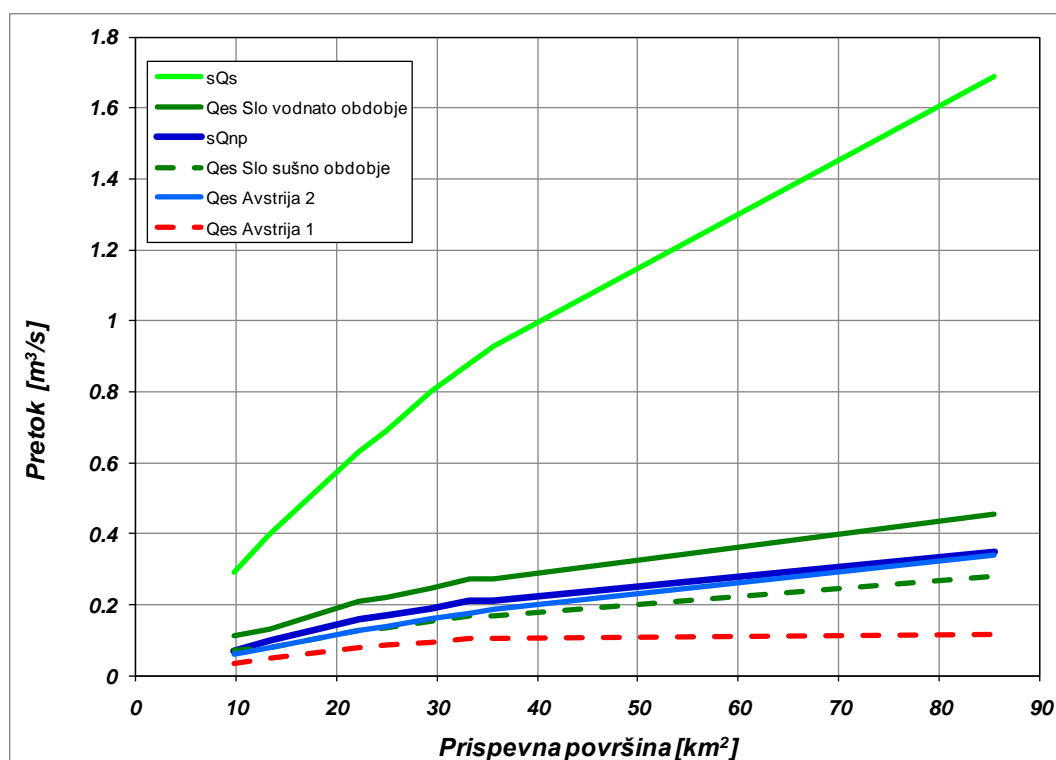
Slika 49: Pregledna karta lokacij na reki Oplotnici, kjer je IZVRS izvedel hidrometrične meritve.

Preglednica 19: Izračuni  $Q_{es}$  po slovenski in avstrijski metodologiji. Za izračun smo uporabili rezultate hidroloških meritev na lokacijah v Oplotnici v vodnatem obdobju leta 2010.

Lokacija na Oplotnici	Lokacija	$F$ [km <sup>2</sup> ]	$sQ_s$ [m <sup>3</sup> /s]	$sQ_{np}$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{es}$ SLO sušno obdobje [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{es}$ SLO vodnato obdobje [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{rest}$ AV 1 [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{rest}$ AV 2 [m <sup>3</sup> /s]
1	vodomerna postaja Hudi vrh	9,8	0,29	0,07	0,070	0,112	0,035	0,058
2	MHE Jurgovo	13,4	0,40	0,10	0,080	0,130	0,050	0,080
3	MHE Hohler	22,2	0,63	0,16	0,128	0,208	0,080	0,126
4	MHE Oplotnica	25,0	0,69	0,17	0,136	0,221	0,085	0,138
5	MHE Globovnik	29,4	0,80	0,19	0,152	0,247	0,095	0,160
6	MHE Šolar	33,2	0,88	0,21	0,168	0,273	0,105	0,176
7	MHE Elektro MB var. 1	35,6	0,93	0,21	0,168	0,273	0,105	0,186
8	MHE Elektro MB var. 2	35,6	0,93	0,21	0,168	0,273	0,105	0,186
9	vodomerna postaja Draža vas	85,5	1,69	0,35	0,280	0,455	0,117	0,338

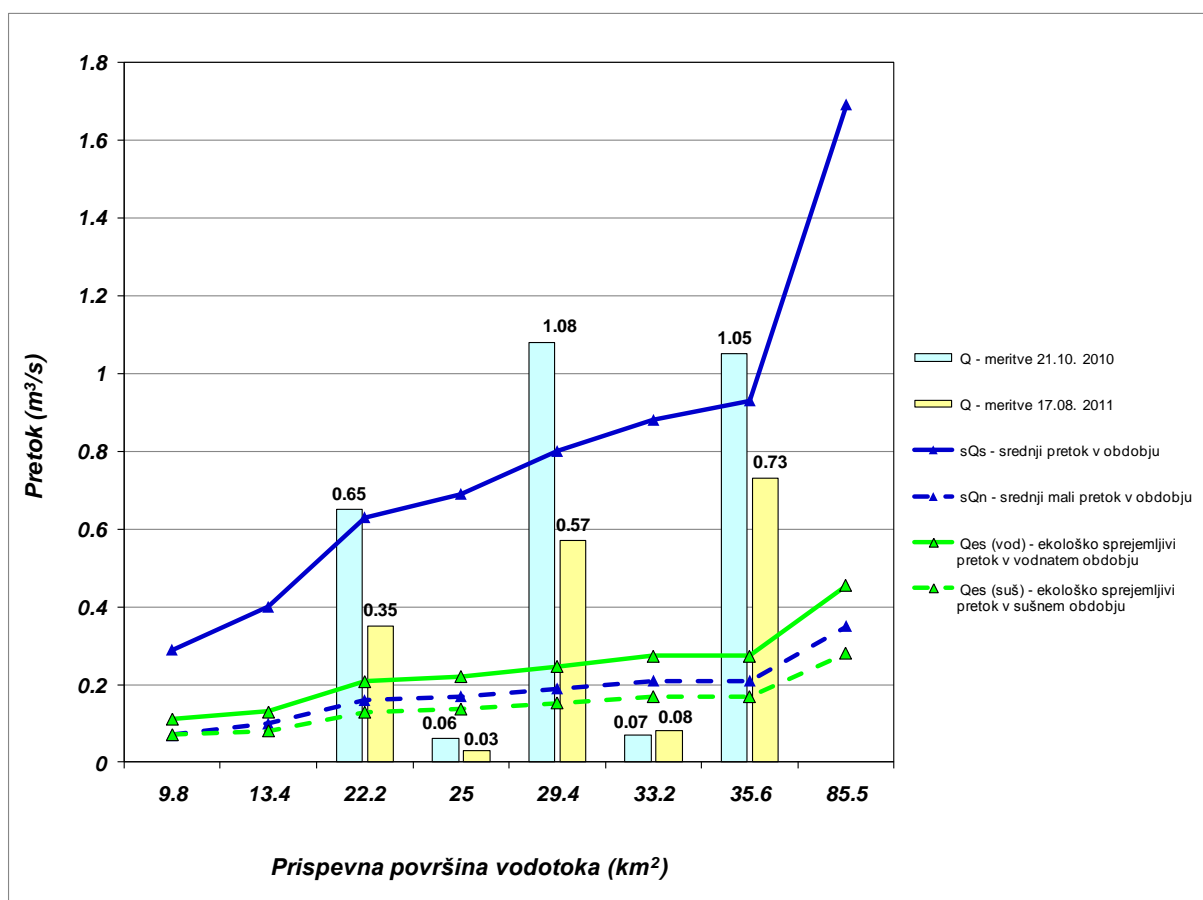
Legenda:

- $Q_{es}$  SLO sušno obdobje – izračun ekološko sprejemljivega pretoka v sušnem obdobju leta po slovenski Uredbi o  $Q_{es}$  (Uradni list RS, št. 97/2009)
- $Q_{es}$  SLO vodnato obdobje - izračun ekološko sprejemljivega pretoka v vodnatem obdobju leta po slovenski Uredbi o  $Q_{es}$  (Uradni list RS, št. 97/2009)
- $Q_{rest}$  AV 1 – izračun ekološko sprejemljivega pretoka po uredbi QZV po točki 13(2)-1c, 13. člen 2. poglavja
- $Q_{rest}$  AV 2 – izračun ekološko sprejemljivega pretoka po avstrijski metodologiji, kjer  $Q_{rest}$  predstavlja 20% srednjega pretoka



Slika 50: Grafična primerjava med ekološko sprejemljivim pretokom, izračunanim po slovenski in avstrijski metodologiji. Izhodiščni hidrološki podatki ( $sQ_s$  in  $sQ_{np}$ ) za oba izračuna so bili isti.

Primerjava izračuna ekološko sprejemljivega pretoka na podlagi istih izhodiščnih hidroloških podatkov ( $sQ_s$  in  $sQ_{np}$ ) je pokazala, da so vse vrednosti  $Q_{es}$  na nivoju srednjega malega pretoka ( $sQ_{np}$ ). Le-ta je osnova za izračun  $Q_{es}$  po slovenski metodologiji ter po eni od variant avstrijske metodologije. Najnižje vrednosti izračunanega  $Q_{es}$  smo dobili z izračunom po avstrijski metodologiji, kjer je izhodišče za izračun  $\frac{1}{2}$  oz.  $\frac{1}{3}$  srednjega nizkega letnega pretoka ( $sQ_{np}$ ); na grafu vrednosti je rezultat prikazan z rdečo prekinjeno črto. Najvišje vrednosti smo dobili pri izračunu  $Q_{es}$  za vodnato obdobje po slovenski metodologiji (temno zelena črta) in pri izračunu po avstrijski metodologiji, kjer  $Q_{es}$  predstavlja 20 % srednjega pretoka v obdobju (svetlo modra črta). Iz grafa (Slika 50) je razvidno tudi, da je razlika med naravno pojavljajočim se  $sQ_{np}$  in izračunanim  $Q_{es}$  odvisna od prispevne površine vodotoka (F). Pri manjši prispevni površini je krivulja, ki prikazuje izračunane vrednosti  $Q_{es}$ , bližje srednjemu nizkemu letnemu pretoku ( $sQ_{np}$ ).



Slika 51: Grafična primerjava vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka, izračunana po slovenski metodologiji, z vrednostmi  $sQ_s$  in  $sQ_{np}$  ter z rezultati naših meritev pretokov na Oplotnici v sušnem in vodnatem obdobju.

Posebej smo prikazali tudi rezultate naših meritev pretokov reke Oplotnice v primerjavi z naravnimi pretoki ( $sQ_{np}$  in  $sQ_s$ ) ter v primerjavi z izračunanimi vrednostmi  $Q_{es}$ . Iz grafičnega prikaza (Slika 51) je razvidno, da so bili pretoki na VM 1, VM 3 in VM 4, izmerjeni v vodnatem obdobju leta 2010 nad vrednostmi  $sQ_s$ , v sušnem obdobju leta 2011 pa pričakovano pod vrednostmi  $sQ_s$ . Izmerjene vrednosti pretokov na VM 2 in VM 4, kjer se je izvajal odvzem vode tako v vodnatem kot v sušnem obdobju, so bile v obeh sezonah nižje od najnižjih vrednosti  $Q_{es}$ , kakršen je bil izračunan za sušno obdobje. Pretok reke Oplotnice, ki smo ga izmerili v sušnem in vodnatem obdobju, je pričakovano naraščal v dolvodni smeri zaradi povečevanja prispevne površine, kar pa ne drži za odseke, ki so bili pod vplivom odvzemov vode.

## 5 RAZPRAVA

### 5.1 PRIMERJAVA VZORČNIH MEST

#### 5.1.1 Abiotski dejavniki

V fazi načrtovanja raziskave smo se odločili, katere fizikalne in kemijske dejavnike bomo izmerili na izbranih vzorčnih mestih znotraj vzorčenih odsekov reke Oplotnice in Lobnice. Odločili smo se, da na vsakem vzorčnem mestu izmerimo fizikalno kemijske lastnosti vode, ki jih kot del protokola pri vzorčenju rib običajno meri delovna skupina Zavoda za ribištvo Slovenije in opisujejo lastnosti vodnega okolja, v katerem živijo ribe; v našem primeru populacija potočne postrvi. Zaradi sledenja vplivom obratovanja MHE na Oplotnici smo dodatno na vsakem vzorčnem mestu izmerili tudi trenutni pretok, torej tisto količino vode, ki jo je v času našega vzorčenja prevajala struga vodotoka.

Odseke reke Oplotnice, kjer smo izvajali vzorčenje rib in meritve fizikalnih in kemijskih dejavnikov smo izbrali glede na lokacije MHE; tako smo na odsekih, kjer so se nahajale MHE pričeli z delom dolvodno od odvzemov vode za MHE. Pri izbiri odseka vzorčenja, kjer ni bilo odvzema vode in se je nahajalo med dvema odvzemoma vode, smo izbrali odsek neposredno pod izpustom vode iz gorvodno ležeče MHE. Odsek reke Lobnice, ki ni bil pod vplivom obratovanja verige malih hidroelektrarn je služil kot referenčno mesto v smislu primerjave parametrov populacije potočne postrvi med obema rekama.

Na dveh od petih vzorčnih mest smo se odločili, da opravimo dodatne meritve fizikalnih in kemijskih lastnosti (brez meritev pretoka) neposredno nad odvzemom vode (VM 2) oz. neposredno pod odvzemom vode za MHE (VM 3). Pridobljeni rezultati meritev so tako v vodnatem kot v sušnem obdobju pokazali, da so si glede količine v vodi raztopljenega kisika, nasičenosti vode s kisikom, pH in električne prevodnosti vzorčna mesta med seboj podobna.

V skladu z raztapljanjem kisika v vodi so bile vrednosti koncentracije kisika in nasičenost minimalno višje v vodnatem obdobju, ko je bila temperatura vode hladnejša; v vseh primerih je bila količina v vodi raztopljenega kisika ustrezna za življenje potočne postrvi.

Tudi rezultati meritev vrednosti pH vode ne glede na čas vzorčenja in vzorčno mesto pokazali relativno majhna nihanja. Voda je bila v večini primerov rahlo bazična, z izjemo izmerjenega pH v vodnatem obdobju na VM 1, kjer smo izmerili pH 6,9, kar je rahlo kisel pH.



Splošno znano je, da se v vodi raztapljajo soli in organske snovi, katerih topnost je lahko odvisna od temperature vode. Električna prevodnost vode je bila v vodnatem in sušnem obdobju na vseh vzorčnih mestih zaradi kamninske podlage relativno nizke z izjemo vzorčenega odseka pri MHE Šolar (VM 2), kjer smo v vodnatem obdobju izmerili dva do trikrat višjo električno prevodnost, kar je posledica poselitve neposredno ob strugi Oplotnice znotraj vzorčenega odseka. Vzrok za višjo prevodnost so neurejeni komunalni izpusti iz hiš neposredno v Oplotnico, kar so ustno potrdili stanovalci ene izmed hiš. Visoko prevodnost smo v sušnem obdobju izmerili tudi na dodatnem vzorčnem mestu v dolini (VM 1a); možno je, da je lokacija pod vplivom gorvodno ležečih neurejenih izpustov komunalne vode.

Toplotno ravnovesje oz. telesna temperatura potočne postrvi sledi spremembam temperature vode in je večinoma odvisna od telesne dolžine in teže (Elliot, 1994). Posledično so manjše potočne postrvi bolj dovzetne za temperaturne spremembe kot večje ribe, ki lažje prenašajo nenadne spremembe temperature vode. Potočna postrv ima različno ozko optimalno temperaturno območje za prehranjevanje in še ožje za rast. Različne so tudi temperaturne zahteve za razmnoževalno vedenje in razvoj iker (Elliot, 1994). Za sladkovodne salmonidne vrste rib je robni pogoj zgornja (letalna oz. smrtna) temperaturna meja, medtem ko spodnja meja ni dosežena pri 0 °C, če riba ni ujeta v led (Elliot, 1994).

Temperature Oplotnice so bile v vodnatem in sušnem obdobju brez izjeme višje na odsekih, kjer so MHE odvezemale vodo. Večjo temperaturno razliko smo izmerili v hladnejšem, vodnatem obdobju leta. Takrat je bila temperatura vzorčnega mesta na najnižji nadmorski višini, kjer ni bilo odvzema vode, za 1,1 °C višja od temperature najvišje ležečega vzorčnega mesta, medtem, ko je bila temperatura vzorčnega mesta VM 2 (MHE Šolar), ki je bilo VM 1 najbližje, za 2,1 °C višja. V toplejšem, sušnem delu leta je bila temperaturna razlika med vzorčnimi mesti manjša; med najnižje in najnižje ležečim VM je znašala 0,4 °C. Ob upoštevanju izmerjenih pretokov reke Oplotnice je iz rezultatov razvidno, da je temperatura vode odvisna od količine vode, ki se nahaja v strugi, saj je bil prav pretok tista fizikalna količina, ki se je glede na ostale merjene parametre med vzorčnimi mesti najbolj razlikovala. Temperaturna nihanja lahko razložimo tudi z vplivom pretokov na hidromorfologijo struge. Pri manjšem pretoku je v isto široki strugi nižja globina vode, ki se lažje segreva, sploh, če ni velike pokrovnosti z obvodno vegetacijo. Čeprav smo ugotovili višje temperature na odsekih, ki so bili pod vplivom MHE, bi težko govorili o pojavu thermopeaking-a, saj vzrok za višje temperature ni bila akumulacija vode na odvzemnem mestu, kjer bi se voda segrevala ali ohlajala. Višje temperature v jesenski in poletni sezoni so se namreč pojavljale pod odvzemom vode in ne pod izpustom vode iz strojnice.

Meritve so pokazale velike spremembe pretoka na posameznih odsekih. Naravni pretoki Oplotnice v poletnem sušnem obdobju so bili pričakovano nižji od pretokov, ki smo jih

izmerili jeseni v vodnatem obdobju leta, kar je posledica naravnega hidrološkega režima, ki je v veliki meri odvisen od količine padavin. Vzorčenje smo v obeh obdobjih izvajali v času, ko pred tem ni bilo večjih padavin, ki bi lahko povzročale kalnost vode, saj bi nam to onemogočilo uspešno vzorčenje rib. Pričakovano so bili zaradi odvzemov vode za obratovanje MHE nižji pretoki na vzorčenih odsekih, ki sta se nahajala med lokacijo odvzema vode in lokacijo izpusta vode iz strojnice. Kljub temu nismo pričakovali tako velikih razlik med naravnim pretokom in nizkim pretokom na odseku rabe vode; pretok na odseku, kjer je MHE odzemale vodo, je bil v vodnatem obdobju tudi do 15-krat manjši kot naravni pretok Oplotnice, v sušnem obdobju pa do 12-krat manjši. Izpostavili smo razliko v pretokih, ki je seveda odvisna od tega, koliko vode bo v določenem trenutku odvzeto iz vodotoka za obratovanje MHE.

## 5.2 PRIMERJAVA STRUKTURE POPULACIJE POTOČNE POSTRVI

Struktura populacije potočne postrvi na različnih vzorčnih mestih in v različnih obdobjih vzorčenja se je med seboj razlikovala. Na vzorčenih odsekih, kjer ni bilo odvzemov vode, smo v posameznem obdobju vzorčenja (vodnato in sušno) ujeli večje število rib kot na odsekih, kjer je bilo zaradi obratovanja MHE manj vode. Izjema je nizko število ujetih rib na najnižje ležečem vzorčnem mestu v vodnatem obdobju. Vzroka za nizko število ujetih rib ne moremo zagotovo ugotoviti. Eden od možnih vzrokov so lahko pomanjkljivosti metode dela, čeprav je bil na vseh vzorčenih odsekih enak ribolovni napor v odvisnosti od širine struge vodotoka.

Pridobili smo tudi ustne podatke o načinu poribljavanja v ribolovnem revirju Oplotnica 2A. Predstavniki izvajalca ribiškega upravljanja je povedal, da ribiška družina z vlaganjem potočne postrvi prične v mesecu marcu, torej po obdobju drsti. Vlaganja rib se večinoma izvajajo na dolvodni meri revirja nad naseljem Oplotnica. Kljub problematiki prehodnosti vodotoka zaradi rabe vode in obstoječih pregrad, se lahko potočna postrv ob pojavu višjih pretokov uspešno seli gorvodno. Gospodar Ribiške družine Slovenska Bistrica je povedal, da v Oplotnici potočna postrv prične migrirati gorvodno že pred samo drstjo; v primeru dovolj velikih pretokov se migracije pričnejo že konec meseca avgusta. V času našega vzorčenja v mesecu oktobru so bile ujete potočne postrvi že v fazi drsti, kar smo opazili pri merjenju dolžin in mase rib. Po zaključeni drsti v jesenskem času se ribe umikajo nazaj v dolvodni smeri.

Možen vzrok za večje število rib v vodnatem obdobju na odsekih, kjer so bili odvzeti vode, so drstne migracije. Kljub temu je treba kot drug vzrok za večje število ujetih rib na odsekih z obratujočimi MHE upoštevati tudi metodo dela. Oplotnica je naravno vodnat vodotok z izjemno razgibano strugo, kjer prevladujejo brzice in tolmuni. Globina brzic in

tolmunov je sezonsko odvisna od naravne vodnatosti, dodatno pa na globino vplivajo tudi odvzemi vode iz struge. Elektroribolov naravnih odsekov Oplotnice v primeru višjih pretokov je zaradi konfiguracije terena zahteven. Poenostavljeno povedano je ribe lažje odloviti tam, kjer je struga ožja, vodostaj, hitrosti vode in pretoki pa nižji, kar zagotovo doprinese k uspešnosti vzorčenja. Pri višjih pretokih je ribe, ki bežijo pred elektroribičem, težje opaziti v brzicah, kjer je gladina vode vzvalovana ali turbulentna, k težji vidljivosti pa doprinese tudi temna barva rečnega substrata (pohorske magmatske in metamorfne kamnine). Ena manj izpostavljenih funkcij rečnega substrata je tudi zagotavljanje vizualne izolacije (Heggenes 1988b). Kalleberg (1958; cit. po Heggenes 1988b) je opazil, da zarod potočne postrvi izrazito zaseda pridnene habitate, katerih velikost je odvisna od stopnje vizualne izolacije v biotopu. Ribe se do določene mere prilagajajo svojemu habitatu; opazili smo, da so bile ujete ribe relativno temne, zlatorjave barve (osebek temnejše barve smo prikazali tudi na fotografiji). Postrvi so morfološko zelo raznolike in tudi v enem potoku lahko opazimo velike razlike med osebki, predvsem v obarvanosti (Veenvliet in Kus Veenvliet, 2006). Potočna postrv lahko hitro spreminja barvo, npr. kot odgovor na spremembe barve podlage v okolju (<http://www.wildtrout.org/content/trout-facts>). Na obarvanost potočne postrvi vpliva tudi okolje. Analiza obarvanosti kože in plavuti potočne postrvi je pokazala plastičnost v smislu odgovora na barvo substrata; osebki, ki so bili gojeni v okolju s temnejšim substratom, so imeli temnejšo kožo in plavuti kot tisti, ki so živeli v okolju s svetlejšim substratom (Westley in sod., 2013).

Na ta način se ribe lahko skrivajo pred predatorjem in v našem primeru pred elektroribičem. Upoštevati je treba tudi, da ima potočna postrv lastnost skrivanja (Heggenes 1988a,b). Glede na svojo telesno dolžino potočna postrv sicer izbira različen habitat (Heggenes 1996) in substrat (Heggenes 1988a,c). Struktura substrata Oplotnice kaže na precej grob substrat, kjer prevladujejo kamenje, prod in skale. Takšni pogoji v habitatu potočni postrvi zagotovo omogočajo obstoj skrivališč za različno velike ribe (Heggenes 1988a). Glavna fizična funkcija substrata v strugi je zagotavljanje kritja za zaščito pred večjimi hitrostmi vode ter v smislu skrivališč za zaščito pred predatorji (Heggenes 1988b). Za zarod potočne postrvi je značilno tudi, da se v dnevnem času bolj skrivajo v substratu kot ponoči ter da se pri nižjih temperaturah skrivajo bolj kot pri visokih (Heggenes 1988a). Pri vzorčenju rib je smiselno poleg skrivanja rib upoštevati tudi ta dejavnik, saj na vzorčenih odsekih nismo ujeli rib, manjših od 43 mm. Tudi sicer smo ne glede na obdobje vzorčenja z elektroribolovom ujeli majhno število rib, manjših od 6 cm – osem v vodnatem obdobju in samo štiri v sušnem.

Primerjava strukture populacije potočne postrvi v reki Oplotnici s populacijo, ki poseljuje Lobnico, je pokazala boljšo strukturo potočne postrvi v Lobnici. Na vzorčenem odseku Lobnice smo v primerjavi z Oplotnico ujeli največji delež rib starostne kategorije 0+.

Starostni in dolžinski razredi postrvi na različnih odsekih Oplotnice so bili različno razporejeni. Zelo majhnih rib nismo ujeli nikjer, čeprav je v populaciji rib praviloma največja številčnost zaroda, ostali starostni razredi pa so manj številčni. Kot smo že omenili, ima metoda odlova rib pomanjkljivost pri lovu zelo majhnih rib, ki jih je zelo težko opaziti in ujeti. Posledično tudi starostna struktura kaže manjše frekvence rib v starostnem razredu 0+ kot v razredih 1+ in 2+. Večje število rib v starostnem razredu 2+ je lahko tudi posledica vlaganj potočne postrvi, saj se je Oplotnico največ poribljavalo prav s potočno postrvjo velikosti 12 - 15 cm in 15 - 20 cm, nekaj manj pa z ribami dolžine 20 - 30 cm. Z raziskavo (Almodovar in Nicola, 1999) so ugotovili bistveno zmanjšanje števila potočnih postrvi starosti 0+ in 1+ in nekoliko manjši upad števila 2+ starih potočnih postrvi po izgradnji nove MHE (v primerjavi s predhodnim stanjem). V opisanem primeru je prišlo do prevladovanja starejših rib v vodotoku, kar je bil verjetno vpliv regulacije pretokov, saj nad območjem MHE pojav dominantnosti 2+ rib ni bil opažen (Almodovar in Nicola, 1999).

Ne glede na vpliv poribljavanja, ki ga je težko ločiti od vplivov odvzemov vode za MHE, smo na odsekih, kjer je bilo manj vode, vedno ujeli manj rib, kot na odsekih brez rabe vode. Izjema je vodnato obdobje, ko je bilo v mesecu oktobru na vzorčenem odseku ujetih manj rib, kot bi pričakovali glede na površino odseka in vodnatost struge. Ker je bila potočna postrv v tem času v drsti, je možno, da se je zgodil drstni premik v gorvodni smeri. To lahko sklepamo tudi na podlagi starostne strukture populacije na gorvodnih odsekih, kjer je bilo ujetih rib starosti 2+ enako ali več kot potočnih postrvi, starih 1+. V času drsti smo absolutno največ rib ujeli na najvišje ležečem vzorčenem odseku; tam je bilo število rib, starih 2+, enako število rib starosti 1+. Če primerjamo vzorčno mesto med dvema delujočima MHE, lahko ugotovimo, da je bilo v vodnatem obdobju največ potočnih postrvi starosti 2+, torej rib, ki so se že lahko drstile, medtem kot je bilo v vodnatem obdobju na istem odseku dvakrat več rib, starih 1+. Izpostaviti je treba, da kljub vplivom poribljavanja in gorvodni drstni migraciji na odsekih, kjer se je izvajal odzjem vode, nismo ujeli večjega števila 2+ potočnih postrvi. Sklepamo lahko, da na vzorčenih odsekih, kjer je bil manjši pretok, za večje ribe ni bilo ustreznega drstnega habitata. Raziskava intraspecifične kompeticije, pri kateri so obravnavali vpliv poribljavanja s potočno postrvjo, je pokazala, da so imele potočne postrvi, ki so jih vložili v vodotok, iste habitatne preference kot postrvi, ki so stalno poseljevale vodotok (Heggenes, 1988). Z isto raziskavo so ugotovili tudi, da so bile ne glede na gostoto populacije potočne postrvi, ki so živele v tolmunih, večje od tistih, ki so poseljevale druge habitate (Heggenes, 1988). Na Oplotnici in Lobnici se izvaja vzdrževalno poribljavanje s potočno postrvjo. Trend ribolovnega napora v obeh ribiških revirjih kaže upadanje; ribolovni pritisk na populacijo potočne postrvi je konstanten in majhen.

Zanimivo je, da smo v treh od štirih primerov najbolj »pravilno« starostno strukturo rib opazili na odsekih z odvzemi vode. Tam je bil starostni razred 0+ najštevilčnejši, večjih oz.

starejših rib je bilo bistveno manj ali pa v določenem starostnem razredu niso bile zastopane. Podobno strukturo populacije potočne postrvi je pokazala tudi raziskava dolvodnih vplivov izgradnje hidroenergetske akumulacije na starostno strukturo potočne postrvi je pokazala, da je tako pred izgradnjo zajezitve kot po izgradnji na vzorčenem odseku prevladoval starostni razred 0+, medtem ko je bil razred 1+ neobičajno skromno zastopan (De Jalon in sod., 1994). Poleg tega je treba upoštevati še pomanjkljivosti metode vzorčenja, saj bi v primeru bolj uspešnega vzorčenja lahko bilo v starostnem razredu 0+ še več potočnih postrvi. Prav odsotnost večjega števila velikih rib, ki so praviloma tudi odrasle, spolno zrele ribe, kaže na slabše stanje populacije rib. Tudi rezultati multivariatnih analiz so pokazali statistično značilen vpliv odvzemov vode in velikosti prispevne površine na starostno strukturo potočne postrvi na različnih vzorčnih mestih.

Vseeno bi bilo lažje sklepati na stanje populacije na podlagi bistveno večjega števila rib, torej bi bilo treba v primeru ponavljanja raziskave vzorčiti daljše odseke ali pa več odsekov znotraj območja vpliva MHE.

Potočna postrv je v Evropi široko razširjena in kaže veliko variabilnost rastnih vzorcev med različnimi populacijami (Elliot, 1994). V eni od raziskav so dokazali povezavo med dolžino potočnih postrvi starostnih razredov 0+ in 1+ v odvisnosti od nadmorske višine (Parra in sod., 2009). Dolžina rib na večji nadmorski višini je bila manjša. Opaženo negativno korelacijo med nadmorsko višini in dolžino rib lahko razložimo kot odgovor potočne postrvi na okoljske dejavnike, ki se spreminjajo z nadmorsko višino (naklon, širina in globina struge, temperatura vode, koncentracija hranil ali količina hrane), kar ima očiten vpliv na rast potočne postrvi in na razpoložljivost ustreznega habitata za večje osebkke (Reyes-Gavilán in sod., 1995, Almodóvar in sod., 2006b, Ayllón in sod., 2009; cit. po Parra in sod., 2009). Med okoljskimi dejavniki, ki so se najbolj spreminjali oz. so variirali med vzorčenimi odseki, kjer ni bilo odvzemov vode in med tistima, kjer se je izvajal odzem vode za MHE, je bila v vodnatem in sušnem obdobju raziskave temperatura, pretok in posledično omočena širina struge. Menimo, da lahko ima sprememba okoljskih dejavnikov, ki je posledica zelo zmanjšane količine vode in nihanja vodostaja zaradi hydropeaking-a, vpliv na rast in razvoj potočnih postrvi, kar se odraža na strukturi populacije. Z raziskavo (De Jalon in sod., 1994) so ugotovili, da so bile potočne postrvi, starejše od 3+, daljše in težje pred izgradnjo akumulacije.

Pri analizi gostote naseljenosti potočne postrvi v Oplotnici smo ugotovili, da je bila v vodnatem in sušnem obdobju številčnost najvišja na najbolj gorvodno ležečem odseku; z nižanjem nadmorske višine je številčnost upadala. Na odseku Oplotnice med VM 5 in VM 4 se je nahajal še en odsek pod vplivom obratovanja MHE, ki ga nismo vzorčili. Enako kot pri analizi strukture populacije ugotavljamo, da je bila številčnost na VM 5 v vodnatem obdobju najnižja. Gostota števila rib na odseku, ki se je nahajal med obema MHE, je bila v vodnatem obdobju nižja, kot na odseku pod vplivom MHE Šolar, analiza biomase na

odseku pa je vseeno pokazala večjo skupno biomaso rib na odseku brez odvzema. Za realno stanje potočne postrvi na posameznem odseku je treba upoštevati oboje, številčnost in biomaso rib.

Biomasa rib je bila v obeh obdobjih vzorčenja višja na odsekih, kjer ni bilo odvzemov vode. Ugotovili smo tudi, da je, podobno kot številčnost, z nadmorsko višino upadala. Trend zmanjšanja gostote naseljenosti v dolvodni smeri kaže številčnost rib v vodnatem in sušnem obdobju. Populacija potočne postrvi se v dolvodni smeri zmanjšuje; glede stanje rib na vmesnem vzorčenem odseku med dvema MHE lahko sklepamo, da je mogoč vpliv odvzemov vode na ribe tako v dolvodni kot v gorvodni smeri. Tudi analiza biomase rib je pokazala jasen trend upadanja naseljenosti v dolvodni smeri, čeprav moramo izpostaviti relativno široko območje 95 % intervala zaupanja, ki je posledica metode vzorčenja v vodnatem obdobju. Ne glede na pomanjkljivosti metode vzorčenja je tudi poletno vzorčenje pokazalo, da je gostota populacije upadala v dolvodni smeri. Le na najnižje ležečih odsekih VM 1 in VM 1a je bila gostota populacije nekoliko višja od gostote na VM 5. Možno je, da ima obratovanje verige malih hidroelektrarn kumulativne vplive na populacijo potočne postrvi, kar se kaže kot dolvodni trend upadanja številčnosti in biomase rib. V eni od raziskav so ugotovili, da se je po izgradnji MHE gostota populacije potočne postrvi zmanjšala za 50 %, biomasa pa za 43 % (Almodovar in Nicola, 1999). Populacijski parametri potočne postrvi gorvodno od MHE so ostali nespremenjeni, torej isti, kot pred izgradnjo MHE (Almodovar in Nicola, 1999).

Vzorčno mesto 1a smo pri analizi populacije upoštevali samo v smislu potrditve stanja potočne postrvi na VM 1. Stanje med tema dvema vzorčenima odsekoma se ni bistveno razlikovalo in ker smo na tem mestu izvedli vzorčenje le v sušnem obdobju, primerjave z vodnatim obdobjem leta nismo ugotavljali.

Reko Lobnico smo vzorčili samo v sušnem obdobju leta. Rezultati so pokazali dobro starostno strukturo rib (z upoštevanjem slabšega vzorčenja majhnih rib). Številčnost ujetih potočnih postrvi na odseku je bila najbolj podobna številčnosti rib na naravnem, najvišje ležečem odseku Oplotnice, medtem ko je bila skupna biomasa rib manjša in je primerljiva z biomaso rib, vzorčenih v sušnem obdobju na odsekih pod vplivom obratovanja MHE. Ob upoštevanju dejstva, da se je vzorčno mesto na Oplotnici nahajalo znotraj referenčnega odseka brez rabe vode za MHE ali za druge namene, je struktura populacije rezultat fluktuacije populacije in poribljavanj s potočno postrvjo. Lobnica je na celotnem območju ribolovni revir; lovna mera za uplen potočne postrvi je 25 cm. Čeprav je bilo v letih 2010 in 2011 v Lobnico vloženi 266 potočnih postrvi velikosti 20 – 30 cm, nismo ujeli veliko rib, daljših od 20 cm. Razlog za manjše število večjih rib kljub odsotnosti rabe vode je v določeni meri lahko tudi ribolov, vendar moramo upoštevati, da je ribolovni pritisk na oba vodotoka majhen, saj se število izkoriščenih ribolovnih dni na hektar površine revirja v obeh vodotokih giblje med 4 do 7 dni. Navedeno pomeni, da ribolov kot dejavnik vpliva na

populacijo okoli teden dni na leto, kar je bistveno manj kot vpliv neprekinjenega obratovanja MHE skozi celo leto.

### 5.3 PRIMERJAVA IZRAČUNANIH $Q_{es}$

Ekološko sprejemljivi pretok  $Q_{es}$ , prej imenovan biološki minimum, je eden kriterijev za zaščito voda s katerim želimo omejiti posledice zajemanja za vode (vodne izvire, potoke, reke in jezera) kot tudi za obvodni svet in širše na krajino. Da takšen kriterij potrebujemo, ni potrebno dokazovati, težje pa je postaviti merila, po katerih ga določamo (Rismal, 2008). Okoljsko sprejemljive pretoke Brisbane-ska deklaracija definira kot pretoke v količini, času in s kakovostjo, ki je potrebna za ohranjanje sladkovosnih in somornih ekosistemov. Človekovo preživetje in dobro počutje je odvisno od teh ekosistemov (Poff in sod., 1997).

Glede na potrebe po rabi vode, kjer je odvzem bodisi povraten bodisi nepovraten, se je pokazala tudi v Sloveniji nujnost po določitvi določene količine vode, ki mora vselej teči po strugi vodotoka in je ni dovoljeno odvezati. Tako določene količine so bile v preteklosti poimenovane biološki minimum, saj naj bi ta količina vode vsaj v minimalnem obsegu omogočala obstoj vodnih habitatov in združb. S pravnomočnostjo Uredbe o  $Q_{es}$  se je poimenovanje tiste količine vode, ki kljub rabi voda (odvzemu) naj ne bi poslabševal stanja vodotoka v smislu ohranjanja strukture in delovanja vodnega in obvodnega ekosistema. Kljub temu ne moremo zagotovo trditi, da je  $Q_{es}$  resnično ekološko sprejemljiv, saj gre v samem bistvu še vedno za minimalne pretoke.

V Sloveniji je osnova za določitev  $Q_{es}$  poznavanje hidroloških značilnosti vodotoka na mestu, kjer se izvaja ali se bo izvajala raba vode. Sama določitev ekološko sprejemljivega pretoka upošteva tri dejavnike, in sicer način odvzema (povratni ali nepovratni), velikost prispevne površine vodotoka in ekološki tip vodotoka glede na bioregijo in ekoregijo. Na podlagi teh dejavnikov so določeni faktorji ( $f$ ) v razponu od 0,8 do 2,4 pri nepovratnem odvzemu vode in v razponu od 0,3 do 1,9. V primeru, ko znaša razmerje med srednjim obdobjnim pretokom  ${}_sQ_s$  in srednjim malim pretokom  ${}_sQ_{np}$  več kot 20, se določeni faktor pomnoži še z 1,6.

Najnižji faktor za določitev  $Q_{es}$  v primeru majhnega nepovratnega odvzema v sušnem obdobju znaša 0,8 in je določen za velike reke s prispevno površino večjo od 2500 km<sup>2</sup> ali s srednjim obdobjnim pretokom nad 50 m<sup>3</sup>/s ter za vodotoke ekološkega tipa 3 s prispevno površino med 100 in 1000 km<sup>2</sup>. V primeru povratnih odvzemov je faktor  $f$  lahko precej nižji; najnižje določeni so faktorji za točkovni tip odvzema vode, kjer najnižji faktor znaša



0,3 in je prav tako določen za velike reke in za vodotoke ekološkega tipa 3 s prispevno površino med 100 in 1000 km<sup>2</sup>.

Pregled slovenske metodologije je pokazal, da ne glede na poimenovanje  $Q_{es}$  še vedno predstavlja minimum, saj je vezan na povprečje tistih pretokov, ki se v naravi pojavljajo kot najnižje letne vrednosti in za vodno okolje predstavljajo ekstremne razmere. Podobno je pokazala tudi uporaba avstrijske metodologije, ki smo jo uporabili za izračun  $Q_{es}$ , ki je v Avstriji poimenovan kot minimalni pretok.

Avstrijska metodologija se od slovenske razlikuje v tem, da se minimalni sprejemljivi pretok lahko določi glede na velikost naravnega srednjega obdobjnega pretoka ( ${}_sQ_s$  nad ali pod 1 m<sup>3</sup>/s) in predstavlja  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{1}{2}$  srednjega nizkega letnega pretoka. Druga možnost je, da se kot minimalni sprejemljivi pretok upošteva naravno prisoten dnevni minimalni pretok. Metodologija upošteva tudi dejstvo, da je lahko na določen način določen pretok prenizek in predstavlja zgolj minimalne vrednosti, zato zapoveduje uporabo strožjega merila. Tako je kot minimalni sprejemljivi pretok priporočena določitev dinamičnega pretoka, ki ni odvisna od povprečnih pretokov, temveč se spreminja glede na razpoložljivo količino vode, ki teče po strugi. Kadar izračunana vrednost predstavlja zgolj minimalni pretok, je priporočena določitev dinamičnega  $Q_{es}$ , ki znaša 20 % količine vode, ki v danem trenutku teče v strugi vodotoka.

Pri določitvi ekološko sprejemljivih pretokov po obeh metodologijah smo z namenom primerjanja poenotili terminologijo in dobljene rezultate poimenovali kot  $Q_{es}$ . S primerjavo načina določitve ekološko sprejemljivega pretoka po metodologiji, ki je v veljavi v Sloveniji in v Avstriji, smo želeli prikazati razliko med vrednostmi, ki smo jih dobili pri izračunu. Metodi sta do določene mere podobni, saj je mogoče na podlagi osnovnih hidroloških podatkih o pretokih vodotoka enostavno izračunati  $Q_{es}$ .

Kot izhodišče za primerjavo različnih metodologij za določanje  $Q_{es}$  smo izbrali vhodne hidrološke podatke, in sicer srednji mali pretok v obdobju ( ${}_sQ_{np}$ ), srednji obdobjni pretok ( ${}_sQ_s$ ) ter prispevno površino v prerezu meritve, ki so bili v strani strokovne institucije določeni na podlagi meritev na devetih različnih merilnih mestih (vzorčna mesta) na reki Oplotnici. Ustreznost izračuna  $Q_{es}$  po avstrijski metodi z uporabo naših vhodnih podatkov za reko Oplotnico smo zaradi verodostojnosti preverili pri kolegih Univerze za naravne vire in okoljske znanosti na Dunaju (Universität für Bodenkultur Wien).

Rezultati primerjave različnih načinov izračuna  $Q_{es}$  na podlagi istih vhodnih podatkov so pokazali, da se vrednosti  $Q_{es}$  gibajo na nivoju srednjega malega pretoka ( ${}_sQ_{np}$ ). Ugotovljeno je logično v primeru uporabe slovenske metodologije, kjer je količina  $Q_{es}$  neposredno odvisna od srednjega malega pretoka. Pri določitvi  $Q_{es}$  smo za vsako posamezno vzorčno mesto upoštevali prispevno površino in ekološki tip vodotoka, kamor

spada Oplotnica. Najnižje vrednosti izračunanega  $Q_{es}$  smo dobili z izračunom po avstrijski metodologiji, kjer smo kot izhodišče za izračun upoštevali pretok v prerezu vodotoka na posameznem merilnem mestu in izračunali  $Q_{es}$  kot 20 oz. 30 % delež srednjega nizkega letnega pretoka ( ${}_sQ_{np}$ ).

Srednji mali pretok ( ${}_sQ_{np}$ ) naj bi predstavljal vrednosti, ki se po naravni poti v vodotoku dejansko pojavljajo. Ko smo za izračun  $Q_{es}$  uporabili dinamični način (avstrijska metodologija), kjer ekološko sprejemljivi pretok predstavlja 20 % srednjega obdobjnega pretoka ( ${}_sQ_s$ ), smo dobili krivuljo pretokov, ki je skoraj identična krivulji, ki opisuje naravne nizke pretoke ( ${}_sQ_{np}$ ).

V času izvajanja vzorčenja reke Oplotnice smo tudi sami na vseh vzorčnih mestih izmerili dejanske pretoke, torej pretoke, ki so se v trenutku izvajanja meritev nahajali v strugi vodotoka. Rezultate naših meritev pretokov smo primerjali s strokovno določenimi vrednostmi srednjih obdobjnih ( ${}_sQ_s$ ) in srednjih malih pretokov ( ${}_sQ_{np}$ ). Ugotovili smo, da so bili dejanski pretoki na odsekih, kjer ni bilo odvzemov vode, v vodnatem obdobju večji od povprečnih srednjih obdobjnih pretokov, v sušnem obdobju pa manjši od teh vrednosti. Običajno vodnatost vodotoka narašča s prispevno površino, kar so pokazale tudi meritve, ki jih je izvedel IZVRS. Pretok reke Oplotnice je pričakovano naraščal v smeri gorvodno – dolvodno v odvisnosti od velikosti prispevne površine, česar na podlagi rezultatov merjenja pretokov ne moremo za odseke, ki so bili pod vplivom odvzemov vode.

Kljub temu smo na enem od vzorčnih mest (VM 3) ugotovili, da je bil pretok v vodnatem obdobju na gorvodno ležeči lokaciji nekoliko višji od pretoka, izmerjenega v dolini na najbolj dolvodno ležečem VM 1. V času merjenja pretokov smo morali meritve pretokov na nekaterih vzorčnih mestih ponoviti več kot dvakrat, saj so se med meritvami pojavljale razlike, ki so bile posledice pojavljanja hydropeaking-a zaradi obratovanja MHE. Nihanja pretokov v času vzorčenja in meritev smo tudi vizualno opazili, in sicer na podlagi vidnega nivoja omočenosti struge pred sunkovitim izpustom vode iz sistema MHE.

Posebej želimo izpostaviti izmerjene vrednosti pretoka na lokacijah, kjer se je izvajal odzvem vode za MHE Šolar (VM 2) in za MHE Oplotnica – Elektro Oven d.o.o. (VM 4). Na teh vzorčnih mestih količina vode v strugi niti v vodnatem niti v sušnem obdobju ni dosegala najnižjih vrednosti legislativno določenega  $Q_{es}$  za sušno obdobje leta. Izmerjene vrednosti so bile izjemno nizke. Na lokaciji MHE Šolar, kjer izračunani  $Q_{es}$  za vodnato obdobje leta znaša 273 L/s, za sušno obdobje leta pa 168 L/s, je bil pretok v vodnatem obdobju 70 L/s (203 L/s manj od  $Q_{es}$ ), v sušnem pa 80 L/s (88 L/s manj od  $Q_{es}$ ). Na lokaciji MHE Oplotnica – Elektro Oven d.o.o., kjer izračunani  $Q_{es}$  za vodnato obdobje leta 221 L/s, za sušno obdobje leta pa 136 L/s, je bil pretok v vodnatem obdobju 60 L/s (161 L/s manj od  $Q_{es}$ ), v sušnem pa samo 30 L/s (106 L/s manj od  $Q_{es}$ ). Največja absolutna razlika med izmerjenim dejanskim pretokom in pretokom, ki bi moral biti zagotovljen kot

$Q_{es}$ , tako znaša 203 L/s. V času izvajanja raziskave je bila imetniku vodne pravice za neposredno rabo vode v MHE Šolar določen pravno zavezujoč  $Q_{es}$  v količini 125 L/s, medtem ko za gorvodno ležečo MHE Oplotnica (Elektro Oven) ekološko sprejemljivi pretok do danes ni bil določen.

V kolikor je za vsa obravnavana vzorčna mesta določena vrednost  $Q_{es}$ , ki ga je treba izvajati pri rabi vode za obratovanje MHE, lahko brez pomislekov trdimo, da smo v času vzorčenja ugotovili kršitve pri zagotavljanju ekološko sprejemljivega pretoka na območju reke Oplotnice.

## 5.4 SKLEPI

### 1. Odvzem vode negativno vpliva na velikost populacije potočne postrvi.

Z raziskavo smo dokazali, da odseke reke Oplotnice, kjer se nahajajo MHE, ki izvajajo odvzem vode iz vodotoka, praviloma poseljuje manjše število rib kot odseke, kjer ni odvzemov vode. V letu 2010 je bila največja ocenjena številčnost na VM 5 (1739 rib/ha), na nižje ležečem odseku VM 4 z odvzemom vode je bila številčnost 865 rib/ha, na VM 3, kjer ni bilo odvzema, je bilo 1116 rib/ha, na VM 2 z odvzemom vode je bilo 1165 rib/ha ter na VM 1 brez odvzema vode 601 rib/ha. Upoštevati moramo tudi vplive gorvodne in dolvodne MHE na odsek VM 3, kjer sicer ni odvzema vode. Pri interpretaciji rezultatov (število ujetih rib) smo upoštevali drstne migracije potočne postrvi v gorvodni smeri ter pomanjkljivosti metode vzorčenja rib, ki smo jo uporabili za ulov rib. Bolj nedvoumno se je vpliv na številčnost rib pokazal v letu 2011 v času izven drsti potočne postrvi, ko je bilo na VM 5 1723 rib/ha, na VM 4 1149 rib/ha, na vmesnem odseku VM 3 1237 rib/ha, na VM 2 891 rib, na VM 1a 1097 rib/ha ter na VM 1 868 rib/ha.

Primerjava deležev rib v dolžinskih razredih na posameznem vzorčnem mestu v vodotoku Oplotnica je pokazala manjše število večjih rib na odsekih, kjer so MHE izvajale odvzem vode. Na VM 1 smo v letu 2010 ujeli 22 potočnih postrvi starejših od 2 let (2+ in več), v letu 2011 pa 39 potočnih postrvi kategorije 2+ in starejših. Na VM 3 smo v letu 2010 ujeli 39 postrvi kategorije 2+ in starejših in v letu 2011 26 postrvi kategorije 2+ in starejših. Na VM 5 smo v letu 2010 ujeli 45 postrvi kategorije 2+ in starejših ter v letu 2011 34 postrvi kategorije 2+.

Na VM 2, kjer se je izvajal odvzem vode, smo v letu 2010 ujeli 9 potočnih postrvi kategorije 2+ in starejših, v letu 2011 pa na istem odseku 13 rib kategorije 2+ in starejših. Na VM 4 smo v letu 2010 ujeli 12 rib kategorije 2+ in starejših in v letu 2011 13 postrvi kategorije 2+ in starejših.

Ocenili smo tudi gostoto naseljenosti potočne postrvi na vzorčenih odsekih, ki smo jo prikazali kot številčnost in skupno biomaso rib na površinsko enoto. Gostota naseljenosti potočne postrvi je bila tako v vodnatem kot v sušnem obdobju vzorčenja višja na vzorčenih odsekih, kjer ni bilo odvzemov vode. Odstopanje se je pokazalo na VM 2 pri vzorčenju v vodnatem obdobju, kjer je bila ocenjena številčnost rib večja kot odsekih reke Oplotnice, kjer odvzema vode ni bilo. Ocenjena skupna biomasa potočnih postrvi na tem odseku v vodnatem obdobju ni bila večja od biomase rib na odsekih brez odvzemov vode.

Primerjava biomase rib na različnih vzorčnih mestih z dvostranskim *Studentovim t – testom* pri  $p \leq 0,05$  je pokazala statistično značilno manjšo biomaso rib na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za delovanje MHE.

Analiza gostote naseljenosti potočne postrvi na odsekih reke Oplotnice je pokazala trend upadanja v dolvodni smeri, torej z manjšo nadmorsko višino. Ob upoštevanju ugodnih kisikovih razmer in rezultatov fizikalnih in kemijskih dejavnikov, ki niso bili limitirajoči za preživetje potočne postrvi, je takšno stanje v nasprotju s pričakovanim, saj naravni pretok vodotoka z večanjem prispevne površine v dolvodni smeri narašča, upoštevati pa je treba tudi vlaganja potočne postrvi, ki se izvajajo na območju najnižje ležečega vzorčnega mesta. Vpliv odvzemov vode na velikost populacije potočne postrvi v Oplotnici je negativen in kumulativen.

## **2. Odvzem vode negativno vpliva na velikost in številčnost osebkov v posameznem velikostnem razredu (struktura populacije potočne postrvi).**

Raziskava je pokazala, da so potočne postrvi, ki živijo na odsekih Oplotnice, kjer MHE odvezajo vodo, manjše in manj številčne.

Analiza deležev ujetih rib v posameznem dolžinskem razredu in razporeditve različno velikih rib je pokazala, da so med vzorčenimi odseki razlike. Na vzorčnih mestih, ki sta bili pod vplivom odvzemov vode zaradi obratovanja MHE, je bila populacija rib neenakomerno razporejena. Število velikostnih razredov, v katerih ni bilo ujetih rib, je večje na vzorčnih mestih, kjer se izvajajo odvzemi vode, kar kaže na slabšo velikostno in starostno strukturo potočne postrvi, torej na negativen vpliv.

Rezultati multivariatne kanonične korespondenčne analize (Monte Carlo permutacijski test) so pokazali statistično značilen vpliv odvzemov na starostno strukturo potočne postrvi na različnih vzorčnih mestih v reki Oplotnici.

Tudi primerjava deležev juvenilnih potočnih postrvi starostnih razredov 0+ do 1+ je pokazala statistično značilno večje število manjših rib na odsekih, kjer se je izvajal odvzem vode za delovanje MHE (dvostranski *Studentov t – test* pri  $p \leq 0,01$ ); obratno je primerjava pokazala statistično značilno večje število večjih, spolno zrelih rib starostnih kategorij 2+, 3+, 4+ in 5+ na odsekih brez odvzemov vode.

### **3. Določitev ekološko sprejemljivega pretoka, $Q_{es}$ , na način, da pri rabi vode ne bo prekomernih vplivov na vodotok, je lahko dobro izhodišče za zmanjšanje negativnih vplivov odvzema vode na ribje populacije.**

Rezultati primerjave izračuna  $Q_{es}$  na podlagi istih vhodnih podatkov z uporabo slovenske in avstrijske z zakonom predpisane metodologije so pričakovano pokazali, da se vrednosti  $Q_{es}$  gibajo na nivoju srednjega malega pretoka, ki praviloma predstavlja vrednosti, ki se po naravni poti v vodotoku dejansko pojavljajo in je tudi eno od hidroloških izhodišč za določitev  $Q_{es}$  po obravnavanih metodologijah. Določitev vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka, ki bi moral biti zagotovljen pri rabi vode za obratovanje MHE, bi lahko bilo dobro izhodišče za zmanjšanje negativnih vplivov odvzemov vode na ribje populacije, vendar bi bilo treba zaradi pomanjkljivosti različnih metod za določanje  $Q_{es}$  preveriti stanja populacije potočne postrvi na odsekih rabe vode po določenem času in nato po potrebi novelirati  $Q_{es}$  glede na ugotovljeno stanje populacije in njenih habitatov ter ob upoštevanju ekoloških zahtev potočne postrvi.

## 6 POVZETEK

Z raziskavo smo želeli ugotoviti vplive odvzemov vode na velikost in strukturo populacije potočne postrvi v reki Oplotnici. Za vzorčenje rib ter fizikalnih in kemijskih lastnosti vodnega okolja smo izbrali odseke, kjer se je izvajal odzem vode za obratovanje MHE, in odseke brez odvzemov vode. Primerjava rezultatov fizikalno kemijskih meritev parametrov na različnih vzorčenih odsekih v različnih sezonah je pokazala, da so se nekateri dejavniki med seboj razlikovali v večji meri kot drugi. Vzorčna mesta so si bila po koncentraciji in nasičenosti v vodi raztopljenega kisika, pH in električne prevodnosti vzorčna mesta med seboj podobna.

Pričakovano so bile vrednosti koncentracije kisika in nasičenosti višje v vodnatem obdobju, ko je bila temperatura vode hladnejša. Tudi meritve pH vode so ne glede na čas vzorčenja in vzorčno mesto pokazale relativno majhna nihanja. Zaradi kamninske podlage pohorskega masiva smo pričakovano izmerili nizko električno prevodnost vode v obeh sezonah na vseh vzorčnih mestih, z izjemo na vzorčenem odseku, kjer se nahaja neurejen komunalni izpust neposredno v Oplotnico. Rezultati meritev fizikalnih in kemijskih parametrov Lobnice so bili v istem rangi kot tisti, ki smo jih izmerili na Oplotnici.

Pri analizi temperature smo v obeh obdobjih vzorčenja z meritvami potrdili višje temperature na odsekih, kjer so MHE odvezemale vodo, pri čemer je bila temperaturna razlika bolj očitna (večja) v vodnatem, hladnejšem obdobju leta.

Fizikalni parameter, pri merjenju katerega smo opazili največje razlike med posameznimi odseki in med različnima obdobjema vzorčenja, je bil pretok. Pričakovano je bil zaradi naravnega hidrološkega režima reke Oplotnice pretok nižji v sušnem, poletnem obdobju leta. Čeprav smo pričakovali nižje vrednosti na odsekih, kjer so MHE izvajale odzem vode, so nas presenetili ekstremno nizki pretoki, ki niti v sušnem niti v vodnatem obdobju leta niso dosegali vrednosti najnižjih obdobjnih pretokov ( ${}_sQ_{np}$ ) in vrednosti, ki smo jih z izračunom določili kot  $Q_{es}$  na posameznem odseku.

Pri vzorčenju rib smo več potočnih postrvi praviloma ujeli na odsekih, kjer ni bilo odvzemov vode. Kljub temu smo v času drsti ujeli večje število rib na odsekih, kjer so bili odvzemi vode, pri čemer smo upoštevali pomanjkljivosti uporabljene metode vzorčenja oz. uspešnost ulova rib.

Analiza strukture populacije potočne postrvi na različnih vzorčnih mestih in v različnih obdobjih vzorčenja je pokazala razlike med posameznimi lokacijami. Na različnih odsekih Oplotnice so bili starostni in dolžinski razredi potočne postrvi različni in različno



razporejeni. Pričakovano smo ne glede na sezono vzorčenja na vseh vzorčnih mestih, vključno z Lobnico, ujeli najmanj najmanjših rib, kar je delno tudi rezultat načina vzorčenja. Pri analizi starostne strukture potočne postrvi smo upoštevali možnost vpliva vlaganj potočne postrvi na strukturo populacije, vendar smo ne glede na morebitne vplive poribljavanj na odsekih, kjer je bilo zaradi odvzemov vode za obratovanje MHE manj vode, vedno ujeli manj rib, kot na odsekih brez odvzemov vode za MHE. Kljub temu smo v vodnatem obdobju opazili odstopanje, in sicer v obliki manjšega števila rib na najnižje ležečem odseku Oplotnice, zato moramo upoštevati možnost spremembe v gostoti naseljenosti rib zaradi drstnih migracij. Primerjava deležev juvenilnih potočnih postrvi starostnih razredov 0+ do 1+ je pokazala statistično značilno večje število manjših rib na odsekih z odvzemom vode; obratno je primerjava pokazala statistično značilno večje število večjih, spolno zrelih rib starostnih kategorij 2+, 3+, 4+ in 5+ na odsekih brez odvzemov vode. Menimo, da so pogoji za življenje odraslih potočnih postrvi na odsekih, kjer se izvajajo odvzemi vode, slabši, kar se očitno odraža tudi na starostni strukturi populacije na raziskanih odsekih.

Statistično značilen vpliv odvzemov vode smo dokazali tudi multivariatno kanonično korespondenčno analizo, s katero smo raziskali odvisnost starostne strukture potočne postrvi od izbranih okoljskih dejavnikov.

Analiza gostote naseljenosti (številčnosti in biomase) potočne postrvi v Oplotnici je pokazala upadanje v dolvodni smeri. Z nižanjem nadmorske višine sta številčnost in biomasa rib upadali, kar kaže na negativne vplive, ki so posledica odvzemov vode in sekundarnih sprememb hidromorfologije Oplotnice zaradi nižjih pretokov. Upadanje smo opazili tako v vodnatem kot v sušnem obdobju; možno je, da gre za kumulativni vpliv obratovanja verige MHE v dolvodni smeri, pri čemer izpostavljamo tudi vpliv na vzdolžno prehodnost vodotoka za ribe. Primerjava biomase rib na raziskanih odsekih reke Oplotnice je pokazala statistično značilno manjšo biomaso rib na odsekih, kjer se je izvajal odzem vode za delovanje MHE.

Primerjava gostote populacije potočne postrvi v Lobnici je pokazala večjo številčnost populacije potočne postrvi kot je bila ocenjena v obeh obdobjih vzorčenja na vzorčenih odsekih Oplotnice, z izjemo najvišje ležečega vzorčnega mesta nad verigo MHE. Skupna biomasa potočnih postrvi, vzorčenih v sušnem obdobju v Lobnici, ni presegala vrednosti na nobenem od odsekov reke Oplotnice v istem obdobju.

Rezultati in analiza rezultatov so pokazali razlike med odseki, kjer so MHE odvezemale vodo in odseki brez hidroenergetske rabe vode. Kljub temu bi lažje potrdili vplive obratovanja MHE na stanje populacije potočne postrvi, če bi izvedli več ponovitev vzorčenja na daljših odsekih izven in znotraj območja vpliva MHE.

Rezultati primerjave različnih načinov izračuna  $Q_{es}$  na podlagi istih vhodnih podatkov so pričakovano pokazali, da se vrednosti  $Q_{es}$  gibajo na nivoju srednjega malega pretoka, ki praviloma predstavlja vrednosti, ki se po naravni poti v vodotoku dejansko pojavljajo. Pri izvajanju meritev pretokov smo se soočili tudi s pojavljanjem hydropeaking-a zaradi obratovanja MHE.

Določitev vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka, ki bi moral biti zagotovljen pri rabi vode za obratovanje MHE, bi lahko bilo dobro izhodišče za zmanjšanje negativnih vplivov odvzemov vode na ribje populacije, vendar je to šele prvi korak, ki bi ga bilo potrebno storiti. Glede na izvedene meritve smo se namreč soočili s kršenjem zagotavljanja ekološko sprejemljivega pretoka na območju, kjer je bil le – ta predpisan. Posebno težavo predstavljajo MHE, za katere ekološko sprejemljivi pretok sploh ni določen, zato kljub drastično znižanim pretokom na območju rabe vode ne moremo dokazati kršitev. Ob upoštevanju pomanjkljivosti različnih metod za določanje ekološko sprejemljivega pretoka bi bil pravi pristop določitev  $Q_{es}$ , preveritev (izboljšanja) stanja populacije potočne postrvi na odseku rabe vode po določenem času in nato po potrebi novelacija  $Q_{es}$  glede na ugotovljeno stanje.

Ker določanje ekološko sprejemljivega pretoka po slovenski metodologiji daje možnost drugačne določitve vrednosti  $Q_{es}$ , bi bilo potrebno vsaj za obdobje drsti in zgodnjih faz razvoja potočne postrvi vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka določiti ob upoštevanju ekoloških zahtev vrste in ne zgolj ob upoštevanju osnovnih hidroloških parametrov vodotoka.

## 7 SUMMARY

The aim of this research was to identify the impact of water abstractions on the population size and structure of the brown trout population inhabiting Oplotnica river. Different river sections of Oplotnica were selected for fish sampling and abiotic data collection. Two of the chosen sampling sites were influenced by the SHPP water abstractions while three sampling sites were located at the sections without water abstractions. The comparison of physical and chemical parameters measured in the wet and dry periods at different sampling sites indicate that some parameters varied more than others. All the sampling sites were similar considering dissolved oxygen, pH and electrical conductivity of stream water.

As expected, the oxygen concentration and saturation were higher in the wet period of the year when the water temperature was lower. Irrespective of the sampling period and location the pH of stream water showed limited variability. The expected low electrical conductivity of stream water at all locations was due to the geology of Pohorje, with the exception of the sampling site with sewage water released directly into Oplotnica. The values of physical and chemical parameters at Lobnica were comparable to those of Oplotnica.

The water temperature analysis showed higher temperatures in both the wet and the dry periods at the sampling sites influenced by the SHPP water abstractions. The difference in temperature between different sampling sites was larger in the wet period of the year.

Discharge is the physical parameter showing the largest variability between the sampling sites in both sampling periods. As expected, the discharge of Oplotnica was lower in the dry period of the year due to the natural hydrologic regime. Although we expected lower discharges on the sampling sites under the influence of SHPP water abstractions, the extremely low discharge values were a surprise, since the discharges were below both the lowest annual discharges and calculated ecological flow values.

The results of fish sampling showed that more brown trout specimens were present on the sampling sites without water abstractions. However, contrary to our expectations, a larger number of fish was caught at sampling sites with water abstractions during the spawning period. The explanation is to be sought in the sampling method bias which must always be considered.

The analysis of brown trout populations structure at different sampling sites and in different sampling periods showed differences between individual sampling locations. Age

and length structure of the brown trout populations varied among sampling sites. Expectedly, we caught very little of the smallest fish irrespective of the sampling period and sampling location which is partly a bias of the chosen sampling method. We also considered the possibility of fish stocking effect on the age structure of the brown trout population in Oplotnica. However, a smaller number of fish was always caught at the sampling sites influenced by the SHPP water abstractions compared to the number of fish caught at the sampling sites without water abstractions. Since the only deviation from this rule was observed in the wet period of the year at the lowest altitude sampling site, where lower number of fish was detected, we believe the onset of brown trout spawning migration altered the population density.

The analysis of juvenile brown trout age structure at different sampling sites showed statistically significant differences of the ratio between fry (0+) and parr (1+), resulting in higher ratio of fry at the sampling sites with water abstraction. On the other hand, the statistically significant differences detected in the age structure of adult fish (2+, 3+, 4+ and 5+) resulted in higher ratio of sexually mature adult fish on the sampling sites without water abstraction. We believe that the habitat conditions for adult brown trout at the river sections with water abstractions do not provide the necessary survival conditions in comparison with the natural sections, which is reflected in the brown trout population age structure.

The multivariate canonical correspondence analysis was applied to explore the relationship between the brown trout population age structure and selected environmental variables and has shown a statistically significant impact of water abstraction.

The analysis of brown trout population abundance and biomass in Oplotnica showed a reduction of population density in a downstream direction which could be the consequence of water abstractions and secondary hydromorphological changes resulting from low water flows. The reduction in population density was observed in both periods of the year which suggests a possible downstream cumulative effect of the SHPP chain operation. If so, the influence on the longitudinal river connectivity and passability for the fish must be considered. The statistically significant downstream reduction was also confirmed for fish biomass when comparing the brown trout biomass at different sections of Oplotnica River.

The general analysis of the brown trout population showed a larger fish abundance in Lobnica compared to the sampling sites in Oplotnica in the same sampling period. However, the total biomass of the brown trout in Lobnica in the dry period of the year never exceeded the total biomass of any of the sampling sites in Oplotnica in the same period.

Thus, the data analysis indicated population structure differences between sampling sites influenced by the SHPP water abstractions and those without water abstractions. Therefore, impacts of SHPP operation on the brown trout population could be confirmed easier if we carried out more and longer replicate sampling on the selected river sections with and without water abstractions.

The comparison of two different ecological flow determination methods, based on the same input data, showed that the ecological flow values are in the range of annual low flows which occur naturally in the stream. During the discharge measurements on the Oplotnica we also witnessed a hydropeaking event as a consequence of SHPP operation.

A good starting point for the reduction of negative effects of water abstractions on the brown trout population could be the determination of the ecological flow that should be maintained at all SHPP operations. However, this is just the first step. According to the discharge measurements we witnessed a violation of the minimal ecological flow where it was legally defined. Moreover, the SHPPs where no ecological flow has been defined present a unique challenge as no violation can be proven, even when the abstractions leave no water in the streambed at all. Considering the identified deficiencies of different methodologies, the first step is by all means the determination of ecological flow at all SHPPs. Furthermore, the verification of the brown trout populations status at the section under the water abstraction impact must be implemented to confirm the appropriateness of the methodology or to suggest additional adaptations before the update of the relevant legal documents.

A different method for the determination of the ecological flow is available in Slovenian law and should be considered at least for the period of brown trout spawning and juvenile development. It is in this period that a different ecological flow should be determined considering at least the brown trout ecology and basic hydrological parameters of the watercourse.

## 8 VIRI

- Acreman M. C., Dunbar M. J. 2004. Defining environmental river flow requirements? A review. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 8: 861–876
- Acreman M. C., Dunbar M. H., Hannaford J., Bragg O. M., Black A. R., Rowan J. S., King J. 2006. Development of Environmental Standards (Water Resources): final report. Project WFD48. Edinburgh, Scotland & Northern Ireland Forum for Environmental Research: 146 str.
- Acreman M. C., Ferguson A. J. D. 2010. Environmental flows and European Water Framework Directive. *Freshwater Biology*, 55: 32-48
- Agencija Republike Slovenije za okolje. <http://www.arso.gov.si/> (december 2015)
- Alabaster J. S., Lloyd R. 1982. Water quality criteria for freshwater fish, 2nd ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations. London, Butterworths: 361 str.
- Allan J. D., Ibañez Castillo M. M. 2009. Stream ecology: structure and function of running waters, 2nd ed., reprinted. ed. Dordrecht, Springer: 436 str.
- Allen K. R. 1951. The Horokiwi Stream. New Zealand Marine Department, Wellington, Fisheries bulletin 10: 231 str.
- Almodóvar A., Nicola G. G. 1999. Effects of a small hydropower station upon brown trout *Salmo trutta* L. in the River Hoz Seca (Tagus Basin, Spain) one year after regulation. *Regulated Rivers Research and Management*, 15: 477–484
- Almodóvar A., Nicola G. G., Elvira B. (2006 b). Spatial variation in brown trout production: the role of environmental factors. *Transactions of the American Fisheries Society* 135: 1348–1360
- Anderson R. M., Nehring R. B. 1985. Impacts of stream discharge on trout rearing habitat and trout recruitment in the South Platte River, Colorado. V: Proceedings of the Symposium on Small Hydropower and Fisheries. Olson F.W., White R.G., Hamre R.H. (eds.). Bethesda, American Fisheries Society: 59-64
- AQUEM consortium (2002). Manual for the application of the AQEM system. A comprehensive method to assess European streams using benthic macroinvertebrates,

- developed for the purpose of the Water Frame Directive. Version 1.0., February 2002: 198 str.
- [https://www.researchgate.net/publication/240311181\\_Manual\\_for\\_the\\_application\\_of\\_the\\_AQEM\\_system\\_A\\_comprehensive\\_method\\_to\\_assess\\_European\\_streams\\_using\\_benthic\\_macroinvertebrates\\_developed\\_for\\_the\\_purpose\\_of\\_the\\_Water\\_Frame\\_Directive\\_Version\\_10\\_Febru](https://www.researchgate.net/publication/240311181_Manual_for_the_application_of_the_AQEM_system_A_comprehensive_method_to_assess_European_streams_using_benthic_macroinvertebrates_developed_for_the_purpose_of_the_Water_Frame_Directive_Version_10_Febru) (december 2015)
- Armstrong J. D., Kemp P. S., Kennedy G. J. A., Ladle M. Milner N. J. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research*, 62: 143–170
- Ayllón D., Almodóvar A., Nicola G. G., Elvira B. 2009. Interactive effects of cover and hydraulics on brown trout habitat selection patterns. *River Research and Applications*, 25: 1051-1065
- Baglinière J. L., Maisse G. 1999. *Biology and Ecology of the Brown and Sea Trout*. London, Springer: 286 str.
- Belica L. 2007. *Brown Trout (Salmo trutta): a technical conservation assessment*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Region, Species Conservation Project: 118 str. [https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj8id\\_e8-JAhXjnnIKHZdgAykQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fs.usda.gov%2FInternet%2FFSE\\_DOCUMENTS%2Fstelprdb5206799.pdf&usg=AFQjCNENK7UVzwHqFOBnwYRU-FobXTPKg&sig2=snqT\\_dv4nlWKQmm3iyu37g&cad=rja](https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj8id_e8-JAhXjnnIKHZdgAykQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fs.usda.gov%2FInternet%2FFSE_DOCUMENTS%2Fstelprdb5206799.pdf&usg=AFQjCNENK7UVzwHqFOBnwYRU-FobXTPKg&sig2=snqT_dv4nlWKQmm3iyu37g&cad=rja) (december 2015)
- Benejam L., Saura-Mas S., Bardina M., Solà C., Munné A., García-Berthou E. 2014. Ecological impacts of small hydropower plants on headwater stream fish: from individual to community effects. *Ecology of Freshwater Fish*, in press: 12 str.
- Berry W., Rubinstein N., Melzian B., Hill B. 2003. The biological effects of suspended and bedded sediment (SABS) in aquatic systems: a review. U. S. Environ. Prot. Agency Duluth: 58 str. <http://www.epa.gov/wqc/developing-water-quality-criteria-suspended-and-bedded-sediments-sabs-potential-approaches> (december 2015)
- Bournaud M. 1963. Le courant, facteur ecologique et ethologique de la vie aquatique. *Hydrobiologia*, 21: 125-165

- Bremond R., Vuichard R. 1973. Paramètres de la qualité des eaux, vol. 1. Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement. La Documentation Française. Paris, SPEPE: 179 str.
- Brooker M. P. 1981. The impact of impoundment on the downstream fisheries and general ecology. V: *Advances in Applied Biology*. London, Academic Press: 91-152
- Brown V. M., 1975. Fishes. V: *River Ecology*, Winton B.A. (ed.). Oxford, Blackwell Scientific Publications: 199-229
- Butcher R. W. 1933. Studies on the Ecology of Rivers: I. On the Distribution of Macrophytic Vegetation in the Rivers of Britain. *Journal of Ecology*, 21: 58 - 91
- Chapman D. W., Bjornn T. C. 1969. Distribution of salmonids in streams, with special reference to food and feeding. V: *Symposium on salmon and trout in streams*. T. G. Northcote, editor. H. R. MacMillian Lectures In Fisheries, Vancouver, University of British Columbia, Institute of Fisheries: 153–176
- Covington J. S., Hubert W. A. 2003. Trout Population Responses to Restoration of Stream Flows. *Environmental Management*, 31: 135–146
- Cowx G., Welcomme R. 1998. Rehabilitation of rivers for fish. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) by Fishing News Books. Oxford, Fishing News Books: 260 str.
- Crisp D. T. 1989. Some impacts of human activities on trout, *Salmo trutta*, populations. *Freshwater Biology*, 21: 21–33
- Čarf M., Jenič A., Puklavec D., Zabrc D., Šantl S., Prešeren T., Bric B., Modic T., Ivanc M., Videmšek U., Pliberšek K., Marčeta B., Sotenšek B. 2013. Ocena stanja ribjih populacij ekološkega potenciala v reki Dravi na območju vplivnega področja akumulacije HE Ožbolt: končno poročilo. Sp. Gamelje, Zavod za ribištvo Slovenije: 106 str.
- De Jalon D. G., Sanchez P., Camargo J. A. 1994. Downstream effects of a new hydropower impoundment on macrophyte, macroinvertebrate and fish communities. *Regulated Rivers: Research & Management*, 9: 253–261
- Dußling U., Berg R., Klinger H., Wolter C. 2004. Assessing the Ecological Status of River Systems Using Fish Assemblages. *Handbuch Angewandte Limnologie*. Landsberg/Lech, Ecomed, 20. Erg.Lfg. 12/04: 1 - 84



- Egglishaw H. J., Shackley P. E. 1977. Growth, Survival and Production of Juvenile Salmon and Trout in a Scottish Stream, 1966-75. *Journal of Fish Biology*, 11: 647 - 672
- Egglishaw H. J., Shackley P. E. 1982. Influence of water depth on dispersion of juvenile salmonids, *Salmo salar* L. and *S. trutta* L., in a Scottish stream. *Journal of Fish Biology*, 21: 141–155
- Elliott J. M. 1981. Some aspects of thermal stress on freshwater teleosts. V: Stress and Fish. Pickering A.D. (ed.). London, Academic Press: 209–245
- Elliott J. M. 1994. Quantitative Ecology and the Brown Trout. Oxford, Oxford University Press: 298 str.
- Elliott J. M., Elliott J. A. 2010. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology*, 77: 1793–1817
- Froese R., Pauly D., Editors. 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) , version (10/2015) (december 2015)
- Frost W. E., Brown M. E. 1967. The Trout. London, Collins: 286 str.
- Garrett J. W., Bennett D. H. 1995. Seasonal movements of adult brown trout relative to temperature in a coolwater reservoir. *North American Journal of Fisheries Management*, 15: 480 - 487
- Gillet C., Roubaud P. 1986. Survie embryonnaire précoce de 9 espèces de poissons d'eau douce après un choc de pH appliqué pendant la fécondation ou au cours des premiers stades du développement embryonnaire. *Reproduction Nutrition Développement*, 26: 1319–1333
- Glova G., Duncan M. J. 1985. Potential effects of reduced flows on fish habitats in a large braided river, New Zealand. *Transactions of the American Fisheries Society*, 114: 165-181
- Grant J. W. A., Englert J., Bietz B. F. 1986. Application of a Method for Assessing the Impact of Watershed Practices: Effects of Logging on Salmonid Standing Crops. *North American Journal of Fisheries Management*, 6: 24–31

Habitatna direktiva Sveta Evropske skupnosti o ohranjanju naravnih habitatov ter divje favne in flore, Aneks II in V. 92/43/EEC z dne 21.5.1992

Harby A., Noack M. 2013. Rapid flow fluctuations and impacts on fish and the aquatic ecosystem. V: Ecohydraulics: An Integrated Approach. Maddock J., Harby A., Kemp P., Wood P. (eds.). Chichester, Wiley Blackwell: 323–335

Heggenes J. 1988. Effect of experimentally increased intraspecific competition on sedentary adult brown trout (*Salmo trutta*) movement and stream habitat choice. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45: 1163–172

Heggenes J. 1988 a. Substrate preferences of brown trout fry (*Salmo trutta*) in artificial stream channels. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 45: 1801–806

Heggenes J. 1988 b. Physical habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) in riverine systems. Nordic Journal of Freshwater Research, 64: 74–90

Heggenes J. 1988 c. Effects of short-term flow fluctuations of displacement and habitat use by brown trout in a small stream. Transactions of the American Fisheries Society, 117: 336–344

Heggenes J., Baglinière J. L., Cunjak R. 1995. Note de synthèse sur la sélection de niche spatiale et la compétition chez le jeune saumon Atlantique (*Salmo salar*) et la truite commune (*Salmo trutta*) en milieu lotique. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 337/338/339: 231–239

Heggenes J., Bremset G., Brabrand Å. 2010. Groundwater, critical habitats, and behaviour of Atlantic salmon, brown trout and Arctic char in streams. Trondheim. Norwegian Institute for Nature Research. NINA Report 654: 28 str.

[https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi688OT4-\\_JAhVIiywKHXBwA6sQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.nina.no%2Farchive%2Fnina%2FPppBasePdf%2Frapport%255C2010%255C654.pdf&usg=AFQjCNHOZ1MMO8FX4GrJZxT4p9S2BjQADA&sig2=Jc3W7\\_WdmAFw8qZvS5SUSw&cad=rja](https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwi688OT4-_JAhVIiywKHXBwA6sQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.nina.no%2Farchive%2Fnina%2FPppBasePdf%2Frapport%255C2010%255C654.pdf&usg=AFQjCNHOZ1MMO8FX4GrJZxT4p9S2BjQADA&sig2=Jc3W7_WdmAFw8qZvS5SUSw&cad=rja)  
(december 2015)

Hidroelektrarna. 2015. <https://sl.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrarna> (december 2015)

Huet M. 1962. Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, 24: 412–432

Čarf, M. Vpliv malih hidroelektrarn na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758).  
Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2016

---

Hunter M. A. 1992. WDF Technical Report No. 119: Hydropower Flow Fluctuations and Salmonids: A Review of the Biological Effects, Mechanical Causes, and Options for Mitigation: 55 str. <http://wdfw.wa.gov/publications/00572/> (december 2015)

Illies J. 1978. Limnofauna Europaea. Eine Zusammenstellung aller die den Europäischen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tierarten mit Angaben über ihre Verbreitung und Ökologie. Stuttgart, New York, Gustav Fischer: 532 str.

Inštitut za vode Republike Slovenije. <http://www.izvrs.si/> (december 2015)

Jenkins T. M. 1969. Social Structure, Position Choice and Micro-distribution of Two Trout Species (*Salmo trutta* and *Salmo gairdneri*) Resident in Mountain Streams. Animal Behaviour Monographs 01/1969; 2, 2: 55–123

Jowett I. G. 1993. A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 27: 241–248

Kazalci okolja, ARSO; 2015. [http://kazalci.arso.gov.si/print?ind\\_id=596&lang\\_id=302](http://kazalci.arso.gov.si/print?ind_id=596&lang_id=302) (december 2015)

Kerr S. J. 1995. Silt, Turbidity and Suspended Sediments in the Aquatic Environment: An Annotated Bibliography and Literature Review. North Bay, Ontario Ministry of Natural Resources, Southern Region Science & Technology Transfer Unit Technical Report TR-008: 277 str.

Kolbezen M., Pristov J. 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije (Surface streams and water balance of Slovenia). Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije: 98 str.

Konar M., Mikula K., Tavčar T., Lorenz E., Ramšak L., Snoj A., Bravničar J., Konecny R., Lewitschnig H. 2013. KARAFISH High altitude distribution of brown trout and occurrence of bullhead in the mountain range Karawanke. Klagenfurt am Wörthersee, Kärtner Institut für Seenforschung: 702 str. [https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiJqvnefDJAhUDWSwKHQt6AgcQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kis.ktn.gv.at%2F307516\\_DE-KIS-Finalreport.pdf&usg=AFQjCNEao73cNWBFMZnfU6E0GMLBEACjIw&cad=rja](https://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiJqvnefDJAhUDWSwKHQt6AgcQFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.kis.ktn.gv.at%2F307516_DE-KIS-Finalreport.pdf&usg=AFQjCNEao73cNWBFMZnfU6E0GMLBEACjIw&cad=rja) (december 2015)

Čarf, M. Vpliv malih hidroelektrarn na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758). Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2016

---

- Kottelat M., Freyhof J. 2007. Handbook of European Freshwater fishes., Switzerland, Kottelat, Cornol in Berlin, Freyhof: 646 str.
- Leopold L. B., Wolman M. G., Miller J. P. 1964. Fluvial processes in geomorphology. San Francisco, W. H. Freeman: 522 str.
- Lewis W. M., Morris D. P. 1986. Toxicity of Nitrite to Fish: A Review. Transactions of the American Fisheries Society, 115: 183–195
- Martinčič A., Urbanc – Berčič O., Fliser B., Jež M., Steinman F. 1993. Kolokvij biološki minimum. Zbornik referatov. Društvo ekologov Slovenije. Ljubljana, Katedra za ekologijo, Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta: 123 str.
- Massa F., Grimaldi C., Baglinière J. L., Prunet P. 1998. Evolution des caractéristiques physico-chimiques de deux zones de frayères à sédimentation contrastée et premiers résultats de survie embryo-larvaire de truite commune (*Salmo trutta*). Bulletin français de la pêche et de la pisciculture: 359–376
- McMichael G. A., Rakowski C. L., James B. B., Lukas, J. A. 2005. Estimated fall Chinook salmon survival to emergence in dewatered redds in a shallow side channel of the Columbia River. North American Journal of Fisheries Management, 25: 876–884
- Mikoš 2009. Osnove hudourništva - varstvo pred hudourniki in zemeljskimi plazovi. Skripta, 1. izdaja (2009). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 217 str.
- Mills D. H. 1971. Salmon and Trout Resource, its Ecology, Conservation and Management. Edinburgh, Oliver & Boyd: 351 str.
- Mosley M. P. 1982. A procedure for characterising river channels. Water & soil miscellaneous publication 32. Wellington, Water and Soil Division Ministry of Works and Development for the National Water and Soil Conservation Organisation: 68 str.
- Mouton A. M., Schneider M., Depestele J., Goethals P. L. M., De Pauw N. 2007. Fish habitat modelling as a tool for river management. Ecological Engineering, 29: 305–315
- Nagrodski A., Raby G. D., Hasler C. T., Taylor M. K., Cooke S. J. 2012. Fish stranding in freshwater systems: sources, consequences, and mitigation. Journal of Environmental Management, 103: 133–141

- Naiman R. J., Bunn S. E., Nilsson C., Petts G. E., Pinay G., Thompson L. C. 2002. Legitimizing Fluvial Ecosystems as Users of Water: An Overview. *Environmental management*, 30: 455–467
- Nehring R. B., Anderson R. M. 1993. Determination of population-limiting critical salmonids habitats in Colorado streams using the Physical Habitat Simulation System. *Rivers* 4, 1: 1-19
- Nelson F. A. 1986. Effect of flow fluctuations on brown trout in the Beaverhead River, Montana. *North American Journal of Fisheries Management*, 6: 551-559
- Nilsson C., Svedmark M. 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Changing Water Regimes: Riparian Plant Communities. *Environmental management*, 30: 468–480
- Norris R. H., Thoms M. C. 1999. What is river health? *Freshwater Biology*, 41: 197–209
- Obnovljivi viri energije. <http://www.focus.si/ove/index.php?l1=vrste&l2=vodna> (december 2015)
- Okvirna vodna direktiva; Water Framework Directive; 2000/60/EC. [http://www.arhiv.mop.gov.si/si/delovna\\_podrocja/voda/vodna\\_direktiva/](http://www.arhiv.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/vodna_direktiva/) (december 2015)
- O'Neill M. P., Abrahams A. D. 1984. Objective identification of pools and riffles. *Water Resources Research*, 20: 921-926
- Osnutek Načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2015 – 2021. [http://www.mop.gov.si/si/delovna\\_podrocja/voda/nacrt\\_upravljanja\\_voda/](http://www.mop.gov.si/si/delovna_podrocja/voda/nacrt_upravljanja_voda/) (december 2015)
- Ottaway E. M., Carling P. A., Clarke A., Reader N. A. 1981. Observations on the structure of brown trout, *Salmo trutta* Linnaeus, redds. *Journal of Fish Biology*, 19: 593 - 607
- Parra I., Almodóvar A., Nicola G. G., Elvira B. 2009. Latitudinal and altitudinal growth patterns of brown trout *Salmo trutta* at different spatial scales. *Journal of Fish Biology*, 74: 2355–2373
- Pemič A., Mikoš M. 2005. Inženirska hidrotehnika. Univerzitetni učbenik, verzija 3. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 275 str.

- Pender D. R., Kwak T. J. 2002. Factors influencing brown trout reproductive success in Ozark tailwater rivers. *Transactions of the American Fisheries Society*, 131: 698-717
- Person E. 2013. Impact of Hydropeaking on Fish and their Habitat. Doktorska disertacija. Lausanne, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Faculté de L'environnement Naturel, Architectural et Construit, Laboratoire de Constructions Hydrauliques: 139 str.
- Poff N. L., Allan J. D., Bain M. B., Karr J. R., Prestegard K. L., Richter B. D., Sparks R. E., Stromberg J.C. 1997. The Natural Flow Regime. *BioScience*, 47: 769–784
- Poff N. L., Richter B. D., Arthington A. H., Bunn S.E., Naiman R. J., Kendy E., Acreman M., Apse C., Bledsoe B.P., Freeman M.C., Henriksen J., Jacobson R. B., Kennen J. G., Merritt D. M., O'Keeffe J. H., Olden J. D., Rogers K., Tharme R. E., Warner A., 2010. The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): a new framework for developing regional environmental flow standards: *Ecological limits of hydrologic alteration. Freshwater Biology*, 55: 147–170
- Povž M., Sket B. 1990. Naše sladkovodne ribe. Ljubljana, Mladinska knjiga: 370 str.
- Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah. Uradni list RS, št. 99/2007, 75/2010
- Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Uradni list RS, št. 82/2002, 42/2010
- Pridmore R. D., Roper D. S. 1985. Comparison of the macroinvertebrate faunas of runs and riffles in three New Zealand streams. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 19: 283-291
- Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer - QZV Ökologie OG, BGBl. II Nr. 461/2010  
[http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht\\_national/planung/QZVOekologieOG.html](http://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/wasserrecht_national/planung/QZVOekologieOG.html) (december 2015)
- Ramade F., 1982. *Element d'ecologie appliquee*. Paris, McGraw-Hill: 452 str.
- Reyes-Gavilán F. G., Garrido R., Nicieza A. G., Toledo M. M., Braña F. 1995. Variability in growth, density and age structure of brown trout populations under contrasting environmental and managerial conditions. V: *The Ecological Basis for River Management*. Harper D. M. and Ferguson A. J. D. (eds.), Chichester. John Wiley & Sons: 389–403

- Richards K. S. 1976. The morphology of riffle-pool sequences. *Earth Surface Processes and Landforms*, 1: 71-88
- Richter B. D., Davis M. M., Apse C., Konrad C. 2011. A Presumptive Standard For Environmental Flow Protection: Short Communication: River Research and Applications: 10 str.
- Rismal M. 2008. Vprašanje ekološko sprejemljivih pretokov  $Q_{es}$ . V: Zbornik referatov. 19. Mišičev vodarski dan, Maribor, 8. december 2008, Vodnogospodarski biro, Maribor in Drava vodnogospodarsko podjetje, Ptuj, Vodnogospodarski biro Maribor: 66 – 74
- Schinegger R., Trautwein C., Melcher A., Schmutz S. 2012. Multiple human pressures and their spatial patterns in European running waters: Human pressures. *Water and Environment Journal*, 26: 261–273
- Schmutz S., Bakken T.H., Friedrich T., Greimel F., Harby A., Jungwirth M., Melcher A., Unfer G., Zeiringer B. 2015. Response of Fish Communities to Hydrological and Morphological Alterations in Hydropeaking Rivers of Austria. *River Research and Applications*, 31: 919–930
- Seber G. A. F., Le Cren E.D. 1967. Estimating Population Parameters from Catches Large Relative to the Population. *Journal of Animal Ecology*, 36, 3: 631-643
- Slatinšek T., 2008. Struktura sub-populacij potočne postrvi (*Salmo trutta m. fario* L.) v povirju reke Mislinje v odvisnosti od heterogenosti habitata in upravljanja z vodami. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo: 84 str.
- Steinman F., Šantl S., Prešeren T., Rak G., Kompare K., Čarf M., Jenič A., Pajk N., Modic T., Podgornik S., 2013. Razvoj in uporaba informacijskih orodij za ugotavljanje primernosti habitatov za potočno postrv (*Salmo trutta*) in določitev ukrepov za njihovo izboljšanje: končno poročilo. Ljubljana, Zavod za ribištvo Slovenije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 89 str.
- Tarman K., 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.
- Ter Braak C. J. F., Šmilauer P. 2002. CANOCO, version 4.5 (december 2015)

Čarf, M. Vpliv malih hidroelektrarn na številčnost in strukturo populacije potočne postrvi (*Salmo trutta fario*, Linnaeus, 1758). Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 2016

---

Tharme R. E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, 19: 397–441

The Wild Trout Trust. 2015. <http://www.wildtrout.org/content/trout-facts> (december 2015)

Thompson L., Larsen R. 2004. Fish habitat in freshwater streams. UC DANR 8000 Series, Farm Water Quality Planning Series: 12 str.  
[https://www.researchgate.net/publication/237385944\\_Fish\\_Habitat\\_in\\_Freshwater\\_Streams](https://www.researchgate.net/publication/237385944_Fish_Habitat_in_Freshwater_Streams) (december 2015)

Uredba o določitvi meja ribiških območij in ribiških okolišev v Republiki Sloveniji. Uradni list Republike Slovenije, št. 52/2007

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka. Uradni list Republike Slovenije, št. 97/2009

Uredba o načrtu upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja. Uradni list Republike Slovenije, št. 61/2011 in 49/2012

Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni v soproizvodnji toplote in električne energije z visokim izkoristkom. Uradni list RS, št. 37/2009, 53/2009, 68/2009, 76/2009, 17/2010, 81/2010 in 17/2014 – EZ-1

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

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

Vander Borght P., Ska B., Schmitz A., Wollast R. 1982. Eutrophisation de la rivière Semois: le développement de *Ranunculus* et ses conséquences sur l'écosystème aquatique. V: *Studies on Aquatic Vascular Plants*. Symoens J. J., Hooper S. S. and Compere P. (eds.). Brussels. Bot. R. Soc. Belgium: 340-345

Veenvliet P., Kus Veevliet J. 2006. Ribe slovenskih celinskih voda, priročnik za določanje. Grahovo, Zavod symbiosis: 168 str.

Vornanen M., Haverinen J., Egginton S. 2014. Acute heat tolerance of cardiac excitation in the brown trout (*Salmo trutta fario*). *Journal of Experimental Biology*, 217: 299–309



Westley P. A. H., Stanley R., Fleming I. A., 2013. Experimental Tests for Heritable Morphological Color Plasticity in Non-Native Brown Trout (*Salmo trutta*) Populations. PLoS ONE, 8, 11: e80401: 8 str.

Wohl E., 2006. Human impacts to mountain streams. Geomorphology, 79: 217–248

Wolman M. G. 1955. The natural channel of Brandywine Creek, Pennsylvania, United States Geological Survey professional paper, 271: 56 str.

Yang T. C. 1971. Formation of riffles and pools. Water Resources research, 7: 1567-1574

Young P. S., Cech J. J., Thompson L. C. 2011. Hydropower-related pulsed-flow impacts on stream fishes: a brief review, conceptual model, knowledge gaps, and research needs. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 21: 713–731

Zakon o ohranjanju narave. Uradni list Republike Slovenije, št. 96/2004 – uradno prečiščeno besedilo, 61/2006 – ZDru-1, 8/2010 – ZSKZ-B in 46/2014)

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

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

Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne 61a, 1211 Ljubljana-Šmartno; Ribiški kataster. 2015

Zolezzi G., Siviglia A., Toffolon M., Maiolini B. 2011. Thermopeak in Alpine streams: event characterization and time scales. Ecohydrology, 4: 564–576

## ZAHVALA

Najprej hvala mentorju, prof. dr. Mihaelu Jožefu Tomanu, ki je mentorstvo prevzel tik pred ciljno etapo in tako s svojo podporo in profesionalnim pristopom pripomogel k uspešnemu zaključku. Hvala tudi prof. dr. Alenki Gabersčik, ki je po dolgih letih mojega podiplomskega študija, med katerim sem zamenjala rastline za živali, uspešno predala štafeto v prave roke.

Mnogokrat hvala mojim »komisarjem«, prof. dr. Franciju Steinmanu, prof. dr. Igorju Zelniku in prof. dr. Ivanu Kosu, za neverjetno hitrost in strokovne pripombe, ki so izboljšale nalogo.

Hvala vsem sodelavcem in kolegom, ki so mi pomagali na terenu pri ulovu spolzkih podatkov, na katerih stoji (plava?) ta naloga. Hvala tudi mag. Sašu Šantlu, za povabilo k sodelovanju v biološko – hidravlični ekipi projekta in za meritve pretokov v mrrrrzli vodi ! Hvala tudi dr. Tanji Prešeren za meritve ter evidentiranje in fotografiranje dragocenih podatkov. Fraza »Pojdi se solit« je za nas dobila popolnoma nov pomen... Multivariatni hvala kolegici dr. Nataši Mori, za vso umirjenost in podporo pri obdelavi podatkov. Hvala kolegici dr. Veri Zgonik za umetniški avtorski doprinos in svakinji Saši Štehnarnek za operativni zaključek !

Aljaž, mag. Jenič, tebi gre posebna zahvala, za simultano odločitev za dokončanje študija (seveda pred mano), za vso pozitivno in posebej učinkovito negativno stimulacijo k dokončanju študijskih obveznosti, za nesebično tovariško podporo in spodbudo v trenutkih, ko sem skoraj odnehala tik pred ciljem in za vse konstruktivne in nekonstruktivne, dnevne in nočne debate in kafe... HVALA !

Za potrpežljivost in prenašanje, za vsestransko sodelovanje, pomoč in podporo, za hrano in pijačo, za čikpavze in pasivce, za salmonidne nasvete in navdih se zahvaljujem Danilu, Daši, Tomažu, Renati, Poloni, Nastji, Urošu, Cokiju in Brini. Brez vas ne bi šlo, zato se priporočam še za bodoče podvige !

Omeniti moram še množico nadebudnih privržencev malih in velikih hidroelektrarn, med njimi so tako stranke kot uradniki, ki so me leta in leta prepričevali, da odvzemi vode v Sloveniji ne škodijo ribam in njihovim habitatom, saj  $Q_{es}$  reši vse težave. Hvala, ker ste pripomogli k moji odločitvi, da z znanstvenim pristopom dokažem, da se motite. Zdaj lahko brez dvoma trdim, da hidroelektrarne v Sloveniji škodijo javnemu dobru, ekološko sprejemljivi pretok pa je daleč od ekološke in sprejemljivosti.

Hvala družini za dolgoletno infrastrukturno in ostalo podporo, brez katere bi mi bilo bistveno težje dokončati še en študij.

A very special thanks goes to Alexandra Asanovna Elbakyan, a researcher from Kazakhstan, who, same as I, believe that knowledge belongs to the people of the world. Thank you for your transhumanism and for sci-hub that brought a lot of science articles into my M. Sc. thesis, in my hands and head, to my friends and my country. Saša, you should never give up !

Na koncu se iz srca zahvaljujem še mag. Vesni Ješe Janežič, nepogrešljivi in vedno dosegljivi za podiplomske študente. Brez Vesnine skrbi za to, da sem (poleg mnogo ostalih študentov) ujela vse roke, zbrala vse papirje in uspešno plavala skozi vse postopke, te magistrske naloge ne bi bilo.

## PRILOGE

Priloga 1: Poribljavanja potočne postrvi v ribiškem revirju Oplotnica 2A med letoma 2001 do 2011 glede na podatke iz Ribiškega katastra, predstavljena v številu rib v velikostnih razredih.

<i>Leto</i>	<i>Vrsta</i>	<i>Do 5cm (N)</i>	<i>5cm-9cm (N)</i>	<i>9cm-12cm (N)</i>	<i>12cm-15cm (N)</i>	<i>15cm-20cm (N)</i>	<i>20cm-30cm (N)</i>	<i>30cm-50cm (N)</i>
2001	potočna postrv	0	0	158	510	423	47	0
2002	potočna postrv	0	0	180	100	111	100	0
2003	potočna postrv	0	0	156	370	392	77	0
2004	potočna postrv	0	0	156	100	80	80	0
2005	potočna postrv	0	0	80	153	110	48	0
2006	potočna postrv	0	0	131	85	80	72	0
2007	potočna postrv	0	0	0	156	80	135	0
2008	potočna postrv	0	0	110	0	135	0	0
2009	potočna postrv	0	0	75	98	65	37	0
2010	potočna postrv	0	0	0	52	34	120	0
2011	potočna postrv	0	0	0	280	120	56	0

Priloga 2: Poribljavanja potočne postrvi v ribiškem revirju Oplotnica 2A med letoma 2008 do 2011 glede na podatke iz Ribiškega katastra, predstavljena v kg rib v velikostnih razredih.

<i>Leto</i>	<i>Vrsta</i>	<i>Do 5cm (kg)</i>	<i>5cm-9cm (kg)</i>	<i>9cm-12cm (kg)</i>	<i>12cm-15cm (kg)</i>	<i>15cm-20cm (kg)</i>	<i>20cm-30cm (kg)</i>	<i>30cm-50cm (kg)</i>
2008	potočna postrv	0	0	5	0	15,4	0	0
2010	potočna postrv	0	0	0	3	2,8	30	0
2011	potočna postrv	0	0	0	19	13	10,5	0

Priloga 3: Ribolovni napor v ribiškem revirju Oplotnica 2A med letoma 2000 do 2011 glede na podatke iz Ribiškega katastra, predstavljen v številu in masi ujetih rib na hektar.

<i>Leto</i>	<i>Število ujetih rib</i>	<i>Število ujetih rib (N/ ha)</i>	<i>Teža ujetih rib (kg)</i>	<i>Teža ujetih rib (kg / ha)</i>	<i>Št. izkoriščenih rib. dni</i>	<i>Št. izkoriščenih rib. dni / ha</i>
2000	169	28,644	55,3	9,373	95	16,102
2001	190	32,203	45	7,627	93	15,763
2002	97	16,441	31,6	5,356	76	12,881
2003	90	15,254	31,2	5,288	62	10,508
2004	41	6,949	13,65	2,314	30	5,085
2005	12	2,034	3,75	0,636	13	2,203
2006	48	8,136	18,2	3,085	30	5,085
2007	53	8,983	19,6	3,322	33	5,593
2008	51	8,644	18,4	3,119	36	6,102
2009	49	8,305	17,6	2,983	30	5,085
2010	38	6,441	12,8	2,169	32	5,424
2011	41	6,949	13,6	2,305	29	4,915

Priloga 4: Poribljavanja postrvjih vrst rib v ribiškem revirju Lobnica s pritoki med letoma 2000 do 2011 glede na podatke iz Ribiškega katastra, predstavljena v številu rib v velikostnih razredih.

<i>Leto</i>	<i>Vrsta</i>	<i>Do 5cm (N)</i>	<i>5cm-9cm (N)</i>	<i>9cm-12cm (N)</i>	<i>12cm-15cm (N)</i>	<i>15cm-20cm (N)</i>	<i>20cm-30cm (N)</i>	<i>30cm-50cm (N)</i>
2000	potočna postrv	0	1.282,00	480	204	70	273	0
2001	potočna postrv	0	2.225,00	1.804,00	802	383	113	0
2002	lipan	0	0	0	0	0	150	0
2002	potočna postrv	0	688	1.001,00	184	39	5	0
2003	potočna postrv	0	117	367	296	238	647	0
2004	potočna postrv	0	130	216	353	181	219	0
2004	šarenka	0	0	0	0	0	180	0
2005	potočna postrv	0	0	18	175	100	240	0
2006	potočna postrv	0	229	157	133	68	386	0
2007	potočna postrv	0	556	624	296	90	246	0
2008	potočna postrv	0	477	235	101	51	208	0
2009	potočna postrv	0	292	413	232	108	249	0
2010	potočna postrv	0	172	189	1.116,00	148	215	0
2011	potočna postrv	80	203	732	488	183	51	2

Priloga 5: Poribljavanja postrvjih vrst rib v ribiškem revirju Lobnica s pritoki med letoma 2000 do 2010 glede na podatke iz Ribiškega katastra, predstavljena v kg rib v velikostnih razredih.

<i>Leto</i>	<i>Vrsta</i>	<i>Do 5cm (kg)</i>	<i>5cm-9cm (kg)</i>	<i>9cm- 12cm (kg)</i>	<i>12cm- 15cm (kg)</i>	<i>15cm- 20cm (kg)</i>	<i>20cm- 30cm (kg)</i>	<i>30cm- 50cm (kg)</i>
2000	potočna postrv	0	0	0	0	0	62,5	0
2003	potočna postrv	0	0	0	0	0	77,5	0
2004	šarenka	0	0	0	0	0	45	0
2006	potočna postrv	0	0	0	0	0	45	0
2010	potočna postrv	0	8,4	15,8	111,6	29,6	55,3	0

Priloga 6: Ribolovni napor v ribiškem revirju Lobnica med letoma 2000 do 2011 glede na podatke iz Ribiškega katastra, predstavljen v številu in masi ujetih rib na hektar.

<i>Leto</i>	<i>Število ujetih rib</i>	<i>Število ujetih rib (N/ ha)</i>	<i>Teža ujetih rib (kg)</i>	<i>Teža ujetih rib (kg / ha)</i>	<i>Št. izkoriščenih rib. dni</i>	<i>Št. izkoriščenih rib. dni / ha</i>
2000	232	21,284	104,3	9,569	168	15,413
2001	265	24,312	112,9	10,358	167	15,321
2002	373	34,22	153,59	14,091	197	18,073
2003	352	32,294	153,8	14,11	164	15,046
2004	207	18,991	91,05	8,353	124	11,376
2005	134	12,294	61,35	5,628	81	7,431
2006	109	10	47,85	4,39	65	5,963
2007	220	20,183	71,35	6,546	95	8,716
2008	182	16,697	58,7	5,385	93	8,532
2009	147	13,486	46,65	4,28	72	6,606
2010	152	13,945	55,1	5,055	83	7,615
2011	99	9,083	32,8	3,009	63	5,78

Priloga 7: Obrazec za zapisovanje meritev pretoka z merilcem Flo – tracer (FGG, 2010).



**Zapisnik meritve pretoka s sondo Flo-tracer**

meritve v okviru projekta: \_\_\_\_\_

merilno mesto: \_\_\_\_\_

datum: \_\_\_\_\_

ura: \_\_\_\_\_

**Vhodni podatki**

Parameter (SLO)	Parameter (EN)	
časovni interval	interval	_____
vreme	meteo situation	<input type="checkbox"/> sončno <input type="checkbox"/> sunny <input type="checkbox"/> lepo in vroče <input type="checkbox"/> nice and hot <input type="checkbox"/> lepo in hladno <input type="checkbox"/> nice and cold <input type="checkbox"/> zmerno oblačno <input type="checkbox"/> cloudy <input type="checkbox"/> oblačno <input type="checkbox"/> overcast <input type="checkbox"/> deževno <input type="checkbox"/> rainy <input type="checkbox"/> močen dež <input type="checkbox"/> strong rain <input type="checkbox"/> nevihtno <input type="checkbox"/> stormy <input type="checkbox"/> dež in veter <input type="checkbox"/> rain and wind <input type="checkbox"/> dež in toča <input type="checkbox"/> rain and hail <input type="checkbox"/> sneg <input type="checkbox"/> snow <input type="checkbox"/> mraz in slana <input type="checkbox"/> cold and frost
globina vode na mestu sonde	water level	_____
količina soli	quantity of salt	_____
razdalja med injeciranjem soli in sondo	injection distance	_____

**Rezultat meritve**

pretok discharge

Opombe:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Priloga 8: Obrazec za kvantitativno vzorčenje rib (ZZRS, 2015).

serija: 8-BioSrv\_KVANTI.BRODENJE



**Lokaliteta**

(1) ID  # matičnega vzorčenja  datum

(2) ime lokalitete (reka,kraj)

(4) opis lokalitete (podrobno)  (5) država  Slovenija

(6) tip dinamike vode  tekoča  stoječa  neznano

(10) opombe

**Lokaliteta**

(8) Zasenčenost [%]

**Vodni tok**

(1) tip vodnega toka	(2) delež [%]	(3) globina vode
(1) brzice		m
(2) laminaren tok		m
(3) tolmun		m
(5) ni toka		m
(4) opombe	<input type="text"/>	

**Substrat**

(1) tip substrata	(2) delež [%]
(1) mulj/blato	
(2) pesek (6µm-2mm)	
(3) gramoz (2mm-2cm)	
(4) prod (2cm-6cm)	
(5) kamenje (6cm-40cm)	
(6) skale (>40cm)	
(7) matična kamnina	
(8) lehnjak	
(9) ni viden	
(11) beton	
(3) opombe	<input type="text"/>

**Naklon brežine**

(1) naklon	(2) delež [%]
(1) <45°	
(2) enak 45°	
(3) >45°	
(4) vertikalni	
(3) opombe	<input type="text"/>

**Reguliranost brežine**

(1) tip regulacije	(2) delež [%]
(4) neregulirano	
(5) sam o vrezana struga	
(6) utrjeno z drevjem	
(7) lesena regulacija	
(8) kamnomet (~45°)	
(9) kamnit zid (vertikalni)	
(10) beton	
(11) gradbeni odpadki	
(3) opombe	<input type="text"/>

**Pokravnost vegetacije**

(3)VODNO OBMOČJE

(1) pokravnost vegetacije	(2) delež [%]
(1) neporaščeno	
(2) makrofiti	
(3) alge	
(4) bakterijske obloge	
(3) opombe	<input type="text"/>

(4)OBREŽNO OBMOČJE

(1) pokravnost vegetacije	(2) delež [%]
(5) neporaščeno	
(6) travišča	
(7) grmišče	
(8) drevje	
(3) opombe	<input type="text"/>

(5)NADOBREŽNO OBMOČJE V 100m PASU

(1) pokravnost vegetacije	(2) delež [%]
(9) njive in vrtovi	
(10) hmeljišče	
(11) vinograd	
(12) intenzivni sadovnjak	
(13) ekstenzivni sadovnjak	
(14) iglasti gozd	
(15) mešani gozd	
(16) listnati gozd	
(17) pionirska združba	
(18) visoke zeli	
(19) močviriska vegetacija	
(20) neporaščeno	
(21) vodna telesa	
(22) urejene zelenice	
(23) pozidava (hiše, ceste, itd.)	
(26) intenzivni travniki	
(27) ekstenzivni travniki	
(3) opombe	<input type="text"/>



Priloga 9: Obrazec za kvantitativno vzorčenje rib (ZZRS, 2015).

serija: 8-BioSrv\_KVANTI.BRODENJE



**Vzorčenje**

(2) # matičnega vzorčenja | \_\_\_\_\_  
 (3) naloga | \_\_\_\_\_  
 (4) vzorčenje veljavno | DA NE

začetek: | T \_\_\_\_\_  
 GPS: | \_\_\_\_\_

(11) ID agregatov (metoda):   _____	dolžina izlova [m]   _____
(12) število anod   _____	omočena širina struge [m]   _____
(13) električni tok [A]   _____	dejan. širina struge [m]   _____
(14) napetost [V]   _____	povp. globina vode [m]   _____
(19) opombe   _____	

**Vzorčevalci**

#	(2) vzorčevalec	(3) naloga vzorčeval.	#	(2) vzorčevalec	(3) naloga vzorčeval.
1		vodja terena	7		vzorčevalec
2		določevalec (vzorč.)	8		vzorčevalec
3		določevalec (vzorč.)	9		vzorčevalec
4		določevalec (vzorč.)	10		vzorčevalec
5		vzorčevalec	11		vzorčevalec
6		vzorčevalec	12		vzorčevalec

(4) opombe | \_\_\_\_\_

**Abiotski parametri**

(8) globina meritve | \_\_\_\_\_ cm

	meritev	meter	
(9) temp. vode	°C	(10)	
(11) pH		(12)	
(13) raztopljen O <sub>2</sub>	mg/l	(14)	
(15) nasičenost O <sub>2</sub>	%	(16)	
(17) prevodnost	µS/cm	(18)	

(1) ID | 8 - \_\_\_\_\_  
 (9) # izlova | 1 \_\_\_\_\_  
 (7) UTC čas začetka: | \_\_\_\_\_  
 (8) UTC čas konca: | \_\_\_\_\_

(1) ID | 8 - \_\_\_\_\_  
 (9) # izlova | 2 \_\_\_\_\_  
 (7) UTC čas začetka: | \_\_\_\_\_  
 (8) UTC čas konca: | \_\_\_\_\_

(1) ID | 8 - \_\_\_\_\_  
 (9) # izlova | 3 \_\_\_\_\_  
 (7) UTC čas začetka: | \_\_\_\_\_  
 (8) UTC čas konca: | \_\_\_\_\_

(1) ID | 8 - \_\_\_\_\_  
 (9) # izlova | 4 \_\_\_\_\_  
 (7) UTC čas začetka: | \_\_\_\_\_  
 (8) UTC čas konca: | \_\_\_\_\_

(1) ID | 8 - \_\_\_\_\_  
 (9) # izlova | 5 \_\_\_\_\_  
 (7) UTC čas začetka: | \_\_\_\_\_  
 (8) UTC čas konca: | \_\_\_\_\_

(1) ID | 8 - \_\_\_\_\_  
 (9) # izlova | 6 \_\_\_\_\_  
 (7) UTC čas začetka: | \_\_\_\_\_  
 (8) UTC čas konca: | \_\_\_\_\_

**Podvzorcji**

ID vzorčenja	vrsta	(1) sortirka	(2) masa sortirke	(3) masa podvzorca	opombe

Priloga 10: Obrazec za kvantitativno vzorčenje rib (ZZRS, 2015).

Zavod za ribištvo Slovenije

serija: 8-BioSrv\_KVANTILBRODENJE

(1) vzorčenje	(2) # oseba	(3) datum obdelave	(4) vrsta	(5) sor-tilka	(6) TL [mm]	(7) masa [g]	(8) tehnika	(9) stanje spodbka	(10) opombe	(12) značka	(13) status oznake črte	(14) # mat-čne serije	(15) # mat-čnega oseba	(16) starost_1	(18) do-čeva-rost_1	(19) starost_2	(21) do-čeva-rost_2	(22) starost_3	(24) do-čeva-rost_3	meto-da_štara-rost		
8-	44879																				8 - 44879	
8-	44880																					8 - 44880
8-	44881																					8 - 44881
8-	44882																					8 - 44882
8-	44883																					8 - 44883
8-	44884																					8 - 44884
8-	44885																					8 - 44885
8-	44886																					8 - 44886
8-	44887																					8 - 44887
8-	44888																					8 - 44888
8-	44889																					8 - 44889
8-	44890																					8 - 44890
8-	44891																					8 - 44891
8-	44892																					8 - 44892
8-	44893																					8 - 44893
8-	44894																					8 - 44894
8-	44895																					8 - 44895
8-	44896																					8 - 44896
8-	44897																					8 - 44897
8-	44898																					8 - 44898
8-	44899																					8 - 44899
8-	44900																					8 - 44900
8-	44901																					8 - 44901
8-	44902																					8 - 44902
8-	44903																					8 - 44903
8-	44904																					8 - 44904
8-	44905																					8 - 44905
8-	44906																					8 - 44906
8-	44907																					8 - 44907
8-	44908																					8 - 44908
8-	44909																					8 - 44909
8-	44910																					8 - 44910
8-	44911																					8 - 44911
8-	44912																					8 - 44912
8-	44913																					8 - 44913
8-	44914																					8 - 44914
8-	44915																					8 - 44915
8-	44916																					8 - 44916