

Univerza
v Ljubljani

Biotehniška
fakulteta

*Oddelek za zootehniko
Jamnikarjeva ulica 101
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon: 01 320 38 17
fax: 01 724 10 05
www.bf.uni-lj.si*






ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA NA
PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA (CRP) »ZAGOTOVIMO.SI
HRANO ZA JUTRI« 2011 – 2020:

**IZDELAVA STROKOVNIH PODLAG ZA OHRANJANJE HABITATA IN
POPULACIJE SULCA NA OBMOČJU SREDNJE SAVE**

Ljubljana, junij 2016

Sodelujoče raziskovalne organizacije:

- Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (UL BF) 
- Zavod za ribištvo Slovenije (ZZRS) 
- Inštitut za vode RS (IzVRS) 

Nosilka: dr. Simona Sušnik Bajec (UL BF), univ. dipl. biol.

Avtorji poročila: dr. Daša Zabrc (ZZRS), univ. dipl. biol.
dr. Simona Sušnik Bajec (UL BF), univ. dipl. biol.
mag. Sašo Šantl, univ. dipl. inž. grad. (IzVRS)
dr. Samo Podgornik (ZZRS), univ. dipl. biol.
mag. Aljaž Jenič (ZZRS), univ. dipl. biol.
Maša Čarf (ZZRS), univ. dipl. biol.
Barbara Bric (ZZRS), univ. dipl. biol.
dr. Kaja Pliberšek (ZZRS), univ. dipl. biol.
mag. Luka Javornik (IzVRS), univ. dipl. inž. grad.
dr. Aleš Snoj (UL BF), univ. dipl. zoo.

Kartografija: Rok Hamzič (ZZRS), univ. dipl. inž. grad.
mag. Aljaž Jenič (ZZRS), univ. dipl. biol.

Terenska ekipa: Bernard Semrajc (ZZRS)
Tone Tavčar (ZZRS), Fish. Wild. Tech.

Financer: Ministrstvo za okolje in prostor - RS
Agencija Republike Slovenije za raziskovalno dejavnost

Šifra projekta: V1-1436

Kraj in datum: Ljubljana, 29.6.2016

Zahvala

Zahvaljujemo se vsem sodelavcem, ki so s svojimi idejami, predlogi in delom prispevali k izvedbi projekta in izdelavi poročila.

Še posebej se zahvaljujemo ribiškim družinam in posameznikom, ki so sodelovali pri zbiranju podatkov o ulovljenih sulcih ter tistim, ki so vestno popisovali drstišča.

KAZALO VSEBINE

1.	Povzetek	14
2.	Abstract	16
3.	Uvod	18
3.1.	Literatura	21
4.	Pregled in analiza ribiškega upravljanja	23
4.1.	Metode	23
4.2.	Ribiško upravljanje	23
4.2.1.	Območje in prostorske enote ribiškega upravljanja	23
4.2.2.	Analiza ribiškega upravljanja	24
4.3.	Uplen sulca v srednji Savi	25
4.4.	Vlaganje sulca v srednji Savi	28
4.5.	Uplen sulca v pritokih	29
4.6.	Vlaganje sulca v pritoke	30
4.7.	Izvor vložnih sulcev	31
4.8.	Ribolovni režim	32
4.9.	Zaključki	35
4.10.	Literatura	35
5.	Vzorčenje sulca	36
5.1.	Metode	36
5.1.1.	Pregled že izvedenih ihtoloških razsikav	36
5.1.2.	Semi-kvantitativni elektroribolov s čolna	37
5.1.3.	Semi-kvantitativni elektroribolov z brodenjem	38
5.1.4.	Trnkarjenje in športni ribolov	39
5.2.	Obdelava podatkov	40
5.3.	Rezultati in razprava	40
5.3.1.	Raziskovano območje	40
5.3.2.	Razširjenost	40
5.3.3.	Naseljenost	44
5.3.4.	Velikostna struktura	47
5.4.	Zaključki	50
5.5.	Literatura	51
6.	Označevanje sulcev	52

6.1.	Metode	52
6.2.	Rezultati in razprava	53
6.2.1.	Rast sulcev	53
6.2.2.	Prispevek vloženih sulcev k ulovu	56
6.2.3.	Premiki sulcev	57
6.3.	Zaključki	67
6.4.	Literatura	67
7.	Popis drstišč	68
7.1.	Metode	68
7.2.	Rezultati in razprava	68
7.3.	Literatura	71
8.	Genetska analiza	72
8.1.	Opis vzorcev in metode dela	72
8.2.	Rezultati in razprava	73
8.2.1.	Mitohondrijska DNK	73
8.2.2.	Mikrosatelitni lokusi – diferenciacija populacij sulca v Sloveniji	73
8.2.3.	Populacijsko genetski parametri populacij sulca v Sloveniji	75
8.2.4.	Populacijsko genetska struktura sulca v srednji Savi	77
8.2.5.	Ocena efektivne velikosti populacije (N_e)	78
8.3.	Zaključki	79
8.4.	Literatura	79
9.	Popis vodnih pregrad	80
9.1.	Metode	80
9.1.1.	Območje popisa vodnih pregrad	80
9.1.2.	Izvajanje popisa vodnih pregrad	80
9.2.	Rezultati in razprava	81
9.2.1.	Sava	81
9.2.2.	Sora	97
9.2.3.	Gameljščica	101
9.2.4.	Ljubljana	105
9.2.5.	Kamniška Bistrica	110
9.3.	Zaključki	116
9.4.	Literatura	117
10.	Pregled ukrepov za ohranjanje habitatov in populacije sulca	118

10.1.	Uvod	118
10.2.	Metode	118
10.3.	Rezultati in razprava	119
10.3.1.	Ukrepi za izboljšanje stanja v območju Natura 2000	119
10.3.2.	Vzpostavitev prehodnosti.....	125
10.3.3.	Omilitveni ukrepi pri načrtovanju hidroelektrarn znotraj Natura 2000 območja	128
10.4.	Zaključki	134
10.5.	Literatura	135
11.	Habitatno modeliranje	136
11.1.	Uvod	136
11.2.	Material in metode.....	138
11.2.1.	Teoretična izhodišča modeliranja.....	138
11.2.2.	Habitatne zahteve sulca	142
11.3.	Vzpostavitev modela	143
11.3.1.	Hidravlično modeliranje	144
11.3.2.	Pridobivanje podatkov	145
11.3.3.	Vzpostavitev hidravličnih modelov	146
11.3.4.	Pridobivanje podatkov o velikosti delcev substrata in o tipu toka.....	152
11.4.	Rezultati in razprava	154
11.4.1.	Odsek reke Save v Dolskem	154
11.4.2.	Odsek reke Save v Kresnicah	157
11.4.3.	Primerjava dolskega in kresniškega odseka reke Save.....	161
11.5.	Zaključki	166
11.6.	Literatura	166
12.	Akcijski načrt za ohranitev sulca.....	169
12.1.	Ribiško upravljanje s sulcem na srednji Savi	169
12.2.	Ukrepi za izboljšanje stanja habitatov na območju srednje Save	170
13.	Zaključki	174
13.1.	Literatura	176

Kazalo slik

Slika 1: Ribiški okoliši in revirji na Savi od Medvod do Zidanega mostater na pritokih Sori, Ljubljani in Kamniški Bistrici, katerih habitat je povezan s Savo.	24
Slika 2: Uplen (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) v revirjih Save med Medvodami in Litijo (1986 – 2013).	25
Slika 3: Uplen (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) v revirjih Save med Litijo in HE Vrhovo (1986 – 2013).	26
Slika 4: Delež površine sulčjih revirjev v zgornjem in spodnjem odseku srednje Save ter preostalih sulčjih revirjih skupaj (2011 – 2013).	27
Slika 5: Delež uplenjenih sulcev v zgornjem in spodnjem odseku srednje Save ter v preostalih sulčjih revirjih (2011 – 2013).	27
Slika 6: Delež ribolovnega napora (števila izkoriščenih ribolovnih dni na hektar) v zgornjem in spodnjem odseku srednje Save ter v preostalih sulčjih revirjih skupaj (2011 – 2013).	27
Slika 7: Vlaganja (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) po revirjih Save med Medvodami in Litijo (1986 – 2013).	28
Slika 8: Tehtano povprečje dolžin vloženih sulcev ribolovne revirje zgornjega odseka Save (Sava 8 – Sava 11) za obdobje 1986 – 2013 z linearnimi trendnimi linijami.	28
Slika 9: Vlaganja (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) po revirjih Save med Litijo in HE Vrhovo (1986 – 2013).	29
Slika 10: Tehtano povprečje dolžin vloženih sulcev ribolovne revirje spodnjega odseka Save (Sava 12 – Sava 16) za obdobje 1986 – 2013 z linearnimi trendnimi linijami.	29
Slika 11: Uplen (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) vizbranih revirjih Sore, Ljubljani in Kamniške Bistrice (1986 – 2013).	30
Slika 12: Vlaganja (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) v izbranih revirjih na rekah Sora, Ljubljani in Kamniška Bistrica (1986 – 2013).	30
Slika 13: Lovna mera za uplen sulca na območju Save od Medvod do Vrhovega in v spodnjih ribolovnih revirjih Sore, Ljubljani in Kamniške Bistrice (1986 – 2013).	33
Slika 14: Najdišča sulca, potrjena z vzorčenjem med letoma 1990 do 2013.	36
Slika 15: Semi-kvantitativno vzorčenje s čolna s sedmimi anodami (levo) in z dvema anodama (desno).	38
Slika 16: Semi-kvantitativno vzorčenje z elektroribolovom z brodenjem v Gostinškem potoku (levo) in v priobrežnem pasu Save (desno).	39
Slika 17: Trnkarjenje (levo) in športni ribolov (desno).	40
Slika 18: Pot vzorčenja pri elektroribolovu s čolna z najdišči sulca na Savi, odsek Šentjakob – Kresnice (22.4., 23.4., 6.8. in 7.8. 2015).	41
Slika 19: Pot vzorčenja pri elektroribolovu s čolna z najdišči sulca na Savi, odsek Kleče pri Dolu – Kresnice (4.11.2015).	42
Slika 20: Vzorčna mesta in najdišča sulca v priobrežnem pasu Save in v pritokih: Kamniška Bistrica, Dolska Mlinščica, Gobnik in Reka.	43
Slika 21: Lokacije ujetih sulcevs trnkarjenjem in športnim ribolovom.	44
Slika 22: Največje, najmanjše in povprečne dolžine sulcev, ujetih z različnimi metodami in na različnih lokacijah.	47
Slika 23: Velikostna struktura sulcev, ujetih z metodo trnkarjenja.	48

Slika 24: Velikostna struktura sulcev, ujetih z metodo elektroribolova s čolna.....	48
Slika 25: Velikostna struktura sulcev, ujetih z metodo elektroribolov z brodenjem.....	49
Slika 26: Anketni obrazec o ujetih sulcih.....	53
Slika 27: Nagradna majica projekta 2015/2016.	53
Slika 28: Razmerje med vloženimi in ujetimi označenimi sulci.	54
Slika 29: Razmerje med označenimi in neoznačenimi ujetimi sulci.	54
Slika 30: Rast sulca v dolžino od 3. do 11. leta starosti (srednja Sava = črna linija; različne evropske reke = rdeča linija (po Holčík e tal., 1988); različne evropske reke = zelena linija (po Svetina, 1968)..	55
Slika 31: Izmerjene dnevne temperature Save na vodomerni postaji Sava-Šentjakob v dveh obdobjih (1960 – 1964 in 2010 – 2014).....	56
Slika 32: Premik sulca št. 1191.	58
Slika 33: Premik sulca št. 880.	59
Slika 34: Premika sulca št. 1082.	60
Slika 35: Premika sulca št. 4152.	60
Slika 36: Premika sulca št. 5103.	61
Slika 37: Premika sulca št. 5228.	61
Slika 38: Premika sulca št. 5.....	62
Slika 39: Premiki sulca št. 3825.	62
Slika 40: Lokacije vlaganj in ulovov označenih sulcev na območju srednje Save.....	63
Slika 41: Premiki sulca št. 5.....	64
Slika 42: Premiki sulca št. 54.	65
Slika 43: Drstišča sulca, popisana v letih 2013, 2014 in 2015.	68
Slika 44: Delež vodnega toka na posameznih drstiščih in povprečni delež toka na vseh popisanih drstiščih (skrajno desni stolpec).	69
Slika 45: Delež frakcij usedlin na posameznih drstiščih in povprečni delež frakcij usedlin na vseh popisanih drstiščih (skrajno desni stolpec).	70
Slika 46: Število popisov na drstiščih sulca v odvisnosti od temperature vode.	71
Slika 47: Grupiranje vzorcev sulca na osnovi analize Structure. Najbolj verjetno število prisotnih genetskih skupin v analiziranem setu vzorcev je 2 (K=2).	73
Slika 48: PCA graf.....	74
Slika 49: PCA graf, označeni vzorci iz ribogojnice Obrh, Kolpe in srednje Save.	75
Slika 50: Grupiranje vzorcev sulca v srednji Savi in Kolpi na osnovi analize Structure. Najbolj verjetno število prisotnih genetskih skupin v analiziranem setu vzorcev je 2 (K=2). Populacije so razvrščene od zgornjega proti spodnjemu toku Save. Neprehodne pregrade so označene s črno črto.....	77
Slika 51: Evidentirane vodne pregrade v reki Savi, na odseku od Medvod do Litije.....	81
Slika 52: Primer ostankov talnega kamnitega pragu, ki ne segajo preko celotne širine struge in tvorijo prehodne prelive.	82
Slika 53: Jezovna zgradba HE Medvode(vir: spletna stran IBE)(levo) in HE Mavčiče (vir: wikimapia.org)(desno).....	83
Slika 54: Jez v Tacnu. Hrapava drča v špici jezua (zgoraj, označeno z rdečo), strme skalnate stopnje pod jezom (spodaj levo), hrapava drča – prehod za ribe v špici jezua (spodaj sredina) in opuščeni prehod za ribe tehničnega tipa (spodaj desno).....	83
Slika 55: Premiki sulca št. 4152 v okolici jezua v Tacnu (pregrada št. 6) in pot preko pragu pod jezom v Tacnu (pregrada št. 7).	85

Slika 56: Primera dvostopenjskega kamnitega pragu, ki tvorita hrapavo drčo. Dvojni prag v Spodnjih Gameljnah (levo) in dvojni prag pod izlivom Gameljščice v Spodnjih Gameljnah (desno).	86
Slika 57: Primera položnih kamnitih pragov brez izrazitih stopenj. Prag v Spodnjih Gameljnah (levo) in prag pod mostom v Kresnicah (desno).....	86
Slika 58: Prag pod mostom v Kresnicah (levo) in prag pri separaciji v Spodnjem Hotiču (desno).	88
Slika 59: Premik sulca št. 880, v katerem je prečkal prag pri separaciji v Spodnjem Hotiču (pregrada št. 20) in prag pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).	89
Slika 60: Premik sulca št. 3941 preko pragu pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).	89
Slika 61: Premiki sulca št. 3825 preko pragu pri separaciji v Spodnjem Hotiču (pregrada št. 20) in preko pragu pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).....	90
Slika 62: Premik sulca št. 5228 preko pragu pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).	90
Slika 63: Premik sulca št. 4182 preko dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah pod izlivom Gameljščice (pregrada št. 13), dvojni prag v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 12) in prag v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 11).	92
Slika 64: Premik sulca št. 4383 v okolici dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 12).	92
Slika 65: Premik sulca št. 5101v okolici dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 12).	93
Slika 66: Premiki sulca št. 5103 v okolici dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah (prag št. 12) in dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah pod izlivom Gameljščice.	93
Slika 67: Tristopenjski prag v Šentjakobu (pregrada št. 18).	95
Slika 68: Premiki sulca št. 1082 preko pragu v Šentjakobu (pregrada št. 18) in v njegovi okolici.	95
Slika 69: Premik sulca št. 1191 preko pragu v Šentjakobu (pregrada št. 18).	96
Slika 70: Dvojni prag v Sneberju (pregrada št. 17).	97
Slika 71: Prag v Vikrčah.....	97
Slika 72: Evidentirani prečni objekti vSori od sotočja Poljanske in Selške Sore do izliva v Savo.....	98
Slika 73: Prag na izlivu Sore v Savo v obstoječem stanju. Na fotografiji je na sredini z rdečim krogom označen sulec, ki želi prag neuspešno preskočiti.	99
Slika 74: Jezovna zgradba jez v Goričanah (levo) in prehod za ribe na jezovni zgradbi.	99
Slika 75: Premik sulca št. 54 v okolici jez v Goričanah.....	100
Slika 76: Evidentirani prečni objekti v spodnjem toku Gameljščice.....	101
Slika 77: Pregrada na izlivnem delu Gameljščice, pri ribiškem domu (levo) in ribja steza (desno).....	102
Slika 78: Premiki sulca št. 4383 med Gameljščico in Savo.....	103
Slika 79: Izliv Gameljščice v Savo.	104
Slika 80: Premiki sulca št. 5103 v bližini izliva Gameljščice v Savo.	104
Slika 81: Prečne pregrade v Ljubljani.	105
Slika 82: Kamniti prag v Zalogu pred sanacijo (levo) in po sanaciji (desno).	106
Slika 83: Premik sulca št. 5173 iz izlivnega dela Ljubljani preko pragu v Zalogu.	106
Slika 84: Jez pri papirnici Vevče (Vir: spletna stran RD Barje).	107
Slika 85: Premik sulca št. 5170 iz izlivnega dela Ljubljani preko pragu v Zalogu do jez v Papirnici Vevče.	107
Slika 86: Jez pri Fužinskem gradu.	109
Slika 87: Zapornice pri Ambroževem trgu (zgoraj levo) in na Gruberjevem kanalu (zgoraj desno). Vhod v prehod za ribe (spodaj levo) in tehnični tip prehoda za ribe (spodaj desno) na pregradi pri Ambroževem trgu.....	110
Slika 88: Prečne pregrade v izlivnem delu Kamniške Bistrice.....	111

Slika 89: Prag pod cestnim mostom v Beričevem (levo) in odsek Kamniške Bistrice, kjer je za prehajanje, zlasti ob nizkih pretokih, problematičen prenizek vodostaj (desno).	114
Slika 90: Primeri nizkih za sulce prehodnih talnih pragov v Kamniški Bistrici.	114
Slika 91: Primeri višjih pragov, ki prehajanje sulca v večjem delu leta onemogočajo.	115
Slika 92: Primeri za sulce neprehodni jezov v Kamniški Bistrici. Jez v Radomljah (levo) in jez v Homcu (desno).	115
Slika 93: Kategorizacija vodotokov glede na hidromorfološke obremenitve (raven urejenosti) po naravovarstvenem pomenu v območju srednje Save (vir: ARSO; IzVRS, 2002).	120
Slika 94: Ekološko stanje vodnih teles v območju srednje Save (MOP, 2015).	121
Slika 95: Sava od Ljubljane do Kresnic v letih 1764 - 1784 (prvi prikaz), 1806 - 1869 (drugi prikaz) (vir: http://mapire.eu/en/publications/ in sedanje stanje (tretji prikaz) (vir: PROSTOR – prostorski podatki - Državna topografska karta merila 1:50.000, 2000 – 2005).	123
Slika 96: Pretoki reke Save, zabeleženi na vodomerni postaji v Šentjakobu od 8.3.2016 do 19.3. 2016.	125
Slika 97: Ukrep za omilitev vpliva koničnega obratovanja na reko.	127
Slika 98: Izvedba rečnih rokavov v Avstriji na reki Dravi pri Špitalu – zgoraj in isti odsek Drave pred izvedenimi regulacijami v začetku 19. Stoletja – spodaj (vir: http://www.life-drau.at/).	128
Slika 99: Pogled z jezovne zgradbe HE Gössendorf po reki dolvodno (levo) in gorvodno (desno). ...	128
Slika 100: Prehod za ribe – levo in tehnična izvedba vtoka – desno.	129
Slika 101: Stičišče obvodne struge in prehoda za ribe – levo in obvodna struga – desno.	129
Slika 102: Sonaravno urejen pritok.	130
Slika 103: Sonaravna ureditev (otoček) – levo in drenažni kanal – desno.	130
Slika 104: Tok reke Ren, od izvira do izliva, razdeljen na štiri odseke.	131
Slika 105: Umestitev prehodov za ribe pri HE Augst-Wyhlen (levo) in HE Rheinfelden (desno) (vir: ing. Büro dr. Gebler, Verbindungsgewässer).	132
Slika 106: Umestitev prehodov za ribe pri HE Albruck-Dogern (levo) in HE Ryburg-Swörstadt (desno) (vir: ing. Büro dr. Gebler, Verbindungsgewässer).	132
Slika 107: Primeri sonaravnih ureditev brežin na Renu gorvodno od HE Rheinfelden (vir: Gebler, R.J., 2005).	134
Slika 108: Strpnostna krivulja dejavnika s prikazanimi značilnimi točkami in območji za organizem (povzeto po: Tarman, 1992).	136
Slika 109: Shema glavnih modulov programskega orodja CASiMiR (prirejeno po Schneider s sod., 2010).	139
Slika 110: Shema mehkega inferenčnega stroja (povzeto po Schneider s sod., 2010).	140
Slika 111: Prikaz osnovnega procesa za izvedbo habitatnega modeliranja s pristopom mehke («fuzzy») logike (povzeto po Steinman s sod., 2013).	144
Slika 112: Lokacija izbranih odsekov habitatnega modeliranja.	145
Slika 113: Odsek reke Save pri Kresnicah z izvedbo snemanja dna struge in izdelave sloja batimetrije.	145
Slika 114: Rezultati vzpostavljenih hidravličnih modelov za odsek Kresnice (levo) in odsek Dolsko (desno).	147
Slika 115: Q/H krivulja za spodnji robni pogoj hidravličnega modela Dolsko.	147
Slika 116: Globine vode in hitrostnega polja vode za odsek Dolsko pri pretoku 100 m ³ /s.	148
Slika 117: Globine vode za odsek Dolsko pri pretoku 140 m ³ /s.	149

Slika 118: Primerjava hitrosti vode po izbranem vzdolžnem profilu reke Save na odseku Dolsko med sedanjim stanjem (zgoraj) in stanjem z izvedbo stranskega rečnega rokava (spodaj) pri pretoku 140 m ³ /s.	149
Slika 119: Dinamika spreminjanja vzpostavljenegastranskega rečnega rokava v letu 2002 v Avstriji na reki Dravi pri kraju Kleblach – Lind (http://www.life-drau.at/).....	150
Slika 120: Polja hitrosti v območju načrtovane HE Kresnice pri pretoku 140 m ³ /s.....	151
Slika 121: Spreminjanje hitrosti vode na odseku HE Kresnice od korena zajezbe do jezovne zgradbe za izbrani vzdolžni profil pri različnih pretokih vode.	152
Slika 122: Tip vodnega toka na odseku reke Save pri Dolskem.....	153
Slika 123: Pregled strukture substrata v strugi na odseku reke Save pri Dolskem.	154
Slika 124: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v Savi pri Dolskem (Q= 140 m ³ /s).	155
Slika 125: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v Savi pri Dolskem (Q= 140 m ³ /s).	155
Slika 126: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v Savi pri Dolskem s predvidenim stranskimrečnim rokavom (pri pretoku 140 m ³ /s).....	156
Slika 127: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v Savi pri Dolskem s predvidenim stranskimrečnim rokavom(pri pretoku 140 m ³ /s).....	157
Slika 128: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v Savi pri Kresnicah (Q= 140 m ³ /s).	158
Slika 129: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v Savi pri Kresnicah (Q= 140 m ³ /s).	158
Slika 130: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v Savi pri Kresnicah (Q= 100 m ³ /s) in vsi ujeti sulci na tem odseku.	159
Slika 131: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v predvideni akumulaciji HE Kresnice (Q= 140 m ³ /s).	160
Slika 132: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v predvideni akumulaciji HE Kresnice (Q= 140 m ³ /s).	161
Slika 133: Primerjava indeksa HHS za odrasle sulce na obeh modeliranih odsekih pri različnih stanjih struge reke Save. Prikazano je dejansko stanje na obeh odsekih. Dodatno je prikazano stanje na celotnem odseku reke Save pri Dolskem v primeru vzpostavitve stranske struge na sredini odseka ter stanje na daljšem odseku Save v primeru izvedbe akumulacijskega jezera.	162
Slika 134: Primerjava indeksa HHS za juvenilne sulce na obeh modeliranih odsekih pri različnih stanjih struge reke Save. Dodatno je prikazano stanje na celotnem odseku reke Save pri Dolskem v primeru vzpostavitve stranske struge na sredini odseka ter stanje na daljšem odseku Save v primeru izvedbe akumulacijskega jezera.....	163
Slika 135: Zemljevid Save v Dolskem iz obdobja 1809-1869 (http://mapire.eu).	163
Slika 136: Spreminjanje pretoka in uporabne korigirane površine (WUA) na odseku Save pri Kresnicah za odrasle sulce kot posledica delovanja gorvodnih elektrarn (Vir podatkov: javne hidrološke evidence, ARSO, 2016)	165
Slika 137: Predlog ukrepov za izboljšanje stanja na območju srednje Save.....	173
Slika 138: Razdrobljenost populacije sulca v Evropi (The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4.< www.iucnredlist.org >. Downloaded on 17 March 2016).....	174

Kazalo preglednic

Preglednica 1: Prikaz ribiškega upravljanja v izbranih ribiških revirjih na območju srednje Save, meje in površine revirjev.....	23
Preglednica 2: Izvajalci ribiškega upravljanja, ribogojnice, reke in odseki rek, kjer se pridobivajo spolni produkti za vzrejo.....	31
Preglednica 3: Dovoljen letni uplen sulcev posameznih revirjih na območju srednje Save (2010 – 2016).....	33
Preglednica 4: Delež (%) realiziranega uplena glede na predpisano ribolovno kvoto (2010 – 2013)...	34
Preglednica 5: Ocenjena naseljenost sulca na raziskanih odsekih reke Save.	45
Preglednica 6: Ocenjena naseljenost sulca na odsekih v priobrežnem pasu in v nekaterih pritokih Save, kjer smo ga ujeli.	46
Preglednica 7: Ocenjena naseljenost sulca v priobrežnem pasu in v nekaterih pritokih Save na odsekih, kjer smo vzorčili.	46
Preglednica 8: Velikost sulcev v posameznih starostnih razredih (srednja Sava). Prikazana je povprečna (povp.), najmanjša (min.) in največja (max.) celotna telesna dolžina (TL) ter standardna deviacija (SD) in število osebkov (N).	49
Preglednica 9: Velikost sulcev v posameznih starostnih razredih (srednja Sava). Prikazana je povprečna (povp.), najmanjša (min.) in največja (max.) celotna telesna dolžina (TL) ter standardna deviacija (SD) in število osebkov (N).	54
Preglednica 10: Število vloženih označenih sulcev in števili ujetih označenih in neoznačenih sulcev med letoma 2008 in 2015 na območju srednje Save.....	57
Preglednica 11: Preplavane razdalje in čas med označitvijo in ponovnim ulovom sulca (povp., min. in max.) ter število sulcev, ki so plavali po toku navzgor oziroma navzdol.....	63
Preglednica 12: Seznam vzorcev sulca, vključenih v genetsko analizo.	72
Preglednica 13: Heterozigotnost (H_o) na posameznem lokusu in povprečna heterozigotnost (H_{povp}). Vključene so le populacije z več kot 8 vzorci.....	75
Preglednica 14: Število alelov na lokus (A) in povprečno število alelov v populaciji. Vključene so le populacije z več kot 8 vzorci.....	76
Preglednica 15: Fst vrednosti (pod diagonalo) in signifikantnost Fst vrednosti (nad diagonalo). 1-RD Barje, 2-Bled, 3-Radovljica, 4-Tržiška bistrica, 5-ribogojnica Obrh, 5-RD Kočeje, 7-RD Novo mesto, 8-Sora, 9-RD Vrhnika, 10-Sava-ZZRS, 11-RD Dolomiti, 12-Bohinjska Bistrica.....	76
Preglednica 16: Ocena efektivne velikosti populacije in 95% interval ocene.	78
Preglednica 17: Popisane prečne pregrade na ods. Save med Medvodami in Litijo ter HE Mavčiče. ..	82
Preglednica 18: Podatki o premikih sulcev v bližini jezov na območju srednje Save.....	84
Preglednica 19: Podatki o velikosti in starosti vloženih in ujetih sulcev, ki so se gibali v okolici jezov. V preglednici so prikazani tudi podatki o času, ki ga je sulec preživel v vodi.....	84
Preglednica 20: Podatki o premikih sulcev preko in v bližini popisanih pragov na območju srednje Save.	86
Preglednica 21: Podatki o velikosti in starosti vloženih in ujetih sulcev, ki so prečkali popisane pragove ali so se gibali v njihovi bližini ter čas preživet v vodi za vsak premik posebej.	87

Preglednica 22: Evidentirane vodne pregrade v Sori na odseku od sotočja Poljanske in Selške Sore do izliva v Savo.....	98
Preglednica 23: Podatki o premikih sulcev preko in v bližini popisanih pregrad v Sori.	100
Preglednica 24: Podatki o velikosti in starosti označenega in ujetega sulca, ki se je gibal v okolici jezua Goričanein čas, ki ga je preživel v vodi.	100
Preglednica 25: Evidentirane prečne pregrade v spodnjem toku Gameljščice.....	101
Preglednica 26: Podatki o premikih sulcev čez in v bližini popisanih pregrad v Gameljščici.	103
Preglednica 27: Podatki o velikosti in starosti vložnega in ujetega sulca, ki se je gibal v okolici pregrad v Gameljščici in čas, ki ga je preživel v vodi.....	103
Preglednica 28: Prečne pregrade v spodnjem toku Ljubljanice.	105
Preglednica 29: Podatki o premikih sulcev v okolici in preko popisane pregradev Ljubljanici.	108
Preglednica 30: Podatki o velikosti in starosti vložnih in ujetih sulcev, ki sta se gibala v okolici pregrad v Ljubljanici in čas preživet v vodi.	108
Preglednica 31: Prečne pregrade v spodnjem toku Kamniške Bistrice; opis lokacije in Gauss – Krügerjeve koordinate.....	112
Preglednica 32: Osnovne karakteristike sonaravne struge pri HE Rheinfelden.	133
Preglednica 33: Razredi uporabljenih hidravličnih parametrov (globine vode, hitrosti toka) – mehki nizi.	140
Preglednica 34: Prikaz nekaj primerov mehkih pravil za odrasle sulce.....	141
Preglednica 35: Ocena pretokov na odsekih Dolsko – Jevnica in Ribče – Kresnice.	146
Preglednica 36: Ocena in primerjava pretokov na odsekih Dolsko – Jevnica in Ribče – Kresnice na podlagi podatkov vodomernih postaj.	146

1. POVZETEK

Sulec - *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758) je največja salmonidna vrsta, ki živi na območju Slovenije. Populacija sulca na srednjem odseku reke Save (srednja Sava) je bila z dosedanjimi raziskavami ocenjena za najvitalnejšo v Sloveniji. To populacijo je Slovenija leta 2013 zaščitila z razglasitvijo območja Natura 2000. Glavni dejavnik, ki ogroža populacije sulca, je uničenje habitata in sprememba rečnega toka, ki je posledica izgradnje in delovanja hidroelektrarn. Zaradi očitnega nasprotja interesov - zaščita populacije sulca na eni in izraba hidroenergetskega potenciala Save na drugi strani – smo v okviru CRP projekta želeli izdelati strokovne podlage, ki temeljijo na ihtioloških in genetskih raziskavah sulca v Savi, in ki bodo v pomoč pri odločanju o energetski izrabi Save z upoštevanjem ohranjanja habitata in populacije sulca. Z analizo obstoječih ihtioloških raziskav in razpoložljivih podatkov smo določili "sive lise" podatkov in zasnovali nove ihtiološke raziskave, ki so vključevale vzorčenje sulca in popis drstišč. Na podlagi analize novo pridobljenih podatkov smo želeli oceniti kakovost in moč populacije sulca na območju srednje Save in izdelali akcijski načrt za njegovo ohranitev. Poleg tega je bil namen projekta s habitatnim modeliranjem oceniti spremembe v habitatni ustreznosti izbranega odseka srednje Save za primer zmanjšane pretoka vode v primeru odvzema vode za proizvodnjo energije (derivacijski tip hidroelektrarne) oziroma zmanjšanja pretokov v osnovni strugi reke Save in za primer izgradnje akumulacije (akumulacijsko pretočni tip) hidroelektrarne.

S projektom smo pridobili nove podatke o populaciji sulca na območju srednje Save, in sicer podatke o novih nahajališčih, njegovi razširjenosti, okvirni oceni njegove številčnosti, rasti, premikih in zastopanosti velikostnih kategorij in podatkih o drstiščih. Na podlagi dolžin označenih sulcev ugotavljamo, da je dolžinska rast sulca v srednji Savi primerljiva z rastjo sulcev iz različnih evropskih rek. Ocenjujemo, da vloženi sulci prispevajo do največ 20 % k celotnemu ulovu na območju srednje Save.

Vsi odseki od Medvod do Kresnic so dobro in enakomerno poseljeni (38 najdišč ugotovljenih z elektroribolovom in 163 najdb potrjenih s trnkarjenjem in športnim ribolovom), dolvodno od Kresnic je poznanih le 5 nahajališč, zadnje je pri vasi Sava. Prisotnost sulca smo potrdili tudi v Kamniški Bistrici, Dolski Mlinščici in Reki.

Naseljenost sulca v Savi od Šentjakoba do Kresnic ocenjujemo na 0,38 do 1,11 sulcev/ha. Po grobi oceni na celotnem odseku Save med Medvodami in Litijo živi od 92 do 286 sulcev, večjih od 40 cm (starih tri leta in več) oziroma 33 do 103 odraslih, spolno zrelih sulcev, ki predstavljajo učinkovito populacijo.

Izdelali smo oceno vitalnosti populacije oziroma njene reproduktivne zmožnosti. Ocenjeno število odraslih sulcev uvršča populacijo sulca srednje Save med populacije s slabšo viabilnostjo kar pomeni, da je zaradi verjetnega oplojevanja v ožjem sorodstvu in izgubljanja genetske variabilnosti, slabo prilagodljiva in je njen obstanek dolgoročno ogrožen.

Glede na premike označenih sulcev smo ugotovili, da so sulci v povprečju prepotovali 2,7 km, največja zabeležena razdalja pa je bila 16,6 km, kar potrjuje, da so sulci v srednji Savi dokaj stacionarni, se večkrat vračajo na ista drstišča in se tekom leta pogosto zadržujejo na istem odseku reke.

Popisali smo 144 drstišč in pri tem opazili 963 osebkov in 426 drstnih jam. Na podlagi meritev in ocen okoljskih parametrov smo opredelili ekološke zahteve sulcev za drst.

Raziskali smo vpliv vlaganj in odnose med naravnimi in v ribogojnici vzgojenimi populacijami. Pregled prakse poribljavanja ribolovnih revirjev s sulci, ki se trenutno izvaja v Sloveniji temelji na osebkih, ki

so potomci prostoživečih drstnic in so čas od izvalitve do svojega 3. ali 4. leta preživel v ribogojnici. Taka praksa ima lahko določene negativne posledice za naravno populacijo sulca. V akcijskem načrtu so podani predlogi za omilitve teh vplivov. Poleg tega smo z genetskimi analizami ugotovili, da sta v Sloveniji priostni dve genetsko različni skupini sulcev: sulci iz Kolpe se razlikujejo od populacije sulca v Savi, osebki iz obeh populacij pa so se uporabljali za poribljavanje. Ovrednotili smo ustreznost obstoječega upravljanja s sulcem in predlagali ukrepe za izboljšanje stanja te vrste v naravi ter izdelali akcijski načrt ohranitve sulca.

Pripravili smo pregled vodnih pregrad na območju srednje Save z oceno njihove prehodnosti in predstavili pregled uporabljenih omilitvenih ukrepov na rekah z zgrajenimi hidroelektrarnami po Evropi.

Z izvedbo habitatnega modeliranja smo na dveh izbranih odsekih reke Save preverili vpliv zmanjšane pretoka vode v osnovni strugi. Na enem odseku smo dodatno preverili vpliv na stanje habitatne primernosti v primeru vzpostavitve rečnega rokava, prav tako smo izvedli dodatno hidravlično modeliranje v celotnem območju predvidene HE Kresnice in izvedli analizo vpliva izvedbe akumulacije na habitatno primernost za sulca. Rezultati projekta so primerno izhodišče za nadaljnje aktivnosti in raziskave vplivov izvedbe raznih ukrepov za izboljšanje na srednji Savi.

2. ABSTRACT

Huchen *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758) is the largest salmonid species living in Slovenia. The huchen population in the Sava River has been estimated to be the most vital in Slovenia. This population has been protected since 2013 with Natura 2000 declaration. The main factor that threatens huchen populations is habitat destruction and modification of river flows due to construction and operation of hydroelectric power plants. Because of the obvious conflict of interests between protection of huchen population on one hand and the use of hydroelectric potential of the Sava, on the other, the present project intended to prepare a professional basis, based on ichthyologic and genetic research of Sava huchen and habitat modeling, which could help decision making regarding utilization of the Sava River, taking into account the preservation of the habitat and huchen population. By analyzing the existing ichthyological data, we designed the new ichthyological research, which included sampling and inventory of huchen spawning grounds. Based on the analysis of new data, we intended to assess the quality and strength of huchen population in the middle Sava River and created an action plan for its preservation. In addition, the project implemented habitat modeling approach to assess changes in habitat suitability of the selected sections of the middle Sava in case of, for example, reduced water flow in the event of the withdrawal of water for energy production (derivation type hydro power plants) or the reduction of flows in the primary bed of the Sava River and in the case of construction of accumulation (accumulation flow type) hydroelectric power.

During the project, we obtained new data on huchen population in the middle Sava river, its distribution, draft estimates of its abundance, growth, movement and representation of size categories. Based on the lengths of tagged huchen it was determined that the longitudinal growth of huchen in the Sava River is comparable to huchen growth in different European rivers. We estimated that the stocked huchen contribute up to 20% of the total catch in middle Sava River.

All sections of the middle Sava from Medvode to Kresnice are well and uniformly inhabited by huchen (altogether we identified 38 sites by electrofishing, in addition, 163 interceptions were certified by angling and sport fishing). Downstream from Kresnice, only 5 locations with huchen were found, with the last one in the village of Sava. The presence of huchen was confirmed in Kamniška Bistrica, Dolska mlinščica and Reka.

Population density of huchen in the Sava River from Šentjakob to Kresnice is estimated at 0.38 to 1.11 huchen / ha. According to a rough estimate, the entire section of the Sava between Medvode and Litija is inhabited by from 92 to 286 huchen larger than 40 cm (aged three years and above) and from 33 to 103 adult, sexually mature huchen representing the effective population.

Based on assessment of the viability of the huchen population or its reproductive capabilities, the middle Sava River is placed into medium class between populations with poor vitality most probably due to inbreeding and the loss of genetic variability, poor flexibility, and therefore, risk of its long-term survival.

Based on the movements of tagged huchen we found that on average they traveled 2.7 km and the maximum recorded distance was 16.6 kilometers, which confirms that the huchen in the middle Sava are fairly stationary, frequently return to the same spawning grounds and during the year often remain on the same stretch of river.

We observed 144 spawning sites with 963 specimens spawning, and 426 redds. Based on the measurements and assessments of environmental parameters ecological requirements of huchen for spawning were described.

We investigated the impact of stocking and the relationship between the natural and farm-grown populations. Stocking in Slovenia is based on specimens that are the offspring of wild spawners; they are stocked into rivers after 3 to 4 years of rearing in hatchery. Such a practice may have some negative consequences for the native populations of huchen. The action plan puts forward suggestions to mitigate these impacts. Genetic analyses revealed two differentiated genetic groups: huchen population in Kolpa River are genetically distinct from huchen in Sava River, both populations were used in stocking activities. We evaluated the adequacy of the existing huchen management and proposed measures to improve the situation of this species in the wild and created an action plan to preserve the huchen population in the Sava River.

An overview of water dams in middle Sava River with an assessment of their passability for fish, measurements for mitigation of existing hydropower plants that influence middle Sava and an overview of the mitigation measures built on rivers with hydropower in Europe is also given in the report.

Two selected sections of the Sava River were examined by habitat modeling, particularly the impact of reduced water flow in the primary riverbed. We further examined the impact of the establishment of river side channel on the state of habitat suitability in one section; we also performed an additional hydraulic modeling across the entire section of one planned Hydropower plant and conducted an analysis on the impact of the reservoirs implementation on the huchen habitat suitability. Results of the project represent appropriate starting point for further action and research on the effects of various measures for improving the state of habitat suitability of the middle Sava River.

3. UVOD

Sulec *Hucho hucho* (L.) je endemit donavskega porečja srednje Evrope, kjer predstavlja eno vodilnih vrst rib, a hkrati tudi eno najbolj ogroženih. Iz zgodovinskih podatkov, ki jih navaja Holčík (1990), sklepamo, da je bil sulec nekdanj pogost v skoraj vseh rekah donavskega povodja. Naseljeval je srednje do velike reke, vključno z Donavo vse do njene delte. Njegovo naseljitveno območje se je pričelo spreminjati v začetku 19. stoletja, še posebno velike spremembe je doživelo po drugi svetovni vojni. Ocenjuje se, da sulec trenutno poseljuje le še 39 % prvotnega areala. Tudi območja, kjer še živi, ne naseljuje kontinuirano. V nekaterih rekah so tako nastale izolirane populacije. Večinoma je sulec izginil iz spodnjih tokov rek in je sedaj omejen na njihove predalpske odseke. Današnja razširjenost sulca v Sloveniji je bistveno manjša od njegove razširjenosti pred letom 1900. Zmanjšanje areala je najopaznejše v porečju Mure, kjer je sulec skoraj izginil, podobno je v porečju Drave, kjer se je ohranil le še na dveh krajših odsekih (pod Mariborom in pri Ormožu), s pritokov Drave je izginil. Razširjenost sulca se je najbolje ohranila v porečju Save, vendar je še tu precej okrnjena. Ni ga več v nekaterih pritokih Save (Lipnica, Peračica) in Savinje (Gračnica in Paka), medtem ko so se v srednjih in spodnjih tokovih Savinje, Mirne, Krke in srednjem toku Kolpe njegove populacije močno zmanjšale. Na odseku Save od Kresnic do državne meje s Hrvaško je bila pred izgradnjo hidroelektrarn na spodnji Savi (od HE Vrhovo dolvodno) populacija sulca maloštevilna. Rezultati ihtioloških monitoringov, ki so se izvajali na vplivnih območjih spodnje savskih hidroelektrarn od leta 2006, ko je z obratovanjem pričela HE Boštanj, do leta 2013, ko je z obratovanjem pričela HE Krško, kot četrta v verigi hidroelektrarn, so pokazali, da sulec na tem odseku Save ne živi več. Ulov je eden od načinov ugotavljanja velikosti populacije sulca na nekem območju. Glede na ulov je le ta največja prav v porečju Save. Število in gostota drstič na nekem območju, ki ju prav tako lahko uporabimo pri ocenjevanju velikosti populacije, tudi nakazujeta, da je populacija sulca najvitalnejša prav na območju Save od Medvod do Kresnic ter v njenih pritokih: Poljanski Sori od Hotavelj do sotočja Poljanske in Selške Sore, Ljublanici od sotočja Male in Velike Ljublanice do zapornic pri Ambroževem trgu, Savinji od Grušoveljskega jezua do Letuškega jezua, Krki od Žužemberka do Mršeče vasi in Kolpi od sotočja s Čabranko do Slavskega laza (Zabrc s sod., 2008).

Glavni dejavnik, ki ogroža populacije sulca, je uničenje habitata in sprememba rečnega toka kot posledica izgradenj in delovanj hidroelektrarn. Hidroelektrarne namreč spremenijo habitat in rečni vodni režim do take mere, da je ogroženo preživetje tako sulca kot številnih drugih vrst rib s katerimi se hrani. Nekdanj sta bila pomembna dejavnika ogrožanja sulca tudi prekomeren ribolov in onesnaževanje rek, ki pa ju v Sloveniji ne ocenjujemo več kot zelo pomembna, saj je ribolov sulca zakonsko strogo reguliran (Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah (Uradni list RS, št. 99/2007), v zadnjih dvajsetih letih se je tudi kvaliteta vode slovenskih rek izboljšala.

Freyhof in Kottelat (2008) ocenjujeta, da je večina fragmentiranih populacij sulca v porečju Donave odvisnih od vlaganj v ribogojnicah vzrejenih sulcev in da je populacij sulca, ki so rezultat naravne drsti v rekah, zelo malo. Svojo oceno stanja podajata na osnovi le nekaj populacij v Avstriji, in sicer v Dravi, Muri, Melku, Pielachu in spodnjem toku reke Gail.

Na območju Slovenije je z Uredbo o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Uradni list RS, št. 22/03 in 41/04) in z Uredbo o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Uradni list RS, št. 33/2013) razglašeni 12 območij, ki so ključnega pomena za vzdrževanje populacije sulca v ugodnem stanju. Prav vsa omenjena območja so v porečju

Save, kar je pravzaprav posledica tega, da je njegovo stanje v drugih vodotokih tako klavrno, da ne ustrezajo kriterijem za razglasitev Natura območij. Zadnje Natura 2000 območje je bilo razglašeno v letu 2013 (Sava-Medvode- Kresnice), s katerim je Slovenija skupaj z območji v Poljanski Sori (Log – Škofja Loka), Sori (Škofja Loka-jez Goričane) in Ljubljanskem barju zaščitila sklenjeno območje najustreznejšega habitata in najvitalnejši del populacije sulca v Sloveniji.

Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS, št. 82/2002) opredeljuje sulca kot ogroženo živalsko vrsto (E). V to kategorijo so uvrščene vrste, katerih obstanek na območju Republike Slovenije ni verjeten, če bodo dejavniki ogrožanja delovali še naprej, saj se je številčnost teh vrst zmanjšala na kritično stopnjo oziroma je njihova številčnost zelo hitro upadla v večjem delu areala. V 7. členu tega pravilnika so kot najprimernejši ukrepi varstva navedeni neposredni ukrepi, in sicer: omogočanje primernih mest za reprodukcijo, prehranjevanje, prezimovanje ter zagotavljanje drugih pomembnih življenjskih faz. S Pravilnikom o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah (Uradni list RS 99/2007) je sulec zaščiten neposredno. Z najmanjšo lovno mero (70 cm) je zagotovljeno, da se sulec zdrsti, preden ga ribiči lahko uplenijo, varstvena doba (15.2.-30.9.) ga ščiti v času drsti in razvoja zaroda. V praksi je zaščita še nekoliko večja, saj je večina ribiških družin najmanjšo lovno mero za uplen zvišala na 80 ali 90 cm.

Zaradi zmanjšanja velikosti populacij sulca vzdolž celotnega areala naseljenosti, je nujna njegova zaščita, ki mora temeljiti na sodobnih znanstvenih dognanjih, med katerimi so ključni zaščita življenjskega prostora, genetska analiza naravnih in ribogojniških populacij ter ugotavljanje morebitnih genetsko enovitih populacij, katere bi s primernimi ukrepi ohranili in zaščitili. Najpomembnejši med vsemi so ukrepi za ohranitev življenjskega prostora sulca. Kakovosten in dovolj velik življenjski prostor, ki nudi pogoje za njegovo življenje v vseh fazah razvoja je osnova, brez katere so vsi ostali ukrepi neučinkoviti. Pomen ohranitve in restavracije degradiranega življenjskega prostora kot ključnega ukrepa za ohranitev sulca prepoznavajo vsi vodilni evropski ihtiologi. Med prvimi je na to opozarjal Holčík (1990), ki je izdelal varstvene smernice za njegovo ohranitev v slovaških rekah. Po letu 2000 se je zavedanje o ogroženosti sulca še okrepilo, kar se je odrazilo tudi v zaščiti njegovih habitatov v okviru vzpostavljenih območij Natura 2000. Med letoma 1999 – 2003 je v Avstriji potekal LIFE-Natura projekt z naslovom »Living space of Danube salmon« v okviru katerega so avtorji (Schmutz s sod., 2001) izvedli različne ukrepe za izboljšanje habitata sulca in učinke teh ukrepov spremljali z ihtiološkimi monitoringi. Ukrepi so bili usmerjeni v ponovno povezavo fragmeniranih delov populacije (postavitve prehodov za ribe) ter v renaturacijo reguliranih odsekov rek (Zitek in Schmutz, 2004). Freyhof in Kottelat (2008) na strani IUCN Red List (www.iucnredlist.org), kot trenutno najpomembnejši dejavnik ogrožanja navajata hidroelektrarne, ki popolnoma spremenijo in regulirajo vodni tok in hkrati kot edini do sedaj poznan učinkovit ukrep za zaščito populacije sulca omenjata že omenjeni Life-Natura projekt. Ostala znana ukrepa, ki se uporabljata, sta še poribljavanje in reguliranje ribolova, ki sama po sebi dolgoročno brez ohranjenega habitata ne prinašata zadovoljivih rezultatov.

Do sedaj so bile v donavskem porečju opravljene tri študije, ki so imele namen opredeliti genetsko strukturo sulca. Prva (Geist s sod., 2009) se je osredotočila na populacije sulca v Nemčiji in Avstriji, kjer so preko analize visoko-variabilnih mikrosatelitnih markerjev ugotovili prisotnost osmih različnih genetskih skupin. Avtorji študije zaključujejo, da bi bilo za ohranjanje sulca najprimernejši pristop upravljanje na nivoju t.i. enot upravljanja oz. genetskih skupin, ne na nivoju posameznih populacij. V okviru druge študije (Weiss s sod., 2011) so analizirali genetsko strukturo sulca na širšem arealu

njegove razširjenosti. Ugotovili so, da je za sulca značilna izjemno nizka genetska pestrost ter da je skoraj celoten genetski polimorfizem omejen na Avstrijo in Slovenijo. Čeprav sulec v Sloveniji ni bil glavni predmet te raziskave, analize mikrosatelitne DNA nakazujejo, da v Sloveniji verjetno ne gre za genetsko enotno populacijo sulca, ampak da najbrž obstajajo geografsko vezane populacije, ki se med seboj genetsko razlikujejo. Tretja študija (Weiss in Schenekar, 2016) se je osredotočila na genetsko analizo sulca v porečju Mure v Avstriji z namenom ugotoviti, ali v Muri obstaja samozadostna (angl. self sustaining) populacija sulca in kolikšen je delež vloženih osebkov. Vse študije zaključujejo, da je treba genetsko enotne in edinstvene populacije sulca zaščititi, ker predstavljajo vitalno pomemben vir genetskega polimorfizma za to vrsto.

Za analizo in oceno ekološke funkcionalnosti tekočih voda, zlasti vplivov zmanjšanja pretoka in načrtovanja omilitvenih ukrepov, se uporablja in razvija tako imenovani pristop modeliranja habitatne primernosti, ki pri sami analizi in vrednotenju zagotavlja objektivnost in ponovljivost. Uporaba takega pristopa se počasi uveljavlja tudi v Sloveniji (Steinman s sod., 2013). Na podlagi omenjenega modeliranja se napoveduje obseg in kakovost habitata za ciljno vrsto v odvisnosti od geo- in hidromorfoloških lastnosti vodotoka pri izbranem pretoku vode. Od pretoka vode so predvsem odvisne globine in hitrosti vode, osnovna parametra pri habitatnem modeliranju vodnih ekosistemov. Sam pretok kot parameter omogoča, da vzpostavljen habitatni model služi kot orodje in podpora odločanju pri soočanju interesov rabe voda z ekološkimi ohranitvenimi cilji (Kopecki, 2008). V splošnem habitatno modeliranje zahteva določitev funkcij primernosti, s katerimi se opiše soodvisnost med vrednostmi izbranega fizičnega parametra (na primer globina vode, hitrost vode, substrat) in preferenčno vrsto (Bovee s sod., 1998). Za določitev habitatne primernosti določenega rečnega odseka pri različnih pretokih se uporabi kombinacija uporabljenih izbranih fizičnih parametrov, ki se ocenjuje na podlagi izbranega integralnega parametra, na primer na podlagi izračuna obtežene uporabne površine (Brooks, 1997). Kot nadgradnja v razvoju habitatnega modeliranja se želi uporabiti tako imenovani pristop z uporabo mehke logike ("Fuzzy"), ki izkazuje določene prednosti glede na klasično habitatno modeliranje. Glavna prednost uporabe mehke logike je v tem, da se s takim pristopom uspešno vključuje obstoječe znanje glede habitatnih zahtev vodnih organizmov, zlasti rib, ki temelji predvsem na kvalitativnih ocenah (Schneider, 2001).

Slovenija je v okviru izrabe hidroenergetskega potenciala Save že zgradila tri hidroelektrarne na območju zgornje Save (HE Moste, HE Mavčiče in HE Medvode) in štiri hidroelektrarne na območju spodnje Save (HE Vrhovo, HE Boštanj, HE Arto-Blanca in HE Krško), kjer je predvidena izgradnja še dveh (HE Brežice in HE Mokrice). Območje srednje Save je največje in tu je predvidena izgradnja vsaj devetih hidroelektrarn. Na odseku Save med Medvodami in Kresnicami, torej na razglašenem območju Natura 2000, s katerim se med drugim ščitita tako habitat kot populacija sulca, je predvidena izgradnja vsaj petih hidroelektrarn.

Očitno nasprotje interesov - zaščita populacije sulca in drugih vrst organizmov, ki živijo na tem območju, na eni in izraba hidroenergetskega potenciala Save na drugi strani - nas je vodilo k prijavi raziskovalnega projekta, katerega cilj je izdelati strokovne podlage, ki temeljijo na ihtioloških in genetskih raziskavah populacije sulca v reki Savi in bodo v pomoč pri odločanju o energetski izrabi Save z upoštevanjem ohranjanja habitata in populacije sulca.

Cilji raziskovalnega projekta so bili:

- izdelava analize ribiškega upravljanja s sulcem v Sloveniji.
- pregled obstoječih ihtioloških raziskav na območju porečja Save, prikaz poznanih najdišč sulca in lokacij njegovih drstišč.
- določitev tako imenovanih »sivih lis« oziroma odsekov za katere trenutno ni podatkov oziroma so le ti pomanjkljivi.
- izvedba dodatnih ihtioloških raziskav na teh odsekih, predvsem na območju srednje Save, s katerimi bomo celoviteje prikazali razširjenost in stanje tamkajšnje populacije sulca ter dopolnili popis drstišč.
- skušati oceniti kakovost in moč populacije sulca na območju srednje Save.
- Pregledati obstoječe vodne pregrade in izdelati oceno njihove prehodnosti.
- Izdelati pregled uporabljenih pristopov in omilitvenih ukrepov, ki so jih izvedli v državah, kjer je sulec prisoten in s katerimi so na hidroenergetsko izrabljenih rekah skušali ohraniti njegove habitate in populacije. Pregled bo vključeval tudi izvedene monitoringe uspešnosti teh pristopov in ukrepov.
- Izdelati akcijski načrt za ohranitev sulca, ki bo vključeval ukrepe za izboljšanje habitata in povezanosti posameznih delov populacije v porečju Save in program upravljanja s sulcem.

S habitatnim modeliranjem prikazati spremembo habitatne ustreznosti izbranega odseka srednje Save v primeru zmanjšane pretoka vode zaradi odvzema vode v namen proizvodnje električne energije (derivacijski tip hidroelektrarne) in v primeru izgradnje akumulacije (akumulacijsko pretočni tip hidroelektrarne) ter prikazati habitatno ustreznost obvodne struge kot omilitvenega ukrepa.

3.1. Literatura

Bovee K.D., Lamb B.L., Bartholow J.M., Stalnaker C.B., Taylor J., Henriksen J. 1998. Stream Habitat Analysis using the Instream Flow Incremental Methodology. – Inform. And Technology Report USGS/BRD/ITR-1998-0004, US Dep. of the Int., US Geol. Survey. Biol. Res. Div.

Brooks P. 1997. Improving Habitat Suitability Index Models. Wildlife Society Bulletin, 25 (1): 163-167

Freyhof J., Kottelat M. 2008. *Hucho hucho*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1.

Geist J., Kolahsa M., Gum B., Kuehn R. 2009. The importance of genetic cluster recognition for the conservation of migratory fish species: the example of the endangered European huchen *Hucho hucho* (L.). Journal of Fish Biology, 75: 1063–1078

Holčík J. 1990. Conservation of the huchen, *Hucho hucho* (L.), (Salmonidae) with special reference to slovakian rivers. Journal of Fish Biology, 37: 113-121

Kopecki I. 2008. Calculational Approach to FST-Hemispheres for Multiparametrical Benthos Habitat Modelling. Doctoral dissertation. Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart. 265 str.

Schmutz S., Zitek A., Zobl S. Jungwirth M. Knopf N., Kraus E., Bauer T., Kaufman T. 2001. Integrated approach to the conservation and restoration of Danube salmon, *Hucho hucho* populations in Austria. Freshwater Fish Conservation—Options for the Future. Fishing News Book, Oxford: 157-171

Schulz N. 1985. Das Wachstum des Huchens (*Hucho hucho* L.) in der Drau un Kärnten. Österr. Fisch. 38: 131 - 142

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.

Weiss S., Marić S., Snoj A. 2011. Regional structure despite limited mtDNA sequence diversity found in the endangered Huchen, *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758). Hydrobiologia, 658 (1): 103-110

Weiss S., Schenekar T. 2016: Genetic evaluation of the self-sustaining status of a population of the endangered Danube salmon, *Hucho hucho*. Hydrobiologia: 775 (1): 153-165

Zabrc D., Bertok M., Jenič A. 2008. Stanje in varstvo sulca (*Hucho hucho*) v Sloveniji. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 62 str.

Zitek A., Schmutz S. Efficiency of restoration measures in a fragmented Danube/tributary network. Proceedings of the fifth international conference on Ecohydraulics – aquatic habitats: analysis and restoration (12.-17.09.04), Madrid. IAHR: 652-657

4. PREGLED IN ANALIZA RIBIŠKEGA UPRAVLJANJA

4.1. Metode

Ribiško upravljanje s sulcem smo analizirali na podlagi podatkov, zbranih v ribiškem katastru, ki ga na podlagi *Zakona o sladkovodnem ribištvu* (Uradni list RS, št. 61/06) vodi Zavod za ribištvo Slovenije. Poizvedbe smo opravili s pomočjo spletne aplikacije Ribkat (*Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Zavod za ribištvo Slovenije*. Ribkat. [online], Ljubljana, 2010).

4.2. Ribiško upravljanje

4.2.1. Območje in prostorske enote ribiškega upravljanja

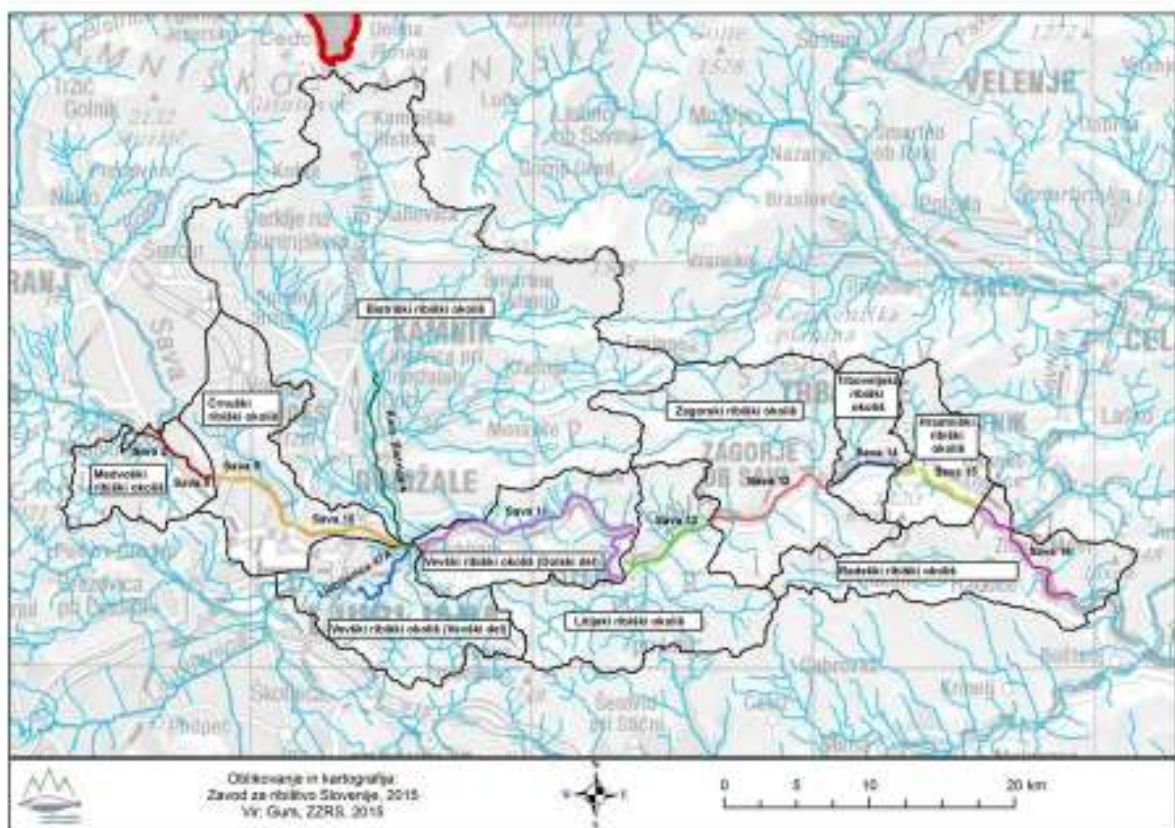
Ribiško upravljanje s populacijo sulca prikazujemo za območje srednje Save, ki obsega reko Savo od pregrade HE Medvode do pregrade HE Vrhovo. V prikaz smo zajeli tudi spodnje odseke večjih pritokov, kjer živijo deli populacije sulca, ki so s sulci v Savi povezani oziroma med njimi ni neprehodne vodne pregrade. Tako smo prikazali ribiško upravljanje tudi v Sori dolvodno od jezua Goričane, v Ljubljani dolvodno od jezua papirnice Vevče in v Kamniški Bistrici dolvodno od jezua v Homcu.

Na obravnavanem območju je dvanajst ribolovnih revirjev, kjer s populacijo sulca upravlja enajst izvajalcev ribiškega upravljanja (ribiških družin; Preglednica 1 in Slika 1). Izjema je revir Sava 11, v katerem na podlagi *Uredbe o določitvi voda posebnega pomena ter načinu izvajanja ribiškega upravljanja v njih* (Uradni list RS, št. 52/07) s populacijami rib upravlja Zavod za ribištvo Slovenije in ima status »vode posebnega pomena«. Vsi revirji so glede na tip rabe revirja opredeljeni kot ribolovni revirji – tekoče vode.

Preglednica 1: Prikaz ribiškega upravljanja v izbranih ribiških revirjih na območju srednje Save, meje in površine revirjev.

Vodotok	Revir	Zgornja meja revirja	Spodnja meja revirja	Ribiški okoliš	Izvajalec ribiškega upravljanja	Površina revirja (ha)
Sava	Sava 8	Most v Verju	Most v Tacnu	medvoški	RD Medvode	32,24
	Sava 9	Tacenski most	Železniški most Črnuče	črnuški	RD Straža - Sava	29,00
	Sava 10	Železniški most Črnuče	Sotočje z Ljubljano			58,00
	Sava 11	Sotočje z Ljubljano	Most v Litiji	vevški	ZZRS – dolski del	122,00
	Sava 12	Most v Litiji	Most v vasi Sava	litijski	RD Litija	51,80
	Sava 13	Most v naselju Sava	Putjorek	zagorski	RD Zagorje ob Savi	73,50
	Sava 14	Potiorek	Doležalek	trboveljski	RD Trbovlje	26,00
	Sava 15	Doležalek	Viadukt na Tohi	hrastniški	RD Hrastnik	40,50
	Sava 16	Viadukt v Tohi	HE Vrhovo	radeški	RD Radeče	143,60
Sora	Sora 2	Jez Goričane	Izliv v Savo	medvoški	RD Medvode	6,90
Ljubljana	Ljubljana 47	Jez papirnica Vevče	Izliv v Savo	vevški	RD Vevče – vevški del	33,10
Kamniška Bistrica	Kamniška Bistrica 4	Jez na Homcu	Izliv v Savo	bistriški	RD Bistrica - Domžale	35,50

Upravljanje s populacijo sulca predstavlja niz ukrepov, ki morajo biti med seboj usklajeni. Ukrepi so opredeljeni z Ribiško gojitvenimi načrti (RGN). Pri načrtovanju ukrepov sodelujejo izvajalci ribiškega upravljanja in Zavod za ribištvo Slovenije. Ribiško gojitveni načrt je zakonsko obvezna strokovna podlaga za celovito ribiško upravljanje v posameznem ribiškem okolišju (ROK) za obdobje šestih let. Namen RGN je določitev ciljev in ukrepov s katerimi se zagotavlja trajnostna raba rib tako, da se ohranja stalež domorodnih vrst rib. Trajnostno upravljanje s populacijo sulca temelji na analizi izvajanja ribiškega upravljanja v preteklem obdobju načrtovanja in na opredelitvi smernic in določitvi ciljev ter ukrepov za upravljanje s sulcem v določenem ROK. Usklajenost ukrepov za trajnostno upravljanje s populacijo sulca na območju njenega enovitega areala, ki lahko obsega več ROK, je dosežena z načrtovanjem na nivoju ribiških območij (RO), ki so večje enote ribiškega upravljanja.



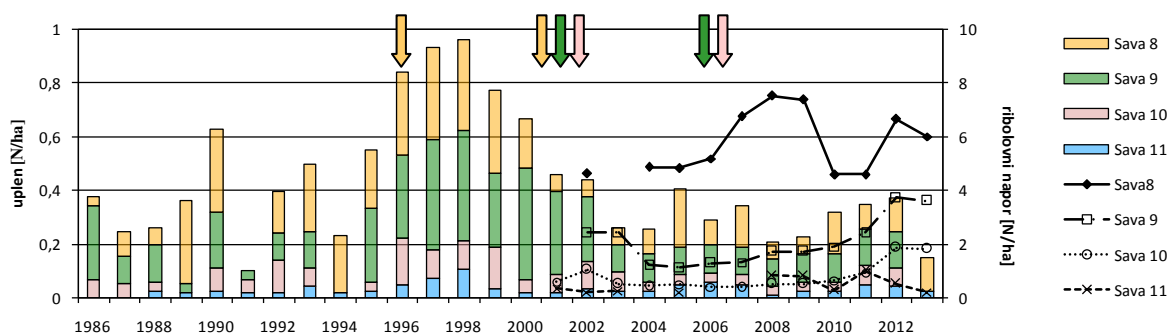
Slika 1: Ribiški okolišji in revirji na Savi od Medvod do Zidanega mostater na pritokih Sori, Ljubljani in Kamniški Bistrici, katerih habitat je povezan s Savo.

4.2.2. Analiza ribiškega upravljanja

Analize ribiškega upravljanja v nadaljevanju predstavljamo za 27-letno obdobje (1986 – 2013). Glede na povezanost habitatov in razdelitev na ribolovne revirje ter za preglednejši prikaz podatkov smo območje raziskave smiselno razdelili na dva odseka, in sicer zgornji, ki obsega revirje Sava 8 do Sava 11 (zajemajo območje od Medvod do Litije) in spodnji, ki obsega revirje Sava 12 do Sava 16 (zajemajo območje od Litije do Vrhovca). Hkrati omenjena prostorska razdelitev sovпада z mejo dveh območij državnih prostorskih načrtov (DPN) pri Litiji, ki urejata predvideno umeščanje hidroelektrarn na odseku reke Save od Medvod do Zidanega mosta.

4.3. Uplen sulca v srednji Savi

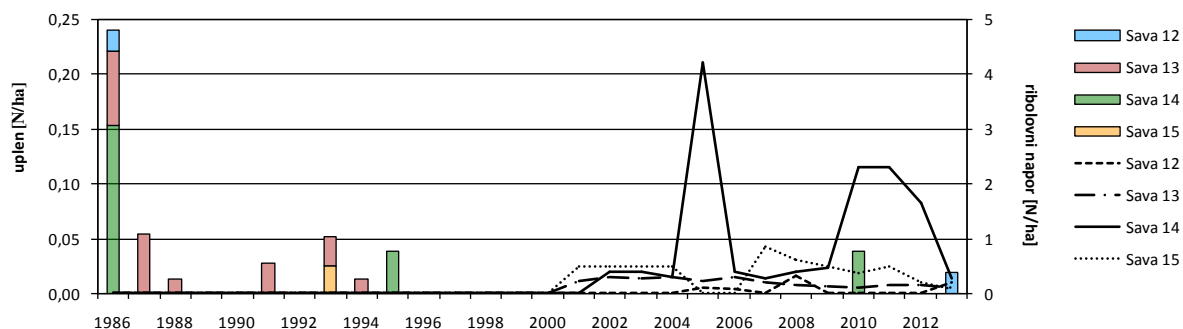
Na slikah (Slika 2 in Slika 3) prikazujemo število uplenjenih sulcev na hektar in ribolovni napor kot število izkoriščenih ribolovnih dni na hektar. Na slikah so tudi označena leta, ko so v določenih revirjih pomaknili lovno mero navzgor (puščice vbarvi ustreznega revirja).



Slika 2: Uplen (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) v revirjih Save med Medvodami in Litijo (1986 – 2013).

Na odseku Save med Medvodami in Litijo (zgornji odsek) je bil povprečni letni uplen v obravnavanem obdobju približno 17 sulcev. Uplen se je na tem odseku izrazito povečal v obdobju med letoma 1996 in 2000, ko je bilo na leto v povprečju ujetih kar 34 sulcev. Sprememba je bila izrazita predvsem v revirjih Sava 8 in Sava 9. Pred letom 1996 in po letu 2000 je bil uplen bistveno manjši (povprečno 14 sulcev na leto). V celotnem preučevanem obdobju je bil uplen (št. uplenjenih sulcev na ha) največji v revirjih Sava 8 in Sava 9, nekaj manjši v revirjih Sava 10 in Sava 11. Ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni na ha) pri lovu sulcev se beleži od leta 2000 dalje. V tem obdobju so ribiči največ ribolovnih dni na enoto površine izkoristili v revirju Sava 8, sledi Sava 9, najmanjši relativni ribolovni napor je bil zabeležen v revirjih Sava 10 in Sava 11. Število uplenjenih sulcev je torej v pozitivni odvisnosti od ribolovnega napora.

Na odseku Save med Litijo in Vrhovim (spodnji odsek) je bil povprečni letni uplen v obravnavanem obdobju približno 0,86 sulca. Uplen je bil dokaj redno zabeležen do leta 1995 (povprečno 2,2 uplenjena sulca na leto), nato v daljšem časovnem obdobju (1996 – 2009) ni bil uplenjen niti en sulec. Občasno ga v uplenu zopet beležimo od leta 2010 dalje (povprečno 0,15 uplenjenega sulca na leto). V revirju 16, ki je v celoti pod vplivom akumulacije HE Vrholovo, v preučevanem obdobju sulec ni bil uplenjen (Slika 3). Zaradi majhnega in nerednega uplena je primerjava med revirji v spodnjem odseku nemogoča. Kljub zelo majhnemu uplenu od leta 2000 dalje v vseh revirjih Sava 12 – 15 beležimo ribolovni napor.



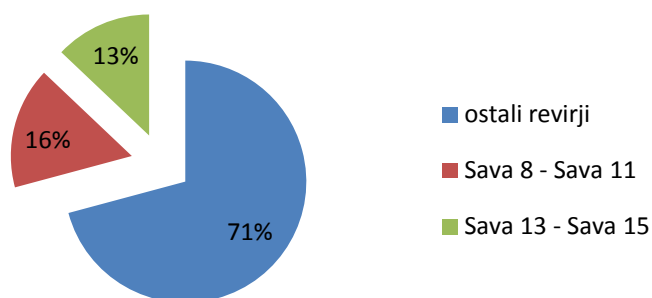
Slika 3: Uplen (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) v revirjih Save med Litijo in HE Vrhovo (1986 – 2013).

Iz prikazanega je razvidno, da sta uplen sulca in ribolovni napor ribičev v zgornjem odseku srednje Save (od Medvod do Litije) v primerjavi s spodnjim odsekom (od Litije do Vrhovega) bistveno večja. To hkrati pomeni, da so revirji zgornjega odseka srednje Save bistveno bolj zanimivi za sulčelov.

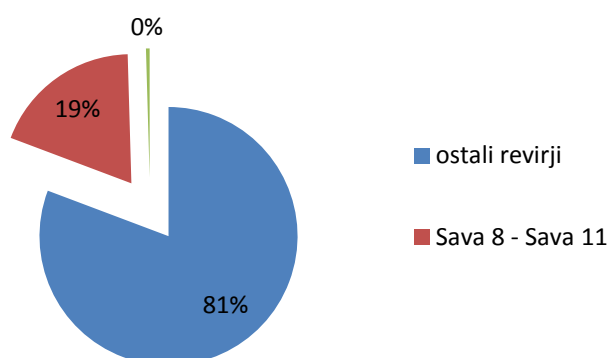
Kaj predstavlja ribolov sulca na območju srednje Save v primerjavi s celotnim sulčelovom v Sloveniji, smo prikazali z analizo podatkov uplena, površine revirjev in ribolovnega napora za obdobje treh let (2011-2013; Slika 4, Slika 5 in Slika 6). V teh letih so površine aktivnih sulčjih revirjev v Sloveniji ostajale nespremenjene, kar omogoča primerjavo podatkov.

Na sliki (Slika 4) prikazujemo delež, ki ga površina ribolovnih revirjev na srednji Savi predstavlja v celotni površini vseh ribolovnih revirjev v katerih se izvaja sulčelov, Slika 5 prikazuje delež, ki ga predstavlja uplen sulca na srednji Savi v celotnem uplenu sulca na območju Slovenije ter Slika 6 delež, ki ga predstavlja ribolovni napor ribičev na srednji Savi (število izkoriščenih ribolovnih dni na hektar) v primerjavi z ribolovnim naporom na celotnem območju Slovenije. Delež za srednjo Savo predstavljamo ločeno za zgornji in spodnji odsek.

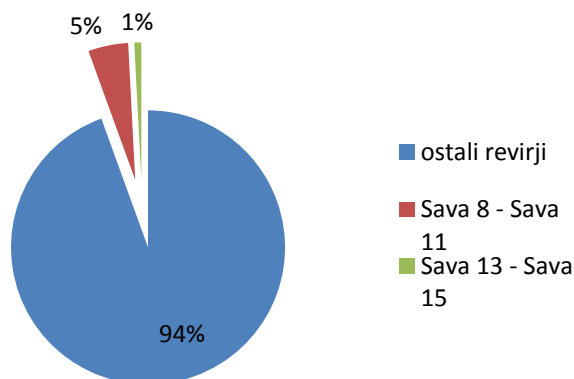
Površina ribolovnih revirjev na srednji Savi obsega slabih 30 % površine vseh ribolovnih revirjev v Sloveniji kjer se izvaja sulčelov. Površina zgornjega odseka srednje Save je nekaj večja od površine spodnjega odseka. Delež uplenjenih sulcev na območju srednje Save predstavlja slabih 20 % vseh uplenjenih sulcev v Sloveniji. Pri tem praktično ves uplen (19 %) pade na zgornji odsek srednje Save od Medvod do Litije. Ribolovni napor ribičev na zgornjem odseku srednje Save je relativno majhen (5 %) glede na število uplenjenih sulcev na tem območju. Razlog za relativno veliko število uplenjenih sulcev na območju srednje Save od Medvod do Litije torej ni v večjem ribolovnem naporu ribičev, temveč lahko posredno (preko ribiških podatkov) ocenimo, da je populacija sulca na zgornjem odseku srednje Save relativno velika.



Slika 4: Delež površine sulčjih revirjev v zgornjem in spodnjem odseku srednje Save ter preostalih sulčjih revirjih skupaj (2011 – 2013).



Slika 5: Delež uplenjenih sulcev v zgornjem in spodnjem odseku srednje Save ter v preostalih sulčjih revirjih (2011 – 2013).



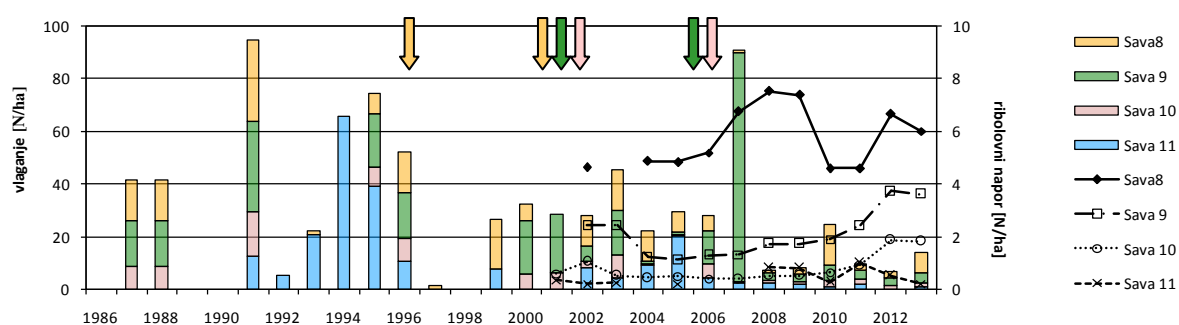
Slika 6: Delež ribolovnega napora (števila izkoriščenih ribolovnih dni na hektar) v zgornjem in spodnjem odseku srednje Save ter v preostalih sulčjih revirjih skupaj (2011 – 2013).

4.4. Vlaganje sulca v srednji Savi

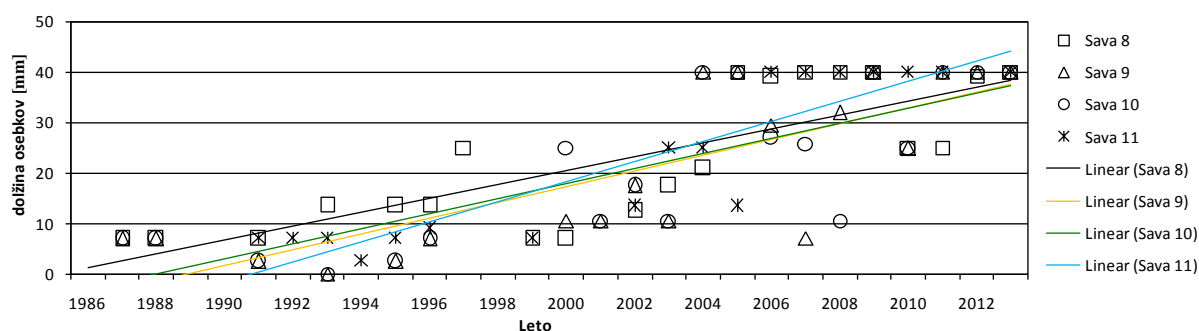
Na slikah (Slika 7 in Slika 8) prikazujemo število vloženih sulcev na hektar in ribolovni napor kot število izkoriščenih ribolovnih dni na hektar revirja. Puščice na slikah označujejo leta, ko je v določenih revirjih prišlo do pomika lovne mere navzgor.

V Sloveniji se v ribolovnih revirjih izvajajo zgolj vzdrževalna vlaganja sulcev, to je podmerskih sulcev. Vlaganja merskih sulcev za pod trnek se ne izvajajo. Namen vzdrževalnih vlaganj je nadomeščanje uplenjenih sulcev z vlaganjem večjega števila mlajših osebkov v posamezen ribolovni revir in s tem omilitev učinkov ribolova. Pri vzdrževalnem vlaganju se vlagajo velikostne kategorije sulcev od 5 do 40 cm. Praviloma se manjših velikostnih kategorij vloži večje število kot večjih saj na število vloženih rib vpliva stopnja umrljivosti, ki je pri manjših osebkih večja. Zaradi omenjenega, števila vloženih sulcev med posameznimi leti in revirji neposredno ne moremo primerjati.

V obravnavanem obdobju so bila vlaganja sulcev v Savo med Medvodami in Litijo redna, z izjemo nekaj let pred letom 2000 (Slika 7). Vlagalo se je v vse obravnavane ribolovne revirje. Analiza velikosti vloženih sulcev (Slika 8) pokaže, da se je v obravnavnem obdobju njihova dolžina tekom let linearno povečevala. Pred letom 2003 je bila velika večina vloženih sulcev dolgih do 20 cm, po omenjenem letu so v vložku pričeli prevladovati sulci dolgi 40 cm. V zadnjih desetih letih so vložki velikostnih kategorij do 20 cm redki. Izjema je leto 2007, ko je bilo v revir Sava 9 vloženih 2.530 sulcev dolžine od 5 do 9 cm. Pred tem je bil izjemen tudi vložek leta 1991, ko se je v revirja Sava 8 in Sava 9 vložilo 3.000 sulcev dolžine do 5 cm.

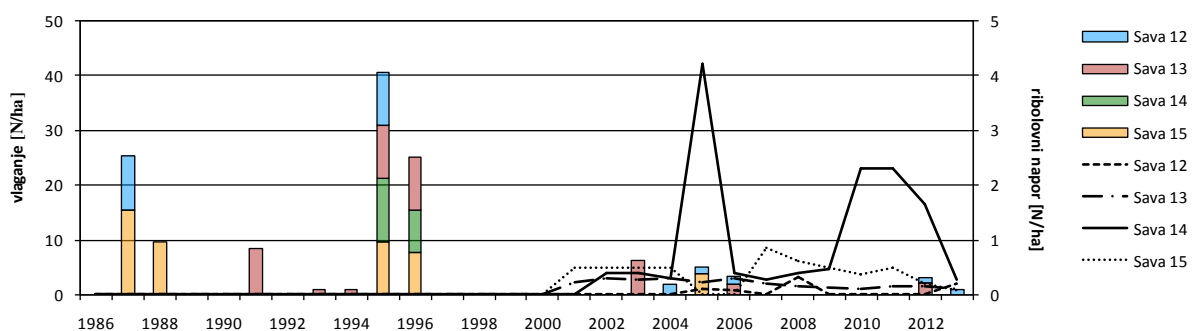


Slika 7: Vlaganja (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) po revirjih Save med Medvodami in Litijo (1986 – 2013).

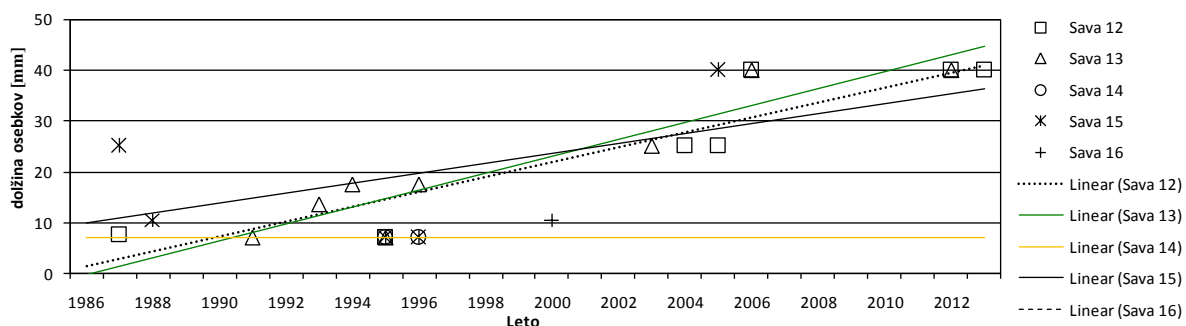


Slika 8: Tehtano povprečje dolžin vloženih sulcev ribolovne revirje zgornjega odseka Save (Sava 8 – Sava 11) za obdobje 1986 – 2013 z linearnimi trendnimi linijami.

Vlaganja sulcev v Savo na odseku med Litijo in Vrhovim so se izvajala, vendar v manjšem obsegu in z večkratnimi prekinitvami. Vlagalo se je do leta 1996, nato od 2003 do 2006 in zopet po letu 2012. Največ sulcev je bilo vloženih v letih 1995 in 1996, in sicer v vse revirje obravnavanega odseka (Slika 9). Vložen je bil zarod dolžine do 7 cm. Tudi na spodnjem odseku Save od Litije do Vrhovega analiza velikosti vloženih sulcev pokaže, da se je v obravnavnem obdobju njihova dolžina linearno povečevala, razen v revirju Sava 14, v katerega se je vlagalo le do leta 1996 izključno sulce dolžine do 10 cm (Slika 10). Tako kot na zgornjem odseku se je z letom 2003 tudi na spodnjem pričelo z vlaganjem večjih sulcev, in sicer najprej dolžine do 30 cm, po letu 2005 pa do 40 cm.



Slika 9: Vlaganja (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) po revirjih Save med Litijo in HE Vrhovo (1986 – 2013).

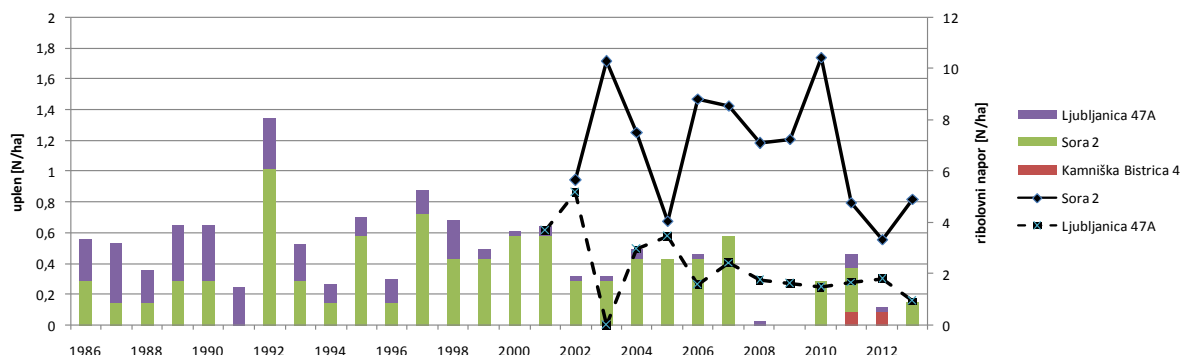


Slika 10: Tehtano povprečje dolžin vloženih sulcev ribolovne revirje spodnjega odseka Save (Sava 12 – Sava 16) za obdobje 1986 – 2013 z linearnimi trendnimi linijami.

4.5. Uplen sulca v pritokih

Na sliki (Slika 11) prikazujemo uplen sulcev v treh pritokih srednje Save, in sicer v njihovih revirjih, ki so v neposrednem stiku s Savo in jih od Save ne ločuje neprehodna pregrada. To so revirji na Sori, Ljubljanici in Kamniški Bistrici. Med ribolovne revirje na tem odseku srednje Save, kjer živi tudi sulcec, sodi tudi Dolska mlinščica, ki se v Savo zliva pri Dolskem. V Dolski mlinščici ribolov sulca ni dovoljen, zato s podatki o uplenu, vlaganju in ribolovnem naporu prilovu na sulca ne razpolagamo. V obravnavnem obdobju so ribiči v povprečju največ sulcev ujeli v revirju Ljublanica 47 A, in sicer 4 sulce na leto. Glede na površino revirja je sicer ta uplen relativno manjši od uplena v Sori 2, kjer so

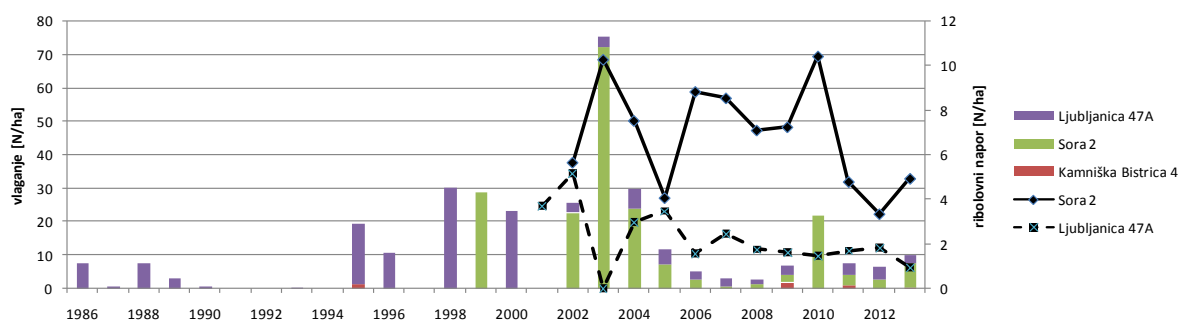
povprečno ujeli dva sulcana leto. Uplen sulca v Kamniški Bistrici 4 je zanemarljiv, saj je bil v celotnem obravnavanem obdobju zabeležen le za dve leti (2011 in 2012). Na Sori beležimo bistveno večji relativni ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni na hektar) kot na Ljubljani, kar se odraža tudi v relativno večjem uplenu. Ribolovni napor za Kamniško Bistrico ni zabeležen.



Slika 11: Uplen (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) vizbranih revirjih Sore, Ljubljanice in Kamniške Bistrice (1986 – 2013).

4.6. Vlaganje sulca v pritoke

V obravnavanem obdobju so sulce najbolj redno vlagali v spodnji revir Ljubljanice (Slika 12). Do leta 2000 so vlagali predvsem sulce do velikosti 20 cm, po letu 2000 dolžine 20 do 50 cm. Prvi podatki o vlaganju sulcev v revir Sora 2 so zabeleženi šele po letu 1998. Takrat so se pričela redna vlaganja sulcev velikosti do 20 cm, ki so trajala do leta 2004, po tem letu so pričeli vlagati sulce večjih velikostnih kategorij (od 20 do 50 cm). V prikazu (Slika 12) smo izpustili podatek o vložku 1.850 sulcev velikosti od 5 do 9 cm, ki so bili v revir Sora 2 vloženi leta 2000, saj občutno odstopa od ostalih v prikazu. Prva vlaganja sulcev v revir Kamniška Bistrica 4 so bila izvedena leta 1989, redno se ga je pričelo vlagati z letom 2009, ko so se vlagali predvsem večji sulci (od 20 do 50 cm). Zelo verjetno je zabeležen uplen sulca v spodnjem toku Kamniške Bistrice v letih 2011 in 2012 posledica teh vlaganj.



Slika 12: Vlaganja (št. osebkov/ha - stolpci) in ribolovni napor (št. izkoriščenih ribolovnih dni/ha - linije) v izbranih revirjih na rekah Sora, Ljubljanica in Kamniška Bistrica (1986 – 2013).

4.7. Izvor vloženih sulcev

Sulci, ki jih izvajalci ribiškega upravljanja vlagajo v srednjo Savo in dele pritokov, ki so z njo povezani izvirajo v večjem obsegu iz kontrolirane vzreje (ribogojnic) in v manjšem obsegu iz potokov.

Vzreja sulcev v ribogojnicah se je v Sloveniji pričela že pred več kot 100 leti. Prvi poskusi vzreje segajo v leto 1883 v Lajh pri Kranju. Do leta 1970 je v posameznih letih potekala vzreja sulcev na kar enajstih lokacijah v porečju Save, vendar je šlo večinoma le za vzrejne poskuse (Skalin, 1982). Intenzivnejša vzreja se je pričela v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, v devetdeseti je že potekala v večjih ribogojnih obratih na Bledu, v Povodju, Novem Mestu, v Gameljnah, Radovljici in Sevnici. Do leta 2000 so ribogojci vzrejali večinoma zarod. Vzreja večjih velikostnih kategorij se je pričela po letu 2000. V zadnjih petnajstih letih so tako večinoma vlagali sulce od 10 do 40 cm, predvsem v zgornji odsek srednje Save tudi zarod. Zadnja leta je trend vlaganja večjih sulcev še izrazitejši.

Ribogojci spolne produkte sulcev pridobijo na drstiščih. Postopek vključuje opazovanje drstišč, izlov drstnic, smukanje, oploditev iker na terenu, inkubacijo iker ter hranjenje sulčkov do zelene velikosti v ribogojnici. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja so v ribogojnici Povodje domestificirali plemensko jato iz katere so pridobivali spolne produkte za vzrejo. Vzredili so štiri generacije plemenk. Plemensko jato so ukinili leta 1996.

Trenutno so v Sloveniji štiri ribogojnice (Preglednica 2), v katerih poteka popolna vzreja sulca od ikre do zaroda oziroma mladice. Spolne produkte sulcev za vzrejo pridobivajo iz petih rek: Save, Save Bohinjke, Sore, Krke in Kolpe. Trije izvajalci ribiškega upravljanja (RD Bled, RD Radovljica in ZZRS) vzrejene sulce uporabijo za poribljavanje lastnih ribolovnih revirjev in za prodajo, kar pomeni, da se potomci sulcev, ki so jih osmukali v določeni reki, v to reko vrnejo obenem so z njimi poribljavane tudi druge reke v porečju Save lahko tudi reke v porečju Drave in Mure. Prisotno je tako mešanje med posameznimi deli porečja in tudi med porečji. En izvajalec ribiškega upravljanja (RD Novo Mesto) z vzrejenimi sulci poribljava izključno lasten ribolovni revir.

Preglednica 2: Izvajalci ribiškega upravljanja, ribogojnice, reke in odseki rek, kjer se pridobivajo spolni produkti za vzrejo.

Izvajalec ribiškega upravljanja	Ribogojnica	Ribiški revir	Odsek vodotoka
RD Bled	Rečica	Sava Bohinjka 4	jez v Soteski - Cajhnov jez
RD Radovljica	Lancovo	Sava 4B	Remčev jez - izliv Mačneka
ZZRS	Obrh	Kolpa 2	jaz Slavski laz - jez Dol
		Sava 8	most v Verju - most v Tacnu
		Sora 2	jez Goričane - izliv v Savo
RD Novo Mesto	Temenica	Krka 3	jez pri Žužemberku - Volavški jez

Analiza vzreje rib v gojitvenih potokih za zadnjih deset let kaže, da so bili od leta 2007 dalje v dveh salmonidnih gojitvenih revirjih skoraj vsako leto izlovljeni sulci in vloženi v ribolovne revirje Sava 8 (Ločnica), Sava 9 in Sava 10 (Gameljščica). Glede na podatke uradne evidence so bili eno leto v revir Kamniška Bistrica 4 vloženi tudi sulci, ki so bili preneseni iz drugega ribolovnega revirja – Dolska mlinščica.

Obstoječa praksa poribljavanja ribolovnih revirjev s sulci v Sloveniji torej temelji na potomcih prostoživečih drstnic, ki so čas od izvalitve do svojega 3 ali 4 leta starosti preživeli v ribogojnici. Taka praksa ima lahko določene posledice za naravno populacijo sulca iz vsaj dveh razlogov (Ihut s sod., 2014):

- generacija enega letnika sulcev vzrejenih v ribogojnici izhaja iz samo nekaj odraslih osebkov, ki smo jih osmukali na drstiščih, kar ima za posledico nizko genetsko variabilnost celotnega vložka;
- življenjski pogoji, ki vladajo v ribogojnici selekcionirajo genotip, ki ima nizko viabilnost v naravnem okolju.

V Sloveniji je obstoječa praksa povzročila tudi mešanje genov sulca iz Kolpe in voda srednje Save, kar je opisano v poglavju Genetika sulca. Najverjetneje so se geni sulcev iz porečja Save prenesli tudi v porečje Drave in Mure.

Ukrepi za omejevanje negativnih vplivov vlaganja sulcevso predlaganiv Akcijskem načrtu.

4.8. Ribolovni režim

Ribolov sulcev se uravnava z ribolovnim režimom. Le ta obsega varstveno dobo, lovno mero, ribolovno kvoto ter ribolovni način, ribolovno tehniko in vrsto vabe. Določen je za ribolovni revir in se s potrebami, osvojenim znanjem in s spremembami v okolju sčasom spreminja.

Na nivoju države je bil ribolovni režim v obdobju, ki ga obravnavamo zajet v treh dokumentih, ki so ali še uravnavajo sulčelov.

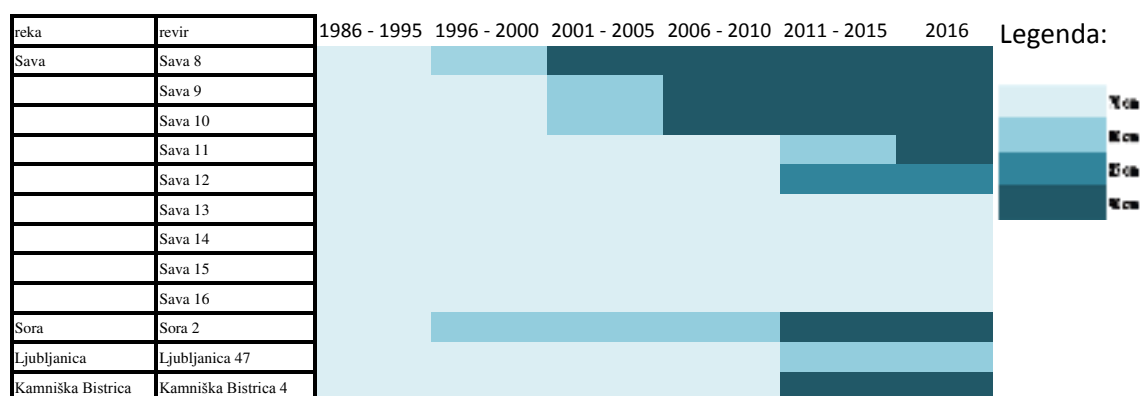
Odredba o varstveni dobi rib ter najmanjših dolžinah lovnih rib, rakov, žab in školjk (Uradni list SRS št. 7/78)

Pravilnik o športnem ribolovu (Ribič št. 9/81, 6/83, 9/83)

Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah (Uradni list RS, št. 99/07 in 75/10)

Za posamezen ROK ali ribolovni revir se z RGN ali letnim programom izvajalca ribiškega upravljanja lahko določi strožji ribolovni režim, kot je določen s pravilnikom, kar nekateri izvajalci tudi izkoristijo. Lovne mere in varstvene dobe tako niso enotne za celotni obravnavani odsek srednje Save.

Zakonsko določena lovna mera za sulca je ostajala v celotnem obravnavanem obdobju (od 1986 – 2013) nespremenjena in je znašala 70 cm. Izvajalci ribiškega upravljanja so na območju reke Save od Medvod do Litije (zgornji odsek) in v spodnjih ribolovnih revirjih Sore, Ljublanice in Kamniške Bistrice tekom obravnavanega obdobja lovno mero za uplen sulca postopno zviševali (Slika 13). Trenutno je tako v šestih ribolovnih revirjih predpisana lovna mera 90 cm, v enem pa 85 cm. Na odseku Save od Litije do Vrhovega (spodnji odsek) ostaja zakonsko prepisana lovna mera za uplen sulca 70 cm, kar je glede na majhen uplen in ribolovni napor ribičev razumljivo.



Slika 13: Lovna mera za uplen sulca na območju Save od Medvoda do Vrhovega in v spodnjih ribolovnih revirjih Sore, Ljubljanice in Kamniške Bistrice (1986 – 2013).

Tako kot lovna mera je tudi zakonsko določena varstvena doba ostajala nespremenjena celotno obravnavano obdobje (1986 – 2013) in traja od 15. 2. do 30. 9. Izvajalec ribiškega upravljanja RD Medvode je leta 2006 varstveno dobo podaljšal, tako sedaj traja od 15. 2. do 31. 10. Enako je varstveno dobo podaljšala tudi RD Litija. To pomeni, da ribolovna sezona za lov sulcev v revirjih Sora 2, Sava 8 in Sava 12 traja 3,5 meseca, v preostalih revirjih 4,5 meseca. V Sloveniji je med vsemi sladkovodnimi vrstami rib najdaljša varstvena doba določena ravno za sulca in traja 7,5 meseca.

Dovoljen uplen sulcev na ribolovni dan je bil na nivoju države predpisan šele s *Pravilnikom o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah* (Uradni list RS, št. 99/07 in 75/10). Le ta dovoljuje uplen enega sulca na ribolovni dan (ribolovni dan traja od zore do mraka). Pred sprejetjem omenjenega pravilnika je veljalo, da: »dnevni uplen določi ribiška organizacija v dovolilnici, vendar sme dovoliti dnevni uplen največ treh salmonidov« (*Pravilnik o športnem ribolovu*, Ribič št. 9/81, 6/83, 9/83), medtem ko dnevni uplen sulcev ni bil posebej določen.

Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah (Uradni list RS, št. 99/07 in 75/10) ne določa ribolovnih kvot oziroma dovoljenega letnega uplena sulcev v posameznem ribolovnem revirju. Dovoljen letni uplen sulcev je za posamezen revir določen z letnim programom izvajalca ribiškega upravljanja. Opredejen je kot število sulcev, ki jih je dovoljeno upleniti v določenem ribolovnem revirju v eni ribolovni sezoni (Preglednica 3).

Preglednica 3: Dovoljen letni uplen sulcev posameznih revirjih na območju srednje Save (2010 – 2016).

reka	revir	ribiški okoliš	izvajalec ribiškega upravljanja	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Sava	Sava 8	medvoški	RD Medvode	11	17	11	11	11	11	17
	Sava 9	črnaški	RD Medvoška Sava	3	3	5	3	5	5	4
	Sava 10			7	3	3	3	3	3	4
	Sava 11	cvetški	RD Litija – avški del	ni zapisa	12	12	12	12	12	12
	Sava 12	litijaški	RD Litija	7	7	7	7	7	7	7
	Sava 13	medvoški	RD Zagorje	ni kvote	2	2	2	2	2	2
Sava 14	litijaški	RD Tolovnja	ni kvote	ni kvote	7	7	7	7	7	
Sava 15	hrastniški	RD Trzin	ni kvote	ni kvote	1	1	1	1	1	
Sava 16	medvoški	RD Medvode	ni kvote	ni kvote	ni kvote	ni kvote	ni kvote	ni kvote	ni kvote	
Sora	Sora 2	medvoški	RD Medvode	7	6	7	7	7	7	6
Ljubljanica	Ljubljanica 47	vrtaški	RD Vrtača – avški del	ni kvote	4	7	7	7	7	7
Kamniška Bistrica	Kamniška Bistrica 4	bratinski	RD Bistrica Dobreča	5	5	5	5	5	5	4

Izvajalec ribiškega upravljanja dovoljen letni uplen določi na podlagi analize ulova v preteklem obdobju. V preglednici (Preglednica 4) prikazujemo, kolikšen delež od dovoljenega letnega uplena (ribolovne kvote) predstavlja realiziran uplen sulca. Analizirali smo ribolovne revirje, za katere so bili na voljo vsi potrebni podatki.

Preglednica 4: Delež (%) realiziranega uplena glede na predpisano ribolovno kvoto (2010 – 2013).

revir	vrsta	ribolovni obsegi	izvajalec ribiškega upravljanja	2010	2011	2012	2013
Sava	Sava 8	maščevški	RD Medvode	4%,45	7%,00	10,36	16,70
	Sava 9	črnatki	RD Straža Sava	100,00	80,00	80,00	0
	Sava 10			100,00	133,33	133,33	0
	Sava 11	verški	ZGRS – drinski del	ni podatke	50,00	41,67	25,00
	Sava 12	litjski	RD Litija	0	0	0	50,00
	Sava 13	ragovški	RD Zgornje	ni kvote	0	0	0
	Sava 14	brhoveljski	RD Vrbovje	ni kvote	ni kvote	0	0
	Sava 15	lasevski	RD Hrančiči	ni podatke	ni kvote	0	0
	Sava 16	radlški	RD Radče	ni kvote	ni kvote	ni kvote	ni kvote
Sava	Sava 2	maščevški	RD Medvode	28,57	33,33	0	24,29
Ljubljanski	Ljubljanski 47	verški	RD Verše – verški del	ni kvote	25,00	14,29	0
Komniška Bistrica	Komniška Bistrica 4	bistriški	RD Bistrica Dobrača	0	80,00	80,00	0

Analiza je pokazala, da glede na uradne podatke o uplenu sulcev, ribolovna kvota v večini ribolovnih revirjev ni bila dosežena, kar pomeni, da dejansko ne vpliva na število uplenjenih sulcev. Med izvajalci ribiškega upravljanja izstopa Ribiška družina Straža – Sava, ki v obeh revirjih (Sava 9 in Sava 10) s svojo ribolovno kvoto dejansko regulira ulov sulcev. Na odseku Save od Litije do Vrhovega (spodnji odsek) v obravnavanem obdobju sulci niso bili uplenjeni (razen enega osebkov v revirju Sava 12 v letu 2013) oziroma ribolovne kvote niso bile določene. V ribiški statistiki ni prikazan krivolov, ki v določenih revirjih lahko predstavlja precejšen delež uplena.

Poleg omenjenega na ribolov vplivajo še ribolovni način, ribolovna tehnika in vrsta vabe. Ribolov sulca je že od sprejetja *Pravilnika o športnem ribolovu* (Ribič št. 9/81, 6/83, 9/83) dalje dovoljen samo z eno ribiško palico. Do leta 2007 je bila kot ribolovna tehnika dovoljeno le vijačenje. Za vabo so lahko ribiči uporabljali blestivko, vobler, umetnega ali naravnega piškurnika, mrtvo ribo in potezanko, ki jo je bilo dovoljeno obtežiti. S sprejetjem novega *Pravilnika o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah* v letu 2007 je ribolov sulca dovoljen z muharjenjem ali vijačenjem, vendar se kot vaba lahko uporabi le umetna vaba z največ tremi trnki (enojčki, dvojčki ali trojčki). Praviloma se ti elementi ribolovnega režima na vseh revirjih z leti zaostrejejo, kar skupaj z ostalimi regulatorji omejuje sulčelov. Izvajalci ribiškega upravljanja na območju srednje Save regulirajo lov sulcev s pravili ribolova, ki so zapisana v posebnih pravilnikih o lovu sulca oziroma v pravilnikih o športnem ribolovu s katerim je med drugim opredeljen tudi lov sulca. Zavod za ribištvo Slovenije ima pravila za lov sulcev zapisana v Programu dela Zavoda za posamezno leto.

4.9. Zaključki

1. Ribolov na sulca je od vseh lovnih vrst v Sloveniji najbolj reguliran, kar v veliki meri uspešno preprečuje prekomerno poseganje v njegovo populacijo z ribolovom in ohranja eno najkvalitetnejših populacij sulca v Sloveniji in Evropi. Stroga regulacija po drugi strani pomeni, da podatek o upleneni dober pokazatelj velikosti populacije sulca na območju srednje Save.
2. Zgornji odsek srednje Save (od Medvoda do Litije) je glede na uspeh ribolova (število uplenjenih sulcev) in zanimanje ribičev (ribolovni pritisk) bistveno kvalitetnejši kot spodnji odsek (od Litije do Vrhovega).
3. Obstoječa praksa poribljavanja ribolovnih revirjev s sulci, ki se trenutno izvaja v Sloveniji, temelji na potomcih prostoživečih drstnic, ki so čas od izvalitve do svojega 3 ali 4 leta starosti preživeli v ribogojnici. Taka praksa ima lahko določene negativne posledice za naravno populacijo sulca. Predloge za omilitev teh vplivov podajamo v akcijskem načrtu.
4. Z izgradnjo celotne verige HE na srednji Savi bi izgubili 30 % sulčjih revirjev v Sloveniji, oziroma 13% manj kakovostnih sulčjih revirjev v primeru izgradnje le dela verige od Litije do Vrhovega.

4.10. Literatura

- Ihut A., Zitek A., Weiss S., Ratschan C., Holzer G., Kaufmann T., Cocan D., Constantinescu R., Mireşan V. 2014. Danube Salmon (*Hucho hucho*) in Central and south Eastern Europe: A Review of the Development of an International Program for the Rehabilitation and conservation of Danube Salmon Populations. Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies 71(2): 86 - 101
- Skalin B. 1982. Tehnologija održavanja populacije mladice (*Hucho hucho*, Linnaeus 1758) u vodama Slovenije. Doktorsko delo, Fakultet poljoprivednih znanosti sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 121 str.

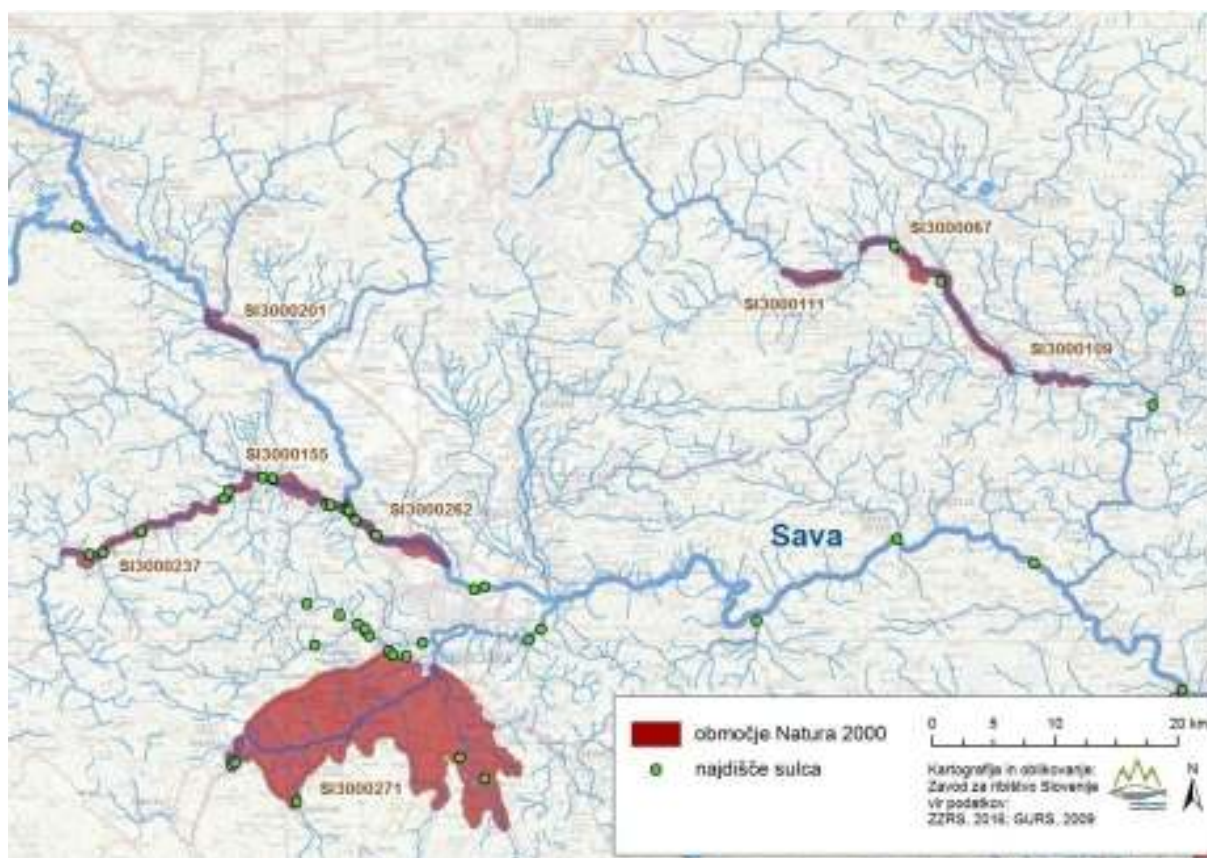
5. VZORČENJE SULCA

5.1. Metode

V okviru projekta smo na izbranem odseku srednje Save vzorčili ribe z različnimi metodami, pri čemer je bila ciljna vrsta sulec. Uporabili smo dve semi-kvantitativni metodi vzorčenja rib z elektriko na znani površini, in sicer elektroribolov s čolna in elektroribolov z brodenjem, ki sta navedeni tudi v slovenskem standardu »Kakovost vode – Vzorčenje z elektriko« - SIST EN 14011:2003. Poleg omenjenih smo uporabili tudi metodi trnkarjenje in športni ribolov.

5.1.1. Pregled že izvedenih ihtoloških razsikav

Osnova za načrtovanje vzorčenj je bila pregledna karta najdišč sulca na območju srednje Save, ki so bila z vzorčenjem potrjena v novejšem času, in sicer med letoma 1990 in 2013 (Slika 14).



Slika 14: Najdišča sulca, potrjena z vzorčenjem med letoma 1990 do 2013.

Pregledno karto (Slika 14) smo izdelali na podlagi podatkov zbranih v podatkovni bazi BIOS (Zavod za ribištvo Slovenije), ki so bili pridobljeni v okviru različnih projektov.

V Poljanski Sori so poleg prikazanih poznana še najdišča, ki so bila ugotovljena v okviru ihtioloških raziskav, ki jih ribiške družine izvajajo redno na določenih vzorčnih mestih od Trebije do Škofje loke. Prav tako so poznana še najdišča, ki so jih ihtiologi v okviru projekta Life10 NAT/SI/142»Ljubljanska povezuje« ugotovili v Ljubljani na odseku od izvira do razcepa za Grubarjev prekop.

V Savi med Medvodami in Zidanim mostom pred pričetkom projekta ni bilo poznanih veliko najdišč sulca; še največ dolvodno od pritoka Sore v Savo, dve tik pred Šentjakobskim delom Save, od sotočja z Ljubljano dolvodno pa so bila poznana le štiri. Najbolj dolvodno je tik pred začetkom akumulacije HE Vrhovo znano najdišče enega osebkov.

Glede na skromno sliko najdišč na celotnem delu srednje Save, predvsem pa na ljubljanskem in litijskem območju, kjer je sicer športni ribolov sulca intenziven, smo intenzivnejša vzorčenja načrtovali na odseku med Šentjakobom in Kresnicami, pridobivanje podatkov o športnem ulovu sulcev pa smo razširili na celotno srednjo Savo.

5.1.2. Semi-kvantitativni elektroribolov s čolna

Pri kvalitativnem elektroribolovu s čolna je izlovna ekipa štela 5 članov; dva elektroribiča, voditelj čolna, pomočnik in zapisnikar. Voditelj čolna je upravljal tudi z agregatom, zapisnikar skrbel za zbiranje GIS podatkov, izpolnjevanje popisnih listov in fotografiranje. Za izlov rib smo uporabili stacionarni elektroagregat EL 65 GI (350/600 V, proizvajalec Hans Grassl GmbH). Vzorčili smo na dva načina. Prvič smo uporabili dve ročni anodi. Elektroribiča, ki sta stala na premcu čolna vsak na svoji strani, sta z njima omamljala ribe in jih prenašala (na obroč anode je namreč nameščena mrežica) v plastične kadi. Ker sta anodi gibljivi, omogočata več manevriranja, s čimer povečamo možnost ulova rib na manj dostopnih mestih (pod drevesi, v luknjah med skalami, ipd.). Voditelj čolna je z izvenkrmnim motorjem usmerjal čoln ter z nožnim stikalom vklapljal in izklapljal električni tok. Opisani način elektroribolova se je na skoraj 2 km dolgem vzorčnem odseku Save izkazal za fizično izredno napornega, zato smo v nadaljevanju uporabljali elektroribolov po metodi prog (Schmutz s sod., 2001), ki smo ga za ta namen nekoliko modificirali. Čoln, s katerim smo vzorčili, je imel na premcu čolna nameščeno silico, s katerega je v vodo viselosedem anod in pri strani čolna katodo, napeljana v vodo. Elektroribolov s sedmimi anodami običajno uporabljamo pri kvantitativnem vzorčenju s čolna po metodi prog (ena proga ustreza enemu tipu habitata) za namen ocenjevanja ekološkega stanja na podlagi rib (Urbanič s sod., 2016). V naši raziskavi smo vzorčenje uporabili kot kvalitativno metodo izlova (Slika 15), ker je vzorčenje potekalo neprekinjeno od najbolj gorovodne točke, kjer smo pričeli terenski dan do najbolj dolvodne točke, kjer smo tega dne vzorčenje zaključili. Za tako prilagoditev metode smo se odločili, ker je bil naš cilj pridobiti čim več podatkov o najdiščih sulca in hkrati pridobiti čim več morfoloških podatkov in podatkov o označenih sulcih. Slednja metoda se je izkazala tudi za uspešnejšo.

V obeh primerih smo se na en terenski dan vzdolž vzorčenega odseka Save spustili enkrat in tako vzorčili ribe v enem strnjenem pasu. V vzorcu so bili tako zbrani sulci iz različnih habitatov, vzdolž vzorčenega pasu Save. Vzorčili smo ob desnem in levem bregu ter po sredini struge. Pas je prostorsko omejen del vodotoka, ki ga določa obseg delujočega električnega polja, t.j. približno 1,5 m desno in levo od konca nosilca na premcu čolna (skupaj širina 6 m) in v globino 1,5-2,0 m (Schmutz s sod.,

2001). Vzorčena površina je bila znana in je tako omogočala oceno naseljenosti na enoto površine (ha). V primeru, da smo ujeli sulca, smo mu izmerili celotno dolžino telesa (TL) v milimetrih (mm) in maso v gramih (g). Za ostale vrste rib smo popisali samo njihovo prisotnost.



Slika 15: Semi-kvantitativno vzorčenje s čolna s sedmimi anodami (levo) in z dvema anodama (desno).

Z GPS aparatom smo zabeležili lokacijo, uro začetka in konca vzorčenja ter lokacije posameznih ulovov sulca. Pred pričetkom vzorčenja smo prenosno merilno opremo (Hach-HQd merilec) izmerili tudi nekatere izbrane fizikalne in kemijske lastnosti vode (vsebnost in nasičenost vode s kisikom, njeno temperaturo, prevodnost in pH).

Na terenu pridobljene podatke smo kasneje vnesli v podatkovno zbirko Bios.

5.1.3. Semi-kvantitativni elektroribolov z brodenjem

Kvalitativni ribolov z brodenjem smo izvajali na izbranih odsekih nekaterih pritokov in v obrežnem pasu Save, kjer globina ni presegala 70 cm. Terenska ekipa je štela dva člana; elektroribiča in pomočnika (Slika 16). Pomočnik je na hrbtu nosil elektroagregat ELT 60 GI (300/350 V proizvajalca Hans Grassl GmbH) ter skrbel za zbiranje GIS podatkov, izpolnjevanje popisnih listov in fotografiranje. Pri izlovu smo uporabljali eno anodo in eno katodo. Anoda je premična, elektroribič z njo omamlja ribe in jih prenese (na obroč anode je nameščena mrežica) v plastično vedro. Po končanem vzorčenju smo ribe določili do vrste, jih prešteli in žive vrnili nazaj v vodo. Ulovljenim sulcem smo izmerili celotno dolžino telesa (mm) in maso (g).



Slika 16: Semi-kvantitativno vzorčenje z elektroribolovom z brodenjem v Gostinškem potoku (levo) in v priobrežnem pasu Save (desno).

Tudi pri semi kvantitativnem vzorčenju z elektroribolovom z brodenjem smo predpričetkom vzorčenj smo s prenosno merilno opremo (Hach-HQd merilec) izmerili nekatere izbrane fizikalne in kemijske lastnosti vode (vsebnost in nasičenost vode s kisikom, njeno temperaturo, prevodnost in pH).

Na terenu pridobljene podatke smo kasneje vnesli v bazo podatkov Bios.

5.1.4. Trnkarjenje in športni ribolov

Za ugotavljanje razširjenosti sulca na območju srednje Save smo uporabili tudi metodo trnkarjenja (Slika 17). Ribiči so v skladu s *Pravilnikom o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah* (Uradni list RS, št. 99/07 in 75/10), kot ribolovno tehniko lahko uporabili vijačenje ali muharjenje. Sodelavci ZZRS in anketirani ribiči (metodologija je opisana v poglavju Označevanje sulca) so s trnkarjenjem sulce lovili, jim izmerili celotno dolžino telesa (TL) v cm ter odčitavali oznake na značkah, če so bili sulci z njimi opremljeni.

Trnkarjenje je ribolovna tehnika, ko pa jo uporabimo kot tehniko za vzorčenje sulca na Savi, pa moramo računati z njenimi pomanjkljivostmi. Metoda je selektivna (cilj ribiča je, da ujame največjo ribo in v ta namen tudi uporabi primerno vabo), prostorsko omejena (ribič je omejen na ribolov s kopnega, omejuje ga tudi dostopnost brežine oziroma primernege mesta za ribolov) in slabo učinkovita (ulov na enoto napora je majhen). Primerjava učinkovitost trnkarjenja v primerjavi z učinkovitostjo elektroribolova s čolnom je pokazala, da so ribiči za ulov enega sulca v povprečju potrebovali 2,45 TD (terenskih dni), pri elektroibolovu s čolna pa je bilo za ulov enega sulca potrebnega 0,17 TD. Kljub slabi učinkovitosti smo z metodo trnkarjenja pridobili številne podatke. Gledano absolutno je trnkarjenje prispevalo podatke o 192, elektroibolov s čolna pa o 36 sulcih.



Slika 17: Trnkarjenje (levo) in športni ribolov (desno).

5.2. Obdelava podatkov

Naseljenost sulca smo ocenjevali na podlagi podatkov pridobljenih z elektroribolovom. Podali smo jo kot abundanco (število rib) na enoto površine vodotoka (ha). Velikostno frekvenčne histograme ujetih sulcev smo izdelali za vsako metodo vzorčenja posebej.

5.3. Rezultati in razprava

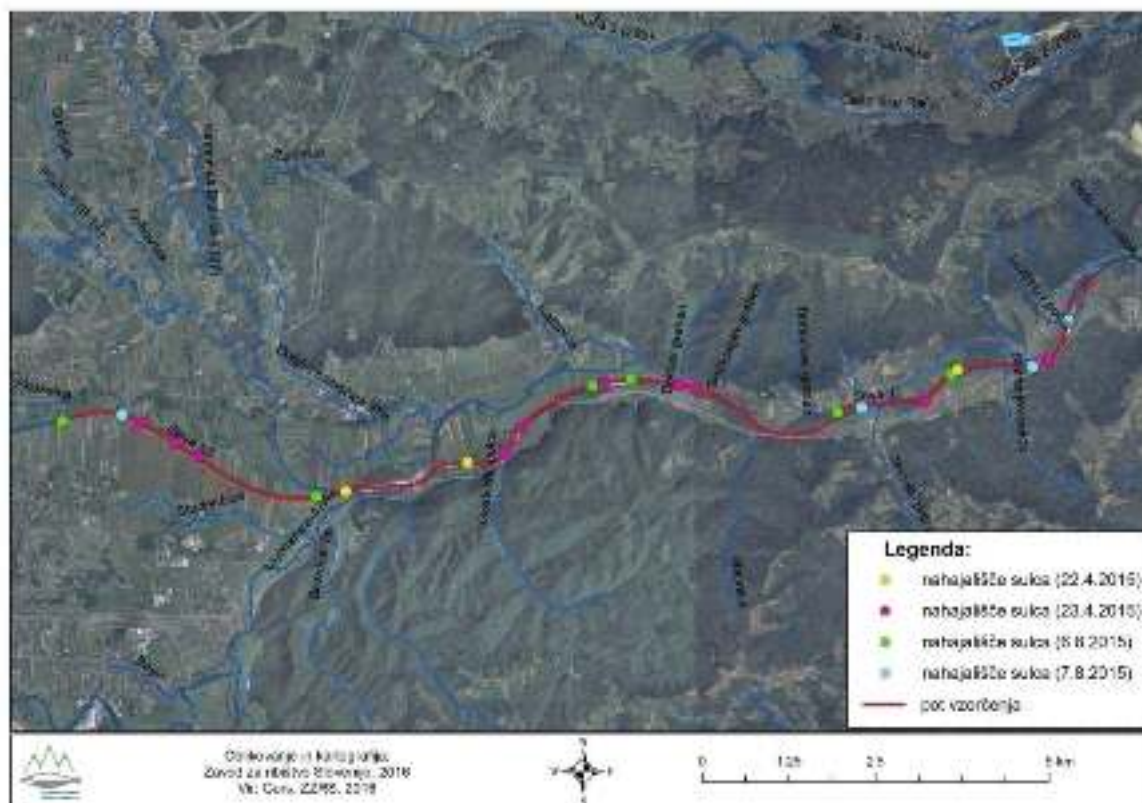
5.3.1. Raziskovano območje

Z elektroribolovom s čolna smo vzorčili na odseku Save med Šentjakobom in Kresnicami (Slika 18 in Slika 19). Z elektroribolovom z brodenjem smo vzorčili na odseku Save od sotočja z Gostinškim potokom do sotočja z Dešenskim potokom ter v pritokih Kamniška Bistrica, Dolska Mlinščica in Reka (Slika 20). S trnkarjenjem in športnim ribolovom smo vzorčili v Savi med Medvodami in Spodnjim Logom ter v pritokih Sora (dolvodno od Goričan) in Ljubljana (dolvodno od zapornic pri Ambroževem trgu in na Greubarjevem pritoku) (Slika 21).

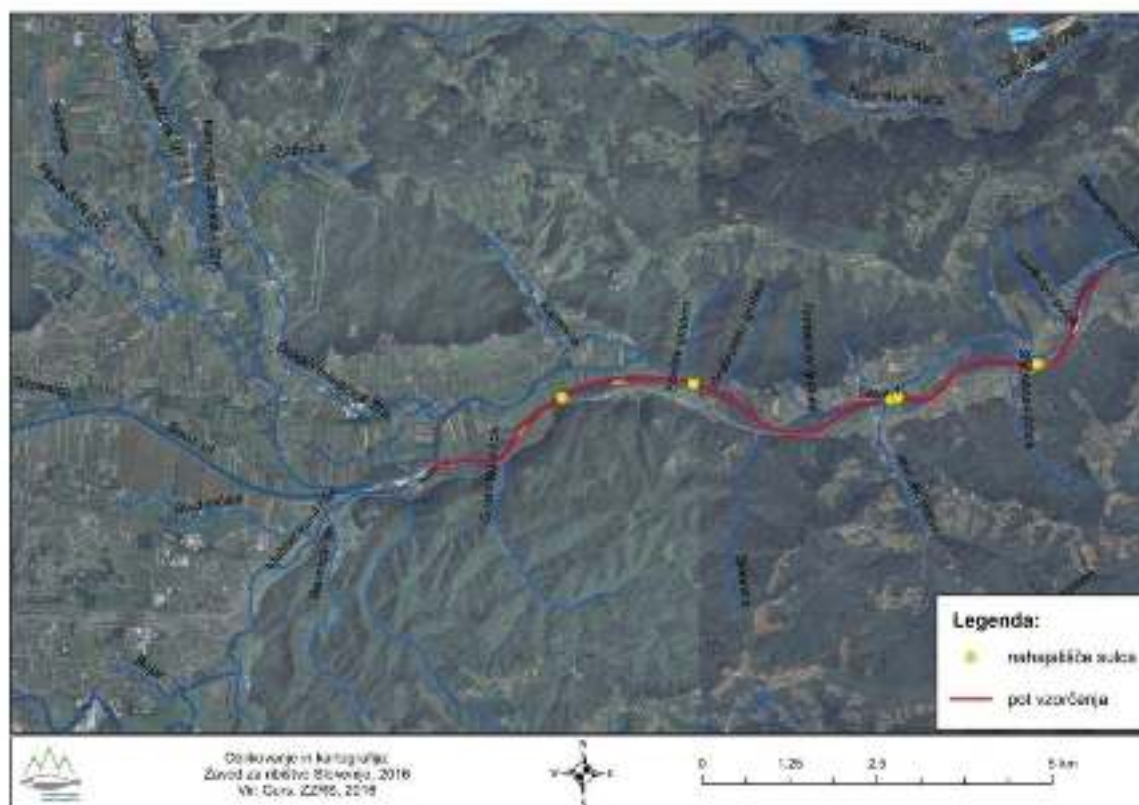
5.3.2. Razširjenost

Na slikah sta prikazani poti vzorčenja z elektroribolovom s čolna na odseku od Šentjakoba do Kresnic, kjer smo vzorčili štirikrat, enkrat smo vzorčili na nekoliko krajšem odseku od Kleč pri Dolu do Kresnic. Dolžine vzorčenih odsekov so se med seboj razlikovale na račun različnih poti čolna, ki je vzdolž reke potekala izmenjaje od desne brežine, sredine struge do leve brežine.

Od skupno 36 ujetih sulcev smo jih 7 ujeli na odseku od Šentjakoba do sotočja z Ljubljano, od sotočja z Ljubljano do Kresnic pa 16. Sulci so bili dokaj enakomerno razporejeni vzdolž celotnega vzorčenega odseka. Razlik med sezonami nismo zabeležili, večja je bila variabilnost med vzorci istega letnega časa.



Slika 18: Pot vzorčenja pri elektroribolovu s čolna z najdišči sulca na Savi, odsek Šentjakob – Kresnice (22.4., 23.4., 6.8. in 7.8. 2015).

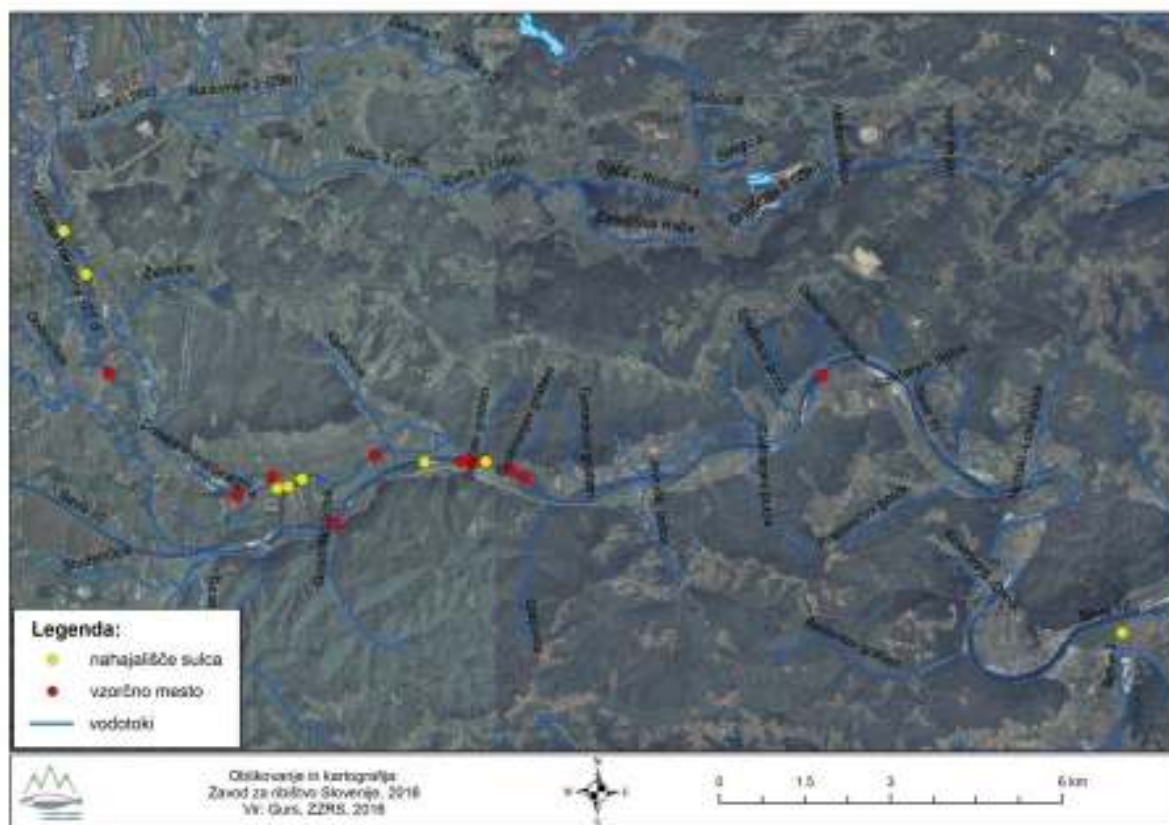


Slika 19: Pot vzorčenja pri elektroribolovu s čolna z najdišči sulca na Savi, odsek Kleče pri Dolu – Kresnice (4.11.2015).

Z elektroribolovom z brodenjem smo vzorčili na sedmih odsekih v Savi, sedmih odsekih v Dolski Mlinščici, treh odsekih v Kamniški Bistrici in na po enem odseku v Reki in Gostinškem potoku (Slika 20). Vzorčili smo tudi na spodnjem odseku Peračice, pri vasi Na Žagi, ki sicer sodi v območje zgornje Save. Po pričevanju ribičev naj bi sulc živel tudi v Peračici (Zabrc s sod., 2008), z našo raziskavo njegove prisotnosti nismo potrdili. Vzorčili smo skupaj na 20 odsekih in na osmih ujeli 15 sulcev (Preglednica 6).

V Savi smo vzorčili v priobrnem pasu na odseku med Gostinškim in Dešenkim potokom. Tri vzorčna mesta so se nahajala nad in pod pritokom Dolske Mlinščice v Savo, dve v bližini izliva Grabnarjevega grabna v Savo, med Lovšetovim in Dešenkim potokom, kjer v Savo priteče še več manjših pritokov in eno na odseku Save pri Dolskem. Zabeležili smo le dve nahajališči sulca, in sicer na odseku Save pri Dolskem in pod izlivom Dolske Mlinščice.

V Kamniški Bistrici smo vzorčili na odseku med Homcem in izlivom v Savo, kjer ni neprehodnih pregrad za sulca. Na dveh vzorčnih mestih pri Prelogu smo sulca zabeležili, na tretjem, pri Bišču, ga ni bilo. V Dolski Mlinščici smo vzorčili v njenem spodnjem toku, in sicer na odseku med Dolom pri Ljubljani in Dolskim. Vsa tri nahajališča so v Klečah pri Dolu. Vzorčili smo tudi v izlivnem delu Reke in tako potrdili prisotnost sulca v tem potoku, ki je bila ugotovljena že z vzorčenjem leta 2011 (Podgornik s sod., 2011a).



Slika 20: Vzorčna mesta in najdišča sulca v priobrežnem pasu Save in v pritokih: Kamniška Bistrica, Dolska Mlinščica, Gornik in Reka.

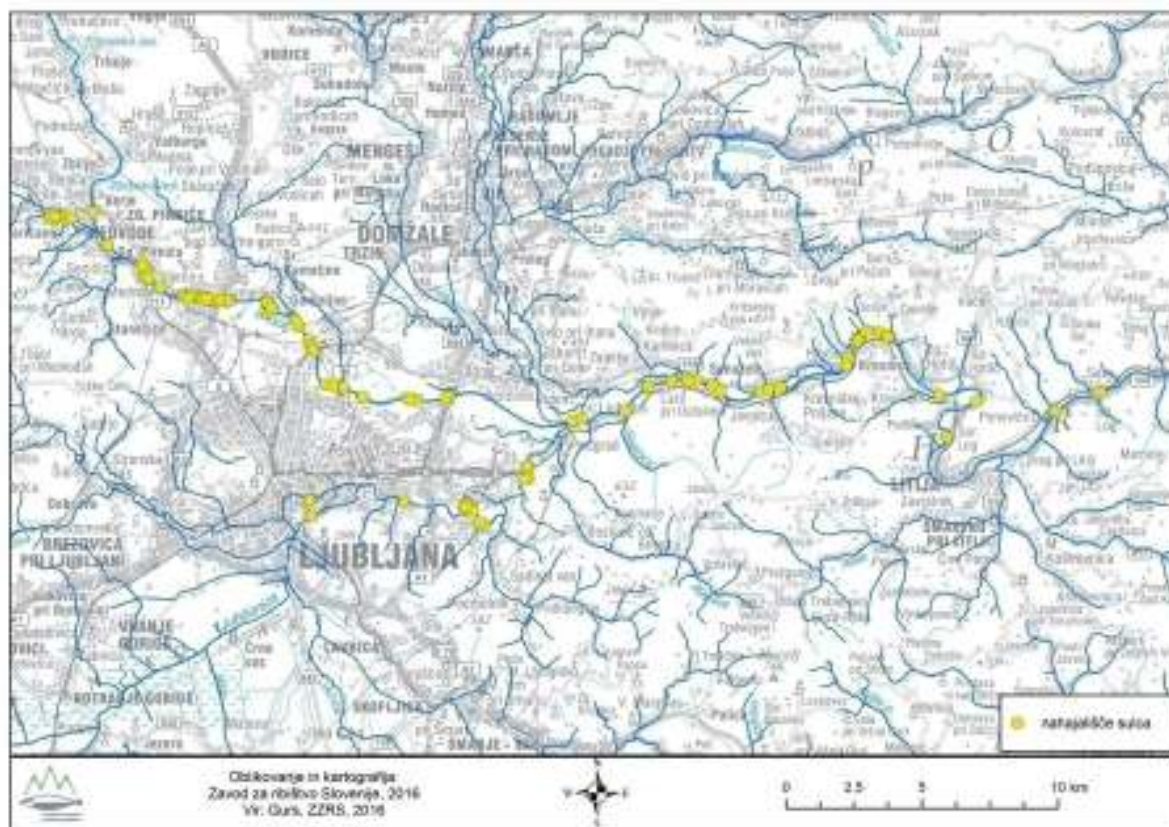
Na sliki (Slika 21) so prikazana najdišča sulca, ki smo jih na območju srednje Save potrdili s trnkarjenjem in športnim ribolovom v obdobju od 1. 10. 2014 do 9. 12. 2015. V dveh ribolovnih sezonah (2014/2015 in 2015/2016) smo zbrali podatke o 192 ujetih sulcih. V Savi so se sulci pojavljali od Medvod do vasi Sava, kjer smo zabeležili 163 ujetih sulcev. V Sori smo na odseku od Goričan do izliva v Savo zabeležili 9 sulcev, v Ljubljani od zapornic na Amroževem trgu in Grubarjevem prekopu do izliva v Savo 20 sulcev.

V Savi so najdišča najgosteje posejana na odsekih od Medvod do Šentjakoba ter od sotočja z Ljubljano do Kresnic. Podatkov nismo pridobili za odsek med Šentjakobom in sotočjem z Ljubljano, od Kresnic do najbolj dolvodnega najdišča pri Spodnjem logu so najdišča posejana vedno redkeje. Za odsek Save med Šentjakobom in sotočjem z Ljubljano smo podatke o najdiščih pridobili z metodo vzorčenja z elektroribolom s čolna in s tem pokazali, da ima ribolovni napor velik vpliv na podatke pridobljene z anketiranjem športnih ribičev.

Prikazana najdišča so rezultat vzorčenja s kvalitativno metodo, pri kateri samo potrdimo prisotnost nekega osebk, ne moremo pa na osnovi tako zbranih podatkov prikazati dejanske razširjenosti vrste. Ribolovni napor se namreč razlikuje med ribolovnimi revirji in med lokacijami znotraj ribolovnih revirjev.

Zanimiva so tudi najdišča dolvodno od Kresnic do vasi Sava, kjer je spodnja meja revirja Sava 12 in kjer s populacijami rib upravlja RD Litija. Dolvodno od te lokacije nismo pridobili niti enega podatka.

Samo na podlagi podatkov, ki jih sporočajo ribiči, ne moremo trditi, da je vas Sava dejansko spodnja meja razširjenosti sulca v Savi. Leta 2011 je bil z vzorčenjem ugotovljena prisotnost enega mladega osebka sulca v Savi, na začetku akumulacije HE Vrhovo (Podgornik s sod., 2011b).



Slika 21: Lokacije ujetih sulcev trnkarjenjem in športnim ribolovom.

5.3.3. Naseljenost

Za vzorčene odseke, kjer smo vzorčili na znani površini vodotoka (semi-kvantitativni elektroribolov s čolna in z brodenjem), podajamo oceno naseljenosti za posamezne odseke.

Sava

Z elektroribolovom s čolna smo vzorčili dvakrat spomladi, dvakrat poleti in enkrat jeseni. Prvo vzorčenje (22. 4. 2015) je potekalo z dvema anodama, izkazalo se je za manj uspešno, in tudi ni primerljivo z ostalimi, ko smo vzorčili s sedmimi anodami. V preglednici (Preglednica 5) smo prikazali število ujetih sulcev na dan vzorčenja, vzorčeno površino in oceno naseljenosti.

Vsega skupaj smo ujeli 36 sulcev, od 3 do 12 na vzorec (Preglednica 5). Ocenjena naseljenost sulca v Savi od Šentjakoba do Kresnic se giblje med 0,38 do 1,11 sulcev/ha. Površina odseka Save od Medvod do Litije je 241,24 ha. Po grobi oceni na celotnem odseku Save med Medvodami in Litijo živi od 92 do 286 sulcev, večjih od 40 cm (starih tri leta in več) oziroma 33 do 103 odraslih, spolno zrelih sulcev, ki predstavljajo učinkovito populacijo. K populaciji sulca, ki živi na sklenjenem območju srednje Save dejansko lahko vključimo še sulce, ki živijo v Sori do Goričan, v Kamniški Bistrici do Homca, v Ljublanici do jezua v Vevčah ter v Dolski Mlinščici kar pomeni, da je velikost celotne, povezane populacije večja od ocenjene.

V reki Pielach (pritok Donave) so leta 2002 z metodo elektroribolova z brodenjem in popisom mezohabitatov ocenili velikost populacije sulca. Ocena je bila, da na 21 km vodotoka živi 532 sulcev, od tega 162 odraslih (> 70 cm), kar Pielach uvršča med reke z boljšo naseljenostjo v Avstriji. Reka je bila fragmentirana z vodnimi pregradami in populacija sulca je bila razdeljena na 6 pod-populacij velikosti od 0 – 50 odraslih sulcev. Z rehabilitacijskimi ukrepi, ki so bili izvedeni v okviru LIFE projekta, so vzpostavili prehodnost in razširili areal populacije znotraj rečnega sistema Donave in pritokov v skupni dolžini 78 km (Schmutz s sod., 2002), ki so znotraj Natura 2000 območja. Projekt je kot uspešen konzervacijski ukrep naveden tudi na spletni strani »IUCN Red List of Threatened Species« (Freyhof in Kottelat, 2008). V Avstriji je sicer največja populacija sulca v reki Muri, kjer je ocenjeno, da na 270 km dolgem odseku reke živi 1.500 odraslih sulcev (Schmutz s sod., 2011).

Groba ocena, ki jo podajajo strokovnjaki (Freyhof s sod., 2015), je, da mora na vsaj 50 km dolgem rečnem odseku živeti vsaj 500 odraslih sulcev, da je preprečeno razmnoževanje med osebki, ki so si genetsko zelo blizu (inbreeding). Ocenjujejo celo, da je to število prenizko in mora populacija sulca za dolgoročno preživetje šteti najmanj 1000 odraslih osebkov. Drugi avtorji (Rieman in Allendorf, 2001) navajajo, da je v katerikoli populaciji potrebnih 100 spolno zrelih osebkov, da ne pride do oplojevanja med osebki v tesnem sorodstvu ali »inbreedinga« oziroma 1000 spolno zrelih osebkov, da ne pride do izgube genetske variabilnosti znotraj populacije ali skupine populacij med katerimi prihaja do pretoka genov.

Ocenjeno število odraslih sulcev, glede na katerikoli omenjeni kriterij, uvršča populacijo sulca srednje Save med populacije s slabšo viabilnostjo, kar pomeni, da je zaradi verjetnega »inbreedinga« in verjetnega izgubljanja genetske variabilnosti slabo prilagodljiva in je njen obstanek dolgoročno ogrožen. Kvaliteta habitata (glej poglavje **Habitatno modeliranje**) verjetno že sedaj ne omogoča dolgoročnega ohranjanja populacije v relativno ugodnem stanju. K ohranjanju genetske variabilnosti ne prispevajo niti redna vlaganja ribogojniško vzrejenih sulcev (glej poglavje **Ribiško upravljanje**), ki so potomci samo nekaj parov sulcev iz narave in pri katerih v prvih letih njihovega življenja poteka selekcija genotipa, ki lahko pomeni slabše preživetje v naravi.

Preglednica 5: Ocenjena naseljenost sulca na raziskanih odsekih reke Save.

Reka	Vzorčni odsek	Datum vzorčenja	Št. ujetih osebkov	Površina (ha)	Št. ujetih osebkov/ha
Sava	Sava - Kresnice	22.4.2015	3	11,1342	0,27
Sava	Sava - Kresnice	23.4.2015	12	11,1036	1,11
Sava	Sava - Kresnice	6.8.2015	10	10,6122	0,94
Sava	Sava - Kresnice	7.8.2015	4	10,5114	0,38
Sava	Kleče pri Dolu - Kresnice	4.11.2015	7	7,245	0,97

Priobrežni pas Save in pritoki

Preglednica 6: Ocenjena naseljenost sulca na odsekih v priobrežnem pasu in v nekaterih pritokih Save, kjer smo ga ujeli.

Reka	Vzorčno mesto	Lokacija v vodotoku	Datum vzorčenja	Št. ujetih osebkov	Površina najdišča (ha)	Št. ujetih osebkov/ha
Sava	Laze	brežina	2.9.2015	1	0,24	4
Sava	Laze	brežina	8.9.2015	1	0,072	14
Dolska Mlinščica	Kleče pri Dolu 1	celotna struga	23.3.2015	2	0,044	45
Dolska Mlinščica	Kleče pri Dolu 2	celotna struga	23.3.2015	3	0,046	65
Dolska Mlinščica	Kleče pri Dolu 3	celotna struga	24.3.2015	2	0,118	17
Kamniška Bistrica	Ihan	celotna struga	8.4.2015	3	0,48	6
Kamniška Bistrica	Prelog	celotna struga	8.4.2015	1	0,184	5
Reka	Zagorica	celotna struga	9.4.2015	2	0,588	3

Preglednica 7: Ocenjena naseljenost sulca v priobrežnem pasu in v nekaterih pritokih Save na odsekih, kjer smo vzorčili.

Reka	Št. vzorčenih odsekov	Št. ujetih osebkov	Skupna površina (ha)	Št. ujetih osebkov/ha
Sava	7	2	0,412	5
Gobnik	1	0	0,021	0
Dolska Mlinščica	7	7	0,525	13
Peračica	1	0	0,192	0
Kamniška Bistrica	3	4	0,682	6
Reka	1	2	0,588	3

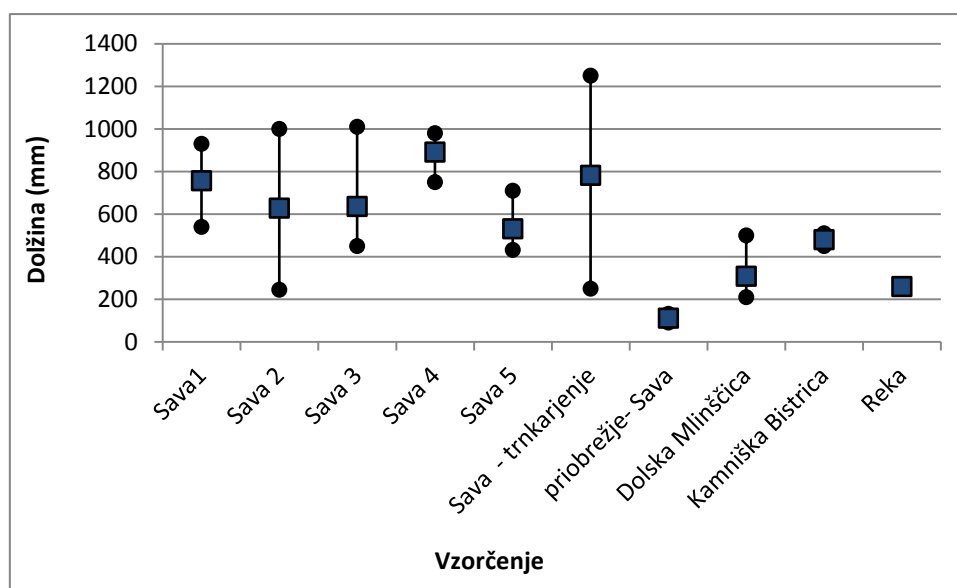
Ocenjena naseljenost sulca na odsekih, kjer smo sulca ujeli, je od 4 – 14 sulcev/ha v priobrežnem pasu Save, 17 do 65 sulcev/ha v Dolski Mlinščici, 5 – 6 sulcev/ha v Kamniški Bistrici in 3 sulci/ha v Reki. Ocenjena naseljenost sulca na odsekih, kjer smo vzorčili, je 5 sulcev/ha v priobrežnem pasu Save, 13 sulcev/ha v Dolski Mlinščici, 6 sulcev/ha v Kamniški Bistrici in 3 sulci/ha v Reki. V Grobniku in Peračici sulcev nismo ujeli. Najvišjo naseljenost smo torej ugotovili v Dolski Mlinščici, sledita priobrežni pas Save in Kamniška Bistrica. V Reki je naseljenost manjša.

Ocenjena naseljenost sulca v izbranih pritokih in na izbranih odsekih v priobrežnem pasu je višja od ocenjene naseljenosti v matici reke Save na odseku od Šentjakoba do Kresnic. Za dobljene ocene lahko obstaja več razlogov:

1. V plitvih pritokih in v priobrežnem pasu reke Save je učinkovitost elektroribolova večja kot v globoki matici reke Save. Električno polje pri elektroribolovu s čolna sega v globino od 1,5 – 2m, kar pomeni, da globokih tolmunov ne zajamemo. V nizki vodi električno polje sega do dna struge.
2. Hitrost toka v matici reke Save je bistveno večja od hitrosti toka v pritokih in v priobrežnem pasu, zato je sulca težje opaziti in ga ujeti.

5.3.4. Velikostna struktura

Na sliki (Slika 22) je prikazana velikostna struktura sulcev, ki so bili ujeti z različnimi metodami. V povprečju najdaljše in tudi absolutno najdaljše osebkje smo ujeli z elektroribolovom s čolna (36 sulcev) ter s trnkarjenjem in športnim ribolovom na Savi (172 sulcev). Povprečne dolžine sulcev, ki smo jih ujeli pri elektroribolovu z brodenjem v pritokih (13 sulcev) so opazno manjše, najkrajša sta bila sulca, ki smo ju ujeli z elektroribolovom z brodenjem v priobrežnem pasu Save. S trnkarjenjem in športnim ribolovom smo zabeležili največ osebkov in tudi dolžinski razpon ulovljenih sulcev je bil največji. Najkrajši osebek je bil dolg 132 mm, ujet v priobrežnem pasu Save pri Lazah, najdaljši pa je bil sulec dolžine 1250 mm, ujet s trnkarjenjem v Savi v Klečah pri Dolu.

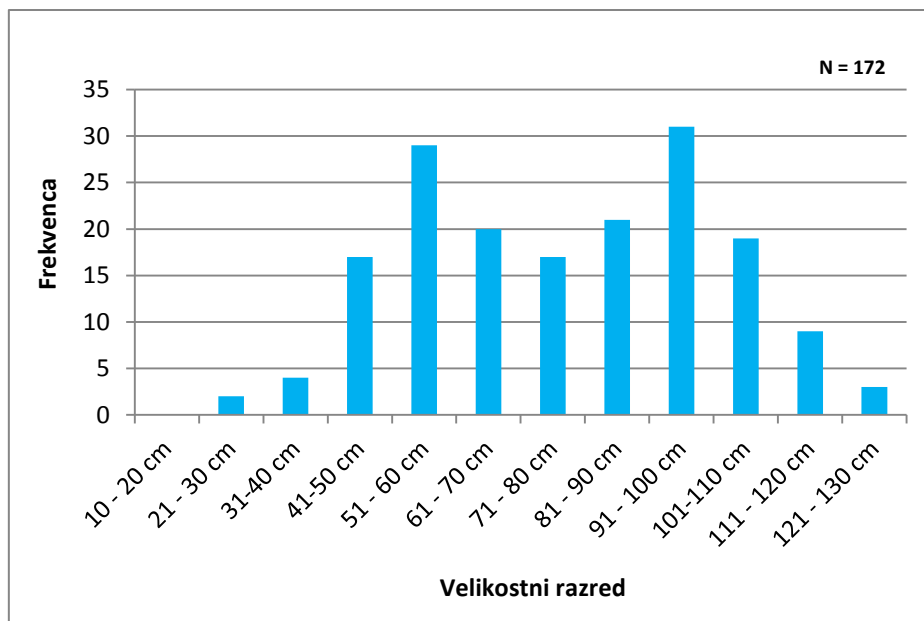


Slika 22: Največje, najmanjše in povprečne dolžine sulcev, ujetih z različnimi metodami in na različnih lokacijah.

Največja velikost, ki jo dosežejo sulci, je v močni korelaciji z velikostjo vodotoka, kar je dokumentiral že Ratschan (2012). Iz naših podatkov je razvidno, da sulci v Savi dosežejo največje dolžine, hkrati pa v priobrežnem pasu Save tudi najmanjši sulci najdejo ustrezne habitate. V pritokih reke Save sulci dosegajo manjše velikosti kot v Savi.

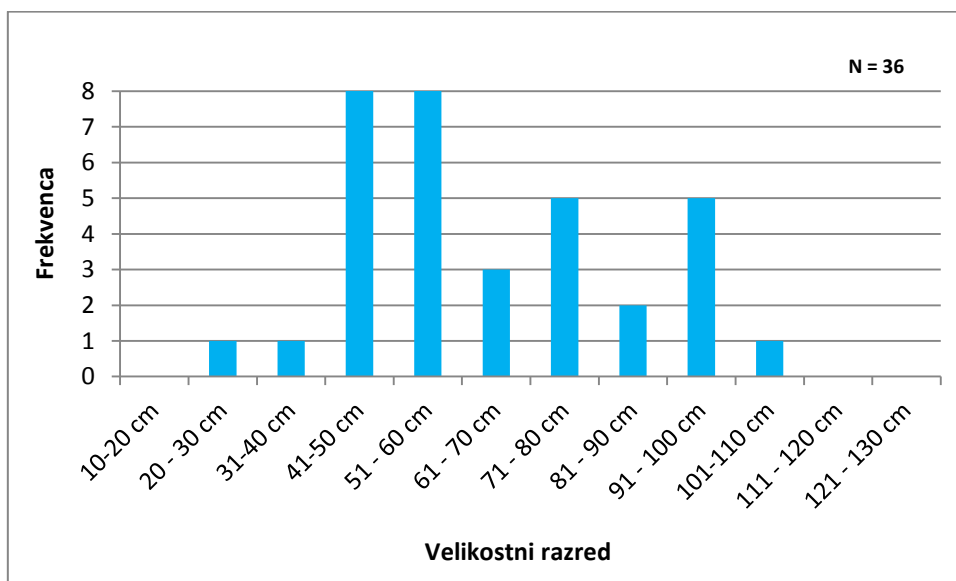
Iz podatkov o ulovih sulcev od leta 1926 dalje, ki jih je zbral Holčík (1988), je razvidno, da so v preteklosti ribiči lovili večje sulce. Sulci, daljši od 130 cm, ki so tehtali do 30 kg, niso bili redkost. Schulz še v letu 1985 navaja podatek o v Dravi pri Špitalu ujetem sulcu, dolgem 144 cm in težkem 43,8 kg. Danes takih ulovov ne beležijo več. Munda (1925) je pred 90 leti zbral podatke o ulovu 527 sulcev ujetih v Savi in Ljubljani, iz katerih je razvidno, da so takrat lovili sulce dolge do 120 cm, vendar so bili redki. Največji delež (okrog 70 %) ulova so predstavljali sulci dolgi od 30 do 50 cm.

Podrobnejša analiza ujetih sulcev pokaže, da je bilo največ sulcev, ki smo jih zabeležili s trnkarjenjem v Savi, dolgih od 90 do 100 cm, sledi velikostna kategorija 50 – 60 cm. V ulovu so bile dobro zastopane velikostne kategorije od 40 do 110 cm, manjši in večji sulci so bili redki (Slika 23). Najmanjši je meril 25 cm, največji 125 cm.



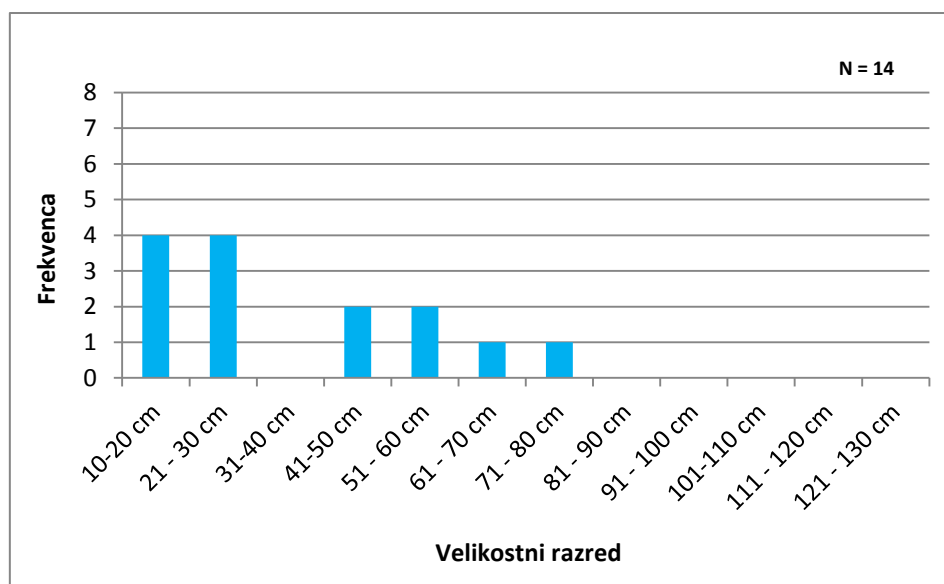
Slika 23: Velikostna struktura sulcev, ujetih z metodo trnkarjenja.

V ulovu z elektroribolovom s čolna, ki smo ga izvajali v Savi, so številčno prevladovali sulci dolgi od 40 do 60 cm (Slika 24). Številčno so bili dokaj dobro zastopani tudi večji sulci dolgi do 100 cm, največji ujet sulec je bil dolg 101 cm. Ujeli smo le dva sulca manjša od 40 cm; najmanjši je meril 24,5 cm.



Slika 24: Velikostna struktura sulcev, ujetih z metodo elektroribolova s čolna.

V priobrežnem pasu Save in v pritokih, kjer smo vzorčili z elektroribolovom z brodenjem, so bili v ulovu najbolj zastopani sulci dolžine od 10 – 30 cm, manj je bilo večjih sulcev, dolgih do 71 cm, večjih nismo zabeležili (Slika 25).



Slika 25: Velikostna struktura sulcev, ujetih z metodo elektroribolov z brodenjem.

Analiza velikostne strukture sulcev, ki smo jih v okviru vzorčenja ujeli na območju srednje Save in v nekaterih pritokih, pokaže, da je velikostna struktura pestra ter da sulci tekom svojega življenja izbirajo različne habitate, ki jih najdejo v matici reke, v priobrežnem pasu reke Save in v pritokih.

Svetina (1968) navaja, da so sulci stari 1 leto dolgi v povprečju 24 cm (16 – 30 cm), 2 leti stari sulci pa so v povprečju dolgi 39 cm (32 – 46 cm). Velikost sulcev pri posamezni starosti smo podali v poglavju **Označevanje sulca** in na tem mestu povzemamo podatke (Preglednica 8).

Preglednica 8: Velikost sulcev v posameznih starostnih razredih (srednja Sava). Prikazana je povprečna (povp.), najmanjša (min.) in največja (max.) celotna telesna dolžina (TL) ter standardna deviacija (SD) in število osebkov (N).

Starost (leta)	TL (mm)-povp.	TL (mm)-min.	TL (mm)-max.	TL(mm)-SD	N
3	426,72	326	610	55,63	57
4	535,86	380	720	78,89	49
5	602,61	460	700	64,98	18
6	776,67	720	830	55,08	3
7	916,67	880	970	47,26	3
8	903,33	770	980	115,90	3
9	905,00	890	920	21,21	2
10	900,00	850	950	50,00	3
11	750,00	750	750	/	1

Holčik in sodelavci (1988) navajajo, da sulec spolno dozori v starosti 5 let, ko doseže dolžino 65 – 70 cm. Spolna zrelost je močno odvisna od mase osebka, sulec jo lahko doseže tudi pri nižji starosti, ko doseže samec 1 – 2 kg in samica 2 – 3 kg. Na podlagi naših rezultatov lahko torej sklepamo, da na obravnavnem odseku spolno zreli osebki živijo v glavnem v Savi, in sicer v matici reke, kjer

predstavljajo 36 % vsega ulova, v obravnavanih pritokih pa so redki. V manjših pritokih najdemo v glavnem sulce pred spolno zrelostjo (3 in 4 leta stari osebki) in mladice (eno in dve leti stari osebki).

5.4. Zaključki

1. Na odseku srednje Save od Šentjakoba do Kresnic smo z elektroribolovom zabeležili 38 najdišč sulca, s trnkarjenjem in športnim ribolovom na odseku med Medvodami in vasjo Sava 163 najdb te vrste. Vsi odseki od Medvod do Kresnic so dobro in enakomerno poseljeni, medtem ko je dolvodno od Kresnic poznanih le pet najdišč; zadnje je pri vasi Sava.
2. Prisotnost sulcev smo z elektroribolovom z brodenjem potrdili v pritokih Kamniška Bistrica, Dolska Mlinščica in Reka.
3. Naseljenosti sulca v Savi od Šentjakoba do Kresnic ocenjujemo na 0,38 do 1,11 sulcev/ha. Po grobi oceni na celotnem odseku Save med Medvodami in Litijo živi od 92 do 286 sulcev, večjih od 40 cm (starih tri leta in več) oziroma 33 do 103 odraslih, spolno zrelih sulcev, ki predstavljajo efektivno populacijo. Velikost populacije je dejansko nekoliko večja, saj vanjo lahko prištejemo še sulce, ki živijo v Sori do Goričan, Kamniški Bistrici do Homca in v Ljubljani do jezua Vevče. Ocenjeno število odraslih sulcev, uvršča populacijo sulca srednje Save med populacije s slabšo viabilnostjo, kar pomeni, da je zaradi verjetnega »inbreedinga« in izgubljanja genetske variabilnosti slabo prilagodljiva in je njen obstanek dolgoročno ogrožen.
4. Ocenjena naseljenost sulca na odsekih kjer smo sulca vzorčili je 5 sulcev/ha v priobrežnem pasu Save, 13 sulcev/ha v Dolski Mlinščici, 6 sulcev/ha v Kamniški Bistrici in 3 sulci/ha v Reki.
5. V povprečju najdaljše in tudi absolutno najdaljše sulce smo ulovili z elektroribolovom s čolna (36 sulcev) ter s trnkarjenjem in športnim ribolovom na Savi (172 sulcev). Povprečne dolžine sulcev, ki smo jih ulovili pri elektroribolovu z brodenjem v pritokih (13 sulcev) so opazno manjše, najkrajša sta bila sulca, ki smo ju ujeli z elektroribolovom z brodenjem v priobrežnem pasu Save. S trnkarjenjem in športnim ribolovom smo zabeležili največ sulcev in tudi dolžinski razpon ujetih osebkov je bil največji. Analiza velikostne strukture sulcev, ki smo jih v okviru vzorčenja ujeli na območju srednje Save in v nekaterih pritokih pokaže, da je pestra ter da sulci tekom svojega življenja izbirajo različne habitate, ki jih najdejo v matici, v priobrežnem pasu reke Save in v pritokih.
6. Na obravnavnem odseku spolno zreli osebki živijo v glavnem v Savi, v matici reke, kjer predstavljajo 36% vsega ulova, v obravnavanih pritokih so redki. V manjših pritokih najdemo v glavnem sulce pred spolno zrelostjo (3 in 4 leta stari osebki) in mladice (eno in dve leti stari osebki).

5.5. Literatura

- Freyhof J., Kottelat M. 2008. *Hucho hucho*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T10264A3186143.
- <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T10264A3186143.en>. (2. 6. 2016.)
- Freyhof J., Weiss S., Adrović A., Čaleta M., Duplić A., Hrašovec B., Kalamujić B., Marčić Z., Milošević D., Mrakovčić M., Mrdak D., Piria M., Schwarz U., Simonović P., Šljuka S., Tomljanović T., Zabric D. 2015. The Huchen *Hucho hucho* in the Balkan region: Distribution and future impacts by hydropower development. RiverWatch & EuroNatur, 30 str.
- Holčík J., Hansel K., Niesalnik J., Skácel L. 1988. The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, Largest Salmon of the World. Dordrecht, Boston, Lancaster, Dr. W. Junk Publishers: 239 str.
- Munda A. 1925. Nekaj statističnih podatkov o sulčelovu v Savi in Ljubljani. Ljubljana, Lovca: 1 – 8
- Podgornik S., Pliberšek K., Jenič A., Tavčar T. 2011a. Izgradnja HE na srednji Savi, Ihtiološke raziskave Save in pritokov od Litije do sotočja Save in Savinje. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 101 str.
- Podgornik S., Pliberšek K., Jenič A., Tavčar T. 2011b. Izgradnja HE na srednji Savi, Ihtiološke raziskave Save in pritokov od Litije do sotočja Save in Savinje (Aneks št.:1, jesen 2011). Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 101 str.
- Ratschan C. 2012. Maximum size and distribution limits of the Danube salmon (*Hucho hucho*) as a function of river size and geology in Austria and Bavaria. ÖsterreichsFischerei, 65: 296-311
- Rieman B.E., Allendorf F.W. 2001. Effective population size and genetic conservation criteria for bull trout. North American Journal of Fisheries Management 21: 756-764
- Schmutz S., Wiesner C., Preis S., Muhar S., Unfer G., Jungwirth M. 2011. Beurteilung der ökologischen Auswirkungen eines weiteren Wasserkraftausbaus auf die Fischfauna der Mur. Studie i. A. des Amtes. Der Steiermärkischen Landesregierung, FA 19A: 1-64
- Svetina M. 1968. Razvojna dinamika sulca, Prispevek k boljšemu poznavanju življenjskega ciklusa vrste *Hucho hucho* (L.). Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije. XXVII: 74 – 83
- Urbanič G., Petkovska V., Dolinar N., Kuhar U., Remec-Rekar Š., Rotar B., Sever M., Eleršek T., FrancéJ., Kosi G., Mavrič B., Orlando-Bonaca M., Germ M., Gaberščik A, Podgornik S. 2015. Dopolnitev metodologij vrednotenja ekološkega stanja in razvrščanja vodnih teles površinskih voda na podlagi bioloških elementov kakovosti pripravljenih v letu 2013 : priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje Vodne direktive (2000/60/ES). Ljubljana, Inštitut za vodo Republike Slovenije, 17 str.
- Zabric D., Bertok M., Jenič A. 2008. Stanje in varstvo sulca (*Hucho hucho*) v Sloveniji. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 62 str.

6. OZNAČEVANJE SULCEV

6.1. Metode

Označevanje rib, med ribiči poznano tudi kot »markiranje rib« je tehnika, ki se v ribištvu uporablja za zbiranje podatkov v raziskavah spremljanja življenjskih navad rib (npr. spremljanje selitvenih, prehranjevalnih poti,..) in pripravi upravljavskih načrtov (ugotavljanje preživetja in razporejanja vloženih mladice).

V naši raziskavi smo sulce označevali z zunanjimi značkami sive barve proizvajalca Floy® Tag & MFG., Inc. Značko sestavlja plastična nit, ki je na enem koncu zaključena s sidrom v obliki črke T, na drugem koncu je oznaka za prepoznavanje osebkov in kontaktna telefonska številka na katero najditelj sporoči podatke o ujetem sulcu. Značko v telo ribe vstavimo z označevalno pištolo, tik pod hrbtno plavut. Sidro potisnemo preko osrednje linije ribe, da se zasidra za kostmi, ki jo podpirajo. Značke ne ogrožajo zdravja rib, njihova uporaba je enostavna in so relativno cenovno ugodne. Kot je znano, na označenih osebkih ostanejo celo življenje. Velikost značke, ki jo uporabimo je odvisna od velikosti ribe. V naši raziskavi smo označevali le osebkov, ki so bili stari 3 leta in več. Spremljati jih želimo do konca njihovega življenja, to je vsaj do njihovega 15. leta, zato smo ta namen izbrali značko z daljšo nitjo.

Program označevanja sulcev poteka od leta 2008 in se izvaja na območju porečja Save. V tem poročilu smo analizirali podatke o označenih sulcih, ki so bili vloženi na obravnavanem območju srednje Save. Od začetka programa smo na tem območju označili in vložili sulce, ki so izvirali iz ribogojnice »Obrh«, kjer vzrejo sulce od ikre dalje izvaja ZZRS. Nekaj posameznih osebkov smo označili tudi pri smukanju v času drsti na drstiščih. Spolne produkte za oploditev smo pridobili v naravi, kar je opisano v poglavju Ribiško upravljanje. Sulce smo označili, ko so dosegli starost 3 ali 4 leta in jih spustili v reko na izbranih lokacijah na območju srednje Save.

Podatke o najdbah označenih sulcev smo večinoma pridobili od športnih ribičev, ki so bili pripravljeni sporočiti podatke. V ribolovnih sezonah 2014/2015 in 2015/2016 smo pripravili anketni obrazec (Slika 26), ki ga je prejel vsak ribič ob nakupu ribolovnice za lov sulca. Na ta način smo k poročanju pritegnili bistveno več ribičev, kot v preteklih sezonah. Naprosili smo jih, da v obrazec zapišejo datum in točno lokacijo ulova, celotno dolžino ujetega sulca in primeru, da je bil sulc označen tudi številko značke. Za vsak sporočen podatek o označenem sulcu in za vsake tri podatke o neoznačenem sulcu je ribič prejel nagradno majico projekta (Slika 27). Nekaj podatkov o označenih sulcih smo pridobili tudi v okviru drugih vzorčenj rib.

OBRAZEC

SULCI I	SULCI II	SULCI III
Dolžina ulova (cm): Starost: Težina ulova (kg): Lokacija:	Dolžina ulova (cm): Starost: Težina ulova (kg): Lokacija:	Dolžina ulova (cm): Starost: Težina ulova (kg): Lokacija:
OPIS	OPIS	OPIS
Opis ulova (vrsta ribe, vrsta mreže, vrsta ribolova):	Opis ulova (vrsta ribe, vrsta mreže, vrsta ribolova):	Opis ulova (vrsta ribe, vrsta mreže, vrsta ribolova):
Dolžina ulova (cm):	Dolžina ulova (cm):	Dolžina ulova (cm):
Starost (let):	Starost (let):	Starost (let):
Težina ulova (kg):	Težina ulova (kg):	Težina ulova (kg):
Lokacija:	Lokacija:	Lokacija:
Udobnost:	Udobnost:	Udobnost:
Udobnost (1-5):	Udobnost (1-5):	Udobnost (1-5):
Udobnost (1-5):	Udobnost (1-5):	Udobnost (1-5):
Udobnost (1-5):	Udobnost (1-5):	Udobnost (1-5):

Vse podatke prijavite na spletno stran: www.ris.gov.si

Obveščamo vas, da bodo podatki o ulovu in ulovljenih ribah, ki so namenjeni za potrebe znanstvenih raziskav, uporabljeni za namene, ki niso povezani s prodajo rib. Če ne želite, da bi bili vaši podatki uporabljeni za namene, ki niso povezani s prodajo rib, prosimo, da nam to sporočite. Če ne želite, da bi bili vaši podatki uporabljeni za namene, ki niso povezani s prodajo rib, prosimo, da nam to sporočite. Če ne želite, da bi bili vaši podatki uporabljeni za namene, ki niso povezani s prodajo rib, prosimo, da nam to sporočite.



Slika 26: Anketni obrazec o ujetih sulcih.

Slika 27: Nagradna majica projekta 2015/2016.

V nadaljevanju prikazujemo rezultate analiz podatkov o označenih sulcih.

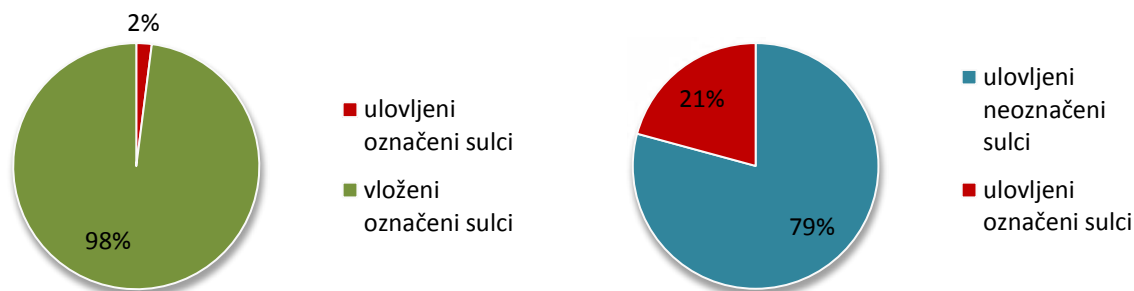
6.2. Rezultati in razprava

6.2.1. Rast sulcev

V trenutku, ko smo v ribogojnici vzrejene sulce označili in jih vložili v reko na območju srednje Save, smo poznali njihovo celotno dolžino, maso in starost. Ob ponovnem ulovu takega osebkca smo mu ponovno izmerili celotno dolžino, na podlagi datuma ulova pa smo lahko izračunali tudi njegovo starost. Masa osebkca pri ponovnem ulovu pogosto ni bila merjena, saj je izvajanje te meritve ob ribolovu zahtevnejše, napake pa so lahko precejšnje.

1. januar je po dogovoru rojstni dan sulcev rojenih v tem letu. Tako imajo na primer vsi sulci, ki so se izvalili leta 2009, določen datum rojstva 1. januar 2009.

V osmih letih smo na obravnavanem območju srednje Save vložili 2080 označenih sulcev. Od tega smo podatke o ponovnem ulovu prejeli za 43, o preostalih 2037 označenih sulcih za enkrat nimamo podatkov. Pridobili smo tudi podatke o 164 neoznačenih ujetih sulcih. Vse skupaj smo ujeli in izmerili 207 sulcev. Izraženo v deležih to pomeni, da smo od označenih sulcev ponovno ujeli 2 % sulcev (Slika 28) in da je bilo med ujetimi sulci 21 % označenih (Slika 29).

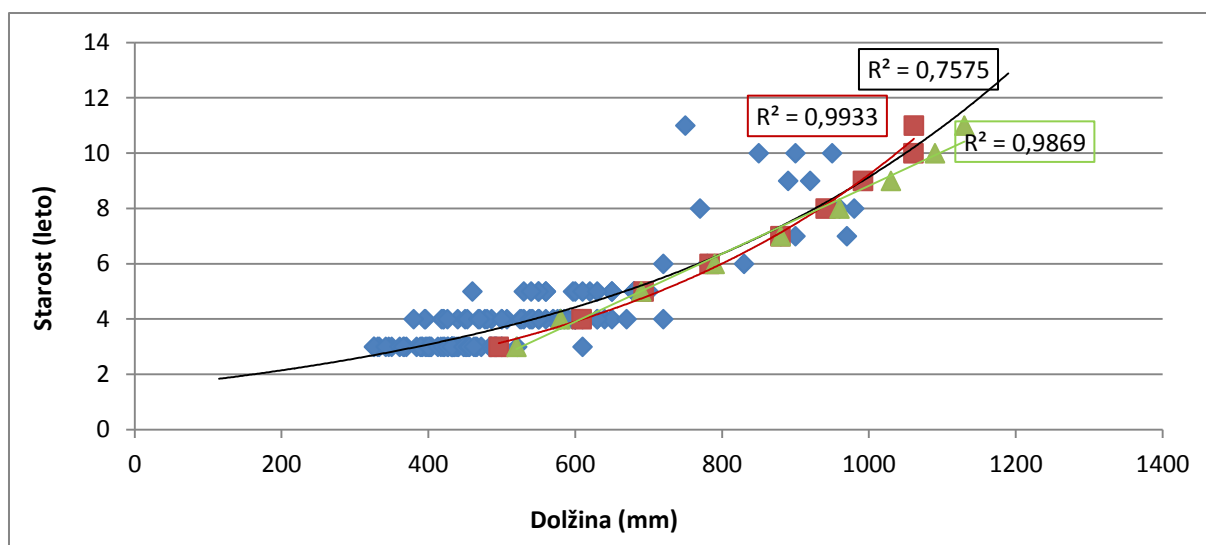


Slika 28: Razmerje med vloženimi in ujetimi označenimi sulci. Slika 29: Razmerje med označenimi in neoznačenimi ujetimi sulci.

Rast sulcev prikazujemo za markirane sulce (bodisi vložene, bodisi ponovno ujete), za katere poznamo njihovo točno starost in so bili nato vsaj še enkrat ujeti. Diagram rasti smo izdelali na podlagi podatkov o celotni dolžni 138 osebkov pri določeni starosti (Slika 30). Vsi 3 leta in večina 4 leta starih sulcev so do te starosti živeli in rastle v ribogojnici, nato so bili vloženi v Savo. Sulci, stari od 5 do 11 let, so od svojega 3. oziroma 4. leta starosti živeli v reki. Največ podatkov imamo za 3 in 4 leta stare sulce, več kot polovico manj za petletnike, ostali starostni razredi pa so zastopani s posamičnimi osebki (Preglednica 9).

Preglednica 9: Velikost sulcev v posameznih starostnih razredih (srednja Sava). Prikazana je povprečna (povp.), najmanjša (min.) in največja (max.) celotna telesna dolžina (TL) ter standardna deviacija (SD) in število osebkov (N).

Starost (leta)	TL (mm)-povp.	TL (mm)-min.	TL (mm)-max.	TL(mm)-SD	N
3	426,72	326	610	55,63	57
4	535,86	380	720	78,89	49
5	602,61	460	700	64,98	18
6	776,67	720	830	55,08	3
7	916,67	880	970	47,26	3
8	903,33	770	980	115,90	3
9	905,00	890	920	21,21	2
10	900,00	850	950	50,00	3
11	750,00	750	750	/	1



Slika 30: Rast sulca v dolžino od 3. do 11. leta starosti (srednja Sava = črna linija; različne evropske reke = rdeča linija (po Holčík e tal., 1988); različne evropske reke = zelena linija (po Svetina, 1968).

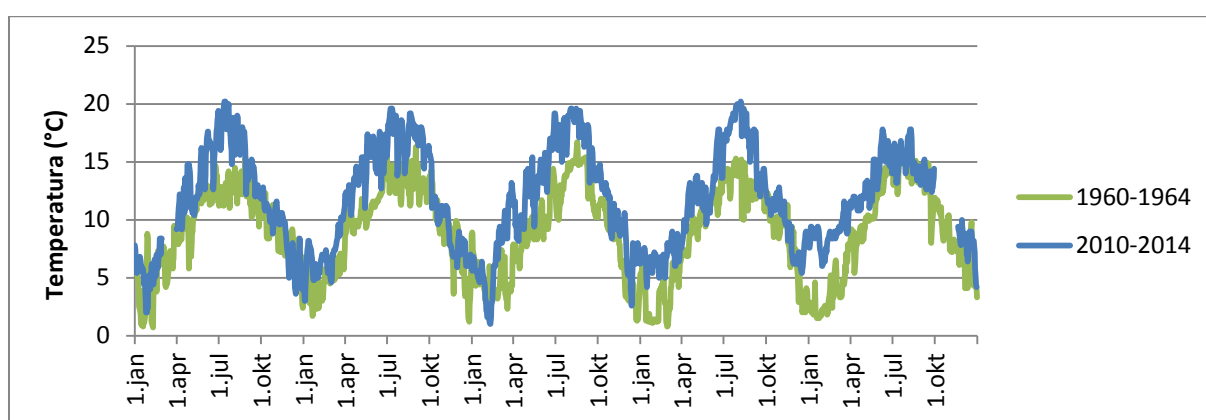
Na sliki (Slika 30) je prikazana rast sulcev v srednji Savi, ki smo jo ugotavljali na podlagi podatkov o označenih sulcih iz srednje Save in rast sulcev, ki so jih za različne evropske reke zbrali Holčík s sod. (1988) in Svetina (1968). Omenjeni avtorji so imeli na razpolago podatke za večje število sulcev, njihovo starost pa so določali po luskah ali otolithih. Holčík s sod. (1988) so za analizo uporabili podatke o standardni dolžini sulca (SL) (od konca gobca do korena repne plavuti). V svojem delu podajajo tudi enačbo za pretvorbo standardne dolžine sulca v celotno dolžino (TL) (od konca gobca do konca repne plavuti):

$$TL = 8,073 + 1,102 SL$$

Na podlagi te enačbe smo izračunali celotne dolžine sulcev glede na podatke iz literature ter jih primerjali z našimi podatki.

Rast sulcev v srednji Savi od 3. do 11. leta starosti po naših podatkih ni linearna. Največja korelacija je z eksponentno krivuljo ($R^2 = 0,770$), ki torej najboljše pojasni rast, vendar se moramo zavedati, da imamo za korektno statistično analizo zaenkrat premalo podatkov o sulcih starejših od 4 let. Krivulja rasti sulcev v srednji Savi se dokaj dobro ujema s krivuljo rasti za sulce, ki jih navaja Holčík s sod. (1988) in je tudi eksponentna. Pri sulcih starih 3 in 4 leta iz naše raziskave opazimo, da so rastli počasneje kot sulci, izmerjeni v okviru raziskav različnih evropskih rek, kar verjetno lahko pripišemo dejstvu, da so večinoma zrastle v ribogojnici Obrh, kjer so povprečne temperature vode nižje kot v srednji Savi. Nekaj časa je bil problem tudi hranjenje sulcev z roko, kar je sulce prestrašilo, s tal nato hrane niso pobirali. Glede na to, da smo z označevanjem vložnih sulcev pričeli leta 2008, so najstarejši označeni sulci, ki smo jih lahko zajeli v našo raziskavo sedaj stari 11 let. Z nadaljevanjem spremljanja označenih sulcev bomo lahko sledili rasti tudi starejših sulcev. Sulci namreč lahko živijo več kot 20 let (Kottelat in Freyhof, 2007).

Holčik s sod. (1988) navajajo, da sulci iz Ljubljane in Save (Munda, 1925) rastejo zelo počasi v primerjavi s sulci iz drugih evropskih rek, kar iz naši podatkov ni razvidno. Razlogi za to so lahko različni, od različnih metod določanja starosti, majhnega števila analiziranih osebkov v določenih starostnih razredih v naši raziskavi do sprememb v habitatu sulca, ki so nastale v zadnjih devetdesetih letih. Razlog za hitrejšo rast sulca je lahko v višanju temperature Save, ki smo mu priča vsaj že zadnjih 50 let. Po podatkih ARSO se je namreč povprečna temperatura Save na vodomerni postaji Šentjakob zvišalaza 2,6 °C, in sicer iz 9,0 °C v obdobju 1960 – 1964 na 11,6°C v obdobju 2010 – 2014 (Slika 31). Posebno zaskrbljujoče so najvišje poletne temperature vode, ki so v preučevanem obdobju pred 50 leti dosegale okrog 15 – 16 °C (izmerjeni ekstrem je bila 16,9 °C), sedaj pa se redno povzpnejo na 20 °C (izmerjeni ekstrem je bil 20,2 °C). Holčik s sod. (1988) navaja, da se sulcem najbolje godi v hladnih rekah, v katerih temperatura vode ne preseže 15°C (take so še bile razmere v srednji Savi še pred 50 leti) in lahko prenese le kratka zvišanja temperatur na 20 – 22 °C (takšne razmere vladajo sedaj v srednji Savi). Nadaljnje segrevanje vode lahko sulca ogrozi do te mere, da izumre.



Slika 31: Izmerjene dnevne temperature Save na vodomerni postaji Sava-Šentjakob v dveh obdobjih (1960 – 1964 in 2010 – 2014).

6.2.2. Prispevek vložnih sulcev k ulovu

Vlaganja sulcev v srednjo Savo se izvajajo redno in kontinuirano, kot je opisano v poglavju Ribiško upravljanje. Vzporedno z vlaganji se pojavljajo tudi vprašanja o vplivu oziroma pomenu teh vlaganj. Eno od vprašanj je gotovo, ali se populacija sulca vzdržuje sama ali je njen obstoj odvisen od vlaganj.

Kot smo že navedli, smo pričeli z označevanjem vložnih sulcev leta 2008. V srednjo Savo so se od leta 2008 do 2013 vlagali pretežno sulci stari 3 leta, v letih 2014 in 2015 tudi sulci stari 4 leta. Prvi ponovni ulov označenega sulca na območju srednje Save je bil zabeležen v začetku ribolovne sezone leta 2014 (1.11.2014). V tem letu so ribiči poročali o desetih, naslednje leto o 33 označenih sulcih. Pred letom 2013 sta bila na voljo le dva z vzorčenjem potrjena podatka o prisotnosti neoznačenih sulcev na obravnavanem območju (novejše raziskave), ribiška statistika o uplenjenih sulcih pa je na voljo že od leta 200. V letu 2013 smo zabeležili že 10 podatkov, večina podatkov o neoznačenih sulcih je iz časa trajanja projekta, ko je bilo zabeleženih 71 (2014) oziroma 73 (2015) neoznačenih sulcev (Preglednica 10). Na poročanje ribičev tako o označenih kot o neoznačenih sulcih je bistveno vplivalo sodelovanje in nagrajevanje ribičev tekom projekta v letih 2014 in 2015, ko so se na obravnavanem območju nahajali označeni sulci stari od 3 do 11 let. Do konca trajanja projekta za leto 2016 ni bilo novega podatka o ulovu ali vlaganju sulcev na območju srednje Save.

Preglednica 10: Število vloženih označenih sulcev in števili ujetih označenih in neoznačenih sulcev med letoma 2008 in 2015 na območju srednje Save.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Skupaj
Ulov neoznačenega osebka			2			10	71	73	156
Ulov označenega osebka							10	33	43
Namestitev značke (vloženi osebki)	500	510	200	200	0	300	199	171	2080

Na izračun deleža, ki ga vloženi sulci prispevajo k skupnem ulovu, bistveno vplivajo trije podatki: število vseh ujetih sulcev, delež sporočenih ujetih označenih sulcev (S) in delež označenih sulcev v vložku (P).

Podatek o skupnem ulovu, izražen kot število vseh ujetih sulcev, ni običajno zahtevan podatek, ki ga morajo športni ribiči sporočiti upravljalcu. Zahtevan je le podatek o uplenjenih sulcih. V času trajanja projekta smo ribiče zaprosili tudi za podatke o ujetih in izpuščenih sulcih. S tem smo pridobili nekaj podatkov (Preglednica 10), vendar je po našem mnenju to število še vedno močno podcenjeno.

Tudi delež sporočenih ujetih označenih sulcev (S) je odvisen predvsem od ozaveščenosti in motiviranosti ribičev, da označene sulce izmerijo in podatke sporočijo. Ocenili smo, da naj bi ribiči v tem obdobju poročali o približno dveh tretjinah ($S = 0,66$) označenih ujetih sulcih. Nielsen (1992) opozarja, da je proces pridobivanja povratnih informacij preko prostovoljnega poročanja športnih ribičev dodaten vir napake pri končni oceni, kar smo zaznali tudi v naši raziskavi.

Pri oceni deleža označenih sulcev v vložku (P) smo se delno lahko opirali na podatek o označenih vloženih sulcih in na podatek o vseh vloženih sulcih, vendar tudi ta evidenca ni popolna. Ocenili smo, da je bilo približno 50% ($P = 0,50$) vloženih sulcev označenih.

Za izdelavo »stock contribution analysis« (Geiger, 1990) s katero bi lahko ocenili prispevek vloženih sulcev k skupnem ulovu bi morala biti vrednost faktorjev S in P blizu 1, v našem primeru pa se tej vrednosti ne približamo dovolj.

Na podlagi pridobljenih podatkov za leti 2014 in 2015 ob upoštevanju pomanjkljivosti evidenc in zanesljivosti poročanja ribičev vendarle ocenjujemo, da vloženi sulci na območju srednje Save prispevajo največ 20 % k skupnemu ulovu.

6.2.3. Premiki sulcev

Na območju srednje Save smo spremljali premike 44 sulcev. Na podlagi ujetih označenih osebkov smo ugotavljali preplavano razdaljo, smer plavanja in čas med izpustitvijo označenega osebka in njegovim ponovnim ulovom. Na podlagi preplavane poti smo ugotavljali tudi ali je preplaval katero od vodnih pregrad.

V povprečju so sulci v času med označitvijo in njihovim ponovnim ulovom preplavali 2,7 km; 20 sulcev se je v času opazovanja premaknilo za manj kot kilometer, trije za več kot 10 km (Preglednica 11). Največja preplavana razdalja je bila 16,6 km (Slika 32), ki jo je sulec št. 1191 premagal v 2335 dneh oziroma v 6 letih in 40 dneh.



Slika 32: Premik sulca št. 1191.

Najdaljši čas (2556 dni) smo spremljali sulca št. 880, ki je bil označen v prvem letu programa označevanja sulcev (2008), ponovno je bil ujet na isti dan sedem let kasneje (

Slika 33).



Slika 33: Premik sulca št. 880.

V povprečju smo sulce spremljali 453 dni, najkrajši čas spremljanja je 9 dni. Hitrosti potovanja (preplavana razdalja na časovno enoto) nismo ugotavljali, ker celotne poti, ki jo je sulec prepotoval med dvema opazovanjema, ne poznamo. Pet označenih sulcev smo ponovno ujeli dvakrat, enega trikrat. Več označenih sulcev je plavalo po toku navzgor (28), manj po toku navzdol (9). Zanimive so večkratne najdbe, saj pokažejo, da so sulci v iskanju ustreznih razmer in habitatov plavali nekaj časa po toku navzgor in nekaj časa po toku navzdol, pri čemer so bili premiki po toku navzgor daljši (

Slika 34 do Slika 39).



Slika 34: Premika sulca št. 1082.



Slika 35: Premika sulca št. 4152.



Slika 36: Premika sulca št. 5103.



Slika 37: Premika sulca št. 5228.

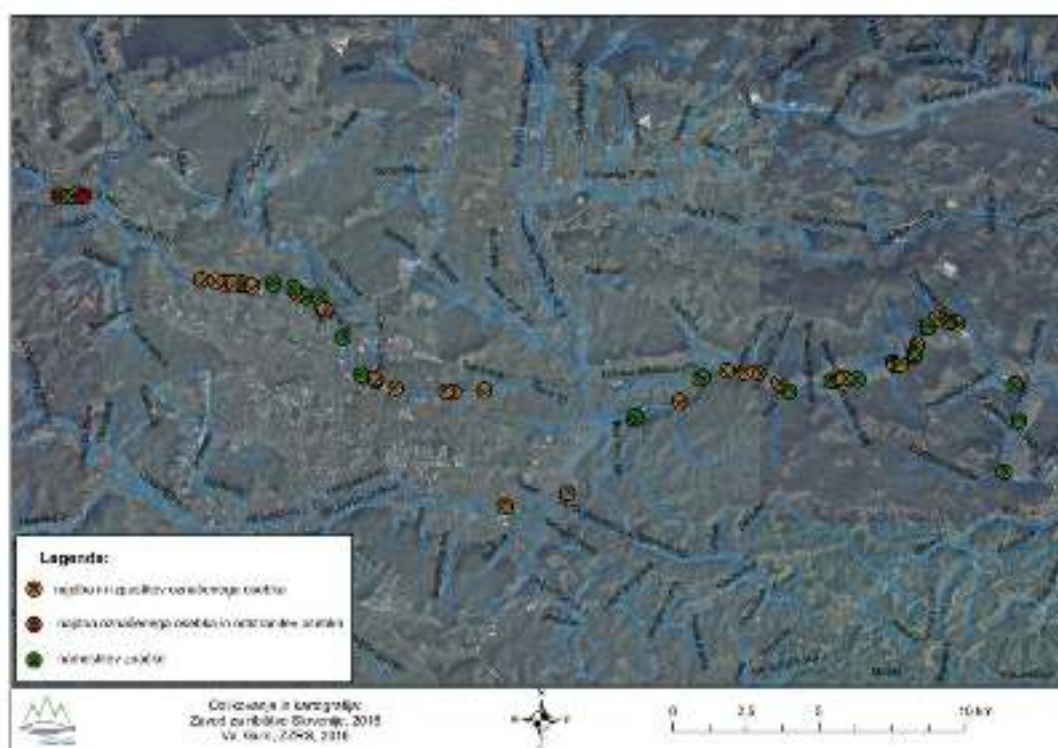


Slika 38: Premika sulca št. 5.



Slika 39: Premiki sulca št. 3825.

Na sliki so prikazane vse lokacije, kjer smo v Savo vložili markirane sulce in vse lokacije, kjer so bili le ti ponovno ujeti. Največja koncentracija ponovnih najdb je na odsekih, kjer smo sulce vlagali, izjema so sulci, ki smo jih ujeli na odseku od Črnuč do Šentjakoba in dva osebka, ujeta v Ljubljani. Nekaj označenih sulcev, ki so bili v Savo vloženi na odseku med Kresnicami in Litijo, smo zabeležili na območju Dolskega in Kresnic, nobenega na odseku kjer so bili vloženi. Ker je zbranih podatkov še relativno malo, ne moremo trditi, da sulci ne ostajajo na omenjenem odseku, kakor bi bilo mogoče sklepati iz razpoložljivih podatkov. Zaradi skromnega sulčelova v Savi dolvodno od Litije, nimamo podatkov o morebitnih označenih ujetih sulcih s tega območja.



Slika 40: Lokacije vlaganj in ulovov označenih sulcev na območju srednje Save.

Preglednica 11: Preplavane razdalje in čas med označitvijo in ponovnim ulovom sulca (povp., min. in max.) ter število sulcev, ki so plavali po toku navzgor oziroma navzdol.

Preplavana razdalja (km)			Čas spremljanja (dan)			Smer plavanja (N)	
povp.	min.	max.	povp.	min.	max.	gorvodna	dolvodna
2,7	0	16,6	453	9	2556	32	12

Ulovi označenih sulcev so vezani skoraj izključno na ribolovno sezono, to je na čas med 1. oktobrom in 14. februarjem, torej na zimsko obdobje leta, kar lahko vpliva na njihovo prostorsko razporeditev. V dveh primerih smo spolno zrelega sulca opazili na drstišču, mu odvzeli spolne produkte za nadaljnjo vzrejo in ga označili. V prvem primeru (sulc št. 5) smo ga prvič ujeli na drstišču v Sori. Čez dve leti smo ga zopet zabeležili na istem drstišču. Isti osebek smo ponovno ujeli istega leta pozimi, v času ribolovne sezone, približno sto metrov po toku navzdol (Slika 41).



Slika 41: Premiki sulca št. 5.

Omenjeni sulcec se je očitno vračal na isto drstišče, po drsti se je zadrževal v isti reki, nedaleč od drstišča. Našo ugotovitev potrjuje tudi Holčík s sod. (1988), ki ugotavlja, da se sulci vsako leto vračajo na ista drstišča, kar lahko pomeni, da je za sulce značilen tako imenovani »homing instinct«, vračanje sulcev na mesta kjer so bili zvaljeni.

V drugem primeru smo sulca (sulcec št. 54), ki smo ga prvič ujeli na nekem drugem drstišču v Sori, isto leto v času ribolovne sezone ujeli približno 300 m po toku navzgor, pod jezom Goričane (Slika 42).



Slika 42: Premiki sulca št. 54.

Sulec praviloma potuje na drst v manjše vodotoke v pasu lipana in postrvi, tudi v le 2 m široke in 40 – 60 cm globoke potoke, lahko se drsti tudi v večjih rekah. Ugotovljeno je tudi, da se sulci iz manjših potokov na drst odpravijo dolvodno v večji vodotok (Holčik s sod., 1988). V času drstne migracije sulci ne preplavajo velikih razdalj. Holčik s sod. (1988) navaja opazovanja, ki potrjujejo, da preplavana razdalja ne presega 10 – 25 km, kar se ujema z našimi ugotovitvami. Treba je sicer poudariti, da smo s spremljanjem premikov označenih sulcev ugotovili le, kje se je nek osebek nahajal v trenutku ulova, ne kje se je gibal v času med označitvijo in ponovnim ulovom. Holčik s sod. (1988) je zapisal, da je preplavana razdalja odvisna od vodostaja rek v času drsti in ob višjih vodostajih lahko predstavlja 30 – 40 km. Večji sulci se praviloma ne selijo daleč in se navadno drstijo v matični reki.

Sulec velja za stacionarno vrsto, ki v normalnih pogojih živi na omejenem območju – teritoriju. Mlad sulec po izvalitvi živi v bližini mesta kjer se je zvalil. V času rasti in razvoja, se pomika po toku navzdol, dokler se ne ustali na določenem območju, kjer vztraja dokler ga v migracijo ne prisilijo nenadne spremembe kot so spremembe vodostaja, motnosti vode, povišanje temperature vode, hidrotehnična dela v strugi, onesnaženje, motnje kot posledica vpliva ribičev ter seveda drstna migracija.

Po končani drsti ali ko je motnja končana, se sulci praviloma vračajo na prvotna območja. Migracijo lahko povzroči tudi označitev sulca. Krauss (1933) je ugotovil, da po označitvi in izpustitvi v reko mlajši osebki potujejo po toku navzgor, starejši po toku navzdol, razdalje pa niso daljše od 1 do 3 km. Z našo raziskavo smo ugotovili, da so se markirani 3 leta oziroma 4 leta stari sulci v več primerih premaknili gorvodno kot dolvodno.

Znani so premiki sulcev po toku navzdol in v globlje predele reke v času zelo nizkih ali zelo visokih temperatur. V prvem primeru zaradi zmrzali, ki lahko zaledeni plitvejše odseke rek, v drugem primeru zaradi hladnejše vode, ki jo sulci najdejo pod ustjem rek ali v globokih tolmunih. V reki Kolpi senpr. poleti sulci zberejo v večje skupine in zasedajo večji tolmun (Hrovatin, ustni vir).

Poleg longitudinalne je znana tudi lateralna migracija, in sicer iz glavnega toka proti bregu in nazaj v glavni tok. Le ta se dogaja dnevno, njen vzrok je prehranjevanje.

Rezultati spremljanja označenih sulcev, ki so v času opazovanja preplavali eno ali več vodnih pregrad oziroma so se nahajali v njihovih bližinah, so predstavljeni v poglavju **Vodne pregrade**.

6.3. Zaključki

1. Na podlagi podatkov o celotnih dolžinah označenih sulcev ugotavljamo, da je dolžinska rast sulca v srednji Savi primerljiva z rastjo sulcev iz različnih evropskih rek. Pri sulcih med 3. in 11. letom starosti je eksponencialna. Sulci, ki so do svojega 3. oziroma 4. leta starosti živeli v ribogojnici, so v tem času rasli počasneje kot sulci, ki so se zvalili in živeli v reki, kar pripisujemo nižjim povprečnim temperaturam vode v ribogojnici kot v Savi, ter težavam s hranjenjem v kontroliranih pogojih.
2. Na podlagi rezultatov programa markiranja vloženih sulcev, ki poteka od leta 2008 ocenjujemo, da vloženi sulci prispevajo do največ 20 % k celotnemu ulovu na območju srednje Save.
3. Na podlagi spremljanja premikov označenih sulcev ugotavljamo, da so sulci v času med dvema opazovanjema v povprečju prepotovali 2,7 km, največja zabeležena razdalja je bila 16,6 km, kar potrjuje, da so tudi sulci v srednji Savi dokaj stacionarni. Sulci se večkrat vrnejo na isto drstišče in se tudi tekom leta najverjetneje zadržujejo na istem odseku reke.

6.4. Literatura

- Geiger H.J. 1990. Parametric bootstrap confidence intervals for estimating contributions to fisheries from marked salmon population. American Fisheries Society Symposium 7: 667 – 654
- Holčík J., Hansel K., Niesalnik J., Skácel L. 1988. The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, Largest Salmon of the World. Dordrecht, Boston, Lancaster, Dr. W. Junk Publishers: 239 str.
- Kottelat M., Freyhof J. 2007. Handbook of the European Freshwater Fishes. Cornol, Switzerland and Freyhof: 645 str.
- Krauss H. 1933. Der Drauhuchen, seine Lebensweise, Wanderung und die zu seinem Schutz notwendigen Maßnahmen. Oesterr. Fisch. 30: 1 – 35
- Munda A. 1925. Nekaj statističnih podatkov o sulčelovu v Savi in Ljubljani. Ljubljana, Lovec: 1 – 8
- Nielsen L.A. 1992. Methods of marking fish and shellfish. Bethesda, Maryland, American Fisheries Society, special Publication 23: 30 - 31
- Svetina M. 1968. Razvojna dinamika sulca, Prispevek k boljšemu poznavanju življenjskega ciklusa vrste *Hucho hucho* (L.). Ljubljana, Ribiška zveza Slovenije. XXVII: 74 – 83

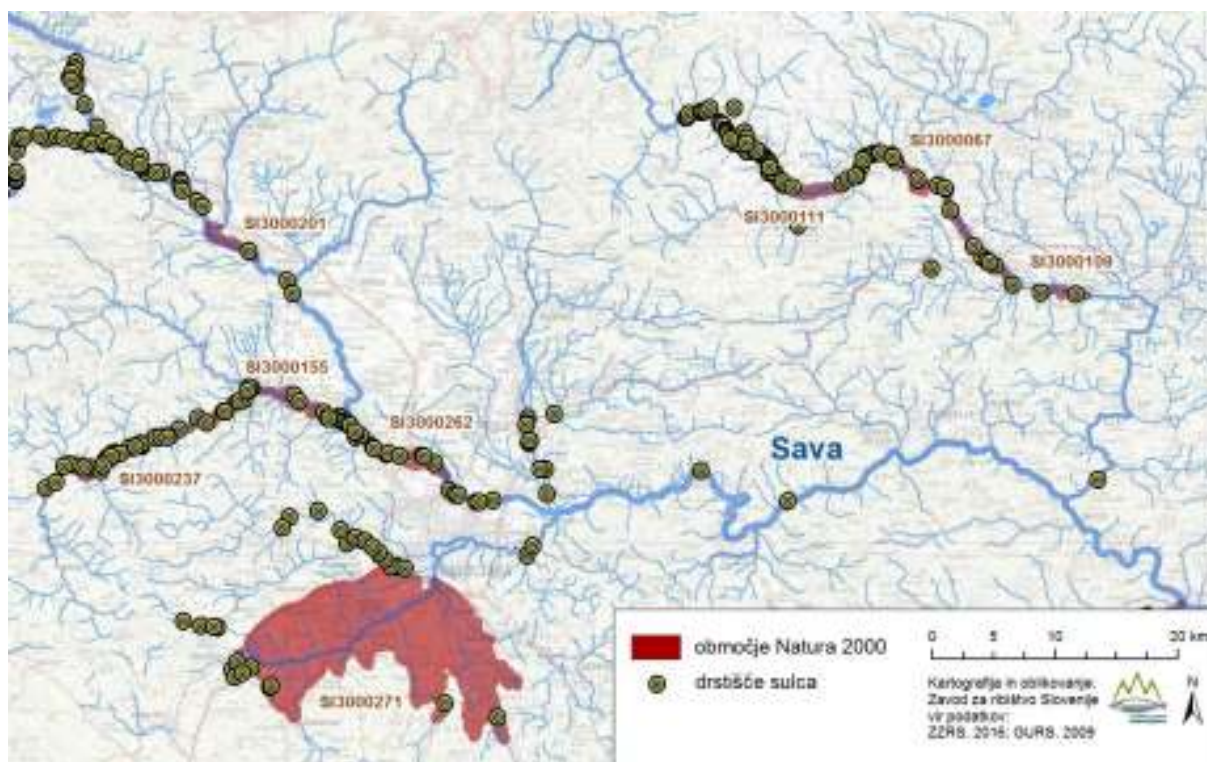
7. POPIS DRSTIŠČ

7.1. Metode

Zbiranje podatkov o drstiščih in spremljanje drsti sulca v porečju reke Save in Kolpe je Zavod za ribištvo Slovenije v sodelovanju z ribiškimi družinami pričel izvajati v letu 2008. V zbiranje podatkov so vključene vse ribiške družine, ki na tem območju upravljajo s sulčjimi revirji. V okviru tega poročila prikazujemo podatke o drstiščih in drsti na obravnavanem območju v času trajanja projekta (2015). Zbiranje podatkov je potekalo z izpolnjevanjem popisnih listov. Le ti vsebujejo podatke o lokaliteti: ime vodotoka, opis lokacije, koordinate; datum popisa; opis stanja na lokaliteti: zasenčenost drstišča (%); tip vodnega toka (%): brzice, laminarni tok, tolmun; opis strukture usedlin (%): pesek, gramoz, prod, kamenje, skale, matična kamnina, lehnjak, dno ni vidno in opis drstišča: dolžina drstišča (m), širina drstišča (m), globina vode na drstišču (m), število drstnih jam, število sulcev (ločeno po spolu), temperatura vode (°C) ter vodostaj: visok, normalen, nizek, neocenjen.

7.2. Rezultati in razprava

V letu 2015 smo na območju porečja reke Save popisali 144 drstišč, pri tem opazili 426 drstnih jam, 936 sulcev, od tega 437 samic. Ocenjujemo, da je bila naravna drst sulca v letu 2015 zelo intenzivna. Na sliki (Slika 43) prikazujemo popisana drstišča na v projektu obravnavanem območju v letih 2013 do 2015.

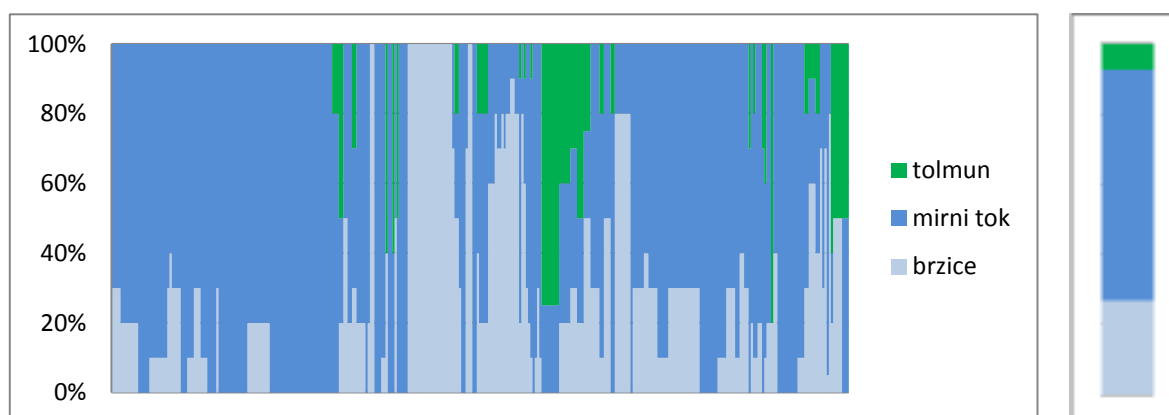


Slika 43: Drstišča sulca, popisana v letih 2013, 2014 in 2015.

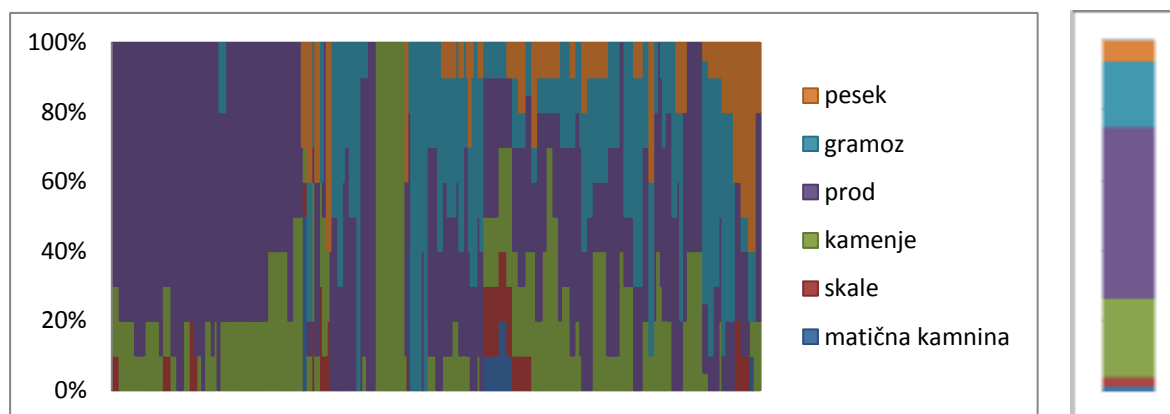
Na območju svoje razširjenosti se sulci drstijo tako v glavnem toku večjih rek kot tudi večjih ali manjših pritokih; poznani so primeri drsti v potoku, ki ni bil širši od dveh metrov in globok 40 do 60 cm. Izbiro mesta drstenja po eni strani določa primernost usedlin (prednostno izbira neporasla gruščnata, peščena ali kamnita inprodnata dna), po drugi hidrološki pogoji. Svojovlogopri tem odigrat uvelikost ribe. Običajno se drstišča nahajajo na meji med počasi tekočo vodo in območji živahnejšega vodnega toka, velikokrat je to na spodnjem koncu dolgega tolmana, v tokovih med otočki v strugi, v ustjih pritokov, za stebrimostov (Holčik, 1988).

Drstna jama, ki jo samica pripravi na primernih usedlinah je eliptična depresija z daljšo osjo vzdolž linije toka. Dimenzije so različne, povezane so z velikostjo drstečih sulcev. Manjše samice (z maso manj kot 7 kg) izkopljejo drstne jame dolge 120-200 cm, približno 60 cm široke in 10 - 40 cm globoke; večje izkopljejo precej večje drstne jame. Schulz in Piery (1982) poročata o drstni jami na reki Dravi dolgi 6,5 m, široki 2,4 m in globoki 23 cm.

Podatki, ki smo jih zbrali s popisi drstnih habitatov v porečju Save zgornje ugotovitve potrjujejo. Analiza je pokazala, da so se sulci drstili tako v strugi Save kot njihovih pritokih, večjih (Sora, Ljubljanica, Tržiška Bistrica) kot manjših (Gradaščica, Dolska mlinščica). Za drst so izbirali obrežna prodišča, spodnje konce dolgih tolmunov ipd. Na drstiščih je prevladoval mirni vodni tok (Slika 44). Popisali smo drstne habitate, kjer smo vodni tok v celoti ocenili kot mirni, prav tako drstne habitate, kjer smo vodni tok v celoti ocenili kot brzice. Tolmun je le občasno predstavljal del vodnega toka na drstišču.



Slika 44: Delež vodnega toka na posameznih drstiščih in povprečni delež toka na vseh popisanih drstiščih (skrajno desni stolpec).



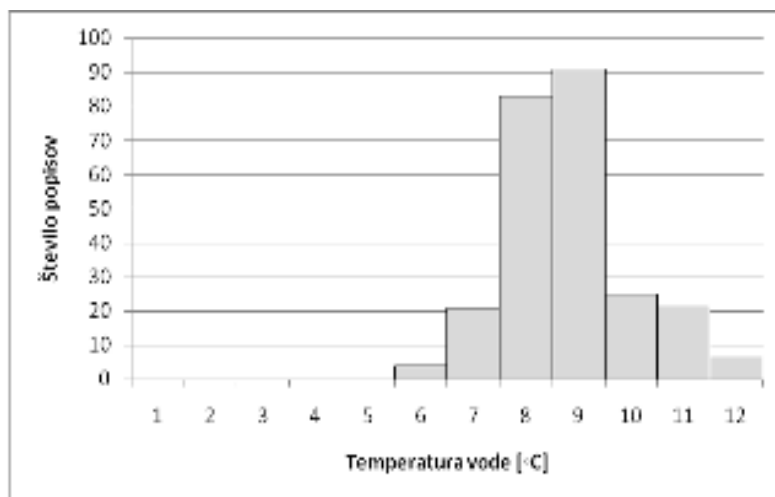
Slika 45: Delež frakcij usedlin na posameznih drstiščih in povprečni delež frakcij usedlin na vseh popisanih drstiščih (skrajno desni stolpec).

Usedline na drstišču so bile večinoma prodnate (Slika 45), povprečna globina vode 0,8 m. Na nekaterih drstiščih je bil izrazito visok delež enega tipa usedlin (predvsem proda), na večini je bila struktura precej bolj heterogena. V teh primerih so večinski delež v strukturi usedlin na drstiščih predstavljale tri frakcije: gramoz, prod in kamenje.

Na odsekih preiskovanih vodotokov, ki so bili pod vplivom akumulacijskih razmer drsti sulca nismo opazili (razmere za drst so v resnici neprimerne).

Sulec je med vrstami salmonidov, ki se drstijo spomladi. Različni avtorji povezujejo prihod sulcev na drstišča z odjugo (Olifer 1977, Jungwirth 1977). V srednji Evropi je čas drsti ponavadi v aprilu in maju; v južnejših regijah že v februarju, podobno tudi v naši Krki, Dravi in Ljubljani, kje drst običajno poteka februarja in marca (Munda 1935). Obdobje drsti v glavnem določajo temperature, tudi vreme na splošno. Jungwirth (1977) ugotavlja, da je v toplem in sončnem vremenu pri temperaturi vode okrog 10 °C drst kratka in spontana. Snežnica lahko upočasni drst tudi za nekaj tednov.

Terenske meritve temperature vode na drstiščih so pokazale, da so se sulci drstili v času, ko je bila temperatura vode med 6 in 12 °C, pri čemer je drst dosegla vrhunec med 8 in 9 °C (Slika 46). Temperatura vode v Gradaščici je dosegla optimalno vrednost že v začetku februarja, ko so opazili prvo. Konec februarja se je drst pričela na Kolpi. V celotnem porečju Save je drst največjo razsežnost dosegla v aprilu. V mesecu maju je bila drst praktično zaključena. Opazili smo le še nekaj drstnih jam, predvsem v zgornjih in hladnejših odsekih porečja reke Save.



Slika 46: Število popisov na drstiščih sulca v odvisnosti od temperature vode.

7.3. Literatura

Holčík J., Hansel K., Niesalnik J., Skácel L. 1988. The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, Largest Salmon of the World. Dordrecht, Boston, Lancaster, Dr. W. Junk Publishers: 239 str.

Schulz N., Piery G. 1982. Zur Fortpflanzung des Huchens (*Hucho hucho* L.) Untersuchung einer Laichgrube. Osterr. Fisch., 35: 241-249

Olifer S.A. 1977. Rybokhozyaistvennoe osvoenie Usl'-Ilimskogo vodokhranilishcha. Izv. Gos-NIORKH 115: 65-96

Jungwirth M. 1977. Huchen Hochzeit. Blinker, 9: 78-81

Munda A. 1935. Die künstliche Zucht des Huchens in Jugoslawien und die hiebei gewonnenen biologischen Erfahrungen. Verh. Int. Ver. Limnol., 7: 313-320

8. GENETSKA ANALIZA

8.1. Opis vzorcev in metode dela

V genetsko analizo smo vključili 204 vzorce sulca, od tega 51 vzorcev iz območja srednje Save in 20 vzorcev iz ribogojnice Obrh (Preglednica 12). Iz dela plavuti, shranjenega v 96% etanolu, smo izolirali DNK po metodi z izsoljevanjem.

Preglednica 12: Seznam vzorcev sulca, vključenih v genetsko analizo.

Izvor vzorca (lokacija oz. ribiška družina)	Št. vzorcev
RD Barje	18
RD Bled	12
RD Dolomiti	6
RD Radovljica	16
RD Mozirje	3
RD Mura	2
RD Tržič	7
RD Kočevje	18
Ribog. Obrh	20
RD Novo mesto	9
RD Sora	17
RD Vrhnika	11
Sava-ZZRS	51
Bohinjska Bistrica	5
Stari vzorci-Povodje	5
Stari vzorci-Sava	2
Stari vzorci-Sora	2
Skupaj	204

Genetske analize so vključevale analizo nukleotidnega zaporedja gena NADH1 v mitohondrijski DNK, ki se je izkazal kot najbolj polimorfen in zato najprimernejši mtDNK gen za filogenetske in populacijsko genetske analize (Weiss s sod., 2011). Pregledana nukleotidna zaporedja smo poravnali in glede na že objavljene podatke posameznemu vzorcu določili haplotip NAHD1 gena.

Nadaljevali smo s proučevanjem polimorfizma na mikrosatelitnih lokusih, ki predstavljajo najprimernejši markerski sistem za ugotavljanje variabilnosti znotraj populacije in primerjavo populacij. Do sedaj so bila objavljena tri znanstvena dela, v katerih je bilo za populacijske analize sulca uspešno uporabljenih 16 mikrosatelitnih lokusov (Geist s sod., 2009; Weiss s sod., 2011; Weiss in Schenekar, 2016). V analizo vzorcev sulca iz Slovenije smo vključili 12 polimorfni mikrosatelitnih lokusov, katerih pomnoževanje smo optimizirali tako, da smo v eni reakciji pomnoževanja pomnožili več lokusov hkrati. Genotipe smo določili v programu GeneMapper in jih pripravili v primerni preglednicarični obliki za nadaljnje statistične analize. Večjim populacijam ($N \geq 8$) smo določili osnovne populacijsko genetske parametre (heterozigotnost, povprečno število alelov, alelna pestrost,

Hardy-Weinbergovo ravnotežje, Fis vrednost), ter primerjali populacije med sabo (Fst vrednost, genetske distance, razporeditev genotipov na FCA grafu) z namenom ugotoviti, ali obstajajo med populacijami sulca v Sloveniji in specifično v srednji Savi genetske razlike ter ali so razlike prisotne ob primerjavi naravnih in ribogojniških populacij. Za statistično analizo smo uporabili programe FSTAT in Genetix. S programom Structure smo določili genetsko strukturo vseh analiziranih vzorcev in ocenili najbolj verjetno število genetskih skupin.

8.2. Rezultati in razprava

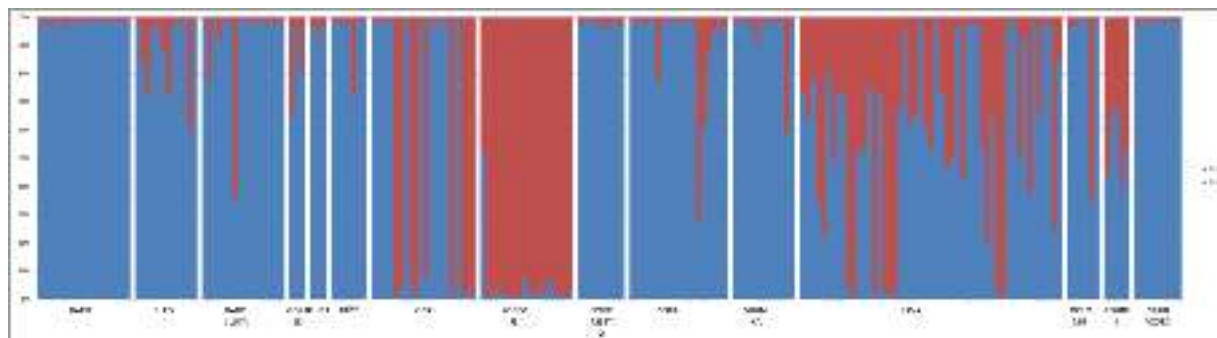
8.2.1. Mitohondrijska DNK

Vsem vzorcem, vključenim v analizo smo določili nukleotidno zaporedje mtDNA, gena NADH1. Ob poravnavi sekvenc in s primerjavo z že objavljenimi sekvencami v genski banki smo ugotovili, da sta v Sloveniji za sulca značilna le dva mtDNA haplotipa, in sicer prevladujoči haplotip Hap1 in Hap3, ki se pojavlja redkeje, njegova zastopanost pa je v reki Krki večja od povprečja.

8.2.2. Mikrosatelitni lokusi – diferenciacija populacij sulca v Sloveniji

Z analizo mikrosatelitnega polimorfizma smo želeli ugotavljati populacijsko strukturo sulca na območju Slovenije, sulec na območju srednje Save je obravnavan kot enotna (ena) populacija.

Kot je razvidno s slike (Slika 47), lahko na osnovi mikrosatelitnega polimorfizma sulce v Sloveniji razdelimo v dve skupini: 1) populacija sulca v reki Kolpi (rdeče obarvani osebki); 2) populacija sulca v preostalem porečju Save v Sloveniji (modro obarvani osebki).



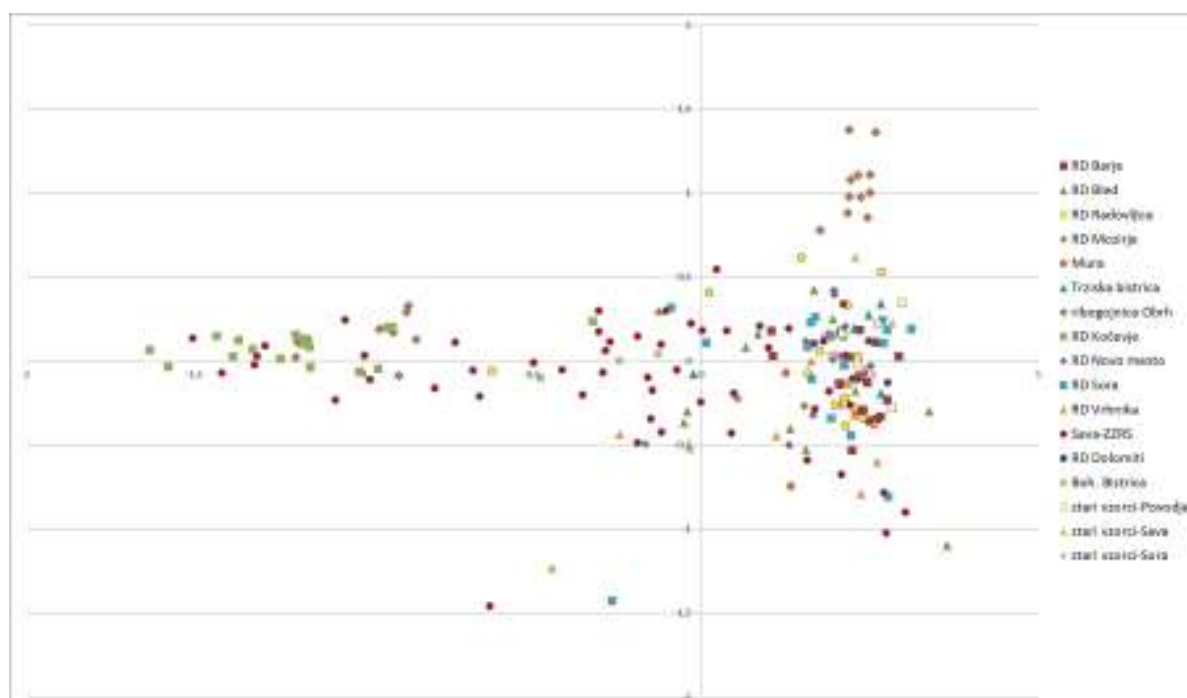
Slika 47: Grupiranje vzorcev sulca na osnovi analize Structure. Najbolj verjetno število prisotnih genetskih skupin v analiziranem setu vzorcev je 2 ($K=2$).

Prva skupina (rdeča barva) je zastopana tudi v populacijah preostalega savskega porečja; velik delež osebkov, za katere bi glede na genetsko strukturo sklepali na njihov izvor iz reke Kolpe (popolnoma rdeče obarvani osebki) smo našli v populaciji sulca iz srednje Save in pri sulcu vzorčenem v ribogojnici Obrh (vzorčenje marec 2014, dvoletne mladice, namenjene poribljavanju). Neavtohton izvor teh vzorcev v omenjenih populacijah potrjuje dejstvo, da je bilo smukanje v letu 2012 opravljeno tako na Kolpi, kot tudi na Sori (podatki ZZRS), oploditev iker se vedno izvede na terenu, mladice vzgajajo v skupnem bazenu. Pri populaciji iz ribogojnice Obrh, ki je bila namenjena poribljavanju, je jasno

razvidno, da približno polovica mladice izvira iz Kolpe, polovica pa iz preostalega savskega porečja. Križancev v ribogojnici Obrh nismo zaznali. V srednji Savi pa s strani ZZRS poteka najbolj intenzivno poribljavanje z mladimi, ki jih vzgajajo v ribogojnici Obrh.

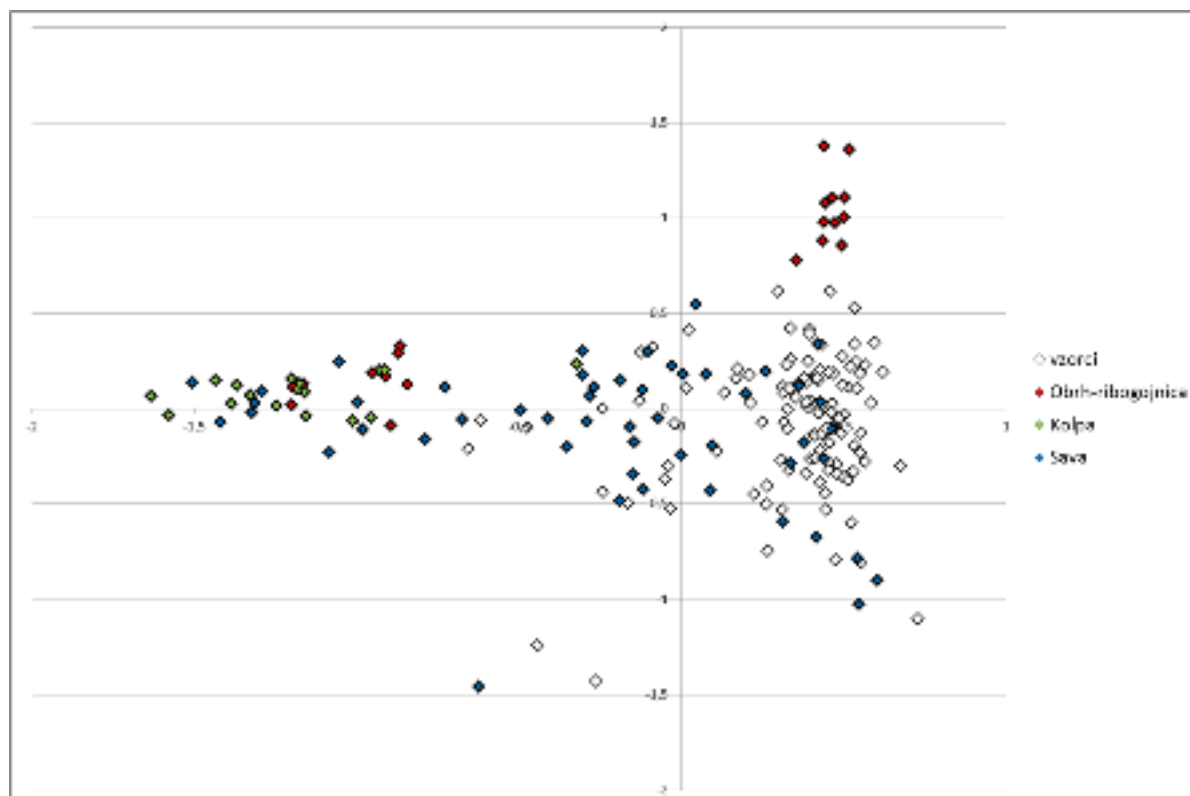
Tako v populaciji iz srednje Save kot tudi v populacijah sulca iz okolišev RD Bled, Radovljica, Sora, Vrhnika, Dolomiti in Bohinj pa smo zaznali prisotnost križancev, to je vzorcev z manj kot 100% (10-75%, Slika 47) deležem genetske skupine, ki je značilna za sulca iz Kolpe. Glede na prakso, ki se izvaja ob smukanju za potrebe nadaljnje vzreje in poribljavanja, lahko zaključimo, da gre za naravna križance, ki so nastali ob naravni drsti v porečju reke Save, med avtohtonimi osebki in osebki, ki so bili vneseni s poribljavanjem (in je njihov potencialni izvir iz reke Kolpe). Najvišji delež križancev najdemo na območju srednje Save, kjer je tudi najvišji delež osebkov, ki izvirajo iz reke Kolpe. Na osnovi teh rezultatov lahko zaključimo, da vloženi sulci preživijo in se uspešno pariyo, ter da se ne selijo veliko. Pomembno dejstvo, ki ga je potrebno upoštevati pri nadaljnji vzreji in poribljavanju sulca pa je tudi to, da ima poribljavanje veliko vlogo pri spreminjanju genetske strukture sulca predvsem na območju srednje Save.

Podobno sliko genetske strukture sulca v Sloveniji prikazuje tudi korespondenčna analiza (PCA; Slika 48).



Slika 48: PCA graf.

Vzorci sulca iz Kolpe se grupirajo na levi strani grafa, preostali vzorci so razpršeno razporejeni od te skupine do skrajno desno razporejenih vzorcev. Za lažjo predstavo o razporeditvi vzorcev posameznih zanimivih populacij predstavljamo še nekaj grafov PCA, kjer so označene le nekatere populacije (Slika 49 in Slika 50).



Slika 49: PCA graf, označeni vzorci iz ribogojnice Obrh, Kolpe in srednje Save.

Tudi na PCA grafu (Slika 49) lahko jasno določimo vzorce, ki so med obema skupinama in torej predstavljajo križance.

8.2.3. Populacijsko genetski parametri populacij sulca v Sloveniji

Splošna statistična analiza polimorfizma mikrosatelitnih lokusov je pokazala, da je populacija sulca v Sloveniji dokaj polimorfna; heterozigotnost je v večini primerov nad 0,5 (Preglednica 13); povprečno število alelov v posamezni populaciji sega od 3,16 do 7,16 (Preglednica 14). Sulec na območju srednje Save je obravnavan kot enotna (ena) populacija.

Preglednica 13: Heterozigotnost (H_o) na posameznem lokusu in povprečna heterozigotnost (H_{povp}). Vključene so le populacije z več kot 8 vzorci.

	RD BARJE	RADOVLJICA	TRŽIŠKA BISTRICA	OBRH	RD KOČEVJE	RD NOVO MESTO	SORA	RD VRHNIKA	SAVA-ZZRS
GACA14	0,626	0,61	0,476	0,571	0,056	0,66	0,462	0,627	0,604
GACA44	0,784	0,825	0,81	0,784	0,475	0,569	0,6	0,759	0,813
GATA50	0,497	0,496	0,452	0,184	0,359	0,542	0,519	0,491	0,495
HLJZ02	0,34	0,674	0,702	0,671	0,109	0,472	0,572	0,514	0,685
GACA55	0	0,175	0	0	0,111	0	0,173	0	0,16
OMM106	0,847	0,917	0,667	0,806	0,645	0,896	0,946	0,828	0,898
GATA31	0,796	0,886	0,857	0,863	0,817	0,75	0,788	0,813	0,899
TAR101	0,56	0,755	0,679	0,741	0,613	0,708	0,75	0,445	0,774
ONE2	0,553	0,713	0,571	0,624	0,257	0,786	0,708	0,411	0,734

	RD BARJE	RADOVLJICA	TRŽIŠKA BISTRICA	OBRH	RD KOČEVJE	RD NOVO MESTO	SORA	RD VRHNIKA	SAVA-ZZRS
Ssa197	0,676	0,515	0,452	0,736	0,608	0,389	0,447	0,673	0,692
SsaD23	0,586	0,591	0,567	0,281	0,645	0,375	0,585	0,701	0,739
SsaD58	0,288	0,504	0,429	0,463	0,431	0,486	0,354	0,245	0,506
Hpovp	0,546	0,638	0,555	0,560	0,427	0,553	0,575	0,542	0,666

Preglednica 14: Število alelov na lokus (A) in povprečno število alelov v populaciji. Vključene so le populacije z več kot 8 vzorci.

	RD BARJE	RADOVLJICA	TRŽIŠKA BISTRICA	OBRH	RD KOČEVJE	RD NOVO MESTO	SORA	RD VRHNIKA	SAVA- ZZRS	A
GACA14	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3
GACA44	6	7	6	6	6	3	4	6	9	12
GATA50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HLZ02	3	4	3	3	3	3	4	4	4	6
GACA55	1	2	1	1	2	1	3	1	6	7
OMM106	9	12	3	7	5	8	9	5	12	20
GATA31	7	9	6	8	6	6	6	7	13	19
TAR101	3	5	3	5	6	3	5	2	8	8
ONE2	3	4	3	5	2	4	7	2	8	13
Ssa197	4	5	2	4	4	3	3	4	8	9
SsaD23	5	6	4	3	4	2	8	5	11	12
SsaD58	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Apovp	4	5,08	3,16	4,08	3,66	3,33	4,58	3,58	7,17	

Z analizo Fis vrednosti smo ocenili odstopanje od Hardy-Weinbergovega ravnotežja (HWE). Statistično značilno odstopanje od HWE je lahko posledica izbirnega nenaključnega parjenja, migracij, itd. statistično značilno odstopanje od HWE smo zaznali pri populaciji iz Sore in srednje Save, ko je bila ta populacija obravnavana kot ena skupna populacija. Najbolj verjetna razlaga tega odstopanja je vpliv vsakoletnega poribljavanja (migracije) z mladnicami različnega izvora, zaradi česar se HWE ne more vzpostaviti, in v populaciji ostajajo podstrukture (subpopulacije). V primeru srednje Save pa celotne regije tudi ne moremo obravnavati kot eno populacijo, v kateri osebki lahko nemoteno komunicirajo, migrirajo, in odstopanje od HWE kaže na to, da v srednji Save ne gre za enotno populacijo (glej 5.3.4.).

Z analizo Fst smo ocenili sorodstvene odnose med populacijami. Vrednosti Fst segajo od 0.001 (med populacijo iz Krke in Dolomiti) do 0,3594 (med populacijo iz Kolpe in vzorci iz RD Barje) (Preglednica 15).

Preglednica 15: Fst vrednosti (pod diagonalo) in signifikantnost Fst vrednosti (nad diagonalo). 1-RD Barje, 2-Bled, 3-Radovljica, 4-Tržiška bistrica, 5-ribogojnica Obrh, 5-RD Kočeje, 7-RD Novo mesto, 8-Sora, 9-RD Vrhnika, 10-Sava-ZZRS, 11-RD Dolomiti, 12-Bohinjska Bistrica.

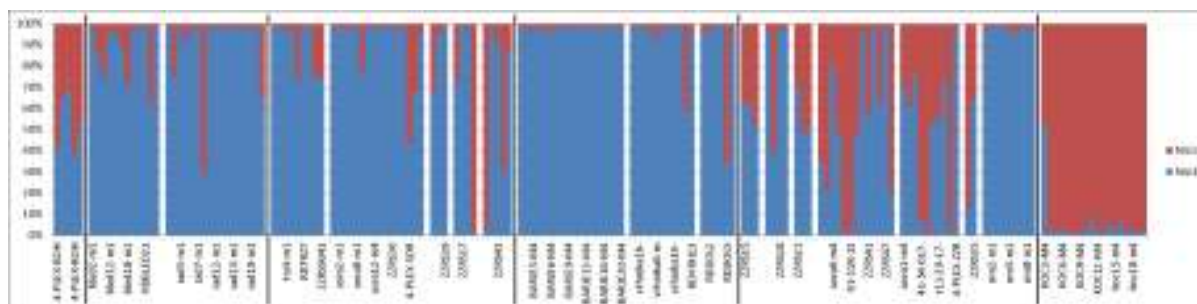
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0	NS	NS	NS	***	***	*	NS	NS	**	NA	NA
2	0,0329	0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NA	NA
3	0,0353	-0,0082	0	NS	*	***	NS	NS	NS	NS	NA	NA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	0,0562	0,0305	0,0297	0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NA	NA
5	0,1738	0,1099	0,0899	0,1749	0	NS	*	NS	*	*	NA	NA
6	0,3594	0,2816	0,2868	0,38	0,1762	0	**	NS	*	**	NA	NA
7	0,0666	0,0516	0,0189	0,0732	0,1445	0,3487	0	NS	NS	*	NA	NA
8	0,0792	0,018	0,0289	0,0111	0,1632	0,3585	0,1073	0	NS	NS	NA	NA
9	0,0373	0,0438	0,0581	0,0867	0,198	0,3584	0,0767	0,0881	0	NS	NA	NA
10	0,0754	0,0122	0,0302	0,0726	0,0744	0,141	0,0651	0,0791	0,0744	0	NA	NA
11	-0,0039	-0,0117	-0,0333	0,0287	0,0878	0,3017	0,0001	0,0506	0,0189	0,0144	0	NA
12	0,119	0,0808	0,0584	0,1447	0,1417	0,258	0,1179	0,1306	0,1089	0,0316	0,0067	0

8.2.4. Populacijsko genetska struktura sulca v srednji Savi

Populacijo v srednji Savi smo razdelili na več območij, ki so ločene z neprehodnimi ovirami in bi glede na povezanost bolj ustrezala definiciji populacije.

Opravili smo analizo v programu Structure. V prvo analizo smo vključili še vzorce iz Kolpe, za katere se je v predhodnih analizah izkazalo, da preko poribljavanja ključno prispevajo k genetski strukturi sulca na območju Srednje Save (Slika 50).



Slika 50: Grupiranje vzorcev sulca v srednji Savi in Kolpi na osnovi analize Structure. Najbolj verjetno število prisotnih genetskih skupin v analiziranem setu vzorcev je 2 ($K=2$). Populacije so razvrščene od zgornjega proti spodnjemu toku Save. Neprehodne pregrade so označene s črno črto.

V naslednjem koraku smo izločili vzorce iz Kolpe in ponovili analizo z namenom ugotoviti strukturiranost populacije izključno na območju srednje Save. Tudi v tej analizi je najbolj verjetno število genetskih skupin v vzorcu 2. Populacije, v katerih se je nakazovala čista struktura brez vplivov genskega toka iz Kolpe (RD Barje, Krka, RD Vrhnika z izjemo enega vzorca, RD Dolomiti razen enega osebk), so ostale ločene. Največji vpliv poribljavanja in hibridizacije je zaznan v populacijah Bohinj, in srednja Sava brez pritokov, s katerimi upravlja Zavod za ribištvo Slovenije.

V naslednjem koraku smo analizirali le vzorce, ki so po prvi analizi (Slika 50) izkazovali več kot 75% delež skupine 1 (modre barve-genetska skupina, značilna za sulca v Savi). Zaznali nismo nobene

dodatne genetske strukturiranosti, kar potrjuje rezultate PCA analize, da so vzorci v Savi, če izvzamemo posledice poribljavanja (vzorci, ki izvirajo iz Kolpe, oz. križanci), genetsko dokaj enotni, homogeni in da med njimi ni večjih razlik, razen v nekaterih primerih, ko so populacije ločene s pregradami in je njihovo upravljanje v domeni posameznih ribiških družin (npr. RD Barje, RD Novo mesto).

8.2.5. Ocena efektivne velikosti populacije (N_e)

Za oceno efektivne velikosti populacije smo uporabili program NeEstimator. Ocena efektivne velikosti populacije na osnovi metode vezanega neravnotežja in presežka heterozigotov ter generacijskega časa 5 let je podana v preglednici (Preglednica 16).

Preglednica 16: Ocena efektivne velikosti populacije in 95% interval ocene.

	Sava	Kolpa	Barje
Vezavno neravnotežje	52,3 (47,7-57,5)	10,0 (7,8-13,4)	13,3 (10,8-16,9)
Presežek heterozigotov	∞	∞	∞

Po Allendorf-u s sod. (1997) velja formula: $N_e/N_{ideal} = 0,2$ (0,1 do 0,3). Velikost celotne populacije sulca ob upoštevanju srednje vrednosti N_e torej lahko ocenimo na: Sava 262 (174-523), Kolpa 50 (33-100), Barje 66 (44-133).

8.3. Zaključki

- Na osnovi analiziranih vzorcev smo pokazali, da sta v Sloveniji prisotni vsaj dve genetsko ločeni skupini sulca: sulec, ki naseljuje reko Kolpo in sulec v srednji Savi s pritoki
- Pokazali smo, da velik delež populacije sulca na območju srednje Save izvira iz naravne reprodukcije, torej se lahko populacija vzdržuje sama (ang. self-sustaining), kljub prisotnemu poribljavanju. Populacije torej ni odvisna le od dopolnilnega vlaganja
- Heterozigotnost najnižja v Kolpi (0,42) in najvišja v srednji Savi (0,66; vpliv vlaganja)
- Ocenjena velikost populacije je nizka
- Glede na dobljene rezultate predlagamo, da se pri upravljanju populacij sulca upošteva dejstvo, da populacija sulca v reki Kolpi predstavlja genetsko ločeno skupino; teh osebkov oz. njihovih potomcev se ne bi smelo uporabljati za podporno vlaganje v srednji Savi in pritokih; in seveda tudi obratno.

8.4. Literatura

- Allendorf F.W., Bayles D., Bottom D.L., Currens K.P., Frissel C.A., Hankin D., Lichatowich J.A., Nehlsen W., Trotter P.C., Williams T.H. 1997. Prioritizing Pacific salmon stocks for conservation. *Conservation biology*, 11: 140 – 152
- Geist J., KolahsaM., Gum B., Kuehn R. 2009. The importance of genetic cluster recognition for the conservation of migratory fish species: the example of the endangered European huchen *Hucho hucho* (L.). *Journal of Fish Biology* 75: 1063–1078
- Weiss S., Marić S., Snoj A. Regional structure despite limited mtDNA sequence diversity found in the endangered Huchen, *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758). *Hydrobiologia*, 658 (1): 103-110
- Weiss, S., Steinbrugger, S., 2010. Mur-Huchen: genetischer Nachweis von Fremdbesatz und natürlicher Reproduktion. Končno poročilo.
- Weiss S., Schenekar T. 2016: Genetic evaluation of the self-sustaining status of a population of the endangered Danube salmon, *Hucho hucho*. *Hydrobiologia*: 775 (1): 153-165

9. POPIS VODNIH PREGRAD

9.1. Metode

9.1.1. Območje popisa vodnih pregrad

Popis vodnih pregrad smo izvajali na območju srednje Save, med Medvodami in Litijo, ter na pritokih Sori, Kamniški Bistrici in Gameljščici. Podatke o vodnih pregradah na Ljubljanici smo povzeli iz projekta »Obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima« (LIFE10NAT/SI/142)«. Na pritokih smo se omejili na spodnje tokove rek in vodne pregrade, ki na teh odsekih najprej zapirajo pot sulcem, ki priplavajo v pritoke na drst oziroma jim preprečujejo pot v gorvodne odseke teh pritokov.

9.1.2. Izvajanje popisa vodnih pregrad

Na izbranih odsekih vodotokov smo na pregradah, ki so segale preko celotne širine struge ocenili izbrane parametre vodnih pregrad in njihovih struktur. Pri izbiri parametrov, pomembnih za oceno prehodnosti pregrad za ribe smo se naslonili na protokol »The ICE protocol for ecological continuity – assesing the passage of obstacles by fish (Baudoin s sod., 2014) « in različnih smernic za izdelavo prehodov za ribe (FAO & DVWG, 2002; FAH, 2011;ICPDR, 2012).

Na vsaki vodni pregradi smo popisali in ocenili:

- tip pregrade (jez, prag, stopnja),
- višino pregrade,
- globino nadslapja,
- globino podslapja in
- globino vode na pregradi.

Za končno ocenoprehodnosti posameznih pregrad smo uporabili različne pristope. V prvi vrsti smo uporabili podatke o prehajanju označenih sulcev preko pregrad, kjer so bili takšni podatki na voljo. Pregrade za katere ta podatek ni bil na voljo, smo oceno prehodnosti podali na podlagi strokovne ocene. Pritem smo uporabili tudi podatke iz ribiško gojitvenih načrtov (RGN), v katerih se zbira podatke o pregradah, ki ribam onemogočajo ali otežujejo prehodnost.

Evidentirali smo tudi ostanke prečnih pregrad ali druge strukture, ki niso segale preko celotne širine struge ali bile v strugo umeščene tako, da je bilo razvidno, da njihova višina ribam ne predstavlja ovire oziroma struktura nudi dovolj velike koridorje za prehajanje rib.

Poimenovanje vodnih pregrad v poročilu delno sledi definicijam vodnih pregrad po Steinmanu (1999), vendar so zaradi vizualnega ocenjevanja pregrad možna odstopanja od navedenih definicij.

Pri oceni prehodnosti pregrad je bila ciljna vrsta sulc. Nekatere druge vrste, kot je na primer podust (*Chondrostoma nasus*), ki predstavlja vodilno vrsto v prehrani sulca, imajo glede prehodnosti nekoliko drugačne zahteve od sulca. Podust je slabša plavalka in ne more skakati preko preprek, potrebuje tudi položnejše drče in nižje hitrosti. V primerjavi z večjimi sulci, je manj zahtevna glede globine vode. Tudi zahteve sulcev glede prehodnosti se tekom njihovega življenja spreminjajo. Večji in

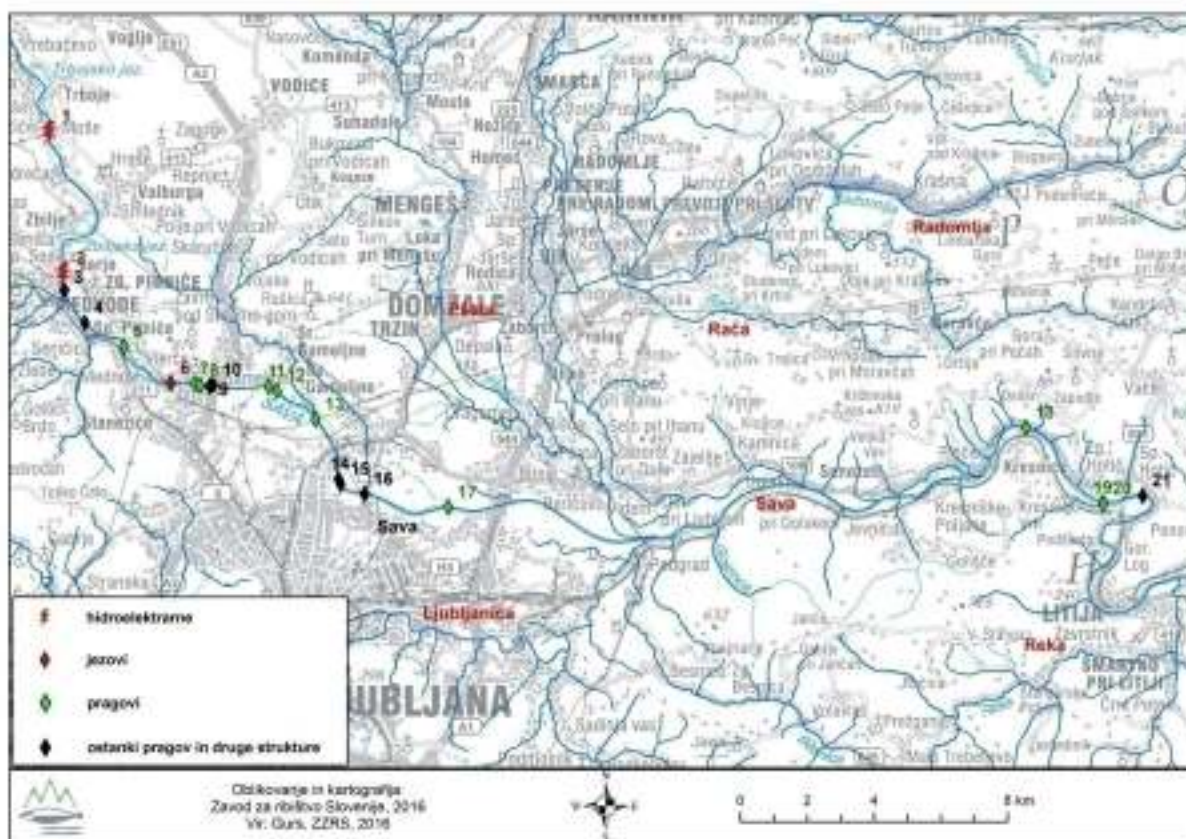
starejši sulci načelom premagajo večje ovire kot manjši in mlajši osebki, vendar so, kot že rečeno, zahtevnejši glede globine vode na vodnih ovirah.

Kot kriterij dobre prehodnosti smo vzeli pogoj, da je prehajanje omogočeno vsem vrstam in velikostim rib, in sicer vsaj 300 dni v letu.

9.2. Rezultati in razprava

9.2.1. Sava

Na območju reke Save med Medvodami in Litijo smo evidentirali 20 objektov prečnih pregrad ali drugih struktur v strugi Save (Slika 51), med katerimi prevladujejo kamniti pragovi (Preglednica 17). Med prečne pregrade tega območja štejemo tudi HE Mavčiče, ki leži gorvodno od pregrade HE Medvode in je skupaj z evidentiranimi prečnimi objekti prikazana na Slika 51; ta pregrada leži izven območju popisa, vendar pomembno vpliva na vzdolžno povezanost habitata sulca na tem območju Save. Pogostiso tudi ostanki talnih pragov, ki v sedanjem stanju ne segajo preko celotne struge Save in ribam ne omejujejo prehajanja ali njihovi ostanki tvorijo prehodne prelive in brzice (Slika 52).



Slika 51: Evidentirane vodne pregrade v reki Savi, na odseku od Medvod do Litije.

Preglednica 17: Popisane prečne pregrade na odseku Save med Medvodami in Litijo ter HE Mavčiče.

Št.	Pregrada	GKY	GKX
1	HE Mavčiče	454724	115703
2	HE Medvode	455134	111467
3	prag v Medvodah	455161	110996
4	prag v Medvodah	455778	110029
5	Prag v Vikrčah	456949	109319
6	Jez v Tacnu	458352	108210
7	Prag pod jezom v Tacnu	459070	108204
8	Prag pod jezom v Tacnu	459223	108151
9	Prag pod jezom v Tacnu	459511	108145
10	Prag pod jezom v Tacnu	459615	108168
11	Prag v Spodnjih Gameljnah	461280	108116
12	Dvojni prag v Spodnjih Gameljnah	461519	108002
13	Dvojni prag v Spodnjih Gameljnah pod izlivom Gameljščice	462681	107147
14	Prag gorvodno od Stožic	463366	105350
15	Prag gorvodno od Stožic 2	463433	105202
16	Prag pri avtocesti	464149	104906
17	Dvojni prag v Sneberju	466652	104511
18	Prag v Šentjakobu	483936	106889
19	Prag pod mostom v Kresnicah	486251	104644
20	Prag pri separaciji Hotič	486249	104617
21	Prag pod Hotičem - ovinek	487433	104850



Slika 52: Primer ostankov talnega kamnitega pragu, ki ne segajo preko celotne širine struge in tvorijo prehodne prelive.

Jezovi

Na območju Save med Medvodami in Litijo se nahajata dva jezova, in sicer jez hidroelektrarne Medvode in jez v Tacnu. Gorvodno od HE Medvode leži še jez HE Mavčiče, ki se nahaja izven območja popisa drstišč, vendar pomembeno vpliva na fragmentacijo populacije sulca na srednje savski in zgornjesavski del populacije, zato ga prikazujemo v popisujezov. Jez nima prehoda za ribe.

Jezovni zgradbi HE Mavčiče in HE Medvode staneprehodni pregradi, ki nedvoumno prekinjata selitvene poti sulcev med srednjo in zgornjo Savo. HE Medvodeleži nad sotočjem Save s Soro. Jez v Medvodah je opisal že Munda (1926) inprav ta jez je bil že takrat razlog za slabo stanje populacije sulca na območju od Radovljice do Medvod. Leta 1953 je bila zgrajena HE Medvode, s 30 m visokim jezo. Pregrada nikoli ni dobila prehoda za ribe (Zabrc s sod., 2008) (Slika 53).



Slika 53: Jezovna zgradba HE Medvode (vir: spletna stran IBE) (levo) in HE Mavčiče (vir: wikimapia.org) (desno).

Jez v Tacnu se nahaja v Ljubljani (Slika 54). Je kombinacija naravnih skalnatih pregrad v spodnjem delu in grajene gladke vertikalne okoli 1,8 m višine v zgornjem delu. Jez je prelomljene oblike. Proti levi brežini je jez nižji, v sredini preloma jezusa je izveden prehod za ribe v obliki kamnite, hrapavedrče. Na skrajni desni strani je struktura jezusa kombinacija gladke drče in vertikalne gladke stopnje. Leta 1979 je bil jez obnovljen, takrat je bila na desnem bregu zgrajena kajakaška proga in prekatni prehod za ribe. Prehod prvotno ni bil funkcionalen. Leta 1991 je bil jez ponovno obnovljen in tehnični prehod za ribe zaprt (zalit z betonom) (Bertok s sod., 2008).



Slika 54: Jez v Tacnu. Hrapava drča v špici jezusa (zgoraj, označeno z rdečo), strme skalnate stopnje pod jezom (spodaj levo), hrapava drča – prehod za ribe v špici jezusa (spodaj sredina) in opuščeni prehod za ribe tehničnega tipa (spodaj desno).

Dostop do hrapave drče v špici krone jezua je za sulca izjemno zahteven, saj mora premagati skalnate stopnje v spodnjem delu jezua. Stopnje med skalami na začetku jezua so stopenjsko precej heterogene, merijo nekje med 0,5 in 1 m, mestoma tudi do 1,5 m. Globine vode v tolmunih smo ocenili na 1 do 2 m, globine vode na prelivih na 1 do 1,5 m. Na stopnjah se zaradi precejšnjega naklona tvori hiter vodni tok z visoko turbulentnostjo. Sulec naj bi po opazovanjih Ivaške (1951) lahko premagal tudi ovire, visoke do 1,5 m; kljub temu Holčič s sod. (1988) navaja, da so sposobnosti sulca za premagovanje pregrad bistveno slabše od drugih salmonidnih vrst rib. Glede na strukture jezua ocenjujemo, da jez v Tacnu omogoča prehajanje le večjim in močnejšim osebkom, ki se jim uspe prebiti do drče, ne omogoča pa neoviranega prehajanja manjšim sulcem.

Podatke o premikih označenih sulcev v okolici jezov na območju srednje Save prikazuje Preglednica 18, v naslednji preglednici (Preglednica 19) pa so zbrani podatki o velikosti in starosti sulcev ob vlaganju v Savo, ob ulovu ter podatki o dneh, preživetih v vodi.

Preglednica 18: Podatki o premikih sulcev v bližini jezov na območju srednje Save.

Št. pregrade	Pregrada	GKY koordinata	GKX koordinata	Smer migracije	Št. osebka	Št. prečkanj
1	HE Mavčiče	454724	115703	np	np	np
2	HE Medvode	455134	111467	np	np	np
6	Jez v Tacnu	458352	108210	Dolvodna, gorvodna	4152	0

Np = ni podatkov o premikih označenih sulcev v okolici ali peko pregrade.

Preglednica 19: Podatki o velikosti in starosti vloženih in ujetih sulcev, ki so se gibali v okolici jezov. V preglednici so prikazani tudi podatki o času, ki ga je sulec preživel v vodi.

Št. pregrade	Št. oznake	Datum (vlaganje)	Velikost (vlaganje)	Starost (vlaganje)	Datum (najdba)	Velikost (najdba)	Starost (najdba)	Čas v vodi
6	4152	04.07. 2013	391 mm	3 leta	04.02. 2015	550 mm	5 let	19 mesecev
	4152	/	/	/	04.11.2015	610 mm	5 let	9 mesecev



Slika 55: Premiki sulca št. 4152 v okolici jezusa Tacnu (pregrada št. 6) in pot preko pragu pod jezom v Tacnu (pregrada št. 7).

Slika 55 prikazuje pot označenega sulca, ki jo je opravil v 28 mesecih po označenju in vložku v Savo v bližini Tacenskega jezusa. Iz podatkov o vložku in dveh ulovih označenega sulca je razvidno, da v tem času ni prečkal Tacenskega jezusa, temveč je bil po dveh letih in štirih mesecih ponovno ujet pod jezom. Ti podatki nakazujejo, da jez za sulca te starosti (5 let) verjetno predstavlja neprehodno pregrado.

Zaradi zahtevnih pogojev (visoke stopnje, močna turbulentnost in visoka hitrost vodnega toka) za prehajanje sulcev preko jezusa menimo, da obravnavana pregrada nedvoumno vsaj otežuje migracijo sulcev in posledično predstavlja časovno zamudo pri selitvi na ustrezna drstišča, vendar najverjetneje zanje ne pomeni povsem neprehodne ovire.

Pragovi

Med evidentiranimi objekti v Savi med Medvodami in Litijo smo popisali 9 pragov, ki v obstoječem stanju tvorijo prečne pregrade, saj segajo preko celotne struge Save (Slika 51). Večinoma so to grajeni eno ali več stopenjski pragovi, ki tvorijo kamnite hrapave drče (Slika 56, Slika 57).



Slika 56: Primera dvostopenjskega kamnitega pragu, ki tvorita hrapavo drčo. Dvojni prag v Spodnjih Gameljnah (levo) in dvojni prag pod izlivom Gameljščice v Spodnjih Gameljnah (desno).



Slika 57: Primera položnih kamnitih pragov brez izrazitih stopenj. Prag v Spodnjih Gameljnah (levo) in prag pod mostom v Kresnicah (desno).

V preglednici (Preglednica 20) so navedeni evidentirani pragovi in premiki označenih sulcev preko in v bližini popisanih pragov. Pridobili smo podatke o premikih označenih sulcev preko 7 talnih pragov.

Preglednica 20: Podatki o premikih sulcev preko in v bližini popisanih pragov na območju srednje Save.

Št. pregrade	Pregrada	GKY	GKX	Smer premikov	Št. osebka	Št. prečkanj
4	Prag v Vikrčah	456949	109319	np	np	np
7	Prag pod jezom v Tacnu	459070	108204	dolvodna, gorvodna	4152	2
11	Prag v Spodnjih Gameljnah	461280	108116	gorvodna	4182	1
12	Dvojni prag v Spodnjih Gameljnah	461519	108002	gorvodna	4182	1
13	Dvojni prag v Spodnjih Gameljnah pod izlivom Gameljščice	462681	107147	gorvodna	4182	1
17	Dvojni prag v Sneberju	466652	104511	np	np	np

Št. pregrade	Pregrada	GKY	GKX	Smer premikov	Št. osebka	Št. prečkanj
18	Prag v Šentjakobu	483936	106889	gorvodna	1082	1
		483936	106889	gorvodna	1191	1
19	Prag pod mostom v Kresnicah	486251	104644	gorvodna	880	1
				gorvodna	3941	1
				gorvodna	3825	1
				gorvodna	5228	1
20	Prag pri separaciji v Spodnjem Hotiču	486249	104617	gorvodna	880	1
				gorvodna	3825	1

Np = ni podatkov o premikih označenih sulcev v okolici ali preko pregrade

Preglednica 21: Podatki o velikosti in starosti vložnih in ujetih sulcih, ki so prečkali popisane pragove ali so se gibali v njihovi bližini časa preživet v vodi za vsak premik posebej.

Št. pregrade	Št. oznake	Datum (vlaganje)	Velikost (vlaganje;mm)	Starost (vlaganje;leta)	Datum (najdba)	Velikost (najdba;mm)	Starost (najdba;leta)	Čas v vodi
7	4152	04.07. 2013	391	3	4.02. 2015	550	5	19 mesecev
		/	/	/	04.11.2015	610	5	9 mesecev
11,12,13	4182	04.07. 2013	432	3	04.01.2015	560	5	17 mesecev
12	4383	03.03.2014	486	3	20.01.2015	540	4	10 mesecev
12	5101	17.09.2015	472	3	22.01.2016	480	4	4 mesece
12,13	5103	17.09.2015	490	3	15.11.2015	500	3	2 meseca
		/	/	/	28.11.2015	500	3	3 dni
18	1082	12.08. 2009	417	3	14.02.2015	890	9	65 mesecev
		/	/	/	22.12.2015	920	9	10 mesecev
18	1191	12.08. 2009	402	3	03.01.2016	900	10	64 mesecev
19	5228	26.10.2015	462	3	04.11.2015	456	3	9 dni

Št. pregrade	Št. oznake	Datum (vlaganje)	Velikost (vlaganje;mm)	Starost (vlaganje;leta)	Datum (najdba)	Velikost (najdba;mm)	Starost (najdba;leta)	Čas v vodi
		/	/	/	24.01.2016	470	3	3 mesece
19	3941	29.09.2014	346	3	29.01.2015	450	4	4 mesece
19,20	880	07.08.2008	370	3	07.08.2015	950	10	84 mesecev
19,20	3825	23.09.2013	402	3	29.10.2015	680	5	23 mesecev
		/	/	/	07.11.2015	680	5	9 dni
		/	/	/	23.11.2015	680	5	16 dni

Podatki o premikihoznačenih sulcev kažejo, da so označeni osebki sedem od devetih evidentiranih pragov uspešno prečkali vsaj enkrat, vse v gorvodni smeri. Prehodnost pregrad v gorvodni smeri je ključna, saj so drstne migracije navadno usmerjenegorvodno, proti zgornjemu toku reke ali v pritoke (Holčik s sod., 1988).

Dva pragova, ki nimata stopenj, temveč njune strukture tvorijo bolj ali manj enotno hrapavo drčo sta prag pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19) in prag pri separaciji v Spodnjem Hotiču (pregrada št. 20;Slika 58).



Slika 58: Prag pod mostom v Kresnicah (levo) in prag pri separaciji v Spodnjem Hotiču (desno).

Največ podatkov o prečkanju sulcev imamo za prag pod mostom v Kresnicah, ki so ga v gorvodni smeri uspešno prečkali 4 sulci (Slika 59, Slika 60, Slika 61 in Slika 62).Prag pri separaciji v spodnjem Hotiču sta prečkala dva sulca (Slika 59 in Slika 61).



Slika 59: Premik sulca št. 880, v katerem je prečkal prag pri separaciji v Spodnjem Hotiču (pregrada št. 20) in prag pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).



Slika 60: Premik sulca št. 3941 preko pragu pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).



Slika 61: Premiki sulca št. 3825 preko pragu pri separaciji v Spodnjem Hotiču (pregrada št. 20) in preko pragu pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).



Slika 62: Premik sulca št. 5228 preko pragu pod mostom v Kresnicah (pregrada št. 19).

Sulec št. 880 je v gorvodni smeri prečkal oba pragova (Slika 59). Osebek Vložen je bil pri izlivu Bedenovega grabna pri Litiji, star 3 leta in dolg 370 mm. Po sedmih letih je bil ujet okoli 10,8 km gorvodno, star 10 let. Prav tako je oba pragova v gorvodni smeri prečkal sulec št. 3825.

Sulec št. 3941 je prag pod mostom v Kresnicah prečkal v 4 mesecih po vložku v Savo, sulec št. 5228 v le 9 dneh. Oba sulca sta preko pragu migrirala v gorvodni smeri. Na podlagi teh podatkov ter podatkov o strukturah drče ocenjujemo, da sta pragova za sulce prehodna.

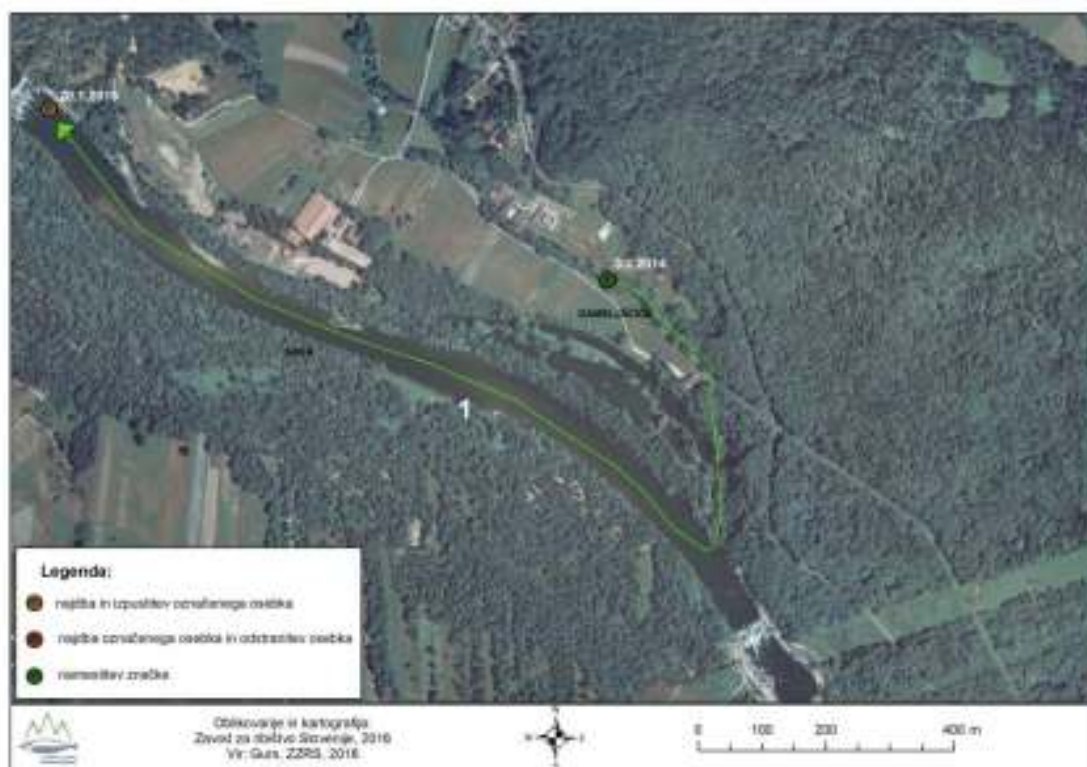
Med bolj problematične pragove, ki lahko ovirajo migracijo rib, uvrščamo večstopenjske pragove (pragovi št. 11-13; 17-18; Preglednica 20). Pogoji za prehajanje rib prekovečstopenjskih pragov so povezani predvsem z višino stopnje, naklonom strukture, globino podslapja in globino nadslapja, oziroma globine, hitrosti in turbulence vode na drči med stopnjami. Neizogibno je povezana tudi s plavalnimi sposobnostmi vrste (Baudoin s sod., 2014). Na podlagi ocen posameznih struktur vodnih pregrad ocenjujemo, da noben večstopenjski prag ne nudi optimalnih razmer za prehajanje sulcev. Neugodna razporeditev skal, prevelike hitrosti in turbulence vode, pri različnih pretokih Save, ne zagotavljajo migracijskih koridorjev z ugodnimi razmerami za prehajanje sulcev vseh starostnih kategorij. Neugodni pogoji za prehajanje preko takšnih ovir lahko časovno zadržijo migracijo osebkov, kar pomeni zakasnjeno drst (Baudoin s sod., 2014).

Za vse potencialno problematične pragove, z izjemo dvojnega pragu v Sneberju (pregrada št. 17, Preglednica 20) imamo vsaj en podatek o prečkanju sulca v gorvodni smeri. Na podlagi tako majhnega števila podatkov je sicer nemogoče trdno sklepati nedvoumni prehodnosti obravnavanih pragov.

Podatki o gibanju štirih osebkov v bližini pragu v Spodnjih Gameljnah, pregrada št. 12; (Preglednica 20) kažejo različne situacije (Slika 63 - Slika 66).



Slika 63: Premik sulca št. 4182 preko dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah pod izlivom Gameljščice (pregrada št. 13), dvojni prag v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 12) in prag v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 11).



Slika 64: Premik sulca št. 4383 v okolici dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 12).



Slika 65: Premik sulca št. 5101v okolici dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 12).



Slika 66: Premiki sulca št. 5103 v okolici dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah (prag št. 12) in dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah pod izlivom Gameljščice.

Od štirih je prag št. 12 prečkal en sam označeni sulec. Najstarejši med štirimi osebki, sulec št. 4182, je bil vložen nekoliko dolvodno od črnuškega mostu v Ljubljani 04.07. 2013. Ujet je bil 5 km gorvodno od mesta vložka v Savo 2,5 leti kasneje, in sicer v bližini Tacna (Slika 63). Podatki kažejo, da je sulec ob migraciji gorvodno uspešno prečkal dvojni prag v Spodnjih Gameljnah (pregrada št. 12), kot tudi druga dva pragova v Spodnjih Gameljnah (pregradi št. 11 in 13). Ob vložku v Savo je sulec meril 432 mm in bil star 3 leta, 2,5 leti kasneje je meril 560 mm.

Nasprotno sulci št. 4383, 5101 in 5103 niso prečkali dvojnega pragu v Spodnjih Gameljnah (Slika 64–Slika 66). Sulec št. 4383 je v približno 10 mesecih od mesta vložka v Gameljščici preplaval pot dolgo okoli 1,8 km; ponovno je bil najden pod pragom št. 11.

Sulca št. 5101 in 5103 sta bila vložena istočasno (17.9. 2016), in sicer pod dvojnimi pragovi v Spodnjih Gameljnah. Oba sta bila ujeta dolvodno od pregrade, zato o morebitni gorvodni migraciji preko obravnavanega pragu ne moremo sklepati. Sulec št. 5101 je bil ujet po 4 mesecih, okoli 0,2 km pod pregrado, kjer je bil vložen, sulec št. 5103 po 2 mesecih okoli 1,4 km dolvodno, nato še enkrat okoli 100 m nižje pod izlivom Gameljščice in po 1 letu ponovno na izlivu Gameljščice (Slika 66).

V primerjavi z osebkom št. 4182, ki je prečkal oba dvostopenjska pragova v Spodnjih Gameljnah (pregradi št. 12 in 13), so bili sulci, ki pragov niso prečkali, v Savi do ulovabistveno krajši čas (med 2 meseca in 1 letom). Vsi v Savo vloženi sulci so bili stari 3 leta ter ujeti v tretjem do četrtem letu starosti (Preglednica 21), kar je glede na podatke iz literature blizu spolne zrelosti. Možno je, da sulci št. 4383, 5101 in 5103 še niso spolno dozoreli in zato niso preplavali večjih razdalj. Sulec, ki je prečkal dvostopenjska pragova je bil ob ponovni najdbi star 5 let. To lahko pomeni, da verjetno predstavljata oviro, ki jo sulci lahko premagajo šele pri določeni velikosti in starosti. Drugi možen razlog je, da mlajši sulci (ne spolno zreli) ne migrirajo v takšnem obsegu kot spolno zreli in se zadržujejo v bližini mesta, kjer so bili vloženi. Po Holčík (1988) sulec spolno dozori v starosti 5 let, ko doseže dolžino 65 – 70 cm. Spolna zrelost je močno odvisna od mase osebka, zato jo sulec lahko doseže tudi pri nižji starosti, tj. ko doseže samec maso 1 – 2 kg in samica 2 – 3 kg. Le sulec št. 4182 je bil morda že na meji spolne zrelosti in je zato migriral na večjo razdaljo.

Glede na podatke ribičev je med pragovi na obravnavanem območju Save za prečkanje rib najbolj problematičen prag v Šentjakobu – prag št. 18 (Slika 67). Gre za tri stopenjski kamniti prag, pri čemer je tretja (spodnja) stopnica najstrmejša, na njej kamni in skale tvorijo kamnito drčo. Višina stopnice je največja od desnega brega proti sredini, skrajno levo je položnejša. Srednja stopnica je bistveno položnejša od spodnje stopnice in enako kot spodnja, tvori potopljeno kamnito drčo. Zgornja stopnica je nekoliko bolj strma kot sredinska, vendar še vedno položnejša od spodnje.



Slika 67: Tristopenjski prag v Šentjakobu (pregrada št. 18).

O migraciji preko pragu v Šentjakobu imamo podatke za dva označena sulca (Preglednica 21). Sulec št. 1082, ki je bil pri starosti treh let in dolžini 417 mm vložen v bližini sotočja Ljubljanice in Save, po šestih letih, torej pri starosti 9 let ujet in izpuščen okoli 1,2 km gorvodno od avtocestnega mostu (Slika 68). V času med obema dogodkoma je v gorvodni smeri preplaval prag pri Šentjakobu. Ob ulovu je meril 890 mm. Isti osebek je bil po približno 10. mesecih ponovno ujet nad avtocestnim mostom. Meril je 910 mm.



Slika 68: Premiki sulca št. 1082 preko pragu v Šentjakobu (pregrada št. 18) in v njegovi okolici.

Sulec št. 1191 je bil vložen v kraju Ribče ter po sedmih letih ujet okoli 16,6 km gorvodno. Sulec je prag v Šentjakobu prečkal v gorvodni smeri.



Slika 69: Premik sulca št. 1191 preko pragu v Šentjakobu (pregrada št. 18).

Sulca, ki sta prečkala prag v Šentjakobu, sta v reki živela pet oziroma šest let; oba sta v času med vložkom v Savo in ulovom tudi spolno dozorela. Ob ulovu sta bila stara 9 oziroma 10 let (Preglednica 21).

Glede na podatke, ki jih prikazujeta Slika 68 in Slika 69 lahko sklepamo, da prag v Šentjakobu najverjetneje lahko prečkajo odrasli, spolno zreli sulci, torej pregrada ni popolnoma neprehodna. Kljub temu prag ni izveden tako, da bi zagotavljal optimalno prehodnost sulcev v vseh pretokih, zato lahko predvsem za mlajše živali in živali v slabši kondiciji predstavlja oviro, ki prehod otežuje in posledično tudi povzroča časovno zamudo prihoda spolno zrelih živali na drstišča in posledično kasnejšo drst.

Sulec št. 1191 je bil ujet pod dvojnim pragom v Sneberju (pregrada št. 17; Slika 70), za katerega podatka o prečkanju sulcev nimamo. Glede na strukture pragu ter ob primerjavi le-teh s strukturami pragov, katere so sulci prečkali ocenjujemo, da je, podobno kot ostali dvojni pragovi na Savi, prehoden za odrasle, spolno zrele sulce. Prav tako podatkov o prečkanju označenih sulcev nimamo za prag v Vikračah (Slika 71). Prag tvori potopljeno drčo, za katero ocenjujemo, da je za sulca prehodna.



Slika 70: Dvojni prag v Sneberju (pregrada št. 17).



Slika 71: Prag v Vikrčah.

Na odseku Save od Medvod do Litije smo evidentirali tudi osem ostankov pragov oziroma vidnih struktur v rečni strugi (št. 3, 4, 9, 10, 14 – 16 in 21) (Slika 51), ki ne predstavljajo ovire za migriranje in prosto razporejanje sulcev.

9.2.2. Sora

V reki Sori si od sotočja obeh Sor do izliva v Savo sledi 8 prečnih objektov (Preglednica 22): 7 pragov in 1 jez.



Slika 72: Evidentirani prečni objekti v Sori od sotočja Poljanske in Selške Sore do izliva v Savo.

Preglednica 22: Evidentirane vodne pregrade v Sori na odseku od sotočja Poljanske in Selške Sore do izliva v Savo.

št.	Pregrada	GKY	GKX
1	Prag na izlivu Sore	455171	110726
2	Jez v Goričanah	453487	111193
3	Prag, Draga	450856	112320
4	Prag, Draga	450666	112526
5	Prag, Draga	450261	112787
6	Prag, Hosta	448376	113343
7	Prag, Škofja Loka	447560	113517
8	Prag, 50 m dolvodno od sotočja Poljanske in Selške Sore	447197	113610

Sora je pomemben pritok na območju srednje Save, kjer se nahajajo pomembna drstišča sulcev, ki v Soro na drst redno zahajajotudi iz Save. V sedanjem stanju sulcem vstop v Soro onemogoča prag na izlivu Sore v Savo (Slika 73). Prag je do leta 2014 ob visokih vodah še omogočal prehajanje sulcev iz Save v Soro, v letu 2014 so poplave obravnavani prag močno poškodovali in porušili tako, da za sulce ni več prehodni. V letu 2015 smo v času drsti posneli sulce, ki so želeli pregrado neuspešno preskočiti (Slika 73).



Slika 73: Prag na izlivu Sore v Savo v obstoječem stanju. Na fotografiji je na sredini z rdečim krogom označen sulec, ki želi prag neuspešno preskočiti.

Načrtovana je sanacija poškodovanega pragu na način, da se vzpostavi prehodnost za sulce in ostale ribe ter tako ponovno vzpostavi povezljivost Save in Sore.

Naslednja pregrada, ki po Sori navzgor prekinja migracijsko pot sulcev, je jez v Goričanah (Slika 74).



Slika 74: Jezovna zgradba jez v Goričanah (levo) in prehod za ribe na jezovni zgradbi.

Jez v Goričanah je betonska subvertikalna gladka stopnja, višine med 1,7 in 4 m, povprečno torej višine okoli 3 m in širine do 4 m. Betonski jez je izveden v Creagerjevi obliki. Na sredini ima izvedeno ribjo stezo z betonskimi prekatmi, na levi strani odvzem vode preko zapornic za industrijske potrebe. Ribja steza je v obstoječem stanju nefunkcionalna. Zaradi znižanja dna pod jezom je vhod v stezo otežen, saj se jevišinska razlika med spodnjo vodo in prvim bazenom steze povečala (Program upravljanja rib v celinskih vodah RS, 2015). Prav tako so po naši oceni bazeni steze premajhnih dimenzij, da bi omogočali nemoteno gorvodno migracijo odraslim sulcem.

Jez Goričane, z višino okoli 3 m in nefunkcionalno ribjo stezo, predstavlja neprehodno oviro za vodne organizme, ki migrirajo med Savo in Soro ter onemogoča prehod sulcem v višje ležeče dele Sore in naprej v Poljansko Soro. Na neprehodnost jez v nakazujejo tudi podatki o migraciji sulca, označenega

z individualno oznako št. 54 (Slika 75). S slike je razvidno, da je bil sulec vložen nekoliko dolvodno od cestnega mostu Goričane – Ladja ter ujet pod jezum; ti podatki kažejo, da sulec po vsej verjetnosti ni prečkal jezua, temveč se je zadrževal pod jezum.



Slika 75: Premik sulca št. 54 v okolici jezua v Goričanah.

Preglednica 23: Podatki o premikih sulcev preko in v bližini popisanih pregrad v Sori.

št.	Pregrada	GKY	GKX	Smer migracije	Št. osebka	Št. prečkanj
1	Prag na izlivu Sore	455171	110726	np	np	np
2	Jez v Goričanah	453487	111193	gorvodna	54	0
3	Prag, Draga	450856	112320	np	np	np
4	Prag, Draga	450666	112526	np	np	np
5	Prag, Draga	450261	112787	np	np	np
6	Prag, Hosta	448376	113343	np	np	np
7	Prag, Škofja Loka	447560	113517	np	np	np
8	Prag, 50 m dolvodno od sotočja Poljanske in Selške Sore	447197	113610	np	np	np

np = ni podatkov o premikih označenih sulcev v okolici ali čez pregrado

Preglednica 24: Podatki o velikosti in starosti označenega in ujetega sulca, ki se je gibal v okolici jezua Goričanein čas, ki ga je preživel v vodi.

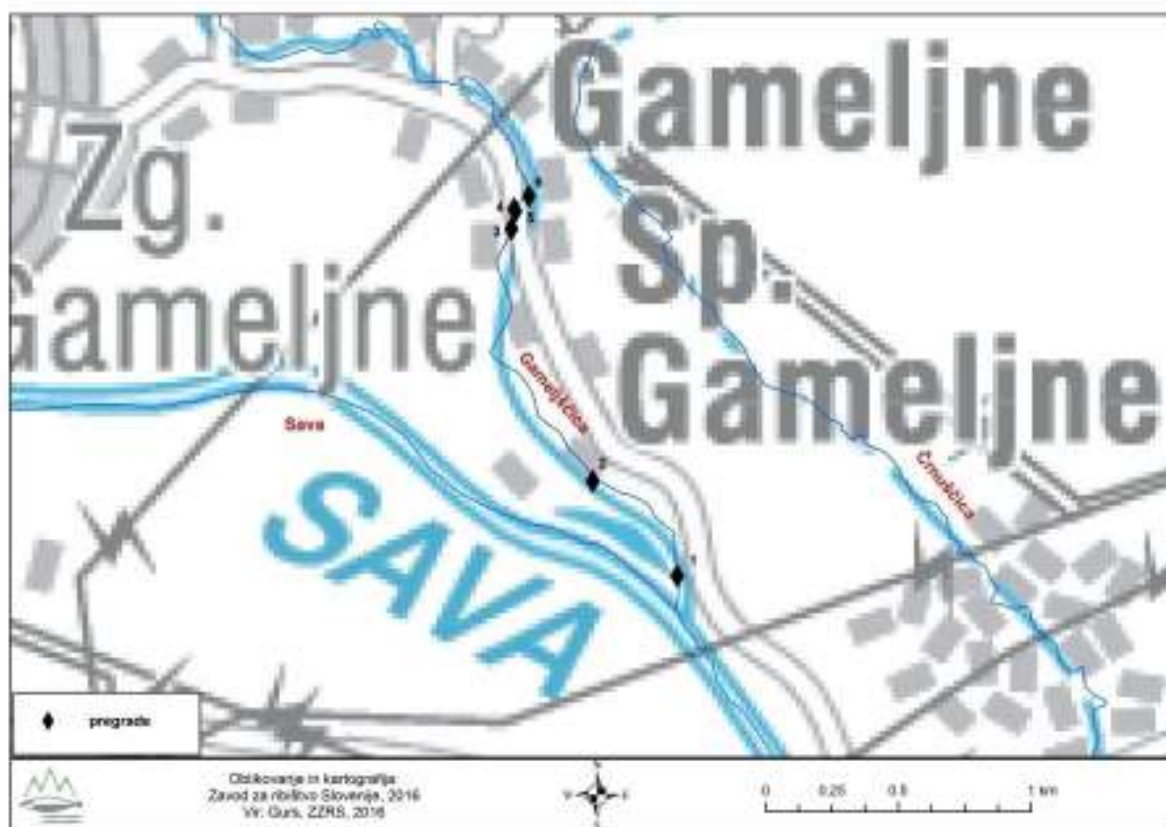
Št. pregrade	Št. oznake	Datum (drst)	Velikost (vlaganje)	Starost drst	Datum (najdba)	Velikost (najdba)	Starost (najdba)	Čas v vodi
2	54	04.04. 2015	1030 mm	np*	30.11. 2015	1100 mm	np*	8 mesecev

np* - ni podatka, ker je bil sulce ujet in označen na drstišču.

Gorvodno od jezua v Goričanah prehodnosti pragov nismo ocenjevali.

9.2.3. Gameljščica

V izlivnem delu Gameljščice smo na odseku od izliva v Savo do Srednjih Gameljnih evidentirali 6 prečnih pregrad (Slika 76, Preglednica 25).



Slika 76: Evidentirani prečni objekti v spodnjem toku Gameljščice.

Preglednica 25: Evidentirane prečne pregrade v spodnjem toku Gameljščice.

Št. pregrade	Pregrada	GKY	GKX
1	Pregrada pri domu RD Straža Sava	462620	107415
2	pregrada pri ZZRS (bivša ribogojnica)	462301	107772
3	Jez pri mostu ob cesti v Srednjih Gameljnah	461995	108722
4	Hrapava drča pod mostom ob cesti v Srednjih Gameljnah	462010	108789
5	Neutrjena drča gorvodno od mostu v srednjih Gameljnah	462005	108797
6	Hrapava drča gorvodno od lesenega pragu	462060	108845

Prva prečna pregrada od izliva v Savo gorvodno, ki sulcu preprečuje prehajanje v Gameljščico, je pregrada pri ribiškem domu Straža – Sava (Slika 77). Pregrada je bila kot objekt, ki ribam preprečuje migracijo, prepoznana tudi s strani ribičev (osnutek RGN za črnuški ribiški okoliš).



Slika 77: Pregrada na izlivnem delu Gameljščice, pri ribiškem domu (levo) in ribja steza (desno).

Gre za heterogeno pregrado, ki je kombinacija vertikalnega in stopničastega dela. Na skrajno desni strani struge je pregrada trostopenjska, v sredini in proti levi brežini je pregrada gladka drča z dvema stopnicama na koncu. Skupna višina stopnje znaša okoli 1,5 m. Pod pregrado je podslapje globoko okoli 0,4 m, globina vode v nadslapju je na dan ogleda znašala na desni strani (stopničasta struktura) le okoli 5 cm, na levi strani (gladka drča s stopnico) 15 cm. Pregrada je za ribe, zaradi previsoke stopnje, neprehodna.

Na levi strani je izveden tehnični prehod za ribe kotanjastega tipa »pool pass«. Prehod, po do sedaj znanih podatkih, ne omogoča sulcu in ostalim vrstam rib v Savi prehajanja v gorvodne dele Gameljščice. Vhod v prehod za ribe je na višini okoli 0,5 m nad dnom rečne struge, zato tvori stopnico. Prehod za ribe sestavlja 6 bazenov, ki so zasuti s prodom. Dimenzije bazenov so premajhne, da bi odraslim sulcem omogočale prehajanje; za prehajanje podusti je v prehodu prevelik pretok, vstop v prehod jim onemogoča tudi previsoka stopnja na vhodu.

O morebitni gorvodni migraciji označenih sulcev iz Save v Gameljščico nimamo podatkov. Podatki o premikih sulca št. 4383 (Slika 78) so pokazali, da je sulc, ki je bil vložen v Gameljščico okoli 400 m nad pregrado, pregrado prečil v dolvodni smeri. Lokacija ponovne najdbe je bila namreč v Savi, pod pragom, ki se nahaja gorvodno od izliva Gameljščice. Iz tega podatka lahko sklepamo, da pregrada sulcem omogoča dolvodno migracijo (najverjetneje preko plavljenja osebkov ob visoki vodi). Kljub temu je za pot na drstišča iz Save v Gameljščico ključnega pomena gorvodna migracije. Drstne migracije v pritoke se namreč odvijajo v gorvodni smeri. Obravnavana pregrada, gorvodne migracije in posledično poti sulca iz Save na drstišča v Gameljščico, kamor je glede na pričevanja ribičev redno zahajal na drst, ne omogoča.



Slika 78: Premiki sulca št. 4383 med Gameljščico in Savo.

Preglednica 26: Podatki o premikih sulcev čez in v bližini popisanih pregrad v Gameljščici.

št.	Pregrada	GKY	GKX	Smer migracije	Št. osebka	Št. prečkanj
1	Pregrada pri domu RD Straža Sava	462620	107415	dolvodna	4383	1
2	pregrada pri ZZRS (bivša ribogojnica)	462301	107772	np	np	np
3	Jez pri mostu ob cesti v Srednjih Gameljnah	461995	108722	np	np	np
4	Hrapava drča pod mostom ob cesti v Srednjih Gameljnah	462010	108789	np	np	np
5	Neutrjena drča gorvodno od mostu v srednjih Gameljnah	462005	108797	np	np	np
6	Hrapava drča gorvodno od lesenega pragu	462060	108845	np	np	np

Np = ni podatkov o premikih označenih sulcev v okolici ali preko pregrade

Preglednica 27: Podatki o velikosti in starosti vložnega in ujetega sulca, ki se je gibal v okolici pregrad v Gameljščici in čas, ki ga je preživel v vodi.

Št. pregrade	Št. oznake	Datum (vlaganje)	Velikost (vlaganje)	Starost (vlaganje)	Datum (najdba)	Velikost (najdba)	Starost (najdba)	Čas v vodi
1	4383	03.03. 2014	486 mm	3 leta	20.01. 2015	540 mm	4 leta	10 mesecev, 17 dni

Pri določenih pogojih je ovira, ki onemogoča sulcem prehajanja iz Save v Gameljščico, tudi izliv Gameljščice v Savo. Zaradi poglobljanja struge Save se je na izlivu Gameljščice ustvarila stopnja (Slika 79), ki zlasti v času nizkih pretokov onemogoča vstop sulcem v Gameljščico. V Gameljščico tudi ne vstopajo več podusti, ki so še pred 20 leti vanjo zahajale na drst.



Slika 79: Izliv Gameljščice v Savo.



Slika 80: Premiki sulca št. 5103 v bližini izliva Gameljščice v Savo.

Iz podatkov o migraciji sulca št. 5103 lahko ugotovimo, da se je v dveh mesecih po vložku v Savo premaknil dolvodno, kjer je bil ujet na izlivu Gameljščice (Slika 80). Glede na dejstvo, da je bil sulec na izlivnem delu ujet izven obdobja drsti najverjetneje ni šlo za poskus drstne migracije v Gameljščico; kljub temu ta podatek lahko pomeni tudi, da je sulec poskušal priplavati v Gameljščico.

Prehodnosti ostalih vodnih pregrad v Gameljščici nismo ocenjevali.

9.2.4. Ljubljana

V spodnjem toku reke Ljubljanice smo evidentirali 5 prečnih pregrad (Slika 81, Preglednica 28).



Slika 81: Prečne pregrade v Ljubljani.

Preglednica 28: Prečne pregrade v spodnjem toku Ljubljanice.

št.	Pregrada	GKY	GKX
1	prag v Zalogu	471116	101769
2	jez papirnica Vevče	468770	100491
3	jez pri Fužinskem gradu	466516	100737
4	zapornice na Ambroževem trgu	463080	100787
5	zapornice na Gruberjevem kanalu	463127	100179

Od izliva v Savo gorvodno prvo prečno pregrado predstavlja kamniti prag v Zalogu v Ljubljani (Slika 82). Prag je bil v okviru projekta »Obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima« (LIFE10NAT/SI/142) obnovljen, z namenom zagotavljanja ustreznega vodostaja v mrtvici Ljubljanice, ki se nahaja za pragom. Ugotovljeno je bilo, da zaradi dotrajanosti pragu le-ta ni več zagotavljal vodnatosti mrtvice, zato je bil v okviru navedenega projekta obnovljen. Slika 82 prikazuje prag v Zalogu pred in po izvedbi akcije projekta. Prag je bil obnovljen leta 2013 (LIFE10NAT/SI/142, Midterm report, 2014).



Slika 82: Kamniti prag v Zalogu pred sanacijo (levo) in po sanaciji (desno).

O prehajanju sulcev preko obnovljenega pragu imamo dva podatka. Sulca sta bila vložena v bližini sotočja Save in Ljubljanicev oktobru 2015, pri čemer je en osebek prag prečkal v obdobju manj kot enega meseca (Slika 83), drugi je bil ujet nad pragom okoli 2 meseca po vložku (Slika 85). Iz teh podatkov ter iz ogledanih struktur pragu ocenjujemo, da je prag za sulce prehodno.



Slika 83: Premik sulca št. 5173 iz izlivnega dela Ljubljanice preko pragu v Zalogu.

Prva neprehodna pregrada v Ljubljani od izliva v Savo gorvodno je jez pri papirnici Vevče (Slika 84).



Slika 84: Jez pri papirnici Vevče (Vir: spletna stran RD Barje).

Podatki o premikih sulcev so pokazali, da je jez pri papirnici Vevče ustavil migracijo sulca št. 5173 ter neposredno prekinil njegovo migracijsko pot (Slika 85). Jez je za sulce ter ostale vrste rib neprehoden in je prva pregrada na izlivnem odseku Ljubljanice, ki prekinja selitveno pot sulcem iz Save v Ljubljano, hkrati pa povzroča fragmentacijo nekoč enotnega habitata sulca na tem območju.



Slika 85: Premik sulca št. 5170 iz izlivnega dela Ljubljanice preko pragu v Zalogu do jezcu Papirnice Vevče.

Preglednica 29: Podatki o premikih sulcev v okolici in preko popisane pregrade Ljubljanici.

Št. pregrade	Pregrada	GKY	GKX	Smer migracije	Št. osebka	Št. prečkanj
1	Prag v Zalogu	471116	101769	gorvodna	5176	1
				gorvodna	5170	1
2	jez papirnica Vevče	468770	100491	gorvodna	5170	0
3	zapornice pri Fužinskem gradu	466516	100737	np	np	np
4	zapornice na Ambroževem trgu	463080	100787	np	np	np
5	zapornice na Gruberjevem kanalu	463127	100179	np	np	np

Np = ni podatkov o premikih označenih sulcev v okolici ali preko pregrade

Preglednica 30: Podatki o velikosti in starosti vloženih in ujetih sulcev, ki sta se gibala v okolici pregrad v Ljubljanici in čas preživet v vodi.

Št. pregrade	Št. oznake	Datum (vlaganje)	Velikost (vlaganje)	Starost (vlaganje)	Datum (najdba)	Velikost (najdba)	Starost (najdba)	Čas v vodi
1	5176	03.03.2014	486 mm	3 leta	20.01.2015	540 mm	4 leta	10 mesecev, 17 dni
1,4	5170	26.10.2015	521 mm	4 leta	02.01.2016	590 mm	5 let	2 meseca, 8 dni

Od jezu pri papirnici Vevče sta po toku Ljubljanice navzgor še dve neprehodni pregradi, in sicer zapornice pri Fužinskem gradu in zapornice na Ambroževem trgu. Obe pregradi imata izvedenaprehoda za ribe, ki zaradi neustreznih izvedb ne zagotavljata pogojev za prehajanje sulcaev oziroma sta nefunkcionalni.

Prehod za ribe na Fužinskem jezu je bil zgrajen leta 1921. Zaradi nepravilne izvedbe ni deloval v času nizkih in srednjih pretokov, saj je bil hidravlično neustrezno izveden. Vhod in izhod prehoda sta bila zasnovana previsoko, zato ribe v prehod niso mogle vstopati. V letu 2013 so visoke vode porušile del zunanega zidu prehoda. V okviru akcij projekta »Obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima« (LIFE10NAT/SI/142) je bil zunanji zid obnovljen (Slika 86). Prilagojena sta bila tudi vtok in iztok, da sedaj voda pri vseh pretokih priteka v prehod za ribe (LIFE10NAT/SI/142: Obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima, brošura 2015). Z monitoringom prehajanja sulcev in tudi drugih vrst preko prehoda ni bil potrjen. Ocenjujemo, da tudi v sedanjem stanju prehod za ribe ne omogoča prehajanja sulcev, saj mu to onemogočajo njegove dimenzije in karakteristike kot so na primer naklon, hitrost in turbulentnost toka.



Slika 86: Jez pri Fužinskem gradu.

Ljubljanica se v mestu Ljubljana (pri Špici) razdeli na mestno Ljubljanico ter na Gruberjev prekop. Obe vodni poti obkrožita Grajski hrib in se ponovno združita v Mostah. Na obeh vodnih poteh sta postavljena jezova z zapornicami (zapornica na Ambroževem trgu na mestni Ljubljanici in zapornica na Gruberjevem kanalu), ki so namenjene vzdrževanju stalnega nivoja gladine vode na Barju (Ciuha, 2003). Obe zapornici se ob naraslih vodah dvigneta. Takrat sta za ribe prehodni, drugače ne (Program upravljanja rib v celinskih vodah Slovenije za obdobje do leta 2021, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, 2015).

Zapornice na Ambroževem trgu so bile zgrajene leta 1944 in služijo reguliranju pretoka Ljubljanice v času nizkih do srednjih pretokov in s tem uravnavanju gladine Ljubljanice gorvodno od zapornic vse do Ljubljanskega barja (LIFE10NAT/SI/142: Obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima, brošura 2015). Na desnem bregu, za armiranobetonskim zidom, je bil zgrajen prehod za ribe, ki je bil do obnove v sklopu projekta tako dotrajan, da ribam ni omogočal prehajanja. V sklopu projekta je bil prehod obnovljen in opremljen s kamero za snemanje prehajanja rib. S snemanjem prehajanja rib s kamero je bil zabeleženo tudi prehod sulca (LIFE10NAT/SI/142, Midterm report, 2014, Zabret, 2015). Ocenjujemo, da kljub obnovi prehoda za ribe pri Ambroževem trgu le ta ni izveden po sodobnih merilih in ne omogoča prehajanja zadostnemu številu in različnim starostnim skupinam sulcev in ostalih vrst rib.

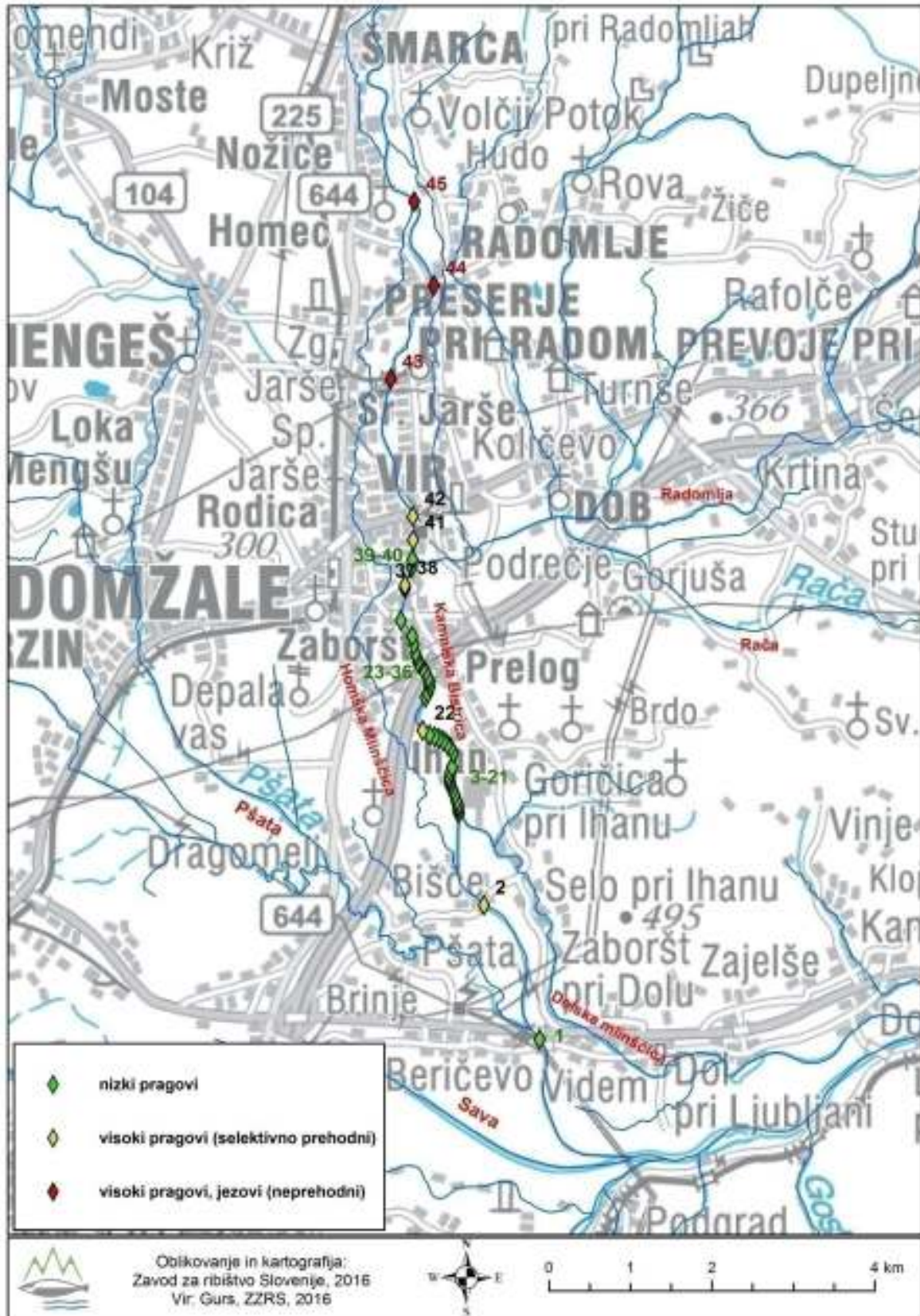


Slika 87: Zapornice pri Ambroževem trgu (zgoraj levo) in na Gruberjevem kanalu (zgoraj desno). Vhod v prehod za ribe (spodaj levo) in tehnični tip prehoda za ribe (spodaj desno) na pregradi pri Ambroževem trgu.

Zapornice na Grubarjevem prekopu niso opremljene s prehodom za ribe in predstavljajo neprehodno prepreko za sulca in ostale vrste rib in vodnih organizmov.

9.2.5. Kamniška Bistrica

Na odseku Kamniške Bistrice med izlivom v Savo in Domžalami smo evidentirali 42 prečnih pregrad (Slika 88). Gorvodno od Domžal smo popisali tiste pregrade, ki po poročanju ribičev (ribiško gojitveni načrti) ribam preprečujejo migracijo (pregrade št. 43 -45; Preglednica 31, Slika 88).



Slika 88: Prečne pregrade v izlivnem delu Kamniške Bistrice.

Preglednica 31: Prečne pregrade v spodnjem toku Kamniške Bistrice; opis lokacije in Gauss – Krügerjeve koordinate.

Št. pregrade	Opis lokacije	GKY	GKX
1	Prag pod cestnim mostom v Beričevem in mostom glavne ceste Šentjakob - Dol	471392	105050
2	Prag v Selu pri Ihanu (Bišče)	470708	106700
3	Prag Ihan	470403	107828
4	Prag Ihan	470394	107878
5	Prag Ihan	470391	107925
6	Prag Ihan	470375	107976
7	Prag Ihan	470373	107978
8	Prag Ihan	470351	108050
9	Prag Ihan	470325	108110
10	Prag Ihan	470302	108162
11	Prag Ihan	470291	108212
12	Prag Ihan	470288	108268
13	Prag Ihan	470301	108331
14	Prag Ihan	470320	108391
15	Prag Prelog	470331	108575
16	Prag Prelog	470297	108633
17	Prag Prelog	470260	108676
18	Prag Prelog	470212	108717
19	Prag Prelog	470158	108747
20	Prag Prelog	470104	108767
21	Prag Prelog	470039	108789
22	Jez Prelog	469957	108845
23	prag Domžale	469992	109256
24	prag Domžale	470019	109305
25	prag Domžale	470045	109383
26	prag Domžale	470036	109450
27	prag Domžale	470023	109492

Št. pregrade	Opis lokacije	GKY	GKX
28	prag Domžale	469989	109562
29	prag Domžale	469954	109608
30	prag Domžale	469915	109662
31	prag Domžale	469899	109685
32	prag Domžale	469878	109758
33	prag Domžale	469866	109797
34	prag Zaboršt	469847	109902
35	prag Zaboršt	469829	110003
36	prag Zaboršt	469689	110197
37	Dvojni prag Zaboršt	469740	110592
38	Dvojni prag Zaboršt	469741	110628
39	prag na izlivu Rače	469826	110853
40	prag nad izlivom Rače - Podrečje	469831	110945
41	Trojni prag Domžale - Podrečje	469841	111183
42	Pod mostom Domžale – Vir (preliv)	469836	111473
43	prag Količevo	469565	113161
44	Jez v Radomljah	470094	114314
45	jez v Homcu	469855	115343

Podatkov o premikih označenih sulcev iz območja Kamniške Bistrice nimamo.

Od izliva v Savo se prva prečna pregrada nahaja okoli 2,2 km gorvodno, in sicer pod cestnim mostom v Beričevem (Slika 89). Gre za nizek talni prag, višine okoli 0,3 -0,5 m. Ocenjujemo, da je v času normalnega vodostaja za sulce prehoden.

Za prehajanje sulcev je problematičen odsek struge Kamniške Bistrice okoli 200 m gorvodno od pragu pod cestnim mostom v Beričevu. Na tem mestu je bila struga razširjena, zato je že ob srednjem pretoku vodostaj zelo nizek. V času nizkih pretokov je zaradi izjemno nizkega vodostaja ta odsek za sulce, zlasti za večje osebke, neprehoden (Slika 89).



Slika 89: Praga pod cestnim mostom v Beričevem (levo) in odsek Kamniške Bistrice, kjer je za prehajanje, zlasti ob nizkih pretokih, problematičen preizek vodostaj (desno).

Gorvodno od ceste Šentjakob – Dol pri Ljubljani se pri farmi Ihan začne odsek s številnimi talnimi pragovi, ki segajo vse do Domžal. Večinoma gre za nizke talne pragove iz skal in kamnov, ki tvorijo za sulce prehodni kamnite drče (Slika 90); kljub temu je nekaj pragov višjih in za sulce le selektivno oziroma izjemoma prehodnih izključno v času velikih pretokov.



Slika 90: Primeri nizkih za sulce prehodnih talnih pragov v Kamniški Bistrici.

Na izlivnem delu Kamniške Bistrice (od izliva v Savo do Domžal) so takšni pragovi na primer prag v Selu pri Ihanu (Bišče) (pregrada št. 2, Preglednica 31), jez v Prelogu (pregrada št. 22, Preglednica 31) in prag v Količevem (pregrada št. 43, Preglednica 31, Slika 91,). Vsi ti pragovi so zaradi neustrezne razporeditve struktur, previsokih stopenj in prenizkih nadslapij, za sulce neprehodni in preprečujejo migracijo osebkov v gorvodne dele Kamniške Bistrice. Pogojno so ob visokih vodostajih prehodni za velike sulce. Prvi takšen prag od izliva v Savo je prag v selu pri Ihanu (Bišče) (Slika 91, zgoraj levo). Ocenjujemo, da je to prva prečna pregrada, ki preprečuje migracijo sulca iz Save v gorvodne dele Kamniške Bistrice, naslednja takšna pregrada je jez v Prelogu (Slika 91, zgoraj desno).



Slika 91: Primeri višjih pragov, ki prehajanje sulca v večjem delu leta onemogočajo.

Gorvodno od Domžal se nahajajo za sulce popolnoma neprehodne ovire, ki se končajo z jezom v Homcu (Slika 92), slednji predstavlja tudi mejo razširjenosti sulcev v bistriškem ribiškem okolišu (Ribkat, 2016).



Slika 92: Primeri za sulce neprehodni jezov v Kamniški Bistrici. Jez v Radomljah (levo) in jez v Homcu (desno).

9.3. Zaključki

1. Jezovna zgradba HE Medvode je neprehodna vodna pregrada, ki del populacije sulcev srednje Save popolnoma ločuje od dela, ki živi nad akumulacijo HE Mavčiče. Obe jezovni zgradbi (HE Medvode in HE Mavčiče) sta brez prehoda za ribe. Dolvodno od Medvod za sulce neprehodnih pregrad ni, z izjemo jezu v Tacnu, ki je zanje najverjetneje zelo pogojno prehodni. Pragovi v Savi so za odrasle sulce prehodni, kljub temu je treba ob morebitnih sanacijah pragov pri Spodnjih Gameljnah in Sneberju na njih vzpostaviti položnejše drče, ki bodo ob normalnih pretokih Save zagotavljale optimalnejše razmere za migracijo vseh starostnih kategorij sulcev in ostalih vrst rib.
2. Na Sori sta kritični pregradi prag na izlivnem delu Sore ter jez v Goričanah, ki v obstoječem stanju prekinjata funkcionalno lateralno povezanost Sore in Save ter onemogočata migracijo sulcev iz Save v Soro in naprej v Poljansko Soro. Nujna je ustrezna sanacija pragu na izlivnem delu Sore ter vzpostavitev ribjega prehoda na jezu v Goričanah.
3. V Ljubljani prvo neprehodno pregrado od izliva v Savo predstavlja jez pri papirnici Vevče. Za vzpostavitev prvotne povezanosti Ljubljanice in Save je nujna izgradnja ustreznega prehoda za ribe na jezu v Vevčah in pri zapornicah v Grubarjevem prekopu ter nadalje rekonstrukcija oziroma izgradnja novih prehodov za ribe na jezu pri Fužinskem gradu in pri zapornicah na Ambroževem trgu.
4. V Gameljščici je za ponovno vzpostavitev funkcionalnosti Gameljščice kot pritoka Save za drst sulcev in podusti, nujna rekonstrukcija obstoječegaprehoda za ribe na pregradi pri ribnikih v Spodnjih Gameljnah.
5. Vzdolžna povezanost habitatov Kamniške Bistrice je zaradi številnih prečnih pregrad in lokalnih razširitev struge močno degradirana. Za ponovno vzpostavitev funkcionalne vzdolžne povezanosti Save in Kamniške Bistrice, bi bila po naši oceni nujna renaturacija struge ter sanacija problematičnih prečnih pregrad, ki bi omogočale prehajanje sulcev iz Save v Kamniško Bistrico preko celega leta in jim nudila ustrezne življenjske pogoje, ki trenutno niso ugodni.

9.4. Literatura

- Baudoin J-M., Burguin V., Chanseau M., Larinier M., Ovidio M., Sremski W., Steinbach P., Voegtle B. 2014. The ICE protocol for ecological continuity. Assessing the passage of obstacles by fish: concepts, design and application, 200 str.
- Bertok, M., Zabrc, D., Jenič A., 2008. Stanje in varstvo podusti (*Chondrostoma nasus*) v Sloveniji. Poročilo. Zavod za ribištvo Slovenije. Spodnje Gameljne, 111 str.
- Ciuha, D. 2003. Naporji za zagotovitev preživetja rib v Ljubljani pri katastrofalno nizkem pretoku ob suši 2003. Maribor, Mišičev vodarski dan 2003: 206-212
- Holčík J., Hansel K., Niesalnik J., Skácel L. 1988. The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, Largest Salmon of the World. Dordrecht, Boston, Lancaster, Dr. W. Junk Publishers: 239 str.
- Holčík J. 1990: Conservation of the huchen, *Hucho hucho* (L.), (Salmonidae) with special reference to slovakian rivers. Journal of Fish Biology, 37: 113-121
- Larinier M. 2002. Fishways: biological basis, design and monitoring. Bulletin francais de la pecheet de la pisciculture, 364: 21-27
- Ljubljana povezuje: obnovitev koridorja Ljubljane in izboljšanje rečnega vodnega režima. 2015. LIFE10NAT/SI/142: Brošura, 12 str.
- http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/SLO/04_documents/default.htm (17.05.2016)
- Munda A., 1926: Strokovno mnenje Okrajnega rib. Odbora v Ljubljani o najmanjši meri zaslca. V: Omerzu S. (ur.). Sulec, slovenski sulčarji in sulca lov do II.svetovne vojne. Racoon, Ljubljana: 49-51
- Ribiško gojitveni načrt za izvajanje ribiškega upravljanja v črnuškem ribiškem okolišu za obdobje 2011 – 2016. 2011. Osnutek. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 92 str.
- Ribiško gojitveni načrt za izvajanje ribiškega upravljanja v bistriškem ribiškem okolišu za obdobje 2011 -2016. 2011. Osnutek. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 95 str.
- Ribiški kataster (Ribkat). 2016. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne.
- Schmutz S., Mielach C. 2012. Measures for ensuring fish migration at transversal structures. International Commission for the Protection of the Danube River, Dunaj, 52 str.
- Restoration of the Ljubljana River corridor and improvement of the river's flow regime. 2014. Ljubljana, LIFE10NAT/SI/142: Midterm report
- Steinman F. 1999. Hidravlika. 1. Ponatis. Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Ljubljani. Ljubljana, 295 str.
- Zabrc D., Bertok M., Jenič A. 2008. Stanje in varstvo sulca (*Hucho hucho*) v Sloveniji. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 62 str.

10. PREGLED UKREPOV ZA OHRANJANJE HABITATOV IN POPULACIJE SULCA

10.1. Uvod

Glede na zahteve Habitatne direktive je za območja Natura 2000 treba izvesti ustrezne postopke presoje in utemeljevanja možnosti načrtovanja in gradnje objektov, ki lahko vplivajo (predvsem negativno) na kvaliteto habitatov in stanja populacij, ki so zavarovana z območji Natura 2000. Praviloma se postopki presoje in utemeljevanja vodijo v sklopu Celovite presoje vplivov na okolje (CPVO) v fazi strateškega vrednotenja in odločanja (tudi prostorskega načrtovanja) ter v sklopu Presoje vplivov na okolje (PVO) v fazi podrobnejšega načrtovanja in projektiranja.

V postopku presoje je najprej treba oceniti obstoječe stanje in v primeru slabšega stanja določiti ukrepe za izboljšanje, in nato preveriti vplive določenega projekta na varovane vrste in habitatne tipe v območju Natura 2000, nato šele določiti in vključiti omilitvene ukrepe. Poudariti je treba, da morajo omilitveni ukrepi temeljiti na dobrem poznavanju ciljnih vrst in habitatov, ki jih želimo varovati in predvidenih učinkih ukrepov, ter morajo biti hkrati tehnično in ekonomsko upravičeni oziroma učinkoviti.

Omilitveni ukrepi, ki se določijo, morajo zagotavljati, da ugotovljeni potencialni vplivi projekta ne bodo več bistveno vplivali na uresničevanje ciljev ohranjanja vrst in habitatov v območju Natura 2000. Če je ocenjeno, da je kljub predlaganim ukrepom, preostali negativen vpliv na območje Natura 2000 prevelik, je treba v postopku utemeljevanja preučiti alternativne možnosti kot so: izbira druge lokacije projekta, izvedba projekta v manjšem obsegu ali drugačna izbira tehnologij. Če te alternativne možnosti niso ustrezne, je pot iskanja omilitvenih ukrepov zaključena, ostaja le možnost ugotavljanja, da trajnostne koristi projekta (gospodarske, družbene in okoljske) pretehtajo koristi ohranjanja oz. izboljšanja stanja habitatov in populacij zavarovanih vrst. Tudi v tem primeru je treba izvesti vse možne tehnično in ekonomsko izvedljive ukrepe za izboljšanje obstoječega stanja, omilitvene ukrepe, ter še nadomestne ukrepe.

10.2. Metode

V poročilu predstavljamo ukrepe za izboljšanje obstoječega stanja območja Natura 2000 »Sava – Medvode – Kresnice«, ki je že pod vplivom delovanja gorvodno ležečih hidroelektrarn in nekaj primerov omilitvenih ukrepov, ki se jih v Evropi uporablja na že obstoječih oziroma pri gradnji novih hidroelektrarn, in so primerni tudi za izboljšanje obstoječega stanja območja Natura 2000 »Sava – Medvode – Kresnice«.

10.3. Rezultati in razprava

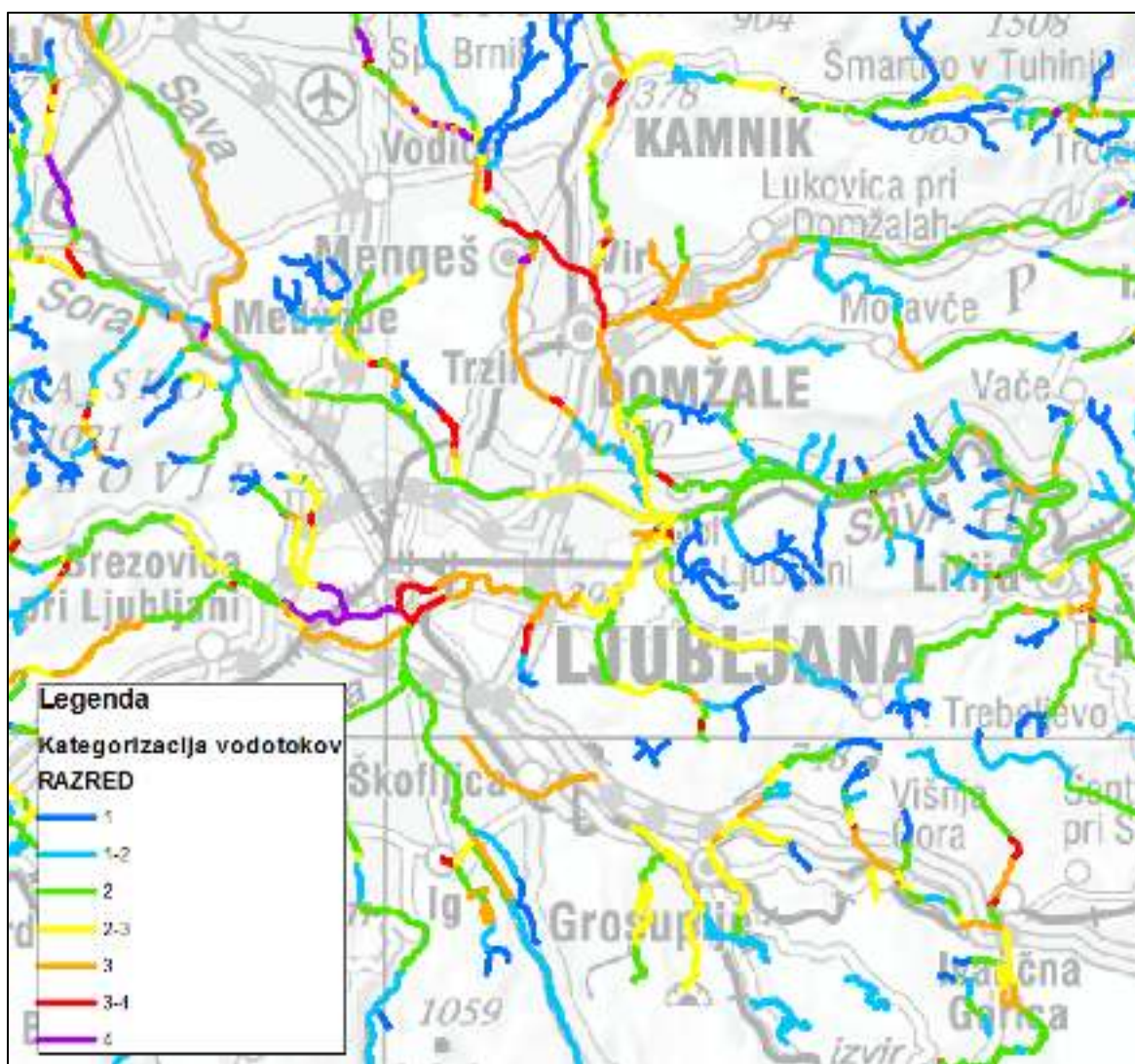
10.3.1. Ukrepi za izboljšanje stanja v območju Natura 2000

Na kvaliteto habitata in stanje populacije sulca in ostalih vodnih organizmov, ki živijo znotraj območja Natura 2000 »Sava – Medvode – Kresnice«, negativno vpliva več dejavnikov antropogenega izvora, med katerimi so po naši oceni najpomembnejši:

- kanaliziranost struge reke Save,
- neprehodne jezovne zgradbe in pragovi na pritokih in gorvodno od območja in
- delovanje hidroelektrarn na pritokih, gorvodno in znotraj območja.

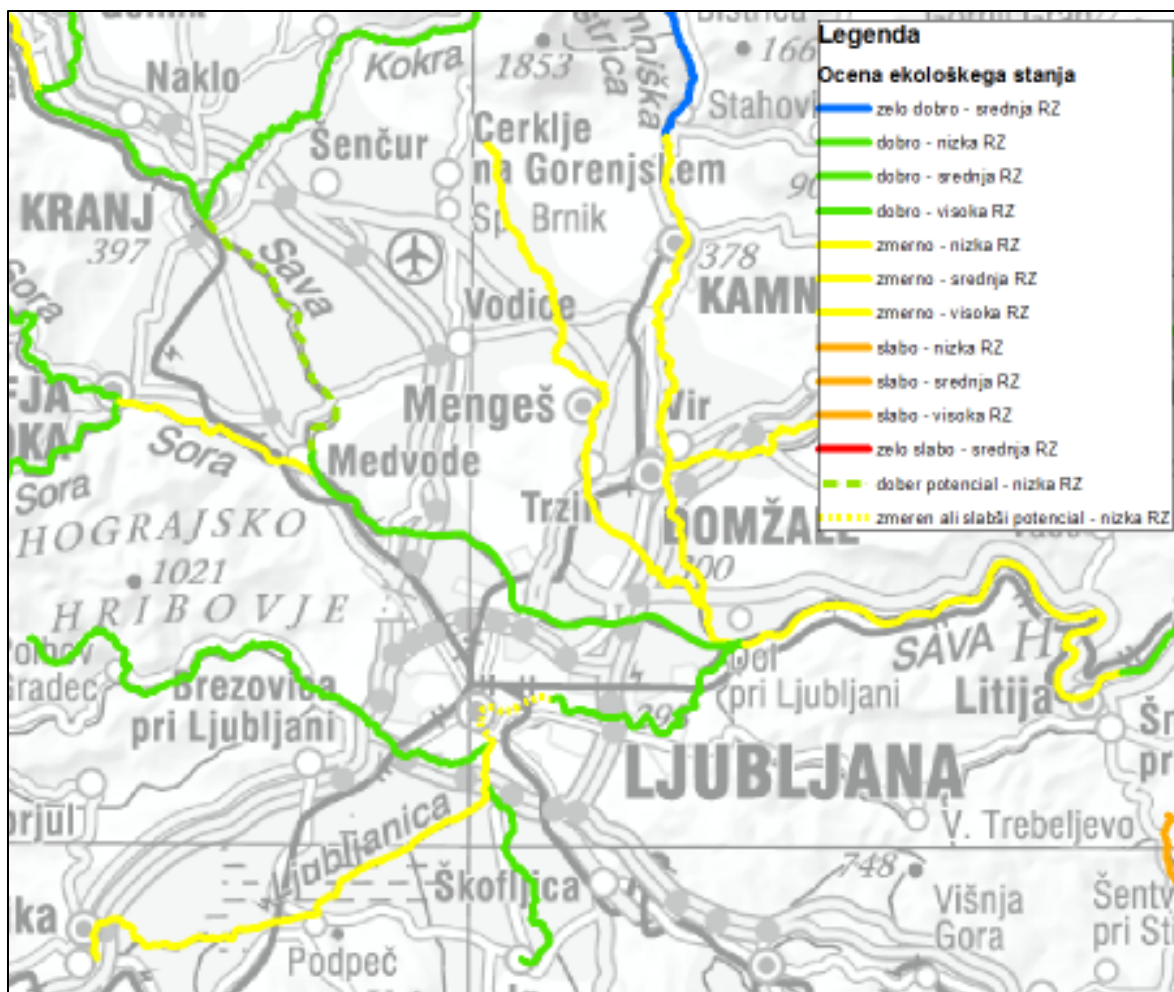
Sulca sta v preteklosti ogrožala tudi prekomeren ribolov in onesnaženost vode reke Save (Omerzu, 1999), sedaj ju ne štejemo več med dejavnike ogrožanja. Ribolov sulca je strogo reguliran in nadzorovan (glej poglavje **Ribiško upravljanje**), podatki o kvaliteti vode Save dokazujejo, da le ta ni več problematična.

Iz poročila o kakovosti vode v Sloveniji (Ambrožič s sod., 2008) lahko razberemo, daje bilo za obdobje 2001 – 2006 na merilnih mestih na območju zgornje in srednje Save ugotovljeno dobro kemijsko stanje, z izjemami leta 2002, ko je bila na merilnih mestih Dolsko in Hrastnik ugotovljena prekoračena vsebnost živega srebra ter leta 2003, ko je bila pri Dolskem ugotovljena prekoračena vsebnost organsko vezanih halogenov, sposobnih adsorpcije. Na območju spodnje Save je kemijsko stanje slabo (merilni mesti Brežice in Jesenice na Dolenjskem). Glede na saprobiloško oceno kakovosti sodi Sava v celotnem toku na območju Slovenije v 1. (neobremenjen do zelo malo obremenjen vodotok) oziroma v 1. – 2. kakovostni razred (malo obremenjen).



Slika 93: Kategorizacija vodotokov glede na hidromorfološke obremenitve (raven urejenosti) po naravovarstvenem pomenu v območju srednje Save (vir: ARSO; IzVRS, 2002).

Glede na hidromorfološke obremenitve (Slika 93) je srednja Sava večinoma uvrščena v 2. razred, slabše, v 2.-3. razred je uvrščena na kratkem odseku po sotočju s Soro ter na odseku pri Šentjakobu. Prav tako sta v 2.-3. razred uvrščena spodnja odseka Kamniške Bistrice in Ljubljanice, odsek Sore, dolvodno od Goričan je uvrščen v 1. – 2. oziroma 2. razred, z izjemo kratkega odseka, ki sodi že v 3. razred.



Slika 94: Ekološko stanje vodnih teles v območju srednje Save (MOP, 2015).

Ocena ekološkega stanja za vodno telo (VT) **Sava Medvode – Podgrad** je **DOBRO** (Slika 94), vendar je ocena z bentoškimi nevretenčarji-modul hidromorfološka spremenjenost/splošna degradiranost na meji med dobrim in zmernim stanjem (REK vrednost je 0,60, meja dobro/zmerno je 0,60). Ocena ekološkega stanja **VT Sava Podgrad – Litija** je **ZMerno**. Razlog za takšno oceno je fitobentos in makrofiti- modul trofičnost.

Ocena ekološkega stanja je določena na podlagi:

- bioloških elementov (bentoški nevretenčarji, fitobentos in makrofiti) brez rib, ker za teravzvit metodologija vrednotenja še ni v uradni uporabi,
- splošnih fizikalno kemijskih elementov (nitrat, totalni fosfor, BPK5),
- posebnih onesnaževal.

V oceno niso vključeni hidromorfološki elementi, saj se ti uporabijo samo v primeru, ko je z ostalimi elementi določeno zelo dobro ekološko stanje, za potrditev le –tega. Ker hidromorfološki elementi niso vključeni v oceno ekološkega stanja dveh vodnih teles na srednji Savi, ocenjujemo, da bi ravno ta element doprinesel k realnejši oceni teh dveh odsekov. Na podlagi naše raziskave lahko ocenimo tudi, da populacija sulca na območju srednje Save ni v dobrem stanju, kar bi gotovo vplivalo tudi na oceno ekološkega stanja na podlagi rib.

Kanaliziranost struge reke Save

Struga reke Save je bila med letoma 1806 do 1869 razvejana reka s številnimi rokavi in mrtvicami (slika). Na prelomu 19. stoletja so izvedli številne regulacije reke, kot recimo obsežno regulacijona območju Ljubljanskega polja, ko je bila med drugim zgrajena HE Tacen. Z izgradnjo te hidroelektrarne se je takrat močno spremenil transport plavja. Dolvodno od HE Tacen se je Sava začela intenzivno poglabljati, pri čemer je dolvodno od črnuškega mostu pričela epigenesko vrezovati (Bevc in Podobnikar, 2006). Poglabljanje struge reke Save je še pospešila izgradnja hidroelektran na Savi v šestdesetih letih prejšnjega stoletja (HE Moste-1952 in HE Medvode-1953). HE Mavčiče je bila zgrajena leta 1986.

Kanaliziranje struge je povzročilo velike hidromorfološke spremembe reke, ki se izkazujejo kot povišana hitrost toka in spremenjena prodonosnost. Širina struge je bolj uniformna in število sipin, zatokov, rokavov, mrtvic in poplavnih polj se je drastično zmanjšalo. Zaradi hidromorfoloških sprememb reke je na razpolago manj drstišč, in tudi ostalih habitatov, ki jih tekom življenja potrebujejo sulci in ostale vrste rib.





Slika 95: Sava od Ljubljane do Kresnic v letih 1764 - 1784 (prvi prikaz), 1806 - 1869 (drugi prikaz) (vir: <http://mapire.eu/en/publications/> in sedanje stanje (tretji prikaz) (vir: PROSTOR – prostorski podatki - Državna topografska karta merila 1:50.000, 2000 – 2005)

Neprehodne jezovne zgradbe v pritokih in gorvodno od območja

Populacijo sulca srednje Save sestavljajo z vodnimi pregradami med seboj ločeni deli. V poglavju **Vodne pregrade** so navedene ključne vodne pregrade na območju srednje Save, ki preprečujejo oziroma otežujejo migracijo in prosto razporejanje sulcev in ostalih vrst rib. Pregrade, ki pri vseh hidroloških pogojih popolnoma razdrobijo populacijo sulca srednje in zgornje Save ter pritokov in so sulcem prva ovira na poti po toku navzgor, so: jez pri HE Medvode, ki skupaj z jezo HE Mavčiče predstavlja mejo med srednje savsko in zgornje savsko populacijo sulca; prag na sotočju Sore s Savo in jez pri mHE Goričane na Sori, ki sulcem zapreta pot v Poljansko Soro; jezova mHE pri papirnici Vevče in pri Fužinskem gradu ter zapornica na Grubarjevem prekopu, ki ločujejo savski del populacije od populacije v Ljubljani in prag v Selu pri Ihanu (Bišče) na Kamniški Bistrici, ki razdeli populacijo v Kamniški Bistrici. S pregradami so nadalje razdrobljene tudi populacije sulca v zgornji Savi in Poljanski Sori, ki se izliva v Soro.

Fragmentacija habitata povzroči razdrobljenost populacije na manjše pod-populacije, ki med seboj niso več v stiku, kar vodi v izgubo variabilnosti njihovega genetskega zapisa. Maloštevilstvo teh pod-populacij je vzrok za oplojevanje v ožjem sorodstvu (inbreeding). Izguba variabilnosti genotipa in »inbreeding« sta vzrok za nevitnost populacije, kar samo po sebi zelo verjetno lahko povzroči, da vrsta dolgoročno na tem območju ne bo preživela.

Delovanje hidroelektrarn na pritokih, gorvodno in znotraj območja

Hidroelektrarne, ki neposredno vplivajo na hidro morfološke lastnosti srednje Save so HE Medvode, ki leži gorvodno od Natura 2000 območja in takoj nad njo ležeča HE Mavčiče; mHE Goričane na Sori, mHE Tacen, ki leži znotraj območja Natura 2000 in mHE pri papirnici Vevče na Ljubljani.

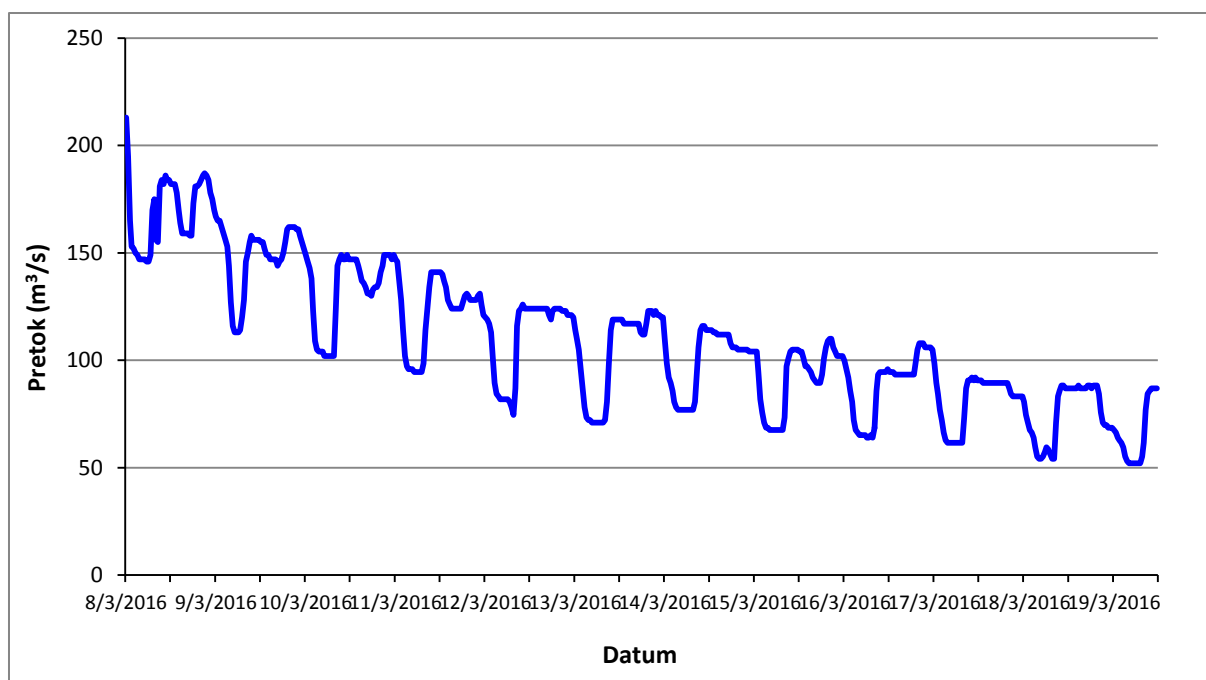
Omenjene hidroelektrarne so, glede na izvedbo različnih tipov. HE Medvode in HE Mavčiče sta akumulacijski in delujeta usklajeno. HE Medvode leži nad sotočjem Save s Soro, pri naselju Medvode.

Jezovna zgradba je betonsko-težnostnega tipa z akumulacijo, ki rabi kot kompenzacijski bazen pri vršnem obratovanju gorvodno ležeče HE Mavčiče. Elektrarna obratuje v dnevno-pretočnem režimu in vršno v verigi s HE Mavčiče v konicah potrošnje električne energije. HE Mavčiče leži v dolini reke Save, nizvodno od Kranja, pod naseljem Mavčiče. Akumulacijski bazen omogoča dnevno akumulacijo vode za pokrivanje konic potrošnje električne energije. (<http://www.sel.si/HE-medvode>). mHE Goričane, mHE Tacen in mHE pri papirnici Veveče so manjše pretočne hidroelektrarne z zaježitvijo, ki so stabilizirane in imajo tako manjši vpliv na hidravliko reke.

Vplive omenjenih akumulacijskih hidroelektrarn, ki jih najdemo na širšem območju Natura 2000, lahko delimo na dve skupini:

- spremembe habitata,
- neposredni vplivi na vrste.

Spremembe habitata so **prekinitev ekološke vzdolžne povezanosti**, ki tako gorvodno kot dolvodno od pregrade povzroči, da se rečni hidrološki režim spremeni do take mere, da predstavlja spremembo habitata in posledično spremembo združbe rib in ostalih vodnih organizmov. Spremembo habitata povzroča tudi **spremenjena prodonosnost**, ki nastane kot posledica jezua, ki preprečuje naraven transport rečnih usedlin. Jez povzroči upočasnitev vodnega toka in posledično usedanje rečnih usedlin. Dolvodno od jezua pride do pomanjkanja le teh in reka prične erodirati rečno strugo. Pride do poglobljanja rečnega dna, kar pomeni, da so izlivi pritokov dvignjeni nad strugo Save in tako težje dostopni za ribe, kot je to primer Gameljščice (glej poglavje **Vodne pregrade**), pa tudi Črnuščice in Maveljščice. Ena od posledic pomanjkanja voda je tudi manjše število oziroma manjši obseg drstišč. Za akumulacijske hidroelektrarne je značilno tako imenovano konično obratovanje (**»hydropeaking«**). Običajno hidroelektrarne akumulirajo vodo ponoči in jo v času velike potrebe po energiji spuščajo preko turbin. S tem povzročajo velika nihanja pretokov dolvodno od jezua, kar ima posledice za ribe in ostale vodne organizme, še posebej tiste, ki niso zmožne hitro reagirati na povečan pretok vode (na primer zarod in mladice sulca in drugih vrst rib). Velika nihanja pretokov še posebej ključno vplivajo na združbe vodnih organizmov v času suše, zmrzali in v občutljivih delih njihovega življenjskega cikla, kot sta drst in razvoj zaroda.



Slika 96: Pretoki reke Save, zabeleženi na vodomerni postaji v Šentjakobu od 8.3.2016 do 19.3. 2016.

Na sliki (Slika 96) je prikazano dnevno nihanje pretoka Save pri Šentjakobu, ki je posledica delovanja HE Medvode in HE Mavčiče.

Neposredni vplivi na vrste se kažejo predvsem v že omenjeni prekinitvi migracijskih poti rib ter v poginih rib. Znan je primer iz leta 1974, ko je prišlo pri izpraznjenju akumulacijskega bazena HE Moste do pogina rib vse do Medvod, ki je bil posledica visoke koncentracije suspendiranih snovi v vodi (Kryžanovski in Skutnik, 1995).

Ukrepi za izboljšanje stanja

Ukrepi za izboljšanje stanja za že obstoječe hidroelektrarne z vplivom na območje Natura 2000 »Sava –Medvode–Kresnice« so delno povzeti po dokumentu: *Guidance document on hydropower development and Natura 2000, 4th draft*, THE N2K GROUP, European Economic Interest Group, 2015 in so: vzpostavitev prehodnosti na vseh evidentiranih neprehodnih ali slabo prehodnih pregradah znotraj območja Natura 2000 in zunaj njega, kjer je vpliv na območje še bistven; zagotovitev transporta sedimenta iz akumulacij HE Medvode in HE Mavčiče dolvodno po strugi Save; omilitev vplivov koničnega obratovanja, ki nastane kot posledica delovanja HE Medvode in HE Mavčiče.

10.3.2. Vzpostavitev prehodnosti

Ocenjujemo, da znotraj območja Natura 2000 ni popolnoma neprehodnih vodnih pregrad, treba pa je izboljšati prehodnost preko jezov pri mHE Tacen ter na pragovih pri Spodnjih Gameljnah, Sneberju in Šentjakobu (glej poglavje **Vodne pregrade**). Pragovi ne služijo izrabi energetskega potenciala Save,

zato je treba preučiti tudi možnost odstranitve katerega od pragov, če se ugotovi, da to s katerega koli vidika ne bi poslabšalo stanja (hidromorfološko, poplavna varnost itd.)

Za povezavo zgornjesavskega in srednjesavskega dela populacije sulca je potrebno postaviti prehode za ribe, v prvi fazi na jezovih HE Medvode in HE Mavčiče. Za vzdolžno povezanost srednje Save s pritoki je treba postaviti oziroma izboljšati prehode za ribe na Sori (prag pri sotočju s Savo in jez pri Goričanah), na Ljubljani (jezova pri Vevčah in Fužinskem gradu ter zapornice pri Ambroževem trgu in na Grubarjevem prekopu) in na Kamniški Bistrici (prag v Selu pri Ihanu – Bišče).

Pri načrtovanju prehodov za ribe so na voljo različne smernice (FAO & DVWG, 2002; FAH, 2011; ICPDR, 2012), ki lahko služijo kot pomoč pri izbiri tipa prehoda, njegove umestitve v prostor, določitvi dimenzij, pretoka, ki ga je treba zagotoviti itd. Usmeritve izhajajo iz ekoloških zahtev ciljnih vrst rib, ki jim je načrtovani prehod za ribe namenjen.

V starejših smernicah (FAO & DVWG, 2002) je pri izbiri tipa in določitvi gabaritov ter ostalih lastnosti prehoda potrebno poznati odsek reke (Huet, 1949), kjer se prehod za ribe načrtuje, novejša smernice (AG-FAH, 2011; ICPDR, 2012) pa upoštevajo tudi že specifične ekološke zahteve nekaterih vrst rib, kot je na primer sulec. Prisotnost sulca namreč močno vpliva na dimenzije prehoda in s tem tudi na pretok vode v njem.

Zagotovitev transporta sedimenta

Smernice za zagotovitev transporta sedimenta, kot ukrep omenjajo upravljanje s prodom na način, da se prod odvzema iz akumulacije nad pregrado in premešča v reko pod njo. Premeščanje proda mora biti izvedeno izven drstnih obdobij rib in pri tem ne smejo biti prekoračene dovoljene vrednosti spremljajočega suspendiranega sedimenta, ki lahko zatrpa rečno dno, poškoduje ribje škrge in bentoške organizme. Če je sediment onesnažen, se ne sme premeščati, ampak mora biti obravnavan kot poseben trden odpadek in odpeljan na deponijo. Poleg omenjenega premeščanja se v praksi razvija tudi ukrep z umetnim simuliranjem poplav.

Omilitev vpliva nenaravnih pretokov in koničnega obratovanja (vir: ICPDR: Guiding Principles on Sustainable Hydropower Development in the Danube Basin)

V deželah donavskega povodja so v veljavi različna priporočila za omilitev vplivov koničnega obratovanja:

- zmanjšanje amplitude nihanja pretokov,
- zmanjšanje frekvence nihanja pretokov,
- izgradnja pretočno izravnalnih bazenov,
- izboljšanje hidromorfoloških struktur v reki (Slika 97) in
- koordinirano delovanje povezanih hidroelektrarn.



*Slika 97: Ukrep za omilitev vpliva koničnega obratovanja na reko.
(vir: https://infoscience.epfl.ch/record/187169/files/EPFL_TH5812.pdf)*

Renaturacija struge reke Save

Izbrati je treba odseke reke, kjer je s stališča izvedljivosti, poplavne varnosti, obstojnosti ukrepa in pričakovanega učinka najbolj smiselno izvesti ukrepe za renaturacijo, kot so odpiranje rečnih rokavov (slika), odstranitev bočnih utrditev (drugačno zmanjševanje erozijskih procesov), umestitev odbijačev, jezbic, skal – samic, itd).





Slika 98: Izvedba rečnih rokavov v Avstriji na reki Dravi pri Špitalu – zgoraj in isti odsek Drave pred izvedenimi regulacijami v začetku 19. Stoletja – spodaj (vir: <http://www.life-drau.at/>).

10.3.3. Omilitveni ukrepi pri načrtovanju hidroelektrarn znotraj Natura 2000 območja

V okviru projekta smo si ogledali omilitvene ukrepe, ki so jih uporabili za omilititev negativnih vplivov hidroelektrarn na rečne habitate in vodne organizme na reki Muri pri Gradcu v Avstriji in na reki Ren v Nemčiji, na meji s Švico.

Primeri omilitvenih ukrepov na novo zgrajeni hidroelektrani (Mura pri Gradcu, Avstrija)

Hidroelektrarni Gössendorf in Kalsdorf sta v lasti firme Energie Steiermark. Ogledali smo si prvo (HE Gössendorf; Slika 99), HE Kalsdorf je identična in leži okoli 4 km dolvodno od prve.

Hidroelektrarni sta pretočnega tipa in delujeta brez akumuliranja vode. Posledično ni negativnih vplivov denivelacije vode v akumulaciji in vplivov koničnega obratovanja dolvodno od jezovne zgradbe. Na dan ogleda (12.5.2015) je bil tok vode v reki nad pregrado počasen in videti je bilo akumulacijo drobnega sedimenta. Dolvodno od pregrade je bil rečni tok hiter; vpliv zajezitve dolvodne hidroelektrarne (HE Kalsdorf) ni bil opazen. HE Gössendorf so zgradili pred približno 3 leti.



Slika 99: Pogled z jezovne zgradbe HE Gössendorf po reki dolvodno (levo) in gorvodno (desno).

Ogledali smo si štiri vrste omilitvenih ukrepov, ki se lahko uporabijo kot ukrepi za izboljšanje obstoječega stanja.

1. Prehod za ribe

Ogledani prehod za ribe (Slika 100) poteka ob desnem bregu (povedali so, da bi jo ob upoštevanju najnovejših smernic gradili ob levem bregu, kjer je iztok iz turbin). Gre za sonaravni tip prehoda za ribe, in sicer za obvodno strugo. Prehod ima en vtok tehnične izvedbe - režasti prehod/verticalslot. Dva vtoka nista potrebna, ker v akumulaciji nad jezovno zgradbo hidroelektrarne ni denivelacije. Pretok v ribji stezi je 650 l/s in je reguliran z zapornico.



Slika 100: Prehod za ribe – levo in tehnična izvedba vtoka – desno.

2. Obvodna struga

Obvodna struga poteka prav tako po desnem bregu in je mišljena kot nadomestni habitat, ne kot prehod za ribe. Vtok v strugo je nekoliko nad vtokom v ribjo stezo. Za ribe ni prehod. Po okoli 100 m se ribja steza in obvodna struga stikata in tam se tvori tolmun (Slika 101). Tu se vodni tok umiri in kot smo opazili, se struga zasipava z drobnimi usedlinami. Ribe, ki priplavajo po strugi, lahko pot gorvodno nadaljujejo po ribji stezi in priplavajo nad pregrado. Struga se dolvodno nadaljuje vse do jezua HEKalsdorf in se izliva pod njo. Pretok v strugi ni reguliran. Normalen pretok v strogi znaša okoli 400 l/s. Za izgradnjo obvodne struge so delno uporabili strugo obstoječega potoka.



Slika 101: Stičišče obvodne struge in prehoda za ribe – levo in obvodna struga – desno.

3. Sonaravno urejen pritok

Na območju bazena HE Kalsdorf so več levih pritokov Mure speljali v skupno sonaravno urejeno strugo (širina = okoli 10 m). Za izvedbo takšne struge so odkupili zemljišča. Pritok (Slika 102) se v Muro izliva dolvodno od HE Kalsdorf.

Monitoring izvajajo v Muri, ribji stezi in obvodni strugi, a poročil teh monitoringov nismo uspeli pridobiti. Predstavniki avstrijskega hidroenergetskega podjetja so nam povedali, da na tem odseku Mure živi sulec.



Slika 102: Sonaravno urejen pritok.

4. Sonaravna ureditev brežin

Ob desnem bregu so dolvodno od jezovne zgradbe HE Gössendorf zgradili otoček, ki razgiba vodni tok (Slika 103 levo). Za zaščito otočka pred odnašanjem so na njegovi gorvodni strani zgradili kamnite zaščitne bloke.



Slika 103: Sonaravna ureditev (otoček) – levo in drenažni kanal – desno.

Drenažnega kanala (Slika 103 desno) niso uredili sonaravno in ga ne uporabljajo kot habitat za ribe, saj fizikalno kemijske lastnosti vode v kanalu niso ustrezne za življenje rib.

Primeri ukrepov za izboljšanje stanja na stari hidroelektrani (zgornji Ren, Nemčija)

Ogledali smo si omilitvene ukrepe, ki so jih uporabili na štirih hidroelektrarnah na zgornjem Renu: HE Augst-Wyhlen, HE Rheinfelden, HE Ryburg-Swörstadt in HE Albrück-Dogern.

Ogled je vodil Ing. Büro Dr. R.-J. Gebler: Dr.-Ing. Rolf-Jürgen Gebler, inženir, ki je odgovoren za načrtovanje in izvedbo omilitvenih ukrepov. Prisotna je bila tudi biologinja, Dr. Ruess, ki je odgovorna za izvajanje monitoringov. Ogled je potekal 17.11.2015.

Reka Ren izvira v Alpah (Švica) in se izliva v Severno morje. Razdeljena je na štiri odseke (Slika 104), obiskali pa smo njen zgornji odsek (Hochrein), ki teče po meji med Nemčijo (desni breg) in Švico (levi breg).



Slika 104: Tok reke Ren, od izvira do izliva, razdeljen na štiri odseke.

Vse HE, ki smo jih obiskali, so pretočne, brez akumuliranja vode in nad pregradami ne prihaja do deniveliranja vode. Prav tako dolvodno od pregrade ne prihaja do vplivov koničnega obratovanja. Izjema je najbolj gorvodna HE Augst-Wyhlen, kjer je dovoljena denivelacija 40 cm. Srednji pretok Rena na območju ogledanih hidroelektrarn je $1038 \text{ m}^3/\text{s}$, širina struge = 180 m, naklon struge = 0,39 %, prispevno območje = 10.140 km^2 . Odsek reke sodi v pas mreene, kjer so vodilne vrste rib mreena, podust, rdečeočka, pisanka in ploščič. Sulec v porečju Rena ne živi.

V postopku podaljševanja koncesije za energetska izrabo vode so bili postavljeni pogoji za izboljšanje stanja biološke raznolikosti in prehodnosti vodnih organizmov. Za zadostitev tem pogojem so na že obstoječih hidroelektrarnah izvedli serijo ukrepov za izboljšanje stanja, predvsem izvedbo dodatnih prehodov za ribe.

1. Prehodi za ribe

Vse obiskane hidroelektrarne imajo izvedene prehode za ribe. HE Ryburg-Swörstadt in HE Albruck-Dogern (Slika 106) imata vsaka po eno sonaravno obvodno strugo, HE Rheinfelden (Slika 105 desno) je opremljena s sonaravno strugo na enem bregu in režastim prehodom na drugem bregu, pri HE Augst-Wyhlen (Slika 105 levo) so izvedli režasti prehod na enem bregu, sonaravno strugo kotanjastega tipa na drugem bregu in dvigalo za ribe ob jezovni zgradbi. Vsi prehodi za ribe (tudi dvigalo za ribe) so opremljeni z dodatnim tokom za privabljanje rib v prehod.



Slika 105: Umestitev prehodov za ribe pri HE Augst-Wyhlen (levo) in HE Rheinfelden (desno) (vir: ing. Büro dr. Gebler, Verbindungsgewässer).



Slika 106: Umestitev prehodov za ribe pri HE Albruck-Dogern (levo) in HE Ryburg-Swörstadt (desno) (vir: ing. Büro dr. Gebler, Verbindungsgewässer).

2. Sonaravne struge

Na dveh hidroelektrarnah so zgradili sonaravni strugi, ki dejansko delujeta kot habitata s strukturami, ki omogočajo prehajanje rib, razmnoževanje, razvoj zaroda in mladice ter sta povezani z matično strugo tako, da lahko ribe prehajajo v matični vodotok.

Sonaravna struga Albruck-Dogern

Na levem bregu se nahaja sonaravna obvodna struga, po kateri teče pretok 2 - 5 m³/s. Struga ima zgrajene strukture, ki tvorijo raznolik rečni habitat. Tvorijo ga brzice, prelivi z globljo tekočo vodo, tolmuni in poraščeni gramozni otoki. Dno je zvezno prekrito z gramozom, na brzicah in predelih s hitrejšim tokom je substrat večjih dimenzij. Globlji predeli s hitrim tokom omogočajo prehajanje ribam tudi pri najnižjih pretokih. Brzice so drstišča litofilnih drstnic. Objekt omogoča prehajanje, služi tudi kot habitat različnim vrstam rib, tudi litofilnim drstnicam. Zapornica na vtoku je avtomatizirana. Na mestu, kjer se voda obeh vtokov združi, je postavljen objekt za monitoring.

Sonaravna struga Rheinfelden

Sonaravna struga pri HE Rheinfield je unikatna na svetu in največja v srednji Evropi (Preglednica 32). Zgrajena je bila na mestu dotočnega kanala bivše derivacijske hidroelektrarne, ki je bila odstranjena, nova HE je zgrajena cca 1 km gorvodno, kjer je sedaj tudi vtok v sonaravno strugo. Nova hidroelektrarna je pretočna, brez akumuliranja vode. Struga je zgrajena ob desnem bregu in deluje kot prehod za vodne organizme in kot nadomestni habitat za vrste rib, ki so značilne za ta odsek Rena. V strugi se drstijo litofilne drstnice (na primer lipan), prvič po 50 letih so zabeležili tudi lososa.

Vhodi so trije: dve kamniti drči na iztoku iz struge in ena kamnita drča pri jezovni zgradbi. Struga ima zgrajene strukture, ki tvorijo raznolik rečni habitat, podobno kot prej omenjena sonaravna struga, le da je ta pri HE Rheinfelden večja in ima dobro strukturirano tudi brežino. Strukture na brežinah so jezvice, plitvine, majhni zatoki, spodjedene brežine in obrežna vegetacija. Struga je z akumulacijo povezana z blagim prehodom preko več kanalčkov.

Preglednica 32: Osnovne karakteristike sonaravne struge pri HE Rheinfelden.

Parameter	Vrednost
dolžina	900 m (1030 m)
skupna višinska razlika	9,1 m
pretok (Q)	10 - 16 m ³ /s (max 30 m ³ /s)
širina koridorja	60 m (50 m)
omočena širina koridorja	40 m
naklon	0,8 %
oblikovanje	12 gramoznih brzic

3. Sonaravno urejene brežine

Na vplivnem območju hidroelektran smo si ogledali nekaj primerov sonaravnih ureditev brežin (Slika 107), katerih namen je razgibati vodni tok ter v priobrežnem pasu ustvariti pogoje za zarod in mlade ribe. Ti ukrepi so uspešni zato, ker so hidroelektrarne pretočnega tipa in na območjih pod njihovim vplivom tudi ne prihaja do denivelacije vode, zamuljevanja obrežnega pasu in negativnih učinkov koničnega obratovanja.



Slika 107: Primeri sonaravnih ureditev brežin na Renu gorvodno od HE Rheinfelden (vir: Gebler, R.J., 2005).

10.4. Zaključki

1. Za ohranitev habitata in populacije sulca na območju srednje Save je treba izvesti ukrepe za izboljšanje stanja:
 - vzpostaviti prehodnost na vseh evidentiranih neprehodnih ali slabo prehodnih pregradah znotraj območja Natura 2000 in zunaj njega, kjer je vpliv na območje še bistven;
 - zagotoviti transport sedimenta iz akumulacij HE Medvode in HE Mavčiče dolvodno po strugi Save;
 - omiliti vplive koničnega obratovanja, ki nastane kot posledica delovanja HE Medvode in HE Mavčiče;
 - renaturirati strugo reke Save na izbranih odsekih in pritokih (glej **Akcijski načrt**).

2. Ukrepi, ki se uporabljajo za omilitev negativnih vplivov na vplivnem območju hidroelektrarn, vključujejo: prehode za ribe, sonaravne struge, sonaravne ureditve brežin in pritokov, pretočno delovanje hidroelektrarn brez akumuliranja vode in denivelacije ter brez koničnega obratovanja oziroma izvedba ukrepov za zmanjšanje njegovega vpliva.

3. Vsi nam poznani ukrepi, ki se na območju Podonavja uporabljajo za omilitev negativnega vpliva hidroelektrarn, lahko imajo, če so ustrezno izvedeni, pozitivne učinke na populacije rib. Treba se je zavedati, da vpliv zaježitve in delovanje hidroelektrarne bistveno bolj prizadene reofilne (tipično rečne) vrste rib kot vrste, ki lahko živijo tudi v stoječih vodah. Ocenjujemo, da ima največje pozitivne učinke na reofilne vrste rib, kamor sodi tudi sulec, ravno delovanje hidroelektrarne, in sicer pretočno delovanje brez derivacije vode, denivelacije in vplivov koničnega obratovanja. Eden od ključnih ukrepov je tudi funkcionalni prehod za ribe.

4. Velikost prizadetega območja je ključna, saj imajo ukrepi za izboljšanje stanja, v verigi obstoječih hidroelektrarn (HE Medvode in HE Mavčiče kot primer kratke verige hidroelektrarn) bistveno manjši pozitiven vpliv, kot v primeru ene same hidroelektrarne. Vseeno gre pri HE Medvode in HE Mavčiče za povezovanje delov populacije sulca zgornje in srednje Save in je zato izvedba ukrepov za izboljšanje stanja ključna.

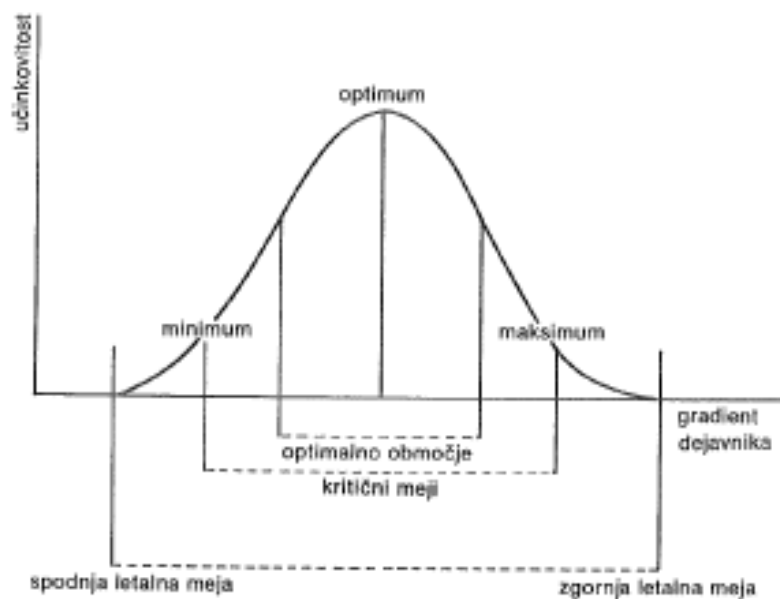
10.5. Literatura

- Ambrožič S., Cvitanič I., Dobnikar Tehovnik M., Gacin M., Grbović J., Jesenovec B., Kozak Legiša Š., Krajnc M., Mihorko P., Poje M., Remec Rekar Š., Rotar B., Sodja E. 2008. Kakovost vode v Sloveniji. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje. 71 str.
- Bevc D., Podobnikar T. 2006. Spreminjanje struge reke Save na Ljubljanskem polju, Ljubljana, GIS v Sloveniji 2005 – 2006, 113 – 122
- Gebler R.J. 2005. EntwicklungsnaturerBächeundFlüsse. MaßnahmenzurStrukturverbesserung. Walzbachtal, VerlagWasser, Umwelt, 79 str.
- Huet M. 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, 11 (3): 332-351
- Kryžanowski A., Skutnik B. 1995. Sanacija Zbiljskega jezera. Mišičev vodarski dan 1995, Maribor, 83 – 91
- Kategorizacija pomembnejših slovenskih vodotokov po naravovarstvenem pomenu. 2002. VGI d.o.o., Poročilo Vodnogospodarskega inštituta, C-274, Ljubljana.
- Lariner M. 2002. Fishways: biological basis, design and monitoring. Bulletin francais de la pecheet de la pisciculture, 364: 21-27
- Omerzu S. 1999. Sulec, slovenski suličarji in sulčja lov do II.svetovne vojne. Racoon,Ljubljana, 148 str.
- Osnutek Načrta upravljanja voda za vodni območji Donave in Jadranskega morja za obdobje 2015 – 2021. 2015. Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana.
- Schmutz S., Zitek A., Jager P. 2011. Grindlagen für einen österreichischen Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Dunaj, 87 str.

11. HABITATNO MODELIRANJE

11.1. Uvod

Prostor, v katerem živijo organizmi, je sestavljen iz živih in neživih značilnosti okolja, s katerimi je organizem v interakciji. Primeren prostor mora ustrezati mnogim kriterijem, v grobem pa ga lahko razdelimo na 5 zahtev: zahteva po hrani, vodi, skrivališču (pred plenilci ali za lažje lovljenje plena), zaščita pred neugodnimi vremenskimi razmerami in zagotovljeni specifični pogoji za razmnoževanje. **Habitat** ali življenjski prostor posamezne vrste je torej definiran kot prostor, v katerem vrste najdejo ustrezne življenjske razmere, ki omogočajo njihovo preživetje in razmnoževanje (Tarman, 1992). Vsak dejavnik okolja, ki vpliva na uspešnost določene vrste, se mora nahajati znotraj nekega strpnostnega oziroma tolerančnega območja (Slika 108). Ti dejavniki ali t.i. dimenzije skupaj predstavljajo ekološko nišo. **Ekološka niša** je po Hutchinsonu multidimenzionalni hipervolumen, v katerem vrsta uresničuje vse svoje potrebe. Dimenzije so v tem primeru vsi dejavniki, ki vplivajo na organizem ločeno, in jih imenujemo dimenzije ekološke niše (Tome, 2006). Vsaka vrsta ima končno, a zelo veliko število dimenzij ekološke niše (temperatura, vlažnost, ..., občutljivost za plenilce, kompeticijske vrste,...) (Tome, 2006).



Slika 108: Strpnostna krivulja dejavnika s prikazanimi značilnimi točkami in območji za organizem (povzeto po: Tarman, 1992).

Habitatno modeliranje je določanje primernosti habitata na podlagi zgolj nekaj izbranih okoljskih dejavnikov. Omogoča lažjo primerjavo posameznih območij v prostoru in času in hkrati omogoča lažje načrtovanje različnih, čim manj invazivnih, posegov v naravo.

Modeliranje je v ekologiji izredno razširjeno in različni habitatni modeli so objavljeni za različne skupine živali in rastlin, npr. za kopenske rastline (Wu in Smeins, 2000), vodne rastline (Lehman, 2000), sesalce (Jepsen s sod., 2005), žuželke (Kadoya in Washitani, 2010), ribe (Steinman s sod., 2013), ptiče (Vrezec s sod., 2014). Modeliranje se včasih uporablja tudi kot orodje za ugotavljanje

vplivov spremembe rabe tal, različnih posegov v prostor, učinka pri renaturacijah in vpliva klimatskih sprememb na tarčne organizme.

Rečni ekosistemi in habitati v njih so izredno kompleksen preplet medsebojnih vplivov med biotskim in abiotskim delom okolja. Primernost posameznih habitatov za posamezno ribjo vrsto je zato odvisna od zelo velikega števila dejavnikov, od katerih mnogih niti ne poznamo ali pa jih zelo težko posamično ovrednotimo, saj so med seboj tesno povezani in soodvisni.

Dejavniki so lahko neživi (abiotski), kot so npr. hidrološko-hidravličnih parametri: količine vode, ki skupaj z morfologijo struge neposredno vplivajo na globino vode in hitrost toka. Hitrost vodnega toka vpliva tudi na velikostno strukturo sedimentov. Geologija tal in raba tal na prispevnem območju določata transport sedimentov in kemijske parametre vode (pH, prevodnost, organsko in anorgansko onesnaženost,...), makro in mikroklimatske razmere vplivajo na pretočno dinamiko in temperaturo vode, ta pa posredno vpliva tudi na v vodi raztopljeni kisik (na katerega vpliva tudi organska onesnaženost).

Biotski dejavniki prav tako izredno vplivajo na razmere v rečnem habitatu. Razrast obrežne vegetacije, ki tvori skrivališča za ribe, je npr. odvisna tudi od morfologije struge. Obrežna vegetacija s senčenjem vpliva na temperaturo vode in prispeva k vnosu hrane za ribe. Različni odnosi (predatorstvo, kompeticija, itd.) v ribji združbi so zelo kompleksni, saj se vplivi različnih vrst in razvojnih stadijev rib med seboj močno prepletajo. Tako so odrasli sulci sicer glavni predatorji drugih vrst rib, vendar so v mlajših stadijih tudi sami plen večjih osebkov drugih vrst. Primernost nekega rečnega odseka za sulca je odvisna tudi od velikosti populacije ribjih vrst, ki predstavljajo hrano, zato mora biti habitat primeren tudi za te ribje vrste.

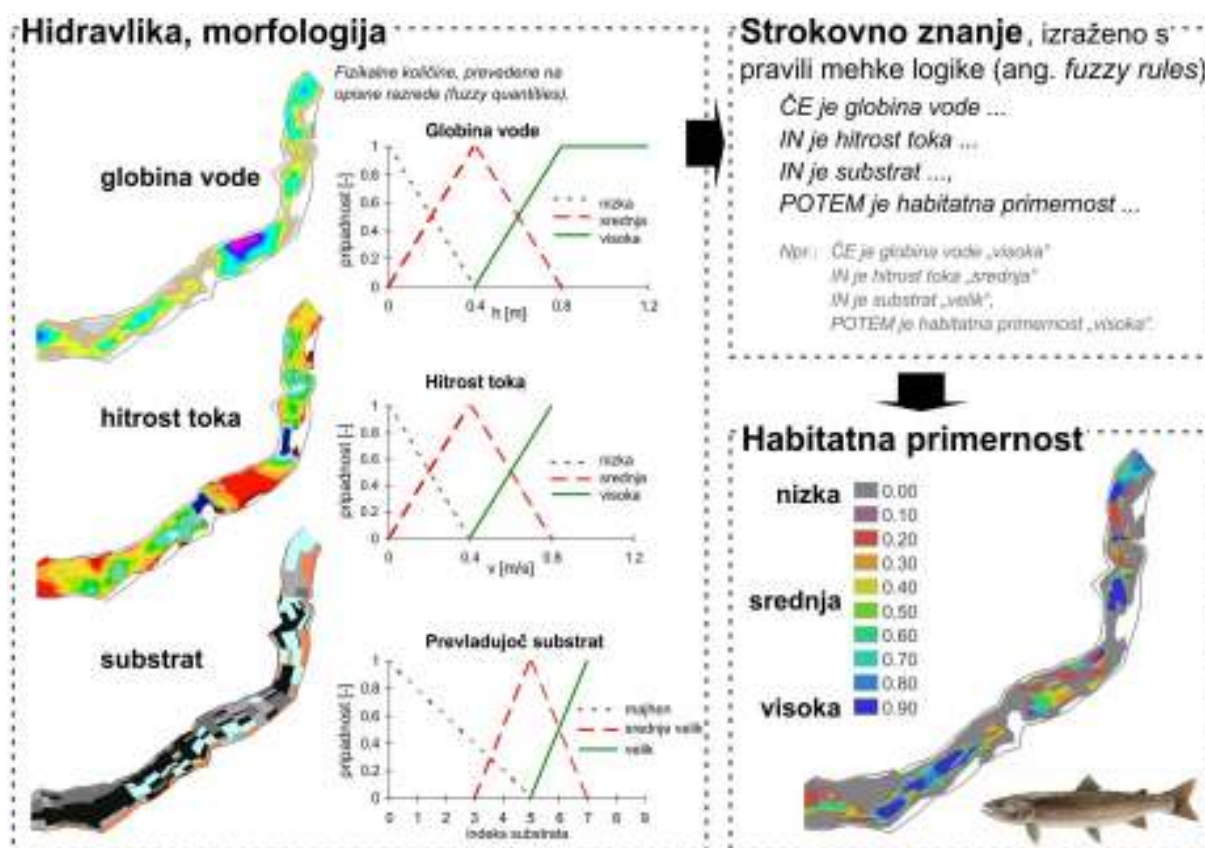
Vse dejavnike, ki vplivajo na primernost habitata, je nemogoče izmeriti in jih ovrednotiti, saj za marsikatero niti ne vemo, kako delujejo. K sreči lahko pogosto z le nekaj najpomembnejšimi dejavniki relativno dobro napovemo primernost habitata za starostne skupine nekaterih vrst rib, seveda pod pogojem, da so tudi ostali parametri v preferenčnem območju (območje optimuma; Slika 108). Hitrost vodnega toka, globina vode, velikost rečnih usedlin in morebitna skrivališča so tisti parametri, ki se jih najpogosteje uporablja pri modeliranju habitatne primernosti za ribe. Prenos habitatnih modelov na druge odseke istega vodotoka ali na druge vodotoke oziroma na iste odseke pri spremenjenih razmerah je mogoče le, če se ostali parametri ne spreminjajo bistveno in torej ostajajo v preferenčnem območju. Na primer, če bi želeli model z območja srednje Save prenesti na odsek reke, kjer je koncentracija kisika v vodi ponekod problematična, bi bila koncentracija kiska v vodi pomemben dejavnik in ribe bi raje izbirale predele z večjo prezračenostjo. Če je kisika v vodi povsod dovolj (kot je to na modeliranem odseku Save), potem koncentracija raztopljenega kisika ne vpliva na izbiro habitata in ta dejavnik ni omejujoč.

11.2. Material in metode

11.2.1. Teoretična izhodišča modeliranja

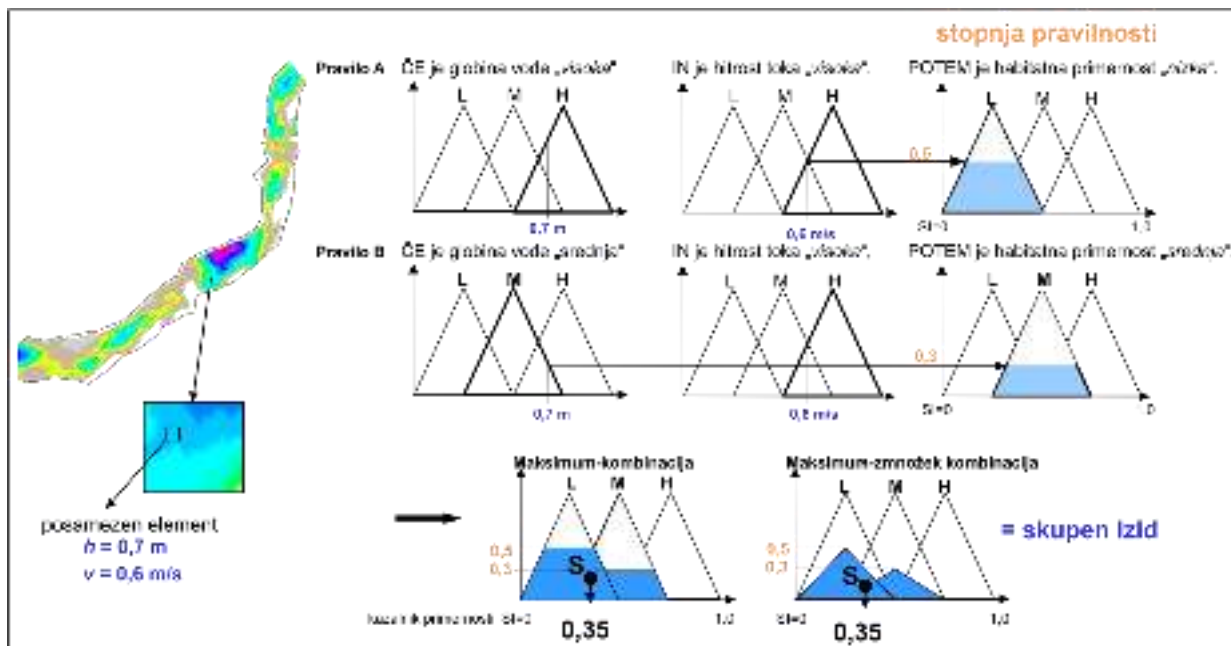
Pri habitatnem modeliranju smo uporabili dve glavni skupini vhodnih podatkov: numerični podatki (v našem primeru so to hidravlični podatki: globine vode, hitrosti vodnega toka) in opisni in indeksirani podatki (velikost delcev substrata in tip vodnega toka). Vsem dejavnikom, ki jih uporabimo v modeliranju, dodelimo pomembnost (utežimo dejavnike glede na pomembnost). Uteženje je običajno izredno težko in prepuščeno individualni presoji strokovnjakov. Po določitvi uteži posameznega dejavnika, ki vpliva na habitat, je potrebno ocene posameznih faktorjev združiti v enotno oceno – oceno primernosti habitata. Ocene posameznih dejavnikov je mogoče združevati na veliko načinov. Utežena aritmetična in geometrijska sredina sta dve izmed enostavnejših in najpogosteje uporabljenih metod za izračun primernosti posamezne krpe habitata. V našem primeru je izračun primernosti habitata temeljil na uporabi mehke logike (ang. *fuzzy logic*). Prednosti tega sistema so mehka pravila (ang. *fuzzy rules*), ki omogočajo določanje primernosti habitata pri različnih kombinacijah posameznih dejavnikov. Osnovno načelo mehke logike je, da se številčni (npr. globina, hitrost) in opisni (npr. substrat, skrivališča, tip vodnega toka) vhodni podatki prevedejo na opisno definirane razrede (ang. *fuzzy quantities*: npr. nizke, srednje in visoke vrednosti). Ti razredi niso strogo omejeni na interval od najmanjše do največje vrednosti, temveč predstavljajo mehke množice/nize (ang. *fuzzy sets*), kar pomeni, da lahko neka vrednost delno pripada enemu, delno pa drugemu razredu. Vpliv različnih dejavnikov v naravi nima ostrih mej in takšna metoda omogoča, da so prehodi med posameznimi razredi podatkov in rezultatov modela zvezni, "mehki".

Za modeliranje habitatne primernosti na Savi smo izbrali programsko orodje CASiMiR. Le-to je sestavljeno iz treh osnovnih modulov (Slika 109): modula za vnos vhodnih podatkov, modula za strokovno presajo primernosti habitatov s pristopom mehke logike (ang. *fuzzy logic*) ter modula za oceno habitatne primernosti.



Slika 109: Shema glavnih modulov programskega orodja CASiMiR (prirejeno po Schneider s sod., 2010).

Modul za presojo primernosti habitatov omogoča urejanje mehkih pravil (ang. *fuzzy rules*), ki vrednotijo habitat glede na kombinacijo vrednosti oz. mehkih množic, v katere so obravnavani dejavniki razvrščeni. Npr.: "Če je globina vode visoka in je hitrost toka srednja in je substrat velik, potem je primernost habitata visoka". V modelu je vsakemu elementu oz. celici i določena vrednost kazalnika habitatne primernosti SI_i (ang. *habitat suitability index*). Za primer, ko so na voljo podatki o globinah in hitrostih, Slika 110 ponazarja primer, kako se na podlagi pripadnostnih funkcij in baze pravil določita stopnja pravilnosti pravila A in pravila B (iz baze mehkih pravil) ter končna (skupna) vrednost kazalnika za posamično celico modela (Steinman s sod., 2013).



Slika 110: Shema mehkega inferenčnega stroja (povzeto po Schneider s sod., 2010).

Posamezne vhodne parametre (hitrost vodnega toka, globina vode in tip substrata) smo razdelili v tri razrede v: majhne, srednje in visoke vrednosti in na ta način določili mehke nize (ang. fuzzy sets) (Preglednica 33). Vrednosti posameznih razredov se prekrivajo, tako je na primer celica, kjer je globina vode 0,5 m, delno v razredu »majhna« globina in delno v razredu »srednja« globina. Na ta način je omogočen zvezni prehod med posameznimi razredi.

Preglednica 33: Razredi uporabljenih hidravličnih parametrov (globine vode, hitrosti toka) – mehki nizi.

	Hitrost vodnega toka (m/s)	Globina vode (m)
majhna	0 - 0,6	0 - 0,7
srednja	0,3 - 1,6	0,3 - 1,75
velika	> 1,3	> 1,25

V izračunu habitatsne primernosti so potrebna tudi mehka pravila, ki zajemajo vse možne kombinacije vhodnih parametrov (Preglednica 34). Pripravila jih je ekipa strokovnjakov ihtiologov Zavoda za ribištvo Slovenije na podlagi znanja ter izkušenj z lovom sulca v Sloveniji. Pri določitvi pravil smo se odločili za dve seriji mehkih pravil, in sicer za mlajše razvojne faze, ki smo jih poimenovali juvenilni sulci (do dolžine 25 cm) ter za starejše razvojne faze (osebki dolžine nad 25 cm), ki smo jih poimenovali odrasli sulci.

Preglednica 34: Prikaz nekaj primerov mehkih pravil za odrasle sulce.

Hitrost vodnega toka	Globina vode	Velikost delcev rečnih usedlin	Tip vodnega toka	Primernost habitata
H	M	L	A	M
H	L	M	A	L
M	H	M	A	VH
M	M	L	D	H
M	L	H	D	L

Legenda:

L – nizka vrednost (low)

M – srednja vrednost (medium)

H – visoka vrednost (high)

VH – zelo visoka vrednost (very high)

A – laminarni tok, razgibano dno

D – zaton

Na podlagi definiranih mehkih nizov in mehkih pravil ter s pripravljenimi vhodnimi parametri smo v programu CASiMiR izračunali primernosti habitata za sulca – t.i. »*suitability index*« za vsako posamezno celico. Pri celicah, kjer je bilo potrebno upoštevati več mehkih pravil, smo vrednost *SI* dobili z metodo zmnožka (*Product Inference Method*). Dobljene vrednosti so normalizirane na način, da smo dobili razpon vrednosti primernosti habitata med 0 in 1.

Habitatno primernost celotnega modeliranega odseka smo izračunali kot »uporabno korigirano površino« (*WUA*; ang. *weighted usable area*), ki je integralna karakteristika odseka in kvantificira habitatno primernost celotnega odseka. Določi se jo po enačbi (povzeto po Schneider s sod., 2010):

$$WUA = \sum_{i=1}^n A_i \cdot SI_i = f(Q)$$

kjer sta:

A_i površina *i*-te celice

SI_i kazalnik habitatne primernosti *i*-te celice

Drug pristop za kvantitativno oceno ovrednotenje habitatne primernosti celotnega odseka je z uvedbo kazalnika hidravlične habitatne primernosti (*HHS*; ang. *hydraulic habitat suitability index*). Gre pravzaprav za normirano vrednost *WUA*, prednost *HSS* indeksa je ta, da odstrani efekt spreminjajoče omočene površine pri različnih pretokih. Primeren pa je tudi za primerjavo habitatnih modelov z različno veliko površino. *HHS* določimo z enačbo:

$$HHS = \frac{1}{\sum_{i=1}^n A_i} \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot SI_i = f(Q)$$

WUA in HHS opisujeta kakovost in površino habitata pri določenem pretoku na analiziranem odseku reke. Hidravlični habitatni indeks primernosti izniči vpliv spreminjajoče se omočene površine pri različnih pretokih, zato je primeren za primerjavo rezultatov habitatnega modela na odsekih reke z različno veliko površino.

Rezultat habitatnega modela je grafični prikaz primernosti habitata za izbrano vrsto ribe (sulec) ob določenih hidroloških (pretok) in morfoloških pogojih (globine vode, struktura dna); grafični prikaz omogoča dober pregled primernosti habitata (visoka, srednja ali nizka) na analiziranem odseku.

11.2.2. Habitatne zahteve sulca

Pri določitvi razredov mehkih nizov in pravil smo strokovnjaki Zavoda za ribištvo Slovenije upoštevali tudi strokovno in znanstveno literaturo o pogojih, ki sulcu (ne) odgovarjajo. Žal so kvantitativne informacije o mikro in mezohabitatnih zahtevah sulca izredno redke (Ihut s sod., 2014). Večina podatkov je anekdotičnih in opisnih, meritve na terenu so izredno redke. Največ podatkov navajajo Holčič in sodelavci (1988), ki npr. trdijo, da odrasli sulci v reki najraje izbirajo:

- poglobitve pod brzicami, kaskadami, jezovi, zapornicami in slapovi, pogosto zasenčene z obrežno vegetacijo,
- mirno vodo za kamnitimi jezbicami, ki oblikujejo vrtince,
- gor in dolvodno od sotočja s pritokom,
- za skalami in drugimi vodnimi ovirami,
- dolvodno od mostov,
- na konveksni strani rečne struge,
- v bočnih zatokih,
- v poglobitvah dna in na mestih, kjer se rečna struga na hitro zoži.

Mladi, spolno nezreli osebki, navadno mlajši od dveh let, se najraje zadržujejo v:

- stranskih rokavih s tekočo vodo, kjer je dno pokrito z gramozom ali je celo muljasto in kjer se plitvine izmenjujejo z zmerno globokimi tolmunimi,
- mirnih vodah v priobrežnem pasu, ki so na dolvodni strani povezani z matičnim tokom, z delno zamuljenim dnom,
- širokih odsekih reke, kjer je rečna struga s peščenimi sipinami razdeljena na več vej, kjer je voda plitva in tekoča,
- majhnih pritokih.

Nasprotno Holzer (2000) piše, da v reki Pielach v Avstriji juvenilni sulci raje izbirajo bolj plitve, malenkost hitreje tekoče vode kot odrasli sulci. Pri prenosu podatkov o izbiri habitata na druge reke je treba biti izredno previden, saj so lahko razlike med posameznimi rekami zelo velike. Tako se v rekah, kjer je malo potopljenih debel, juvenilni sulci zadržujejo v zelo plitvi vodi (< 30 cm), pogosti se

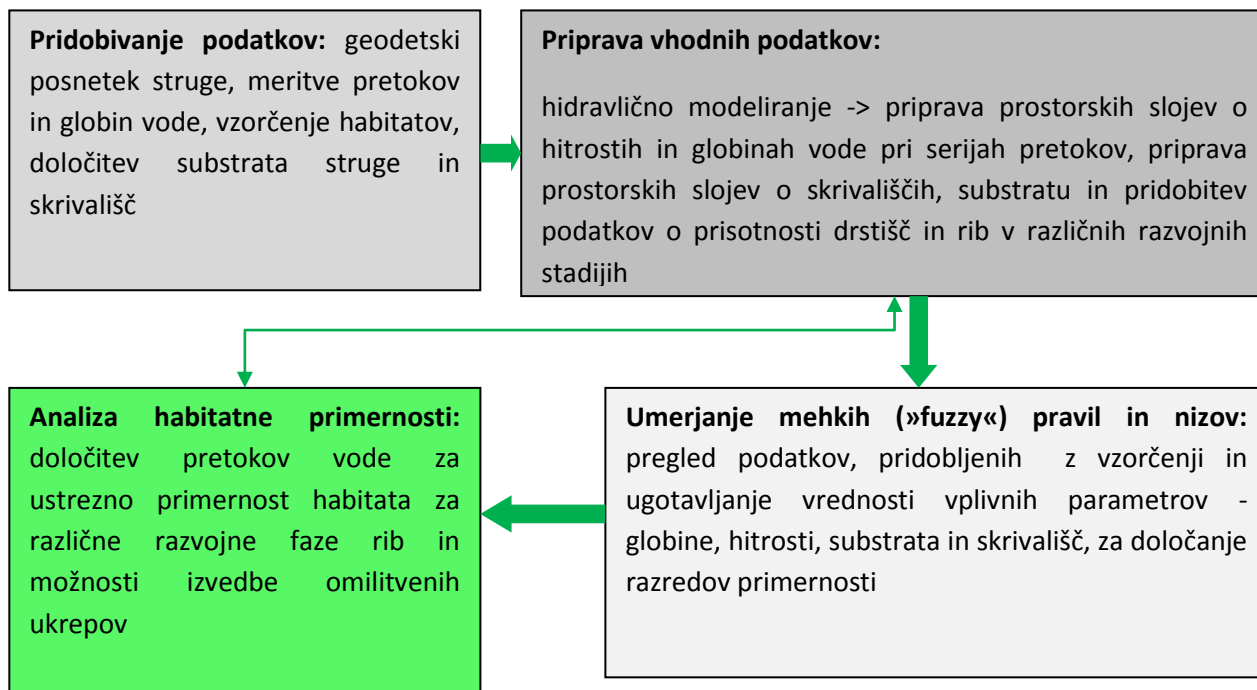
nahajajo tudi v izoliranih tolmunih znotraj poplavnega območja rek z dotokom podzemne vode, če so taki tolmeni seveda prisotni (Ihut s sod., 2014).

Sulec je pomladna drstnica, ki ikre odlaga med kamenje in prod. Habitat, ki ga potrebujejo sulci za drst, je dobro poznan; med posameznimi raziskovalci ni večjih odstopanj. Holzer (2011) ugotavlja, da sulci za drst najraje izbirajo globino med 40-59 cm, medtem ko mora biti globina pred drstno jamo med 20-79 cm. Hitrost vodnega toka (na sredini vodnega stolpca) mora biti v razponu med 20-89 cm/s, pri čemer je najbolj primerna hitrost med 50-59 cm/s. Substrat na drstišču mora biti prodnat, v okolici drstne jame pa se pojavlja tudi kamenje. Prawochensky in Kolder (1968) pišeta, da se sulec drsti na produ ali gramozu pri globini med 30 – 60 cm. Witkowski (1988) je na reki Niedziczanka (Poljska) opazoval vsakoletno drst sulca pri globinah okoli 0,5 m in ugotavlja, da globine vode pod 20 cm sulcu ne omogočajo drsti. Po umetni razširitvi struge je globina vode padla na 0,15 – 0,2 m, kar je ustavilo drst sulcev na tistem območju (Witkowski, 1988).

Prostorska razporeditev mladih sulcev, ki so že plenilci, je seveda vezana tudi na prisotnost manjših osebkov drugih vrst rib. Mladi spolno nezreli sulci, starejši od dveh let, tako izbirajo iste habitate kot odrasli sulci, pri tem pa je opazna hierarhija pri zasedanju habitata.

11.3. Vzpostavitev modela

Pogoj za izdelavo habitatnega modela za odsek vodotoka je predhodna pridobitev ustrezno natančnih podatkov o hidravličnih in morfoloških lastnostih odseka, na katerem želimo izvajati habitatno modeliranje. Za namen naše raziskave smo v prvi fazi izbrali dva odseka reke Save na območju kraja Dolsko (gorvodni odsek dolžine okoli 1,3 km) in kraja Kresnice (dolvodni odsek dolžine okoli 1,8 km). Za izbrana odseka smo že pred pričetkom vzorčenj na podlagi informacij s strani ribičev predvideli, da se sulci stalno nahajajo na teh območjih. Prikaz osnovnih postopkov pri izvedbi habitatnega modeliranja z uporabo mehke logike je prikazan na sliki (Slika 111).



Slika 111: Prikaz osnovnega procesa za izvedbo habitatnega modeliranja s pristopom mehke (»fuzzy«) logike (povzeto po Steinman s sod., 2013).

11.3.1. Hidravlično modeliranje

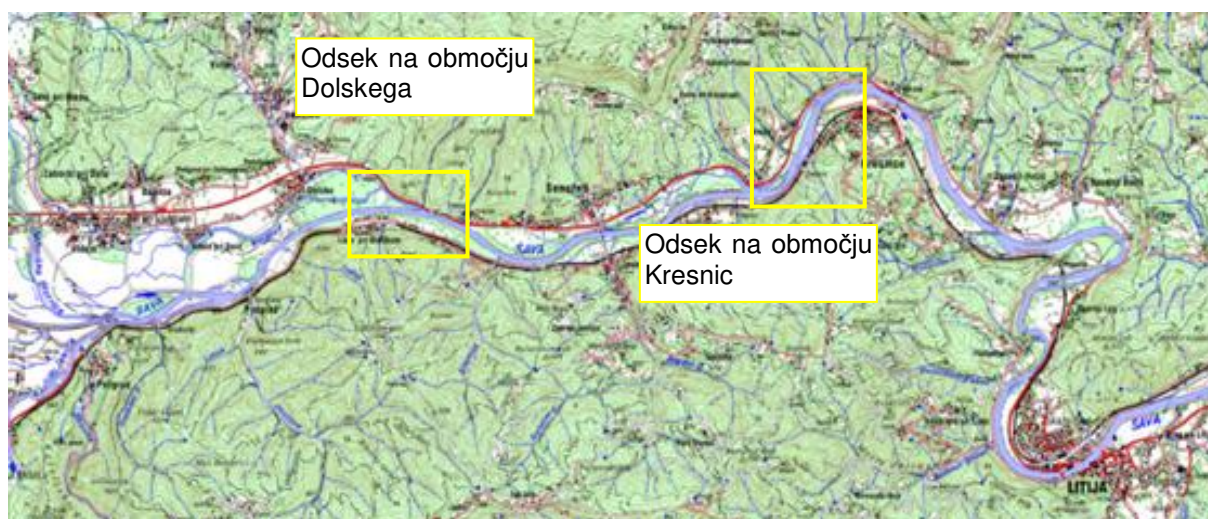
Glede na razpoložljiva časovna in finančna sredstva smo se odločili, da habitatno modeliranje ob upoštevanju obstoječega stanja izvedemo na dveh izbranih odsekih reke Save od sotočja z Ljubljano do Litije, ki ustrezno »zastopata« hidromorfološko stanje daljšega odseka reke Save na obravnavanem območju. Prvi odsek se nahaja na območju Dolskega v dolžini okoli 1,8 km in drugi odsek na območju Kresnic v dolžini okoli 1,3 km (Slika 112).

Pri nizkih pretokih v osnovni strugi lahko ustrezno analiziramo hidravlične razmere, kakršne bi bile praviloma stalnica v primeru večjega odvzema vode na daljšem odseku reke Save, in to v prvi fazi pred spreminjanjem hidromorfoloških značilnosti (zaprojevanje, zarast ipd.), ki se pojavijo v daljšem časovnem obdobju zmanjšanjih pretokov v osnovni strugi.

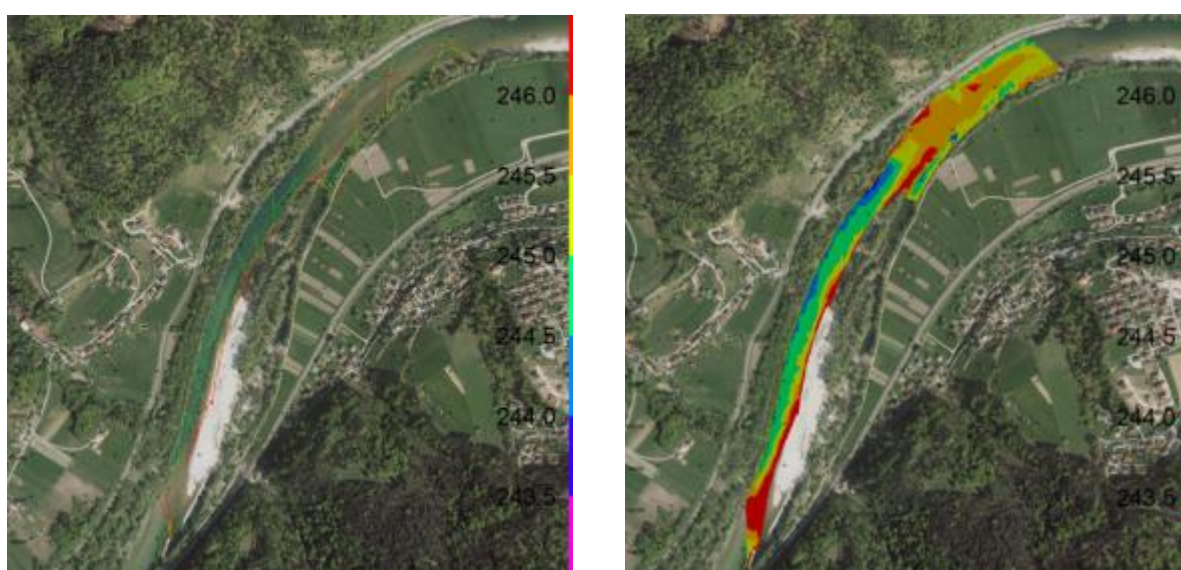
Za potrebe analize izvedbe omilitvenih ukrepov izboljšanja stanja smo izvedli hidravlično modeliranje s teoretično vzpostavitevijo obvodne struge. Za potrebe analize vpliva akumulacije smo izvedli hidravlično modeliranje na daljšem odseku reke Save znotraj celotnega območja teoretično načrtovane HE Kresnice.

11.3.2. Pridobivanje podatkov

Za izvedbo ustreznega hidravličnega modeliranja je v prvi fazi potrebno pridobiti natančne podatke o terenu. Digitalni model višin, ki je narejen na podlagi LIDAR posnetkov (uradni podatki Ministrstva za okolje in prostor), je za potrebe hidravličnega modeliranja zelo ustrezen, vendar podatki o sami strugi ni. Razpoložljivi prečni profili so premalo natančni, saj je za potrebe habitatnega modeliranja potrebno izvesti hidravlične izračune pri nižjih pretokih, zato je podrobnost geodetskega posnetka nujno potrebna. Za potrebe modeliranja smo izvedli dodatno snemanje batimetrije struge reke Save na izbranih odsekih. Na obeh izbranih odsekih smo izvedli hidrografske (batimetrične) meritve batimetrije struge reke Save. Meritve so bile izvedene s sistemom GPS-sonar na plovilu (kajak z ugrezom 0,1 m) z vgrajenima RTK GPS sprejemnikom in hidrografskim sonarjem. Slika 113 prikazuje zajem višinskih točk z večkratnim spuščanjem kajaka po odseku reke Save na območju Kresnic in izdelavo osnovne batimetrije.



Slika 112: Lokacija izbranih odsekov habitatnega modeliranja



Slika 113: Odsek reke Save pri Kresnicah z izvedbo snemanja dna struge in izdelave sloja batimetrije.

V istem času smo pridobili tudi podatke o pretokih in izvedli meritve gladin vode v določenih točkah. Na območju analize ni obstoječe vodomerne postaje, zato smo uporabili podatke najbližjih vodomernih postaj. Za določitev pretokov na odsekih analize smo pridobili podatke o pretokih iz vodomernih postaj (VP) Šentjakob, VP Ljubljanka – Moste, VP Kamiška Bistrica Vir, VP Rača in VP Pšata. Zaradi nihanja pretoka reke Save kot posledica koničnega obratovanja HE Medvode smo pri oceni pretokov upoštevali tudi časovni zamik. Želeli smo uporabiti tudi podatke z VP Litija I, vendar so bili v tem obdobju podatki o pretokih na razpolago samo s povprečnim dnevnim pretokom.

Preglednica 35: Ocena pretokov na odsekih Dolsko – Jevnica in Ribče – Kresnice.

OCENA pretoka			
Odsek	Čas	Q [m/s]	Opombe
Dolsko - Jevnica	27.1.2015 cca. ob 9:30	95	Od VP Šentjakob je ocena 2 urne zakasnitve.
Ribče - Kresnice	28.1.2015 cca. ob 9:30	87	Od VP Šentjakob je ocena 4 urne zakasnitve.

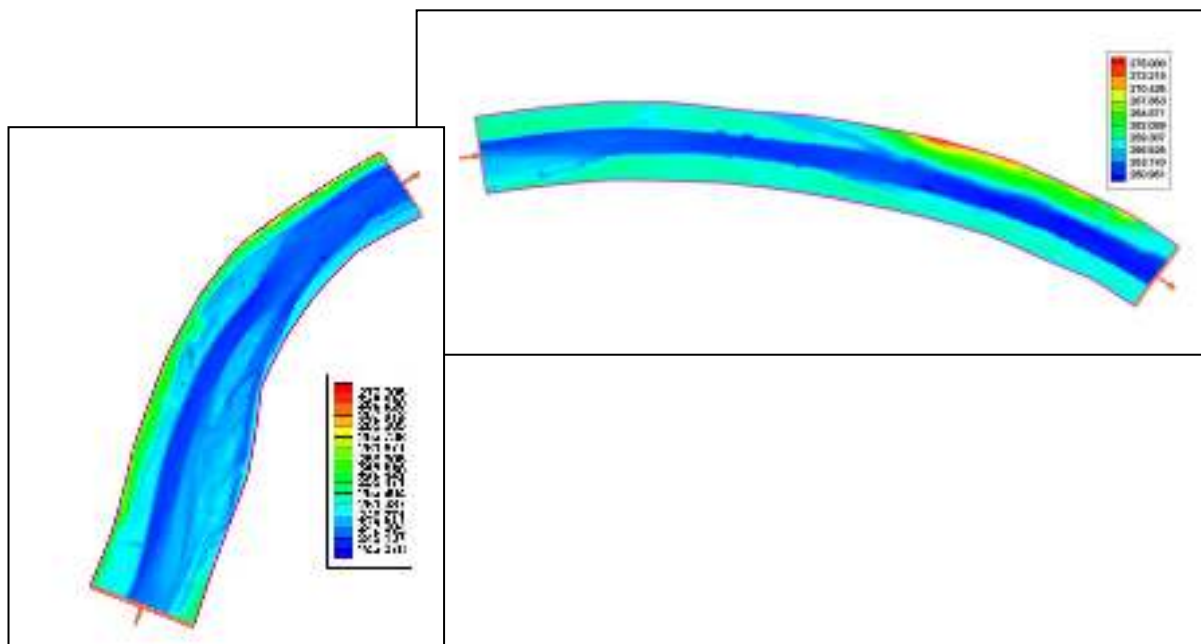
Statistični pretoki na obravnavanem območju niso izračunani. Ker je na odsekih analize do VP Litija I le malo manjše prispevno območje, smo glede na površinsko razmerje določili statistične pretoke za obravnavani območji analize (Preglednica 36).

Preglednica 36: Ocena in primerjava pretokov na odsekih Dolsko – Jevnica in Ribče – Kresnice na podlagi podatkov vodomernih postaj.

Vodomerna postaja	${}_sQ_s$ [m ³ /s]	${}_sQ_{np}$ [m ³ /s]	A [km ²]
3570 - Šentjakob	95.70	29.70	2284
3650 - Litija	164.00	47.30	4849
Odsek Kresnice	163.00	47.00	4820
Odsek Dolsko	162.50	46.90	4800

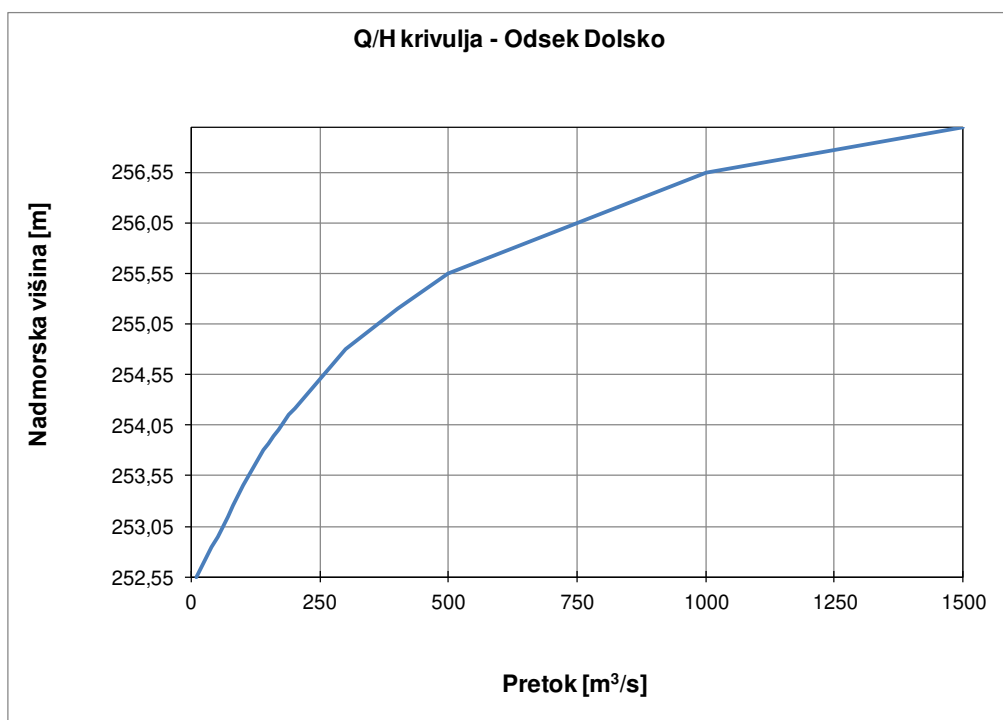
11.3.3. Vzpostavitev hidravličnih modelov

Na podlagi združitve podatkov DMV Lidar, posnetkov batimetrije struge in manjših popravkov v mejnih območjih smo za oba odseka izdelali dvodimenzionalni hidravlični model s programskim orodjem CCHE, ki temelji na 2-dimenzionalni globinsko povprečni obliki Navier - Stokesove enačbe z velikostjo celic okoli 2 m (Slika 114). Program so razvili strokovnjaki z Univerze v Missisippiju (Zhang s sod., 2011). Hidravlični model je podlaga za pridobitev hidravličnih količin – polj vrednosti vplivnih hidravličnih parametrov (globine in hitrosti vode) za različne pretoke.



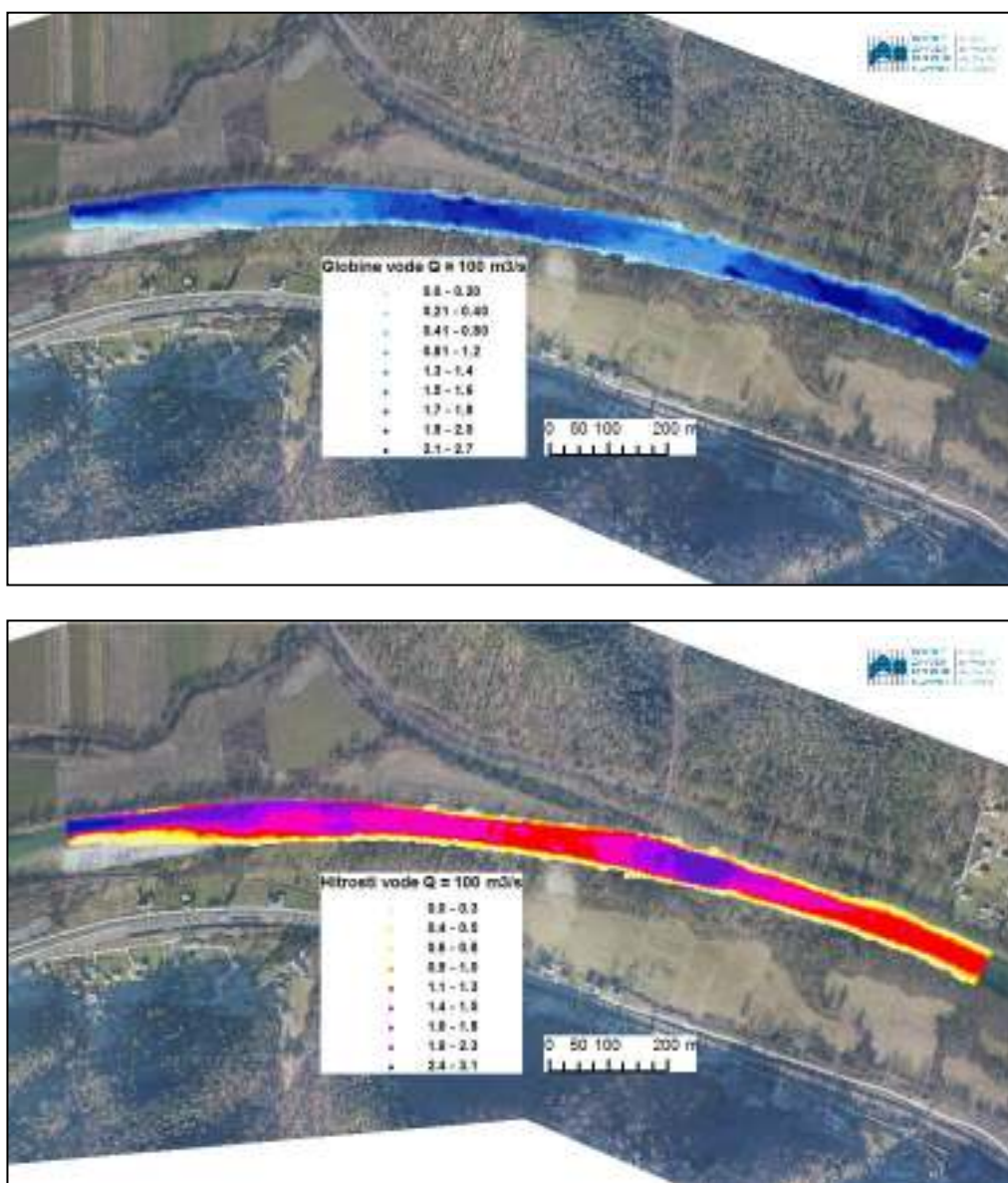
Slika 114: Rezultati vzpostavljenih hidravličnih modelov za odsek Kresnice (levo) in odsek Dolsko (desno)

Na podlagi sestave dna, terena in izmerjenih pretokov s gladinami vode smo modela tudi delno umerili in določili spodnji robni pogoj, to je Q/H krivuljo (Slika 115).



Slika 115: Q/H krivulja za spodnji robni pogoj hidravličnega modela Dolsko

Za pripravo vhodnih podatkov za nadaljnje habitatno modeliranje smo izvedli izračune za izbrano serijo pretokov, to je od $10 \text{ m}^3/\text{s}$ do $200 \text{ m}^3/\text{s}$ s korakom $10 \text{ m}^3/\text{s}$ in dodatno za pretoke 300, 400 in $500 \text{ m}^3/\text{s}$.

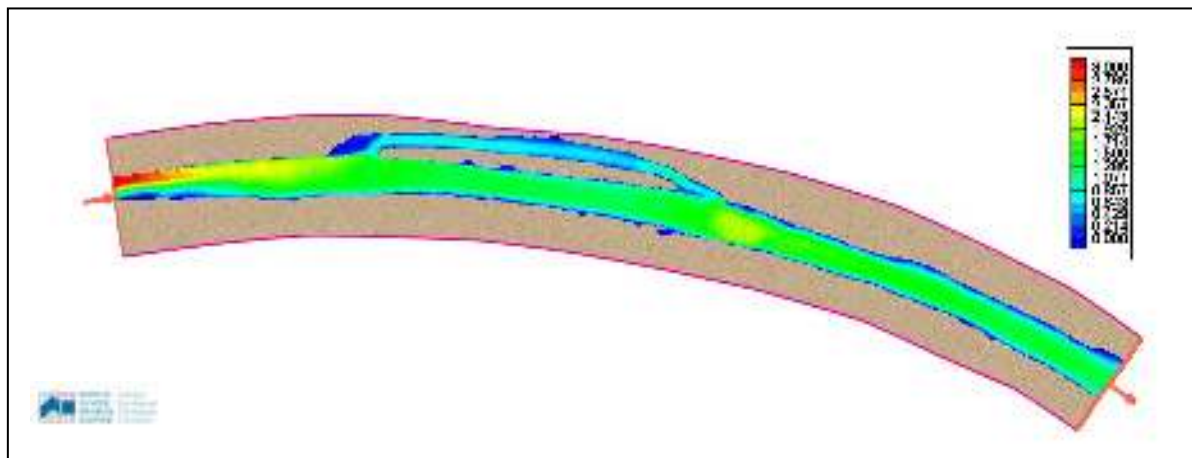


Slika 116: Globoine vode in hitrostnega polja vode za odsek Dolsko pri pretoku $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Za potrebe analize izvedbe omilitvenih ukrepov izboljšanja stanja smo na območju Dolsko vzpostavili hidravlični model z izvedbo stranskega rečnega rokava, pri čemer smo obravnavali možnost razširitve osnovne struge reke Save. Tudi za ta primer smo izvedli hidravlične izračune za izbrano enako serijo pretokov kot pri analizi obstoječega stanja.

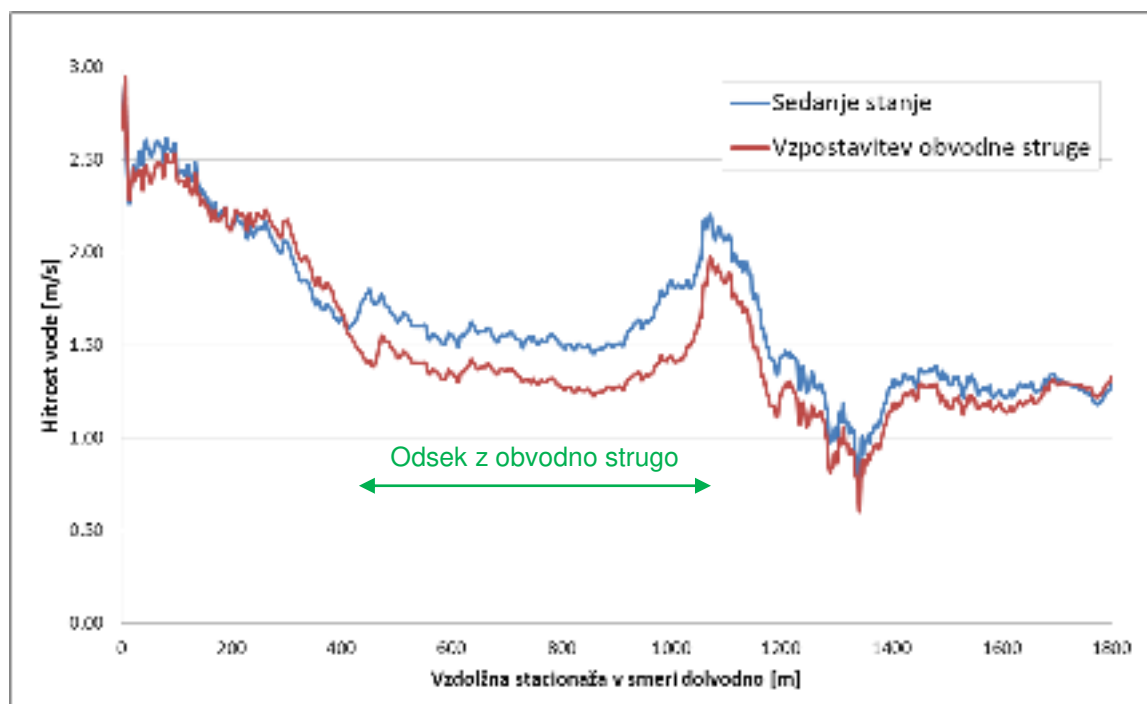
Slika 117 prikazuje globinsko stanje reke Save na odseku Dolsko. Izvedba stranskega rečnega rokava zahteva poglobljeno hidravlično analizo sedimentov, na podlagi katere se z vidika učinkovitosti in

časovne stabilnosti ob predvidevanju sprememb lahko bistveno zmanjša vzdrževalna dela in varovalne ukrepe v prihodnosti.



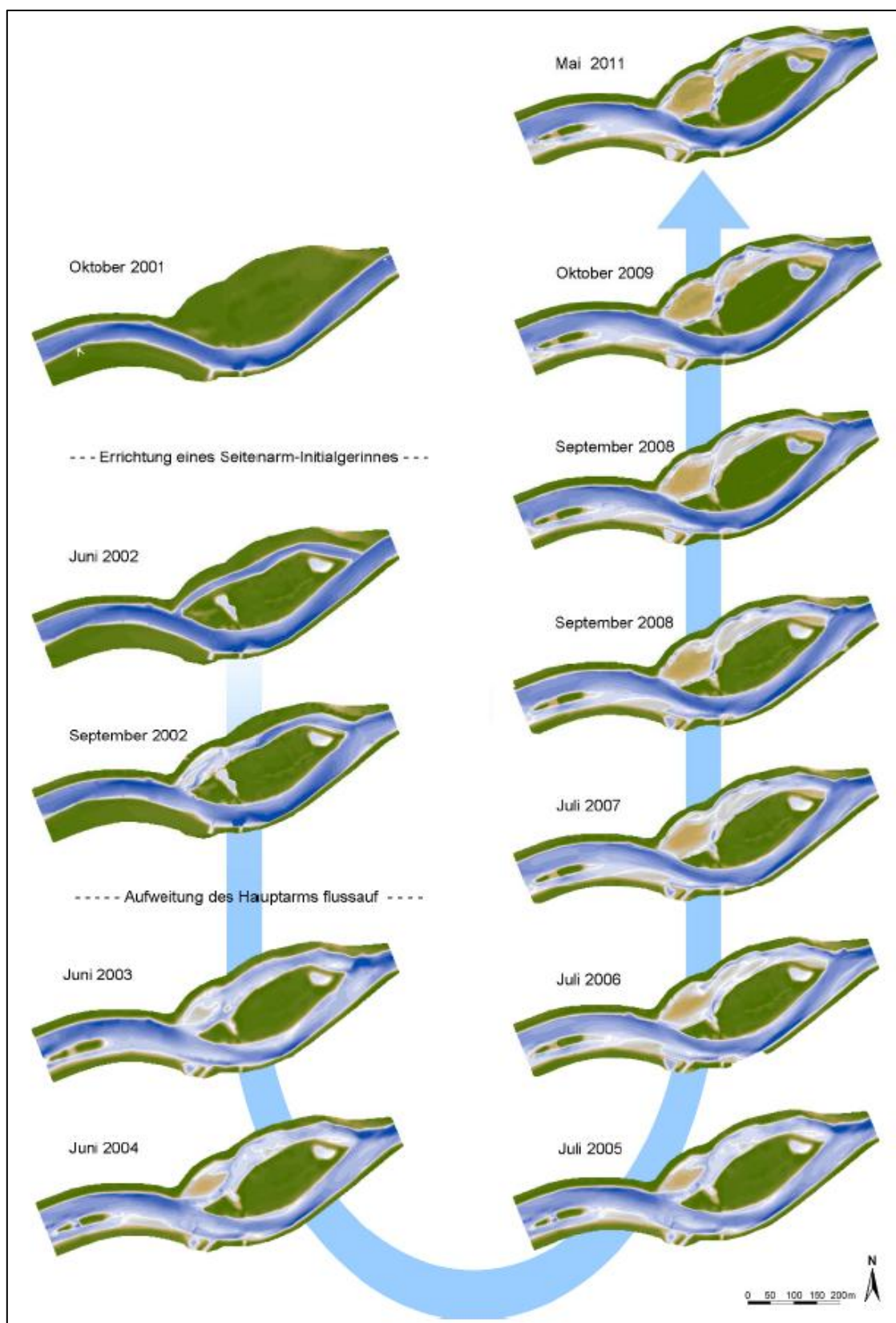
Slika 117: Globine vode za odsek Dolsko pri pretoku $140 \text{ m}^3/\text{s}$

Slika 118 prikazuje primerjavo hitrosti vode v vzdolžnem izbranem profilu za primer sedanjega stanja in stanja z izvedbo stranskega rečnegarokava. Kot smo pričakovali, se hitrosti na odseku stranskega rečnega rokava nekoliko zmanjšajo, vpliv pa se zaradi spremenjene hidromorfologije na tem odseku dejansko pozna tudi gorvodno in dolvodno.



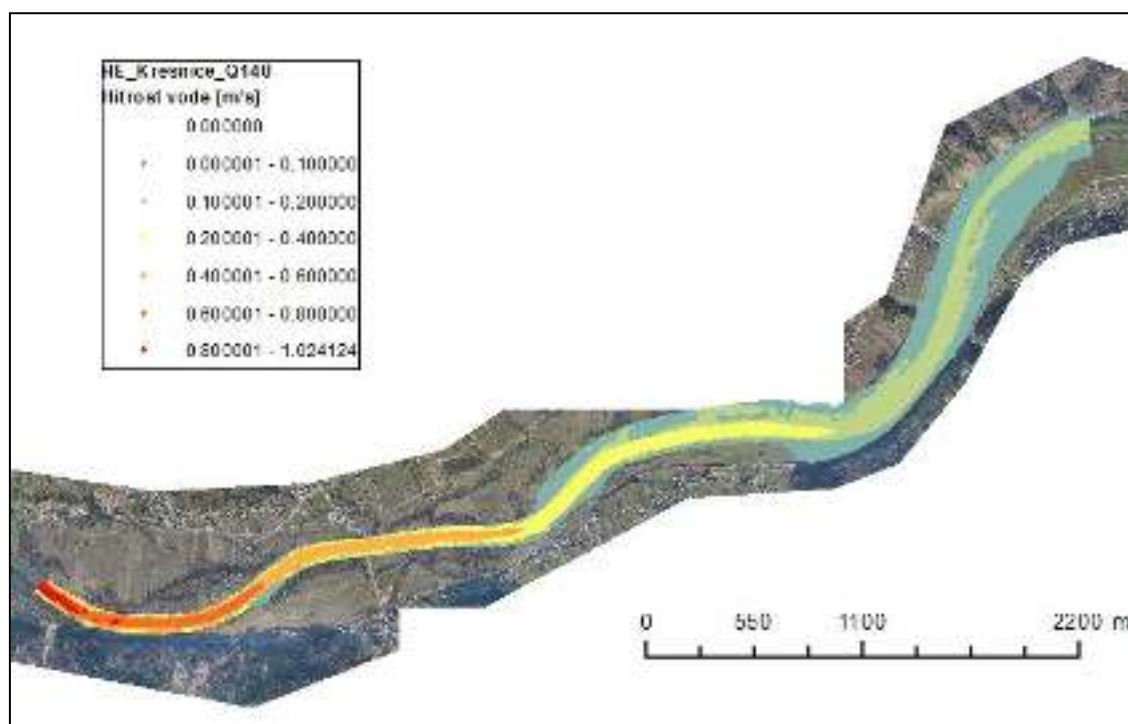
Slika 118: Primerjava hitrosti vode po izbranem vzdolžnem profilu reke Save na odseku Dolsko med sedanjim stanjem (zgoraj) in stanjem z izvedbo stranskega rečnega rokava (spodaj) pri pretoku $140 \text{ m}^3/\text{s}$.

Slika 119 prikazuje primer dinamike spreminjanja odseka reke Drave v Avstriji, kjer je bil izveden strasnki rečni rokav, v obdobju 10 let (<http://www.life-drau.at/>).



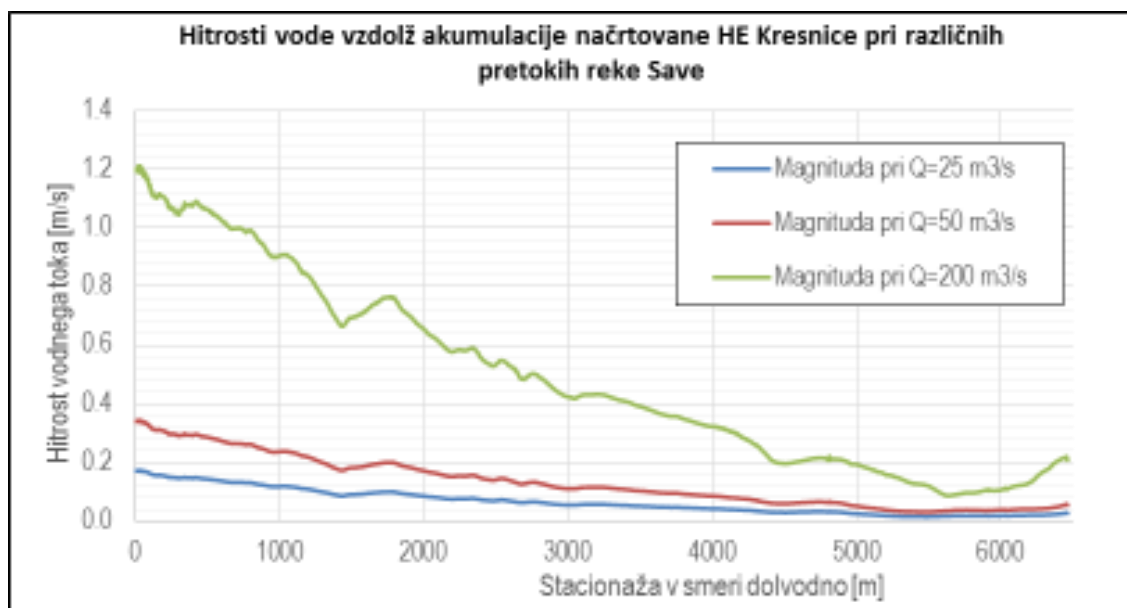
Slika 119: Dinamika spreminjanja vzpostavljenegastranskega rečnega rokava v letu 2002 v Avstriji na reki Dravi pri kraju Kleblach – Lind (<http://www.life-drau.at/>)

Za potrebe analize vpliva izgradnje akumulacije na stanje habitatov smo na podlagi študije »Izgradnja HE na srednji Savi - Tehnične podlage srednje savske verige za potrebe novelacije Predinvesticijske zasnove (HSE d.o.o., 2013) izdelali daljši hidravlični model za celoten odsek HE Kresnice. Na podlagi te študije smo pridobili okvirni odsek območja zajezitve s predvidenimi jezovnimi nasipi in koto ojezeritve ($H_{zg} = 254,00$ m). Ker so razpoložljivi podatki v tej fazi zelo okvirni, pri modeliranju nismo vključili izkopov. Zaradi spremenjenega hidromorfološkega režima smo v skladu z izkušnjami in raziskavami (Javornik, 2015) spremenili sestavo dna in rezultate uporabili za območje pretokov reke Save do $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Tako smo za prvih 30 % celotne dolžine akumulacije kot substrat določili mulj, naslednjih 30 % akumulacije je pesek, naslednjih 20 % je gramoz in za zadnjih 20 % smo kot substrat določili prod. Slika 120 prikazuje polje hitrosti vode v akumulaciji HE Kresnice pri pretoku $140 \text{ m}^3/\text{s}$.



Slika 120: Polja hitrosti v območju načrtovane HE Kresnice pri pretoku $140 \text{ m}^3/\text{s}$

Iz grafičnega prikaza je razvidno, da se v dolvodni smeri, od korena zajezbe do jezovne zgradbe, hitrosti vode zaradi večanja prečnih prerezov zmanjšujejo. Slika 121 prikazuje vzdolžni potek hitrosti od korena do jezovne zgradbe HE Kresnice. S slike je razvidno, da so hitrosti vode blizu jezovne zgradbe zelo nizke. Ker izkopi niso vključeni, pričakujemo, da bodo hitrosti vode na dolvodnem odseku še nižje.



Slika 121: Spreminjanje hitrosti vode na odseku HE Kresnice od korena zajeze do jezovne zgradbe za izbrani vzdolžni profil pri različnih pretokih vode.

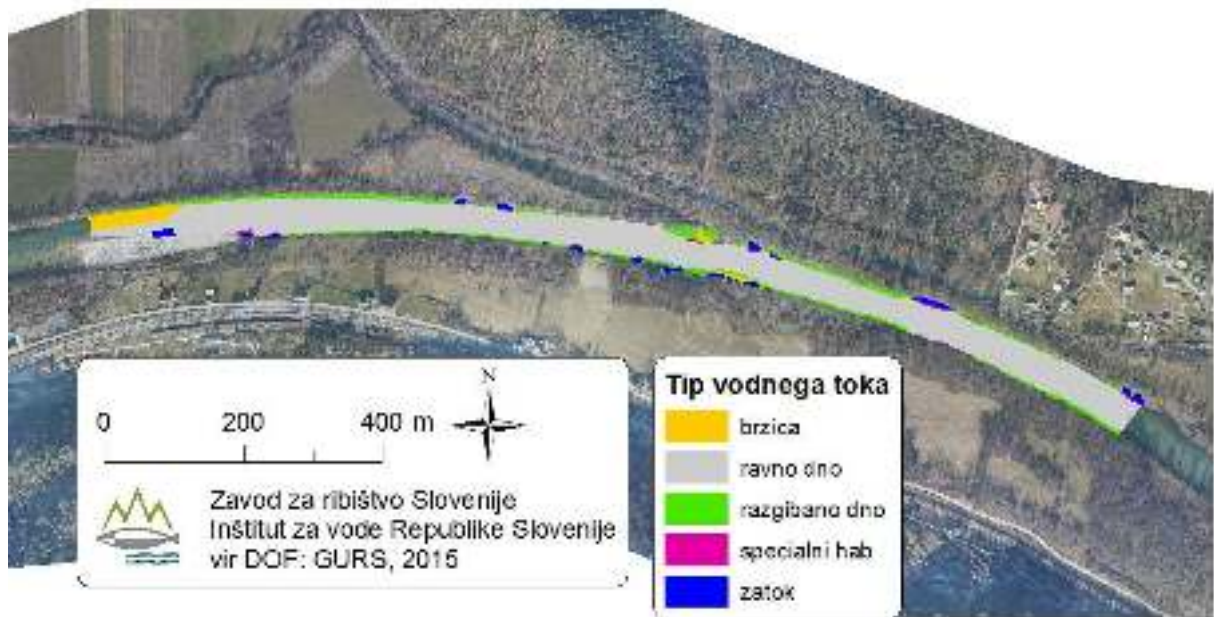
11.3.4. Pridobivanje podatkov o velikosti delcev substrata in o tipu toka

Nujni vhodni podatki za vzpostavitev habitatnega modela so tudi podatki o habitatu – v našem primeru podatki o strukturi substrata struge in tipu toka znotraj območja izbranega odseka. Vsi podatki, ki so potrebni za izvedbo habitatnega modeliranja, morajo biti na terenu natančno popisani, saj je pri analizi pomembno prekrivanje vrednosti posameznih parametrov. Na ta način smo lahko v model dovolj natančno umestili lokacije različnih habitatov.

Z vizualnim pregledom z obeh brežin reke Save in z uporabo ročne GPS naprave smo izvedli popis habitatov na izbranih odsekih (

Slika 122). Tip toka smo ocenjevali po Arend (1999):

- A: mirni tok nad razgibanim dnom struge
- B: mirni tok nad ravnim dnom struge
- C: brzica
- D: zatok
- E: specialni habitat (npr. izlivni deli pritokov, območje pod mostom, za fizično oviro, pod pragom, itd.)

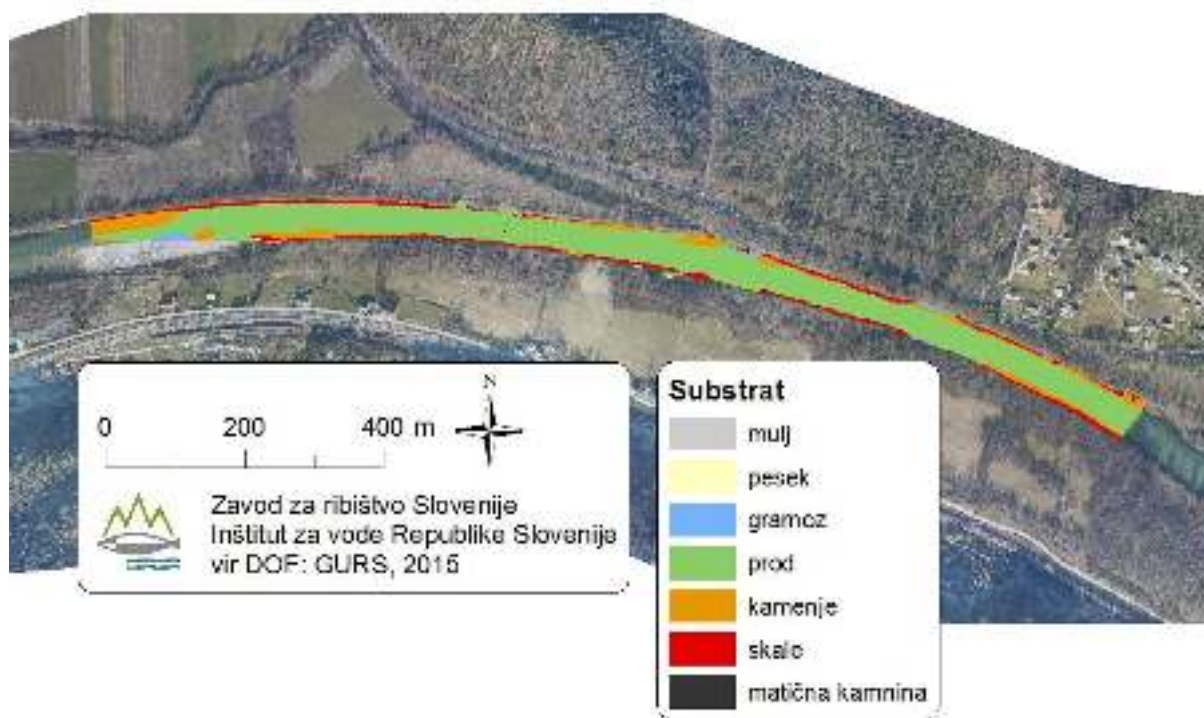


Slika 122: Tip vodnega toka na odseku reke Save pri Dolskem.

Substrat smo glede na velikost prevladujočih delcev razdelilil v naslednje razrede:

- majhen substrat: mulj, pesek, gramoz (do 2 cm veliki delci) in matična kamnina
- srednje velik substrat: prod in kamenje (2 - 40 cm)
- velik substrat: skale (nad 40 cm)

Pri razdelitvi substrata smo upoštevali dejansko velikost substrata in možnost tvorbe intersticija pri določenem tipu substrata; ker matična kamnina ne omogoča tvorbe intersticijskih prostorov, smo jo identificirali kot majhen substrat (Slika 123).



Slika 123: Pregled strukture substrata v strugi na odseku reke Save pri Dolskem.

Habitatno modeliranje smo najprej izvedli na dveh izbranih odsekih reke Save pri različnih pretokih (od 30 do 500 m³/s), v nadaljevanju pa tudi za odsek reke Save v Dolskem v primeru izvedbe stranskega rečnega rokava ter za odsek Sava Kresnice v primeru izvedbe jezua.

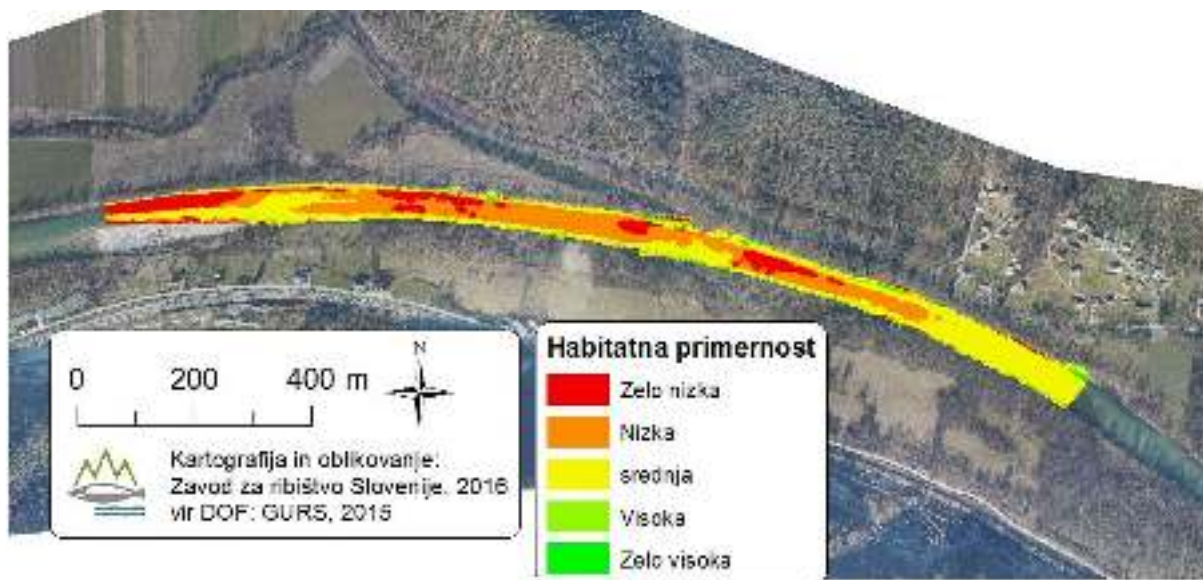
11.4. Rezultati in razprava

V nadaljevanju so prikazani rezultati habitatnega modeliranja na obeh izbranih odsekih pri različnih pretokih. Rezultate smo grafično prikazali kot primernost habitata za sulca v primeru obstoječe struge reke Save ter v primeru izvedbe stranskega rečnega rokava in jezua

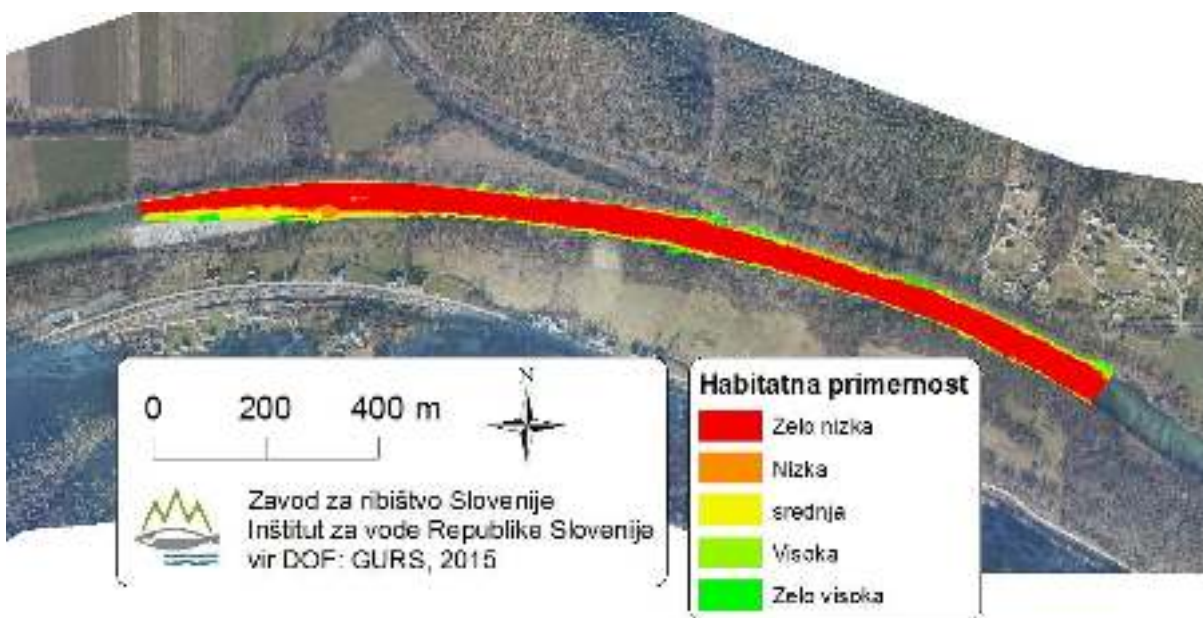
11.4.1. Odsek reke Save v Dolskem

Habitatna primernost je za sulce v Savi pri Dolskem manj primerna. Predvsem to velja za obdobja srednjih in visokih pretokov, medtem ko so razmere v času nizkih pretokov primernejše. V osrednjem delu struge je na modeliranem odseku vodni tok večinoma prehter, hkrati je dno struge nerazgibano. Predvsem mlajši stadiji sulcev se takim razmeram močno izogibajo. Najboljše razmere za odrasle in juvenilne sulce so na tem odseku ob brežinah, in sicer predvsem ob zatoni, ki so na tem delu relativno pogosti. Manjša območja z ugodnejšimi razmerami so tudi ob izlivnem delu Dolske mlinščice (Slika 124). Z grafičnega prikaza je razvidno, da je delež habitatov, ki so za odrasle osebe sulca najbolj primerni, pri izbranem pretoku zelo nizek in prostorsko omejen na ozek priobrežni pas. Relativno veliko je prostora, kjer so razmere srednje primerne, predvsem v spodnjem delu odseka, kjer se hitrosti vodnega toka umirijo. Za juvenilne sulce je pas s primernimi pogoji bistveno ožji in

strogo omejen le na ozek priobrežni pas (Slika 125). Le na zgornjem delu odseka, ob sipini na desnem bregu je ta pas z ugodnejšimi razmerami malo širši. Prav v tem pasu smo ujeli enega izmed dveh juvenilnih sulcev na tem odseku, drugega pa smo ujeli tik nad izlivom Dolske mlinščice.



Slika 124: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v Savi pri Dolskem ($Q= 140 \text{ m}^3/\text{s}$).

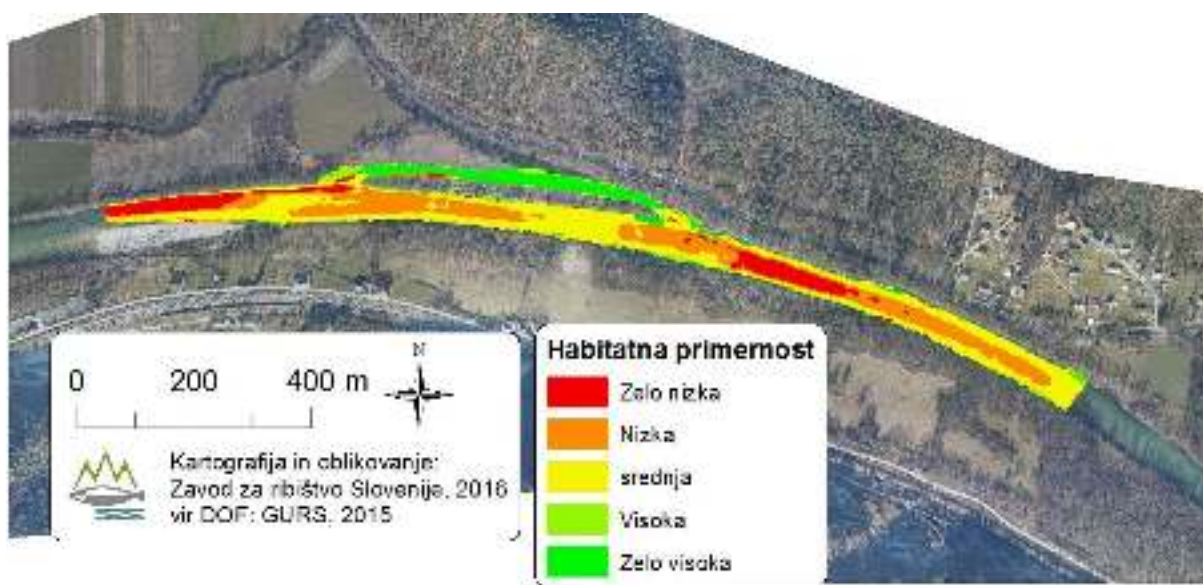


Slika 125: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v Savi pri Dolskem ($Q= 140 \text{ m}^3/\text{s}$).

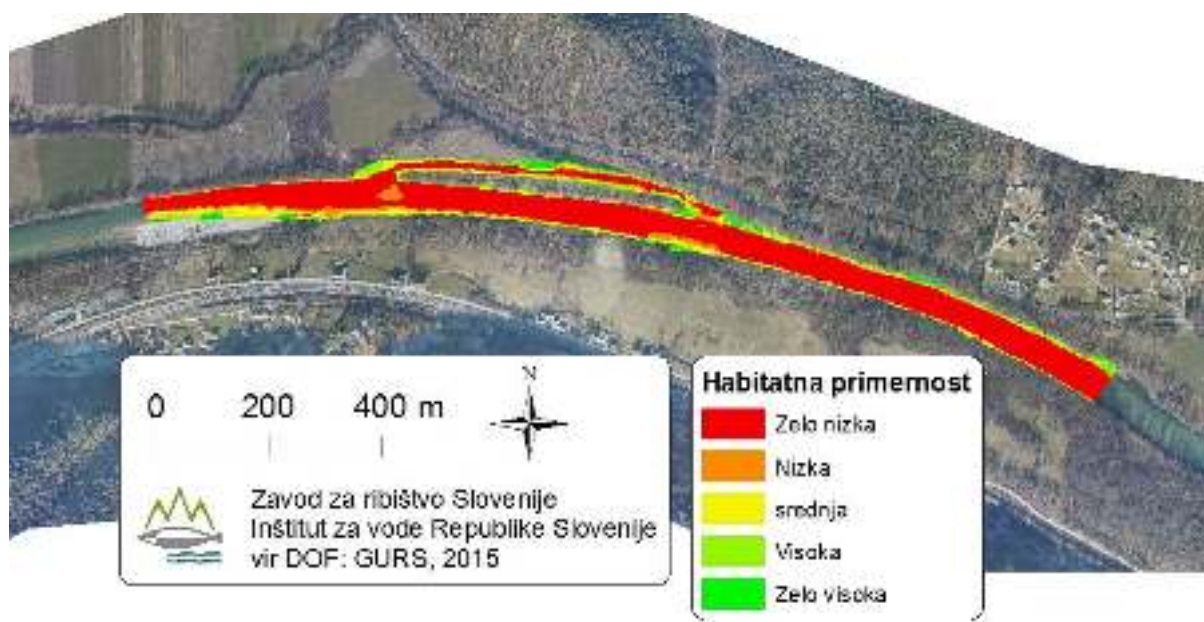
Zaradi neugodnih razmer za sulce v času normalnih in visokih pretokov reke Save smo kot ukrep za izboljšanje stanja predvideli delno renaturacijo, z izgradnjo stranskega rečnega rokava, ki prevaja približno tretjino vode. Večjo primernost habitatov na tem območju omejujejo predvsem velike

hitrosti vodnega toka, zato bi lahko z izgradnjo novega, stranskeegarečnega rokava s stalnim pretokom oz. stalno zagotovljeno vodnatostjo, te hitrosti zmanjšali. Rezultati habitatnega modela kažejo, da bi se življenjske razmere na celotnem modeliranem odseku bistveno izboljšale za odrasle sulce. Pri pretoku Save (pri $140 \text{ m}^3/\text{s}$), ki je na nivoju srednjih pretokov, stranska struga predstavlja okoli 14 % površine celotnega modela, vendar zaradi visoke habitatne primernosti prispeva kar 27 % k skupni uporabni korigirani površini (WUA). Hkrati bi se življenjske razmere za odrasle sulce izboljšale tudi v glavni strugi, na odseku, kjer vzporedno poteka nov rečni rokav. Podobno bi se razmere izboljšale tudi za juvenilne sulce, vendar bi bilo izboljšanje manjše. Osrednji del glavne struge ter tudi rečnega rokava bi bila še vedno povsem neprimerna, vendar bi majhni sulci zelo primerne habitate lahko našli tudi ob brežini stranske struge.

Odsek reke Save pri Dolskem za sulce ni ugoden. Zaradi regulacij reke Save manjkajo predvsem primerna mesta za mlajše sulce. Z izkopom stranske struge bi se razmere močno izboljšale za odrasle sulce, medtem ko rezultati habitatnega modela kažejo, da za juvenilne faze sulcev ta ukrep ni dovolj. Za mlajše stadije bi bilo potrebno strugo še bolj razvejati in s tem hitrosti toka še bolj umiriti ter s tem povečati pestrost habitatov.



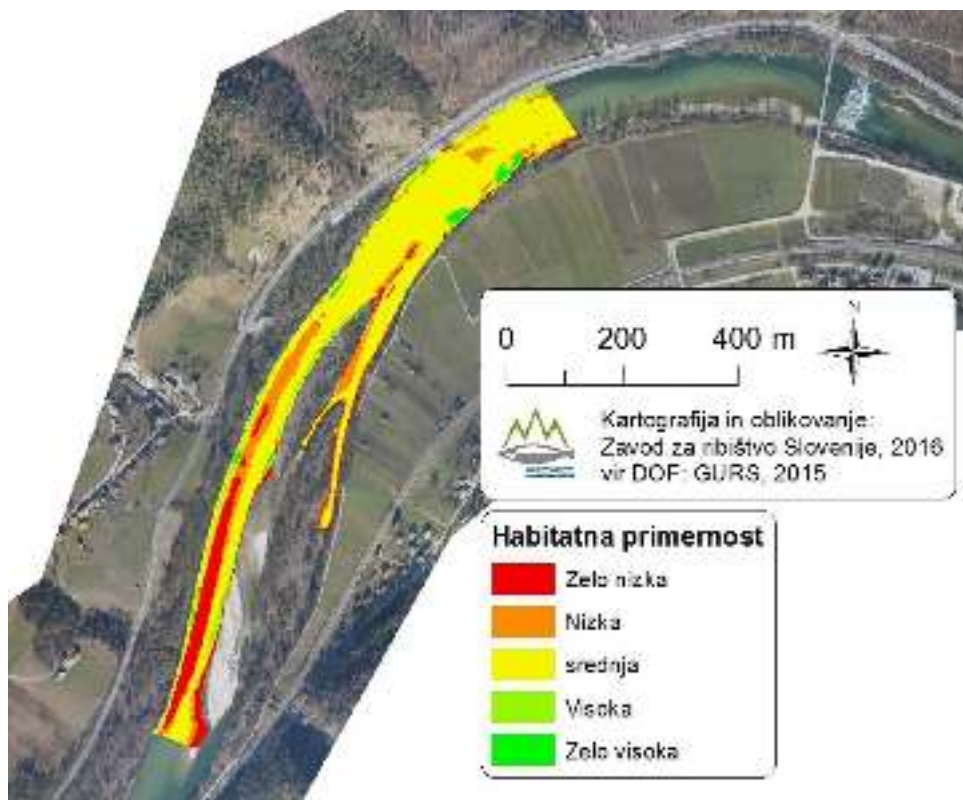
Slika 126: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v Savi pri Dolskem s predvidenim stranskimrečnim rokavom (pri pretoku $140 \text{ m}^3/\text{s}$).



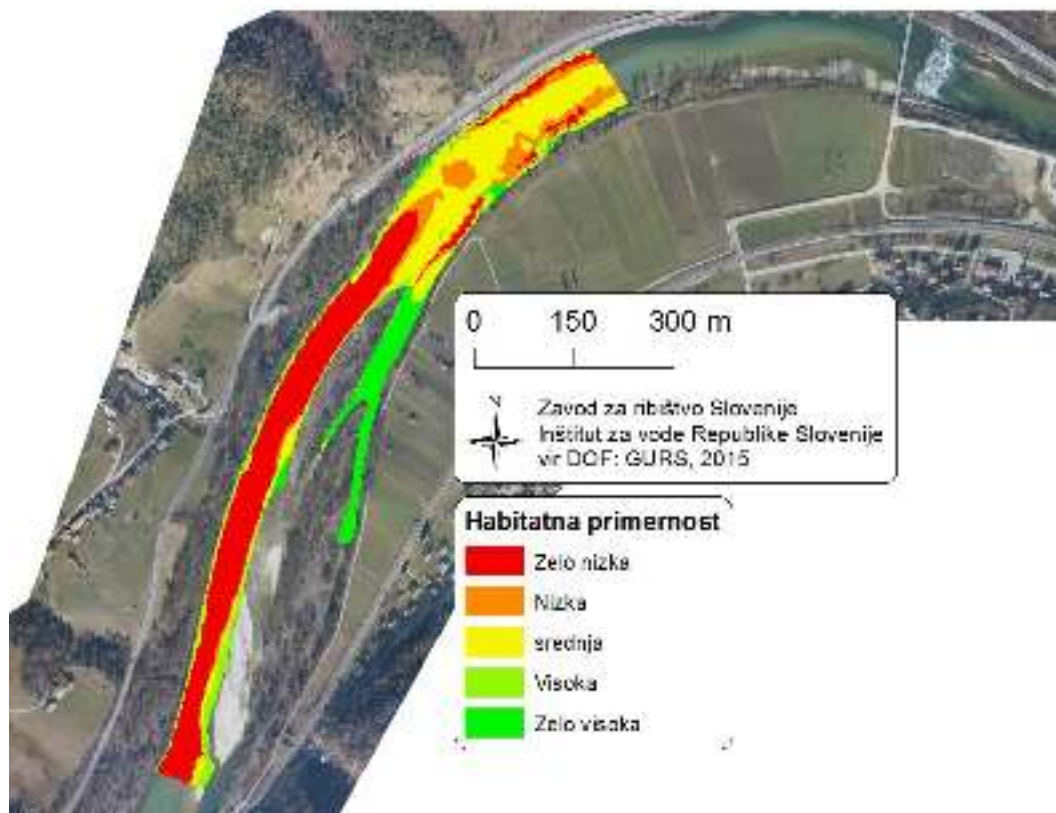
Slika 127: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v Savi pri Dolskem s predvidenim stranskimrečnim rokavom (pri pretoku $140 \text{ m}^3/\text{s}$).

11.4.2. Odsek reke Save v Kresnicah

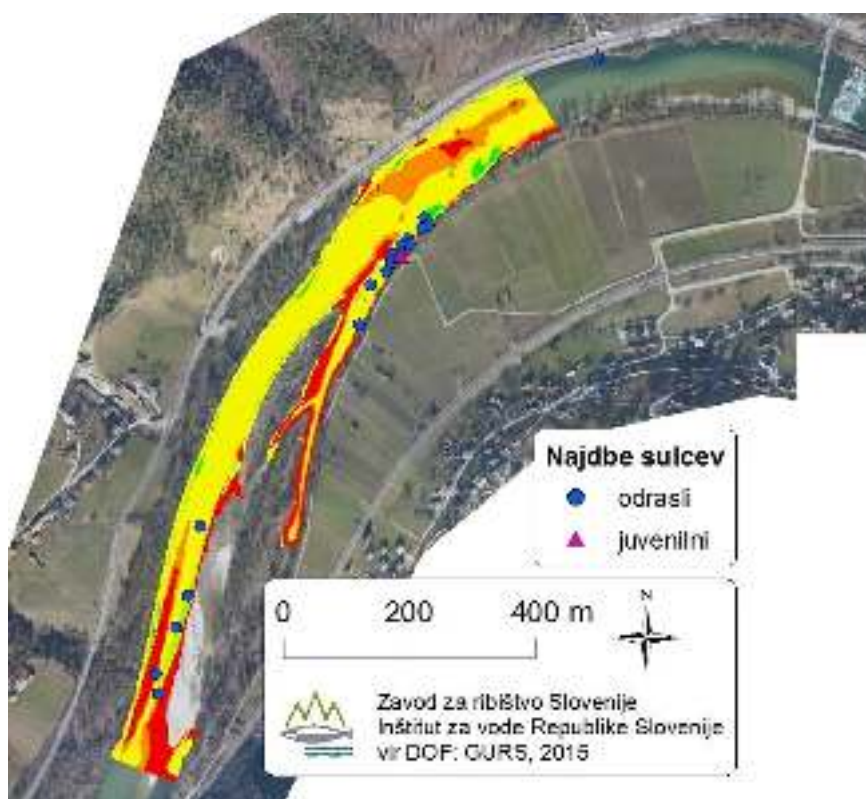
Gorvodni del modeliranega kresniškega odseka je podoben odseku v Dolskem, kjer je rečna struga ozka in so zato hitrosti vodnega toka relativno velike, dno pa je ravno. Na tem delu odseka so življenjske razmere, podobno kot na dolskem delu, za odrasle sulce primerne le ob brežinah. Enako velja za juvenilne sulce, le da je pas primernejših razmer malce širši kot pri Dolskem, saj je desna brežina malce manj strma. Na spodnjem, dolvodnem delu kresniškega odseka se rečna struga precej razširi (skoraj na dvakratno širino gorvodnega dela), ob tem se zmanjšajo globine vode in hitrosti vodnega toka. Na tem delu se ob brežinah nahajajo različne strukture (odbijači, večje skale), ki ustvarjajo specifične mikrohabitate, ki so zelo primerni za odrasle in juvenilne sulce. Takšna morfologija struge omogoča ugodne življenjske razmere za sulce tudi pri višjih pretokih. Na sredini modeliranega odseka se na desni strani nahaja tudi mrtvi rokav, ki verjetno predstavlja zelo pomemben habitat za celotno ribjo združbo na tem delu Save. Ta rokav nudi odlične pogoje za juvenilne sulce, odraslim sulcem pa nudi srednje dober habitat. Stranski rokav je zelo pomemben tudi zato, ker habitatna primernost pri različnih pretokih ostaja relativno konstantna. Predvsem v času višjih pretokov lahko ribe najdejo tu bolj umirjene razmere, ob hitrem spreminjanju pretokov (npr. zaradi delovanja hidroelektrarn) pa se pri iskanju primernih pogojev ribam ni potrebno premikati daleč.



Slika 128: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v Savi pri Kresnicah ($Q= 140 \text{ m}^3/\text{s}$).



Slika 129: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v Savi pri Kresnicah ($Q= 140 \text{ m}^3/\text{s}$).



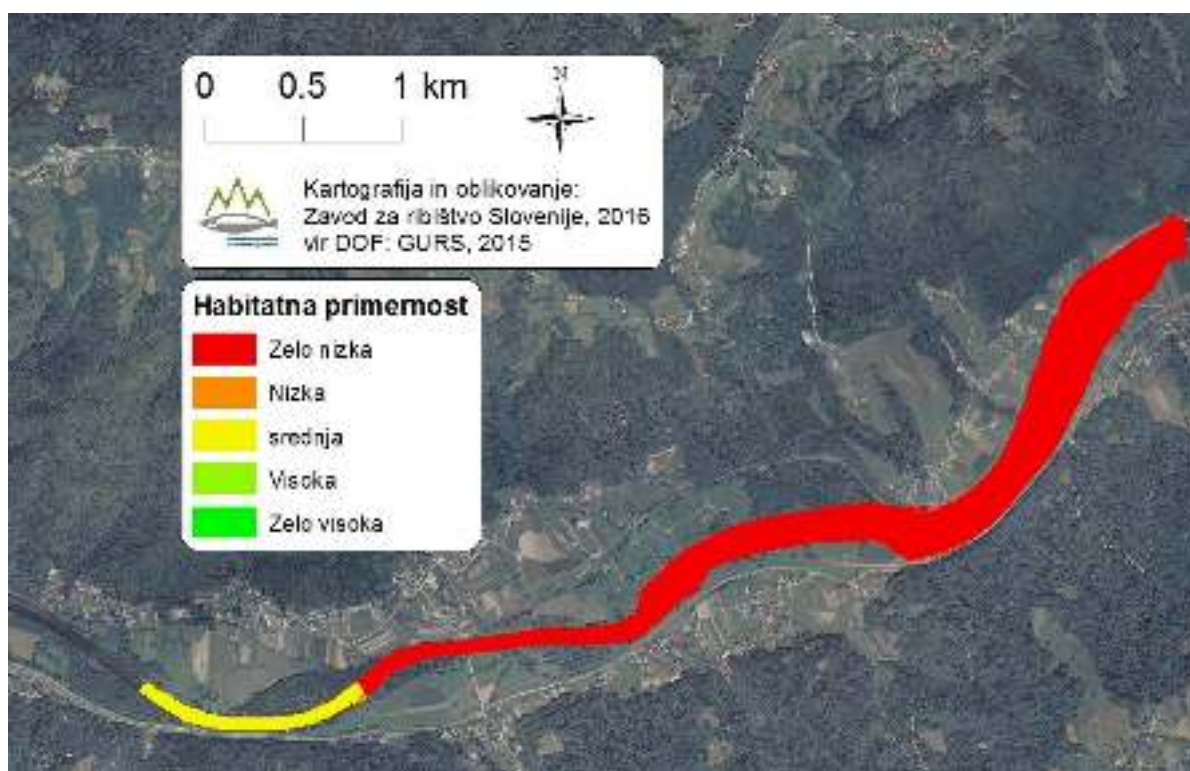
Slika 130: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebk) v Savi pri Kresnicah ($Q=100\text{ m}^3/\text{s}$) in vsi ujeti sulci na tem odseku.

Slika 130 prikazuje lokacije, kjer smo v celotnem času trajanja projekta z različnimi metodami vzorčenja ujeli sulca na odseku habitatnega modela reke Save pri Kresnicah. Napor pri vzorčenju ni bil enakomerno prostorsko in časovno razporejen na celotnem območju obravnavanega odseka; tako smo bolj intenzivno lovili sulca na tistih lokacijah, kjer je bil omogočen dostop do vode z brežin. Dolvodni del odseka (okoli četrtnina skupne dolžine) ni bil vzorčen z elektriko, zato tam kljub ugodnemu stanju habitatov nismo ujeli nobenega sulca.

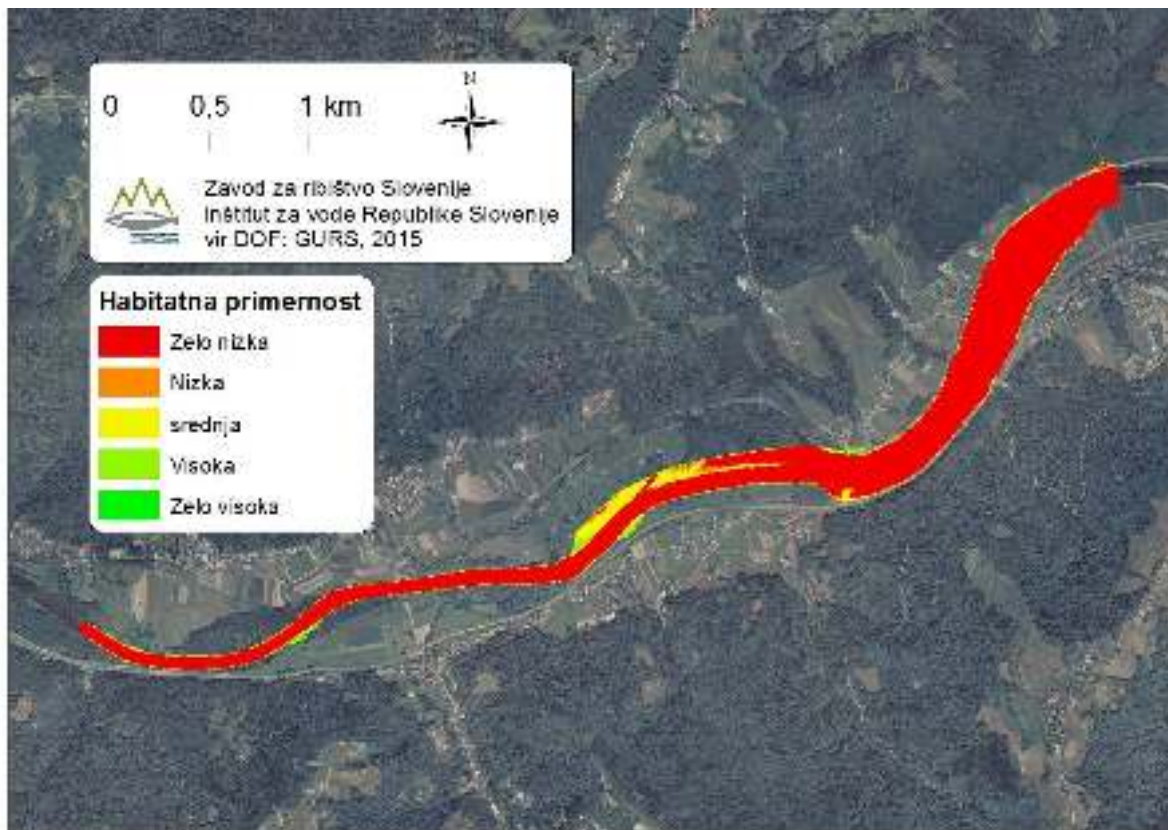
Na sliki (Slika 130) je prikazana habitatna primernost za odrasle sulce pri pretoku $100\text{ m}^3/\text{s}$, čeprav so bili sulci ujeti pri zelo različnih pretokih reke Save. Ne glede na omejitve izbranih metod za vzorčenje sulca so bili pridobljeni podatki dovolj številčni, da smo lahko ugotovili, da se podatki o najdenih sulcih ujemajo z rezultati habitatnega modela.

Na odseku reke Save v Kresnicah, kjer je pri nespremenjenem hidromorfološkem stanju primernost habitatov za odraslega sulca relativno ugodna, smo z uporabo habitatnega modela analizirali vpliv scenarija izgradnje hidroenergetske pregrade z določeno akumulacijsko ojezeritvijo. Pri pripravi vhodnih hidravličnih podatkov smo upoštevali tudi vpliv zaježitve reke Save na prodonosnost, in sicer na strukturo sedimenta v primeru zaježitve. Na podlagi obstoječih podatkov že izvedenih hidroenergetskih objektov ter na podlagi predvidenih sprememb naravne prodonosnosti (erozijski procesi) je mogoče dobro napovedati dolžino rečnega odseka, na katerem bo prišlo do bistvenih sprememb strukture sedimenta v strugi. Pri habitatnem modeliranju smo morali zato upoštevati tako hidravlične parametre kot tudi spremembe substrata na analiziranem odseku nad teoretično izvedeno zaježitvijo.

Rezultati habitatnega modela kažejo, da bi se ob morebitni izgradnji HE Kresnice in akumulacijskega jezera razmere za sulce izjemno poslabšale. Na spodnjih štirih petinah odseka bi bile razmere za odrasle sulce povsem neprimerne. Habitatni model kaže srednjo primernost habitata za odrasle sulce le na zgornji petini odseka, kjer je vpliv pregrade najmanjši. Ostra meja med habitatni z zelo nizko primernostjo in habitatni s srednjo primernostjo (Slika 131) je delno posledica ocene spremembe velikostne strukture rečnih usedlin v akumulaciji in vzpostavitve spremenjenih razmer na analiziranem odseku na podlagi dosedanjih izkušenj in raziskav (Javornik, 2015). Habitatov z visoko ali zelo visoko primernostjo za odrasle sulce v obravnavanem scenariju vzpostavitve hidroenergetske akumulacije ni. Podobno velja za juvenilne sulce, kjer bi nastal manj primeren ali neprimeren habitat po celotni dolžini struge, le v osrednjem delu akumulacije ob brežinah bi morda lokalno nastale srednje ugodne razmere. Ali bi v primeru zaježitve dejansko nastali ti odseki s primernejšim habitatom, je odvisno tudi od izvedbe akumulacijskega jezera – izkopavanja, utrjevanje brežin, itd. Ob tem je treba upoštevati tudi trajnost in obstojnost morebitnih novo nastalih habitatov, ki bi bili neposredno odvisni od režima obratovanja akumulacije ter od samega vzdrževanja akumulacije (ravnanje s sedimenti, vzdrževanje brežin, itd.). Upoštevati moramo tudi vplive denivelacije na drstišča ribjih vrst. Menimo, da ima lahko hitro spreminjanje pogojev v habitatih rib v krajšem časovnem obdobju negativne posledice za ribje populacije. Ena od raziskav (Świerzowski in Godlewska, 2001) je pokazala, da je bila številčnost rib v akumulacijskem jezeru z veliko obratovno denivelacijo veliko nižja kot v ekosistemih, kjer denivelacije ni bilo. Če povzamemo, tudi vzpostavitev relativno ugodnih hidromorfoloških pogojev za sulca ne izboljša stanja habitata, če čas trajanja, ko so pogoji v habitatu dobri, ni dovolj dolg oz. se to stanje pre pogosto spreminja.



Slika 131: Habitatna primernost za sulca (odrasli osebki) v predvideni akumulaciji HE Kresnice ($Q=140\text{ m}^3/\text{s}$).

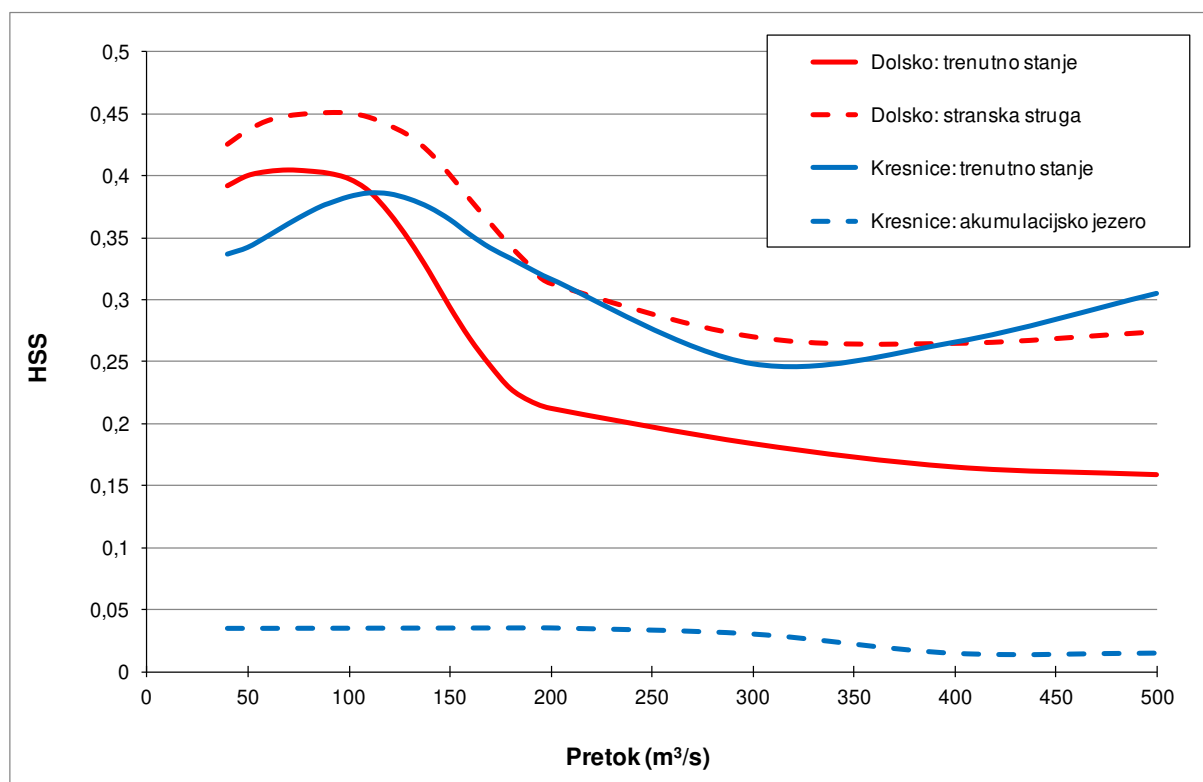


Slika 132: Habitatna primernost za sulca (juvenilni osebki) v predvideni akumulaciji HE Kresnice ($Q = 140 \text{ m}^3/\text{s}$).

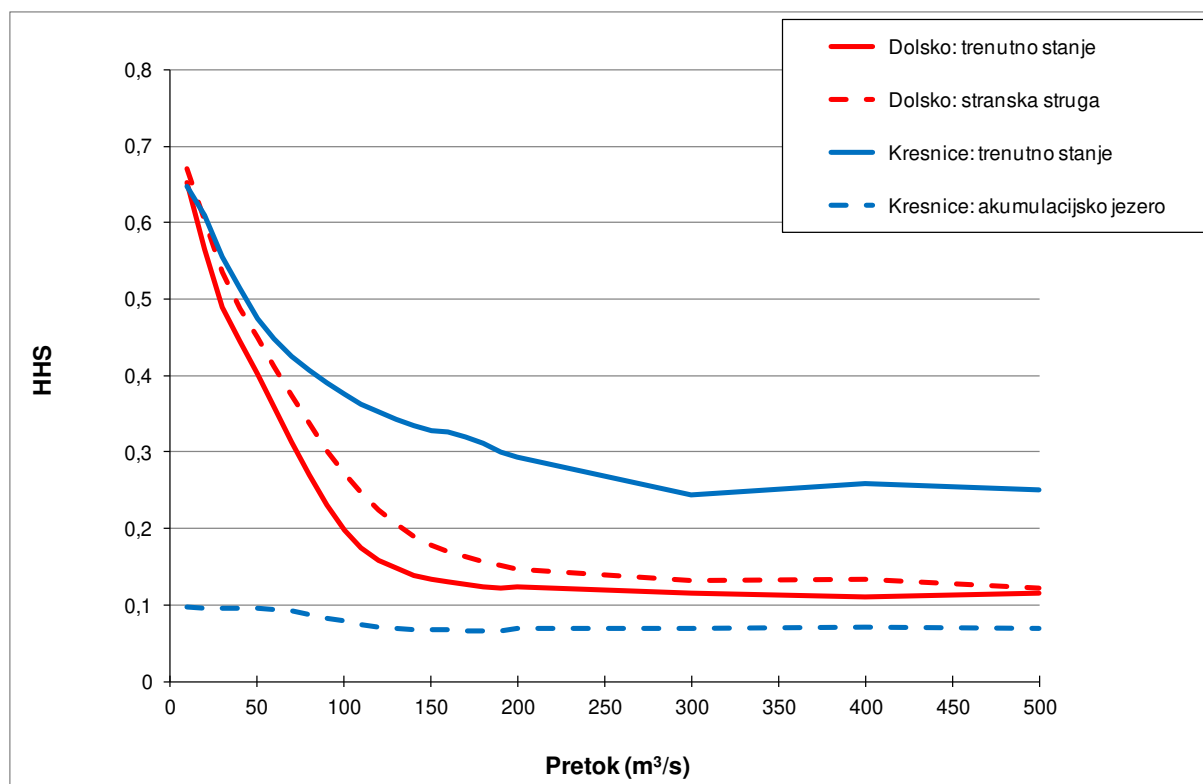
11.4.3. Primerjava dolskega in kresniškega odseka reke Save

Zaradi lažjega pregleda rezultatov habitatnega modeliranja smo grafično primerjali habitatno primernost (prikazana kot indeks HSS) na obeh odsekih pri obstoječem stanju in v primeru izgradnje stranskega rokava ali akumulacije tako za odrasle kot za juvenilne sulce (Slika 133 in Slika 134). Na odseku reke Save pri Dolskem (trenutno stanje) je habitatna primernost za odrasle sulce največja pri pretoku Save okoli $70 \text{ m}^3/\text{s}$, nato pa se primernost habitata hitro manjša do pretoka $200 \text{ m}^3/\text{s}$. Pri tem pretoku se tudi indeks HSS ustali pri nizki vrednosti med 0,25 oz. 0,15. Pri pretokih, manjših od $70 \text{ m}^3/\text{s}$, primernost habitatov za odrasle sulce ostaja približno na istem nivoju. Na istem odseku reke Save je v primeru izvedbe stranskega rečnega rokava krivulja HHS zelo podobne oblike (Slika 133), vendar so razmere za sulca pri vseh pretokih mnogo ugodnejše od trenutnega stanja; vrednost indeksa HHS pri nobenem pretoku ne pade pod 0,25. Primernost dolskega odseka Save se za odrasle sulce ob izvedbi stranske struge torej izboljša pri vseh pretokih. Podobno velja za habitatno primernost za juvenilne sulce, vendar je razlika med vrednostmi mnogo manjša (Slika 134). Na odseku reke Save pri Kresnicah je največja primernost habitata za odrasle sulce pri pretoku okoli $110 \text{ m}^3/\text{s}$. Pri pretokih, manjših od $110 \text{ m}^3/\text{s}$, so vrednosti HSS indeksa precej manjše kot v dolskem delu Save, nad pretokom $110 \text{ m}^3/\text{s}$ pa so te vrednosti bistveno višje. Velike razlike v dinamiki primernosti habitata na obeh modeliranih odsekih pri različnih pretokih so verjetno predvsem posledica vpliva preteklih regulacij reke Save na dolskem delu in relativno dobre ohranjenosti struge na kresniškem delu Save (predvsem v spodnjem delu). Brežine reke Save so na dolskem odseku močno regulirane; posledično je reka Sava spremenjena v enoten rečni kanal s širino okoli 50-60 m. Življenjske razmere

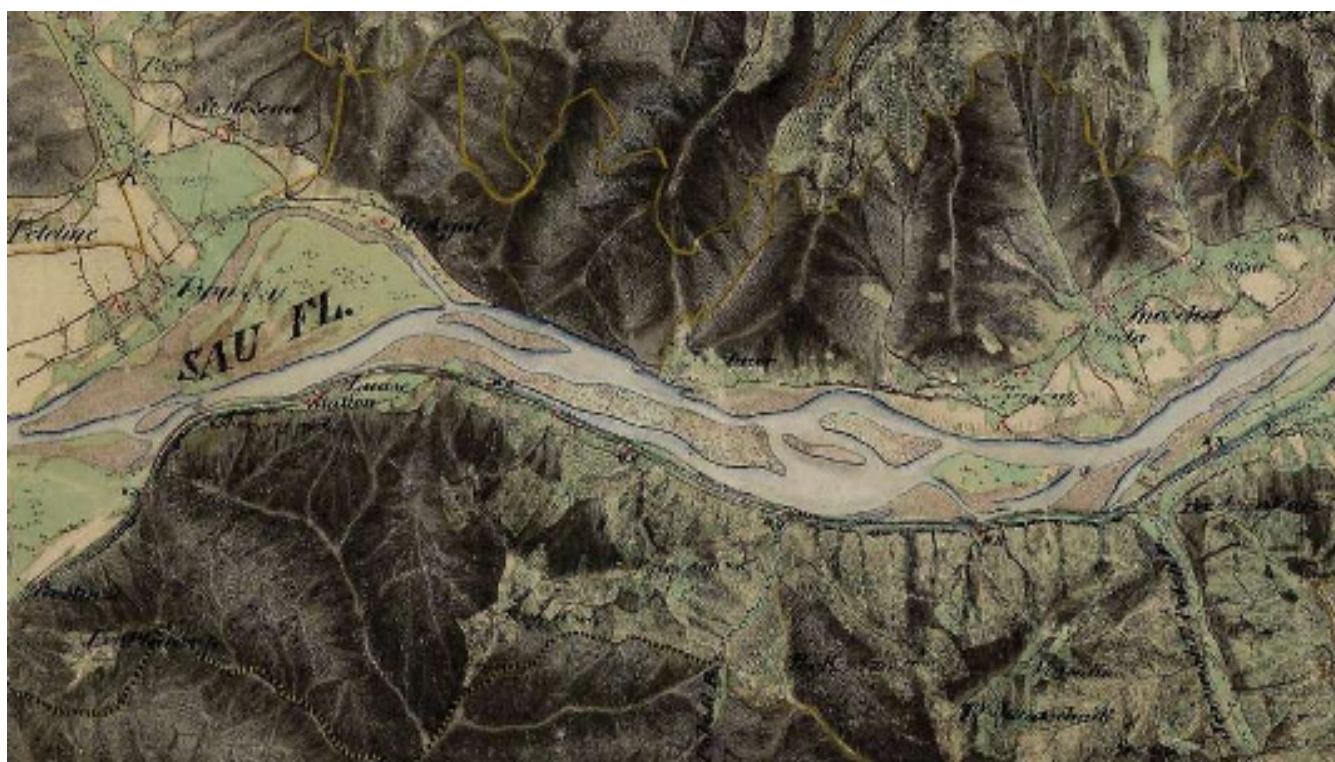
za odrasle sulce na tem odseku so precej monotone. Struga reke Save je bila nekoč na tem območju široka več kot 500 m, zelo razvejana, z otoki in stranskimi strugami, kar je lepo vidno na starejših zemljevidih tega območja (npr. iz obdobja 1806 – 1869, Slika 135, <http://mapire.eu>). V Kresnicah je Sava na spodnjem delu ponekod široka več kot 100 m, hitrosti vodnega toka so tu mnogo manjše kot na dolskem odseku; ustvarjajo se manjši odseki z različnimi življenjskimi razmerami, raznolikost habitata za vse starostne razrede sulca je zato mnogo večja. Tudi v primerjavi z nekdanjim stanjem je kresniški odsek med najmanj spremenjenimi. Na kresniškem odseku, kjer smo simulirali izgradnjo akumulacijskega jezera, bi bile razmere povsem neprimerne za odrasle (Slika 131) in juvenilne sulce (Slika 132). Akumulacijsko jezero je neprimerno za življenje odraslih in juvenilnih sulcev pri vseh analiziranih pretokih, saj se vrednosti HSS pri različnih pretokih le minimalno spreminjajo.



Slika 133: Primerjava indeksa HSS za odrasle sulce na obeh modeliranih odsekih pri različnih stanjih struge reke Save. Prikazano je dejansko stanje na obeh odsekih. Dodatno je prikazano stanje na celotnem odseku reke Save pri Dolskem v primeru vzpostavitve stranske struge na sredini odseka ter stanje na daljšem odseku Save v primeru izvedbe akumulacijskega jezera.



Slika 134: Primerjava indeksa HHS za juvenilne sulce na obeh modeliranih odsekih pri različnih stanjih struge reke Save. Dodatno je prikazano stanje na celotnem odseku reke Save pri Dolskem v primeru vzpostavitve stranske struge na sredini odseka ter stanje na daljšem odseku Save v primeru izvedbe akumulacijskega jezera.



Slika 135: Zemljevid Save v Dolskem iz obdobja 1809-1869 (<http://mapire.eu>).

Rezultati habitatnega modela kažejo, da bi prišlo v primeru vzpostavitve akumulacije s spremenjenim pretočnim režimom do trajnega poslabšanja življenjskih pogojev za sulca na daljšem odseku reke Save. K temu dodajamo, da je negativni vpliv spremenjenega pretočnega režima na ribe pričakovan, saj se habitatne zahteve sulca močno razlikujejo od tistih, ki prevladujejo v hidroenergetskih akumulacijah.

V času izvajanja raziskovalnega projekta na odsekih reke Save, kjer smo izvedli habitatno modeliranje, nismo opazili drsti sulca ali zabeležili drstišč. Pogoji za nastanek in obstoj drstišč sulca so zelo specifični; razpon posameznega dejavnika je na drstišču zelo ozek (npr. globina vode). Ker nismo našli niti enega drstišča, habitatnega modeliranja nismo izvedli.

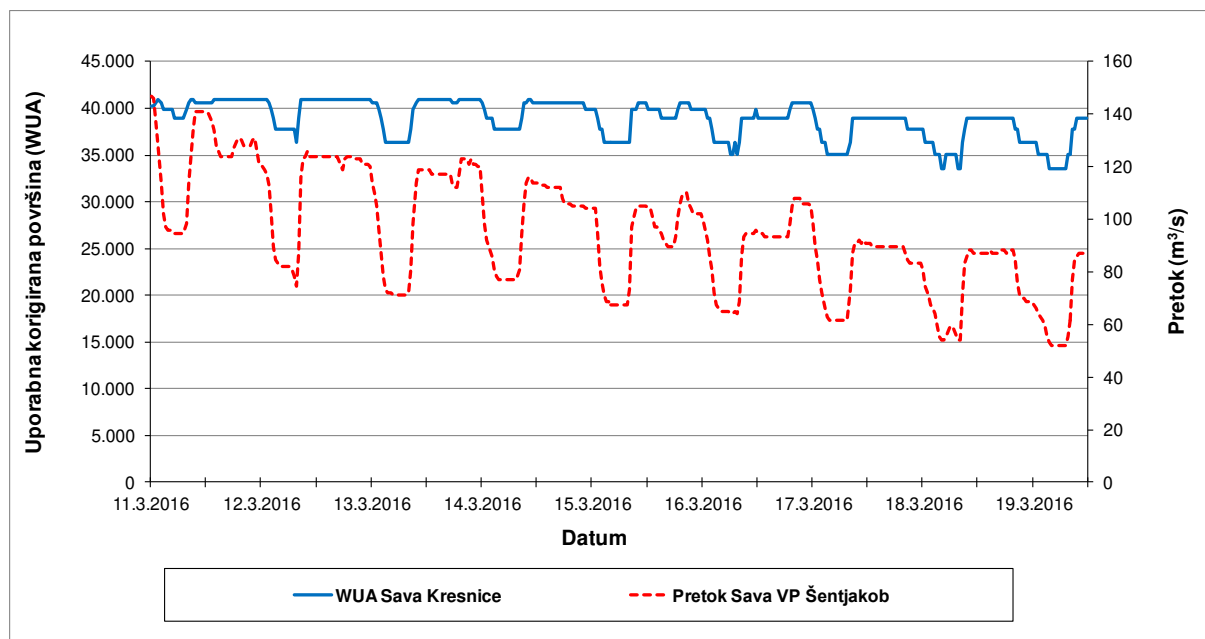
Pri habitatnem modeliranju določamo primernost habitata na podlagi nekaj izbranih okoljskih dejavnikov, kljub temu, da na razporejanje organizmov vplivajo še mnogi drugi dejavniki. Prenos habitatnega modela na druge odseke je zato mogoč le, če se drugi dejavniki ne spreminjajo bistveno med različnimi območji. Pri habitatnem modelu v akumulacijskem jezeru se nekateri dejavniki, ki jih ne upoštevamo, tako močno spremenijo, da je prenos manj natančen. Z izbranim programom za habitatno modeliranje ne moremo analizirati nekaterih vplivov obratovanja hidroelektrarne na življenjsko okolje sulca, pri čemer je treba izpostaviti, da ima sunkovito spreminjanje pretoka v kratkem času (posledica koničnega obratovanja), ki ga v dolvodni smeri povzroča obratovanje hidroelektrarn, večinoma izrazite negativne vplive tako gorvodno kot dolvodno od pregrade. V velikih akumulacijah je znan tudi pojav hladni in topli »thermopeaking«, kjer prihaja do ekstremnih temperatur vode. Kratkoročni in srednjeročni vplivi thermopeaking-a na biološke združbe niso dovolj raziskani (Zolezzi s sod., 2010).

Izpostaviti je treba, da je kroženje snovi (npr. hranil, onesnaževal, itd.) v naravnem rečnem ekosistemu drugačno kot v umetnem, akumulacijskem jezeru. Zadrževanje velikih količin vode in sedimentov v akumulaciji na območju, kjer so prisotni različni vplivi rabe prostora (npr. kmetijstvo, industrija, komunala), spremeni tudi časovni potek procesov, na katerih temelji samočistilna sposobnost vodotoka. Spremembe v teh procesih lahko vodijo do pomanjkanja kisika v globljih predelih, kar je bilo že opaženo v akumulacijah na spodnji Savi (Jenič in Zabrc, 2016; Toman in Kranjc, 2003). V teh sistemih z napredujočo evtrofnostjo se producirajo velike količine organske mase, ki sedimentira, povečuje količino usedlin na dnu in sproža anoksijo (Toman in Kranjc, 2003). Razgradnja organskih snovi v vodi zato poteka v anaerobnih pogojih, pri katerih nastajajo različne za vodne organizme toksične snovi.

Dejavniki, ki jih nismo upoštevali v habitatnem modelu in se spremenijo v akumulacijskem jezeru, delujejo izrazito negativno, zato ocenjujemo, da je habitatna primernost za sulce v akumulacijskem jezeru celo precenjena (Slika 133 in Slika 134). Življenjski pogoji za sulca v akumulaciji bi bili bistveno slabši, sploh ob upoštevanju sprememb več ključnih biotskih in abiotskih dejavnikov in njihovega medsebojnega (kumulativnega) vpliva.

Uporabna korigirana površina WUA in indeks HSS sta le dve izmed mnogih meril, ki jih lahko uporabljamo pri oceni habitatne primernosti. Zelo pomembna lastnost pri ocenjevanju daljših odsekov je tudi povezanost habitatov. Površine z zelo visoko habitatno primernostjo, ki so od drugih primernih habitatov bolj oddaljene in ločene z neprimernim habitatom, niso enako pomembne kot

tiste, ki so blizu primernejšim površinam. Povezljivost primernih habitatov je predvsem pomembna, ko ocenjujemo odsek, kjer prihaja do pogostih in hitrih nihanj pretoka (npr. zaradi delovanja hidroelektrarn). Ob hitrih nihanjih pretokov se hitro spreminja tudi habitatna primernost (Slika 136). Posamezni habitatni so lahko zato v istem dnevu določen čas zelo primerni in določen čas povsem neprimerni. Če primerni habitatni pri različnih pretokih niso povezani, se ob hitrih nihanjih pretoka ribe nimajo časa premakniti v habitat s primernejšimi pogoji, kar zmanjšuje njihovo uspešnost preživetja.



Slika 136: Spreminjanje pretoka in uporabne korigirane površine (WUA) na odseku Save pri Kresnicah za odrasle sulce kot posledica delovanja gorvodnih elektrarn (Vir podatkov: javne hidrološke evidence, ARSO, 2016).

Trenutno stanje habitatov na obstoječih modeliranih odsekih reke Save ni optimalno. Predvsem na bolj reguliranem odseku v Dolskem so razmere za sulce pri normalnih in višjih pretokih razmeroma slabe, zato ocenjujemo, da je trenutna populacija sulca na tem odseku manjša, kot je njen potencial. Višje hitrosti vodnega toka imajo negativen vpliv na odrasle, še bolj pa na juvenilne sulce. Z odpiranjem in širjenjem struge in z ustvarjanjem stranskih rečnih rokavovbi lahko stanje habitatov za sulca zagotovo močno izboljšali tako pri normalnih vodostajih kot pri ekstremnih dogodkih. Čeprav se z izgradnjo akumulacije hitrosti vodnega toka močno zmanjšajo, te spremembe ne vplivajo pozitivno na življenjske razmere za sulce, saj bi prišlo v obravnavanem primeru tudi do bistvenih sprememb ostalih dejavnikov, ki so za sulca velikega pomena. V akumulaciji so hitrosti vodnega toka za sulca prenizke, dno struge zaradi spremenjene prodonosnosti in vpliva zaježitve postane muljasto in ravno, izginejo skrivališča, primernih mest za drst ni več. Podobne razmere opazimo tudi na dolvodnih akumulacijah na reki Savi, in sicer na hidroelektrarnah Vrhovo, Arto – Blanca, Boštanj in Krško.

11.5. Zaključki

1. Na podlagi ustreznih vhodnih podatkov (geodetske batimetrične meritve, popis habitatov, hidravlični parametri, pravila mehke logike) smo vzpostavili in analizirali habitatni model za juvenilne in odrasle sulce.
2. Stanje habitatov za nobeno od razvojnih faz sulca v reki Savi na analiziranih odsekih ni optimalno. Glavni vzrok za slabo stanje habitatov sulca sta reguliranost struge reke Save in nihanje pretokov zaradi obratovanja obstoječih gorvodnih hidroelektrarn.
3. S primerjavo dveh med seboj različnih odsekov reke Save s stališča primernosti habitata za sulca smo dobili uporabne rezultate. Dolski in kresniški modelirani odsek reke Save sta s stališča habitata za odrasle sulce precej različna. Pri nizkih pretokih je za sulce bolj primeren dolski del, pri normalnih in visokih pretokih pa kresniški odsek, ki pri večini analiziranih pretokov nudi precej bolj primerne življenjske pogoje za različno stare sulce.
4. Življenjske razmere za odrasle sulce bi lahko na dolskem odseku bistveno izboljšali z izvedbo stranskegarečnega rokava, ki bi prevajal tretjino celotnega pretoka reke Save. Za izboljšanje habitata za juvenilne sulce bi bilo treba strugo še bolj odpreti.
5. Ob izgradnji HE na reki Savi bi se v akumulacijskem bazenu življenjske razmere za sulce tako poslabšale, da bi sulec na tem odseku po določenem času zaradi spremembe habitata skoraj zagotovo lokalno izumrl.
6. Na kakovost habitata za sulca vpliva nabor več okoljskih dejavnikov, kot jih je mogoče analizirati z izbranim programskim orodjem. Nekaterih okoljskih dejavnikov, ki bi se ob izgradnji akumulacijske hidroelektrarne bistveno spremenili, ni bilo mogoče zajeti v habitatni model. Pri tem je lahko rezultat habitatnega modela dober orientacijski podatek, saj poda prve informacije o posledicah sprememb v habitatu na podlagi analize relativno majhnega števila okoljskih dejavnikov.
7. Rezultate habitatnega modeliranja je mogoče uporabiti za načrtovanje izboljšanja stanja habitatov v reki Savi za sulca.

11.6. Literatura

- Arend K.K. 1999. Macrohabitat identification. V: Bain M.B., Stevenson N.J (eds.) Aquatic habitat assessment: common methods. American Fisheries Society, Bethesda: 75–93
- Holčík J., Hansel K., Niesalnik J., Skácel L. 1988. The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, Largest Salmon of the World. Dordrecht, Boston, Lancaster, Dr. W. Junk Publishers: 239 str.
- Holzer G. 2000. Habitateinnischung des Huchens (*Hucho hucho*) an der Pielach. Master thesis. Inst. of Hydrobiology & Aquatic Ecosystem Management, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, 111 str.
- Holzer G. 2011. Habitatbeschreibung von Huchenlaichplätzen an der Pielach. Österreichischer Fischerei, 64: 54–69
- Ihut A., Zitek A, Weiss S, Ratschan C., Holzer G., Kaufmann T., Cocan D., Constantinescu R., Mireşan V. 2014. Danube Salmon (*Hucho hucho*) in Central and south Eastern Europe: A Review of the

Development of an International Program for the Rehabilitation and conservation of Danube Salmon Populations. Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies 71(2): 86 - 101

Javornik L. 2015. *Novelacija obratovanja HE Vrhovo z vidika upravljanja s plavinami na območju akumulacije*. Ljubljana, Mag. delo, Univ. v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 126 str.

Jenič A., Zabrc D. 2016. Ihtiološki pregled drstič na območju akumulacijskega bazena HE Krško v letu 2015: poročilo o projektni nalogi. Zavod za ribištvo Slovenije, Sp. Gameljne: 22 str.

Jepsen J., Madsen A.B., Karlsson M. 2005. Predicting Distribution and Density of European Badger (*Meles Meles*) Setts in Denmark. Biodiversity & Conservation, 14 (13): 3235-3253

Lehman A. 2000. GIS modeling of submerged macrophyte distribution using Generalized Additive Models. Plant Ecology, 139 (1): 147-186

Kadoya T., Washitani I. 2010. Predicting the rate of range expansion of an invasive alien bumblebee (*Bombus terrestris*) using a stochastic spatio-temporal model. Biological conservation, 143 (5): 1228-1235

Prawochensky R., Kolder W. 1968. Synopsis of biological data on *Hucho hucho* (Linnaeus, 1758). FAO Fisheries Synopsis, 22 (1): 32 str.

Schneider M., Noack M., Gebler T., Kopecki I. 2010. Handbook for the Habitat Simulation Model CASiMiR. Stuttgart, SJE, 52 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.

Świerzowski A., Godlewska M., 2001. Effects of Hydropower Plant Activities on Fish Population, Abundance and Distribution. Arch. Pol. Fish., 9: 157 – 172

Tarman K., 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Državna založba Slovenije, Ljubljana: 547 str.

Toman M. J., Krajnc U., 2003. Ekološko stanje površinskih voda – primer akumulacijsko jezero Vrhovo. Maribor, 14. Mišičev vodarski dan 2003, zbornik referatov: 149 – 154

Tome D. 2006. Ekologija: organizmi v prostoru in času. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana: 344 str.

Vrezec A., de Groot M., Kobler A., Mihelič T., Čas M., Tome D. 2014. Ekološke značilnosti habitata in potencialna razširjenost izbranih kvalifikacijskih gozdnih vrst ptic (Aves) v okviru omrežja Natura 2000 v Sloveniji: prvi pristop z modeliranjem. Gozd V, 72: 10

Witkowski A. 1988. The spawning run of the huchen *Hucho hucho* (L.) and its analysis. Acta Ichthyologica et Piscatoria. 18 (2): 23-31

Wu B., Smeins F. 2000. Multiple-scale habitat modeling approach for rare plant conservation. Landscape and urbane planning, 51(1):11-28

Zhang Y., Jia Y., Wang S.S.Y. 2011. Development and Application of GIS Module in NCCHE Modeling System. World Environmental and Water Resources Congress 2011: 1934-1942

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

12. AKCIJSKI NAČRT ZA OHRANITEV SULCA

Akcijski načrt za ohranitev sulca in njegovega habitata na območju srednje Save vključuje konkretne akcije s področja ribiškega upravljanja in ukrepe za izboljšanje stanja na širšem območju Natura 2000 »Sava – Medvode – Kresnice«.

12.1. Ribiško upravljanje s sulcem na srednji Savi

Cilj je naslednji:

Upravljanje s populacijo sulca na trajnosten način, ki omogoča njeno dobro stanje in dolgoročno preživetje

Akcije so sledeče:

Regulacija ribolova

Lovna mera

Glede na trenutno veljavni *Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah* (Uradni list RS, št. 99/07 in 75/10) je lovna mera za uplen sulca 70 cm. Posamezni upravljavci so že v preteklosti zviševali lovno mero nad zakonsko določeno tako, da je v letu 2016 šest upravljavcev na območju srednje Save že določilo lovno mero za uplen sulca 90 cm, le v revirju Ljubljana 47 velja lovna mera 80 cm.

Akcija 1: Oddaja predloga za spremembo *Pravilnika o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah*. Pravilnik se spremeni tako, da se lovna mera za uplen sulca zviša na 90 cm.

Rok za izvedbo akcije: 1 leto.

Akcija 2: V Letnem programu (LPR 2017) za vevški ribiški okoliš (RO) se lovna mera za uplen sulca v revirju Ljubljana 47 zviša na 90 cm in se s tem izenači z lovno mero za uplen sulca v revirjih Sava 8 – 11, Sora 2 in Kamniška Bistrica 4. Spremembo lovne mere se vključi v Ribiško gojitveni načrt (RGN 2017 - 2022) za vevški okoliš.

Rok za izvedbo akcije 2: 31.03. 2017.

Ribolovna tehnika

S sprejetjem *Pravilnika o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah* (Uradni list RS, št. 99/07 in 75/10) je med drugim ribolov sulca dovoljen le z muharjenjem ali vijačenjem, kot vaba se lahko uporabi le umetna vaba z največ tremi trnki (enojčki, dvojčki ali trojčki). Ribolovni načini, ribolovna tehnika in vrsta vabe se z leti spreminjajo na način, da se pri ribolovu ribe čim manj poškodujejo.

Akcija 3: Oddaja predloga za spremembo *Pravilnika o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah*. Pravilnik se spremeni tako, da se pri sulčelovu lahko uporabijo le trnki enojčki.

Rok za izvedbo akcije: 1 leto.

Poribljavanje

Porečje Save

Genetska analiza sulcev v Sloveniji je pokazala, da se genotip sulcev iz Kolpe bistveno razlikuje od genotipa sulcev preostalega savskega porečja, ki tvorijo dokaj homogeno genetsko enoto. V preteklosti so se vzrejeni sulci, ki so izviralni iz območja srednje Save in iz Kolpe, v fazi kontrolirane vzreje v ribogojnici med seboj pomešali. S temi sulci so bile poribljavane vode na območju srednje Save s pritoki in Kolpa, kar se že odraža na genetski sliki sulcev iz Save, ki nosijo tudi del genetskega zapisa sulcev iz Kolpe.

Porečje Drave in Mure

Genetska analiza sulcev v Sloveniji je pokazala, da se genotip sulcev iz Drave in Mure bistveno razlikuje od genotipa sulcev iz porečja Save. Poribljavanja s sulcem se v porečjih Drave in Mure izvaja redko in v majhnem obsegu, njihov izvor je raznolik.

Akcija 4: Oplojene ikre, ki so pridobljene na območju srednje Save in Kolpe, se v ribogojnici vzreja ločeno. Vode na območju srednje Save s pritoki se poribljava izključno s sulci, ki izvirajo iz tega območja, Kolpo se poribljava izključno s potomci sulcev iz Kolpe.

Vode v porečjih Drave oziroma Mure se poribljava izključno s sulci iz lastnega porečja (Drave oziroma Mure).

Rok za pričetek akcije: 28. 02.2017

Do leta 2003 so se na območju srednje Save vlagali ribogojniško vzrejeni sulci dolgi do 20 cm, od leta 2003 dalje sulci dolžine od 30 do 40 cm. Večji in s tem starejši sulci so po vložku v reko slabše prilagojeni od mlajših, ki se lahko na naravno okolje prilagodijo hitreje in bolje.

Akcija 5: Sulci iz ribogojstva Obrh, kjer ZZRS vzreja sulce za poribljavanje, se v porečje Save vlagajo pri starosti največ 1 +, kar ustreza telesni dolžini do 20cm.

Rok za pričetek akcije: 31.12.2016

12.2. Ukrepi za izboljšanje stanja habitatov na območju srednje Save

Cilji so sledeči:

Izvesti ukrepe za izboljšanje stanja habitatov in populacije sulca in drugih vrst rib na območju srednje Save ter s tem doseči dobro stanje v območju natura 2000 »Sava – Medvode – Kresnice«. Lokacije za izvedbo ukrepov so prikazane na sliki (Slika 137).

Predlagani ukrepi (Slika 137) so zgolj nabor ukrepov, ki jih je možno uporabiti za omilitev negativnih vplivov **že obstoječih hidroelektrarn**, vendar je za njihovo izvedbo treba predhodno pridobiti vse

potrebne strokovne podlage, ki sedaj še niso na voljo. Akcijski načrt v tem delu zato še ni bolj natančno razdelan.

Prehodnost

Evidentirani so neprehodni jezovi in slabše prehodni pragovi znotraj območja Natura 2000 in zunaj njega, kjer je vpliv na območje še bistven. Kot ukrep za izboljšanje prehodnosti je treba v prvi fazi izvesti oziroma izboljšati prehode za ribe na Savi, Sori, Ljubljani in Kamniški Bistrici. Po izvedeni prvi fazi je treba načrtovati nadaljnje odpiranje ekološkega koridorja po toku Save in omenjenih pritokih navzgor ter izboljšati prehodnost na slabše prehodnih jezovih in pragovih znotraj območja Natura 2000. Ocenjujemo, da znotraj območja Natura 2000 ni popolnoma neprehodnih vodnih pregrad; treba je izboljšati prehodnost preko jezov pri Tacnu ter na pragovih pri Spodnjih Gameljnah, Sneberju in Šentjakobu.

Akcija 6: Postavitev prehodov za ribe na jezovih HE Medvode, HE Mavčiče, mHE Goričane, mHE pri papirnici Vevče in zapornici na Grubarjevem prekopu ter na pragovih na Sori pred izlivom v Savo in na Kamniški Bistrici v Selu pri Ihanu – Bišče. Rekonstrukcija prehodov za ribe na jezu pri Fužinskem gradu in zapornicah pri Ambroževem trgu na Ljubljani.

Rok za pričetek akcije: Preveritev izvedljivosti in priprava podrobnejšega terminskega plana v letih 2017/2018

Transport sedimenta

Za omilitev negativnega vpliva zaježitve na zalogo proda dolvodno od jezov je treba zagotoviti transport proda mimo jezovnih zgradb.

Akcija 7: Vpeljati način odzemanja proda nad pregradama HE Medvode in HE Mavčiče in njegovo premeščanje v reko pod njo.

Rok za pričetek akcije: Preveritev izvedljivosti in priprava podrobnejšega terminskega plana v letih 2017/2018

Konično obratovanje (»hydropeaking«)

Zaradi hitrih sprememb v pretoku vode dolvodno od pregrad, ki so posledica koničnega obratovanja HE Medvode in HE Mavčiče, prihaja v strugi reke Save do negativnih vplivov, ki prizadenejo predvsem občutljive faze v razvoju sulca in drugih vrst rib (ikre, zarod, mladice). Posledica koničnega obratovanja je tudi denivelacija vode v akumulaciji, z vsemi negativnimi posledicami za ribe in njihov habitat.

Akcija 8: Uvesti ukrepe za zmanjšanje vplivov koničnega obratovanja na habitat in populacije sulca ter drugih vrst rib, z vpeljavo enega ali več od naštetih ukrepov:

Vpeljati način obratovanja HE Medvode in HE Mavčiče z zmanjšano amplitudo in frekvenco nihanja pretokov, zgraditi pretočno izravnalni bazen, izboljšati hidromorfološke strukture v reki in spremeniti koordinirano delovanje povezanih hidroelektrarn na manj škodljiv način.

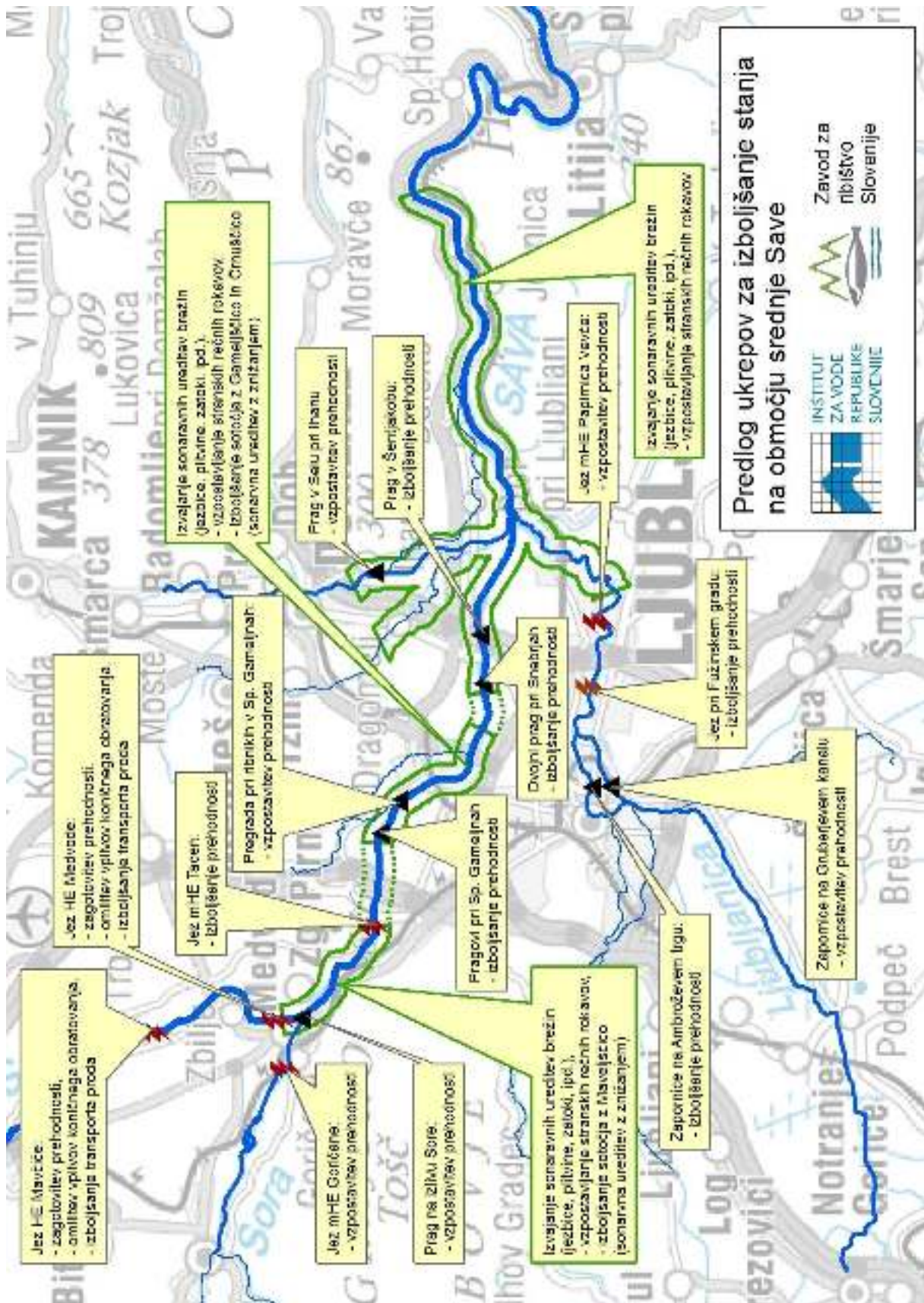
Rok za pričetek akcije: Preveritev izvedljivosti in priprava podrobnejšega terminskega plana v letih 2017/2018.

Renaturacija struge

Na Savi so bile v preteklosti izvedene številne regulacije, ki so vključevale kanaliziranje struge in utrjevanje brežin, kar ima za posledico veliko zmanjšanje habitatne pestrosti in slabšo habitatno primernost današnje reke za bivanje in razmnoževanje sulcev.

Akcija 9: Določitev odsekov srednje Save, kjer se izvedejo renaturacije, ki vključujejo odpiranje rečnih rokavov, odstranitev bočnih utrditev (izvedba drugačnih ukrepov za zmanjševanje erozijskih procesov), umestitev odbijačev, jezbic, skal – samic itd.

Rok za pričetek akcije: Začetek priprave podlag za pripravo projekta (pregled lastništva zemljišč, ocena stroškov in izvedljivosti, priprava podrobnejšega terminskega plana) v letih 2017/2018.



Slika 137: Predlog ukrepov za izboljšanje stanja na območju srednje Save.

13. ZAKLJUČKI

Populacija sulca v Evropi je razdrobljena in nepovezana. Pomemben fragment predstavlja populacija sulca v Sloveniji, ki je danes vezana skoraj izključno na porečje Save (Slika 138).



Slika 138: Razdrobljenost populacije sulca v Evropi (The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015-4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 17 March 2016).

Leta 2008 je bila populacija sulca srednje Save prepoznana kot največja in najvitalnejša populacija v Sloveniji (Zabrc s sod., 2008), sedem let kasneje je bila srednja Sava ocenjena kot eden največjih in najpomembnejših rečnih odsekov za sulca na Balkanu, ki verjetno še vsebuje vitalen genski sklad in omogoča dolgoročno preživetje populacije (Freyhof s. sod., 2015). Obe oceni sta temeljili na statistiki športnega ribolova in popisanih drstiščih.

Leta 2013 je država Slovenija razglasila območje Natura 2000 »Sava – Medvode – Kresnice«, s katerim je skoraj v celoti zaščitila populacijo sulca srednje Save in njen habitat. Hkrati je tega leta Ministrstvo za okolje in prostor pričelo s postopkom za izgradnjo treh hidroelektrarn na Savi, dolvodno od osrednjega območja, ki ga naseljuje sulec. Samo leto kasneje se je pričel postopek sprejemanja državnega prostorskega načrta, ki predvideva gradnjo verige nadaljnjih šestih do devetih hidroelektrarn v osrednjem območju sulca na srednji Savi. Če bosta realizirana oba prostorska načrta, bo na Savi neprekinjena veriga vsaj sedemnajstih hidroelektrarn (od tega devet novih, šest je že zgrajenih na spodnji in dve na zgornji Savi).

Očiten je konflikt dveh interesov, in sicer interesa izkoriščanja energetskega potenciala in interesa ohranjanja populacije sulca in njenega habitata na območju srednje Save.

S pričujočo raziskavo smo zbrali veliko novih podatkov o sulcu in njegovem habitatu v srednji Savi ter tako po našem mnenju postavili dobre strokovne podlage za izvedbo ukrepov izboljšanja kvalitete habitata in ohranitev populacije. Sulec reko Savo dolvodno od Medvod poseljuje po celotnem toku, vsaj do vasi Sava, vendar je gostota najdišč dolvodno od Kresnic bistveno redkejša. Prisoten je v vseh

večjih pritokih srednje Save: v Sori s Poljansko Soro, Ljubljani, Kamniški Bistrici ter v manjši pritokih v Dolski Mlinščici in Reki.

V nasprotju s splošnim prepričanjem populacija sulca v srednji Savi ni velika. Naseljenost sulca v srednji Savi je na podlagi rezultatov vzorčenja in genetskih analiz ocenjena kot relativno nizka, kar uvršča populacijo sulca med populacije s slabšo viabilnostjo. Nizka efektivna velikost populacije lahko vodi doparjenja v ožjem sorodstvu, posledičnega izgubljanja genetske variabilnosti in s tem možnosti prilagajanja spremembam v okolju, zato je lahko obstanek populacije sulca v srednji Savi dolgoročno ogrožen. Zaenkrat sta starostna struktura in rast sulcev v srednji Savi ugodna, kar lahko pripišemo dovolj veliki količini plena v reki in dokaj številnim drstiščem predvsem na odseku od Medvod do sotočja z Ljubljano.

Sedanje stanje habitatov srednje Save za nobeno od razvojnih faz sulca ni optimalno. Dejavniki ogrožanja populacije sulca v srednji Savi so povezani s spremembami habitata, ki so nastale zaradi poseganja človeka v rečni ekosistem Save. Na optimalnost habitata sulca na obravnavanem območju v največji meri vplivajo: kanaliziranje Save in pritokov v preteklosti, zaradi česar je osiromašena habitatna pestrost in kvaliteta habitatov; izgradnja številnih jezov in nekaterih pragov brez prehodov za ribe, ki fragmentirajo habitat in populacijo sulca ter delovanje hidroelektrarn, ki se kaže predvsem v negativnem delovanju koničnega obratovanja in preprečenem transportu proda.

Za sulce je poleg kvalitete habitata v sami reki Savi pomembna tudi povezava s habitatom v pritokih, kjer se nahaja relativno večje število drstišč in kjer mlajši osebkovi najdejo ustrezne pogoje za rast in razvoj. Vzpostavitev povezave srednje Save s pritoki, predvsem s Soro in Poljansko Soro, Ljubljano s pritoki ter z zgornjo Savo je ključnega pomena, saj bi tako povezali trenutno razdrobljeno populacijo v enovito, številnejšo populacijo sulca, ki bi bila posledično genetsko variabilnejša in bolj prilagodljiva, kar bi ji omogočalo dolgoročno preživetje. Vzpostavljena povezava med Savo in njenimi pritoki, bi pomenila tudi povezanost treh območij Natura 2000, ki varujejo habitat in populacijo sulca srednje Save s pritoki. Nadalje je za izboljšanje oziroma že za samo ohranitev srednjesavske populacije sulca treba izvesti renaturacijo kanaliziranih odsekov Save in pritokov ter omiliti negativne vplive delovanja hidroelektrarn, kot sta veliko nihanje pretokov, denivelacija in onemogočen transport proda.

Sava je na odseku od Medvod do Litije življenjski prostor osrednje populacije sulca v Savi, ki v dolžino meri približno 46 km. Celotni tok reke Save od sotočja Save Dolinke in Bohinjke do državne meje s Hrvaško je dolg okoli 179 km. Ko bosta zgrajeni HE Brežice in HE Mokrice, bo verigo spodnjesavskih hidroelektrarn sestavljalo šest HE in bo v dobrem stanju le še 39 % reke, osrednja populacija sulca bo ostala nedotaknjena. Po izgradnji HE sheme na srednji Savi (HE Suhadol - HE Trbovlje - HE Renke; dolžina je okoli 25.7 km) bi v dobrem stanju ostalo le okoli 24 % reke, to je manj kot tretjina, ki v skladu z drugimi praksami (npr. Oesterreichischer Wasserkatalog – Wasserschützen – Wassernutzen, slo. Avstrijski vodni katalog – varovanje voda & raba voda) predstavlja mejo med bistvenim ali nebistvenim vplivom na reko. V tem primeru bi bil morda prizadet le najbolj spodnji konec osrednje populacije sulca, njen osrednji del ne. Kljub temu bi že ta poseg pomenil krčenje širšega življenjskega prostora srednjesavskih sulcev.

Brez dvoma bi izgradnja verige hidroelektrarn na odseku Save med Medvodami in Litijo pomenila uničenje osrednje populacije sulca v Savi in Sloveniji in ene najvitalnejših populacij na Balkanu. Tudi še tako široko zastavljeni in obsežni omilitveni ukrepi za zmanjšanje vpliva hidroelektrarn na

populacijo sulca in njegov habitat imajo po našem mnenju premajhen učinek in so primerni za že obstoječe hidroelektrarne in zagotovo ne morejo zmanjšati vpliva verige hidroelektrarn do take mere, da bi bil le ta nebitven.

13.1. Literatura

Freyhof J., Weiss S., Adrović A., Čaleta M., Duplić A., Hrašovec B., Kalamujić B, Marčić Z., Milošević D., Mrakovčić M., Mrdak D., Piria M., Schwarz U., Simonović P., Šljuka S., Tomljanović T., Zabrc D. 2015. The Huchen *Hucho hucho* in the Balkan region: Distribution and future impacts by hydropower development. RiverWatch & EuroNatur, 30 str.

Zabrc D., Bertok M., Jenič A. 2008. Stanje in varstvo sulca (*Hucho hucho*) v Sloveniji. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 62 str.