

# Odgovor kapelske svijetlice (*Telestes karsticus* Marčić et Mrakovčić, 2011) na prisutnost potočne pastrve (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) kao predatora

---

Ahel, Vesna

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:794403>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno- matematički fakultet  
Biološki odsjek

Vesna Ahel

**Odgovor kapelske svijetlice (*Telestes karsticus* Marčić i Mrakovčić,  
2011) na prisutnost potočne pastrve (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758)  
kao predatora**

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Davora Zanelle i neposrednim vodstvom doc. dr. sc. Zorana Marčića, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistre ekologije i zaštite prirode.

Zahvala:

*Zahvaljujem mentoru prof. dr. sc. Davoru Zanelli što mi je omogućio izradu diplomskoga rada u Laboratoriju za kralješnjake te neposrednom voditelju doc. dr. sc. Zoranu Marčiću na brojnim savjetima i strpljenju tijekom izrade ovoga rada. Hvala vam od srca na posvećenom vremenu i znanju.*

*Također zahvaljujem svim svojim prijateljima, a posebno svojoj obitelji koji su bili uz mene za vrijeme mog studiranja.*

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

ODGOVOR KAPELSKE SVIJETLICE (*TELESTES KARSTICUS* MARČIĆ ET MRAKOVČIĆ,  
2011) NA PRISUTNOST POTOČNE PASTRVE (*SALMO TRUTTA*  
LINNAEUS, 1758) KAO PREDATORA

Vesna Ahel

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

U ovome su radu prvi puta zabilježeni podaci o ponašanju kapelske svijetlice u odnosu na izloženost predatoru potočnoj pastrvi. Istraživanje se temelji na dvije vrste ponašanja, tijekom perioda bez prisutnosti predatora te u periodu za vrijeme prisutnosti predatora. Tijekom perioda bez prisustva predatora kod svih promatranih jedinki zabilježena je smanjena kohezija plova. Povećana kohezija plova zabilježena tijekom prisustva predatora. Zabilježena je povećana udaljenost plova od pregrade u akvariju nakon uvođenja predatora kod svih promatranih jedinki. Udaljenosti plova od dna akvarija prije podražaja iznosila je do 25 cm, dok je tijekom podražaja do 3 cm. Tijekom perioda bez prisustva predatora jedinke su bile različito vizualne usmjerene dok prilikom mjerenja podražaja sve promatrane jedinke vizualno su bile usmjerene prema predatoru. Zabilježeno je isto ponašanje kod svih promatranih jedinki različitih skupina.

(33 stranice, 10 slika, 38 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: kapelska svijetlica, izloženost, predator, potočna pastrva

Voditelj: prof. dr. sc. Davor Zanella

Neposredni voditelj: doc. dr. sc. Zoran Marčić

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Davor Zanella, izv. prof. dr. sc. Marija Gligora Udovič, doc. dr. sc.

Silvija Černi, doc. dr. sc. Tvrtko Dražina

Rad prihvaćen:

## BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology

Graduation thesis

BEHAVIOURAL RESPONSE OF THE KRASTIC DACE (*TELESTES KARSTICUS* MARČIĆ  
ET MRAKOVČIĆ, 2011) TO THE PREDATOR OF THE BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA*  
LINNAEUS, 1758)

Vesna Ahel

Rooseveltovej trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

In this study, data on the behavioural response of juvenile individuals of the karstic dace (*Telestes karsticus*) to the exposure of the predator to the trout (*Salmo trutta*) were recorded. The research is based on two types of behaviour, during the period without the presence of predators, and in the period during the presence of predators. During the period without the presence of predators, reduced cohesion of the units was observed in all observed individuals, while increased cohesion of the units during the exposure to predators. An increased distance of the units from the barrier in the aquarium was observed after the introduction of predators. The distance from the bottom of the aquarium before the stimulus was up to 25 cm, during the stimulus up to 3 cm. In the period before exposure to the predator, the individuals were differently visually focused, whereas when measuring the stimuli, all observed individuals were visually directed toward the predator. The same behaviour was observed in all observed groups.

(33 pages, 10 pictures, 38 references, original in: Croatian)

Key word: karst dace, response, predator, brown trout

Supervisor: Davor Zanella, Phd, professor

Assistant Supervisor: Zoran Marčić, Phd, assistant professor

Reviewers: : prof. Davor Zanella, associate. prof. Marija Gligora Udovič, assistant prof. Silvija Černi, assistant prof. Tvrtko Dražina

Thesis accepted:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1 SISTEMATIKA RIBA .....	1
1.2 RAZNOLIKOST SLATKOVODNIH RIBA HRVATSKE .....	1
1.3 ENDEMI HRVATSKE IHTIOFAUNE .....	2
1.4 RAZLOZI UGROŽENOSTI SLATKOVODNIH VRSTA RIBA HRVATSKE.....	2
1.4.1 UNOS ALOHTONIH VRSTA RIBA .....	3
1.4.2 ONEČIŠĆENJE VODENOG EKOSUSTAVA.....	4
1.4.3 IZGRADNJA BRANA I STVARANJE HIDROAKUMULACIJA .....	4
1.4.4 RIBOLOV I PRELOV .....	4
1.5 OPĆE KARAKTERISTIKE RODA <i>Telestes</i> Bonaparte, 1837 .....	5
1.6 OPĆE KARAKTERISTIKE VRSTE KAPELSKA SVIJETLICA .....	7
1.6.1 SISTEMATIKA VRSTE .....	7
1.6.2 MORFOLOGIJA VRSTE KAPELSKA SVIJETLICA .....	8
1.6.3 REPRODUKCIJA I PREHRANA VRSTE KAPELSKA SVIJETLICA .....	9
1.6.4 PODRUČJE RASPROSTRENJENOSTI VRSTE KAPELSKA SVIJETLICE .....	10
1.6.5 STATUS UGROŽENOSTI VRSTE.....	11
1.7 OPĆA OBILJEŽJA POTOKA SUŠIK .....	12
<b>2. CILJ RADA</b> .....	13
<b>3. MATERIJALI I METODE</b> .....	14
3.1 LABARATORIJSKA ANALIZA .....	14
3.2 EKSPERIMENTALNA METODA.....	15
3.3 STATISTIČKA OBRADA PODATAKA .....	16
3.4 METODE MJERENJA PONAŠANJA .....	17
3.4.1. STUPANJ KOHEZIJE PLOVE.....	17
3.4.2. MJERA UDALJENOSTI JEDINKI OD PREDATORA .....	17
3.4.3. MJERA UDALJENOSTI JEDINKI OD DNA AKVARIJA .....	18
<b>4. REZULTATI</b> .....	19

4.1 INDEKS DISPERZIJE .....	19
4.2 UDALJENOST OD PREDATORA .....	21
4.3 UDALJENOST JEDINKI OD DNA AKVARIJA .....	23
4.4 PONAŠANJE JEDINKI .....	25
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>26</b>
<b>6. ZAKLJUČCI.....</b>	<b>28</b>
<b>7. LITERATURA.....</b>	<b>29</b>
<b>8. ŽIVOTOPIS .....</b>	<b>33</b>



# 1 .UVOD

## 1.1 SISTEMATIKA RIBA

Ribe su naziv za skupinu životinja koja se sastoji od dva nadrazreda Agnatha (besčeljusti) i Gnathostomata (čeljustousti) unutar potkoljena Vertebrata (kralješnjaci) i koljena Chordata (svitkovci) (Moyle i Cech, 2004). U nadrazred Agnatha spadaju razredi Myxini (sljepulje) i Cephalaspidomorphi dok se nadrazred Gnathostomata sastoji od tri razreda a to su Chondrichthyes (hrskavičnjače), Sarcopterygii (mesoperke) i Actinopterygii (zrakoperke) (Nelson, 2006). Ribe su najbrojnija i najraznolikija, a ujedno i najslabije istražena skupina kralješnjaka na svijetu (Mrakovčić i sur., 2006; Nelson, 2006). Prema dosadašnjim istraživanjima opisano je oko 33 000 vrsta koje spadaju u skupinu riba (Froese i Pauly, 2016). Od ukupnog broja opisanih vrsta riba 58 % vrsta živi u moru, 41% u slatkim vodama, a 1% migrira između slatkih voda i mora tijekom životnog ciklusa (Cohen, 1970).

## 1.2 RAZNOLIKOST SLATKOVODNIH RIBA HRVATSKE

Hrvatska je jedna od ihtioloških najraznolikijih europskih zemalja zbog mnogobrojnih krških staništa i zemljopisnog položaja. Brojnost slatkovodnih ribljih vrsta u Hrvatskoj iznosi oko 150 vrsta od kojih su 52 endemske vrste (Mrakovčić i sur., 2006; Čaleta i sur., 2015). Hrvatski vodotoci pripadaju dvama sljevovima, jadranskom i crnomorskom. Crnomorski ili dunavski slijev nastanjuje 87 ribljih vrsta, a jadranski slijev 80 vrsta (Čaleta i sur., 2015). Od ukupnog broja vrsta, 90 se vrsta nalazi u Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske u različitim kategorijama ugroženosti, a šest vrsta je potpuno nestalo iz hrvatskih vodotoka (Mrakovčić i sur., 2006).

### 1.3 ENDEMI HRVATSKE IHTIOFAUNE

Endemi su svojite koje su rasprostranjene na ograničenom prostoru te se nalaze samo na određenim lokalitetima. Endemske su vrste riba neprocjenjivo vrijedne i važan su dio bioraznolikosti Europe i svijeta. Republika Hrvatska stanište je mnogih endemskih vrsta zbog velikog broja različitog staništa te posebnih klimatskih, geomorfoloških i ekoloških prilika. Najveći broj endema u Hrvatskoj rasprostranjen je u području od Istre do Dubrovnika s Gorskim Kotarom i Likom. Hrvatski su endemi velikim dijelom povezani s osebnim krškim i podzemnim staništima. Hrvatska endemska ihtiofauna može se podijeliti na tri različite cjeline a to su: dunavski slijev, jadranski slijev te Jadransko more. Prema dosadašnjim istraživanjima dunavski slijev nastanjuje 12 vrsta endema, a jadranski slijev 38 endemskih vrsta riba (Ćaleta i sur., 2015).

### 1.4 RAZLOZI UGROŽENOSTI SLATKOVODNIH VRSTA RIBA HRVATSKE

Ribe su vrlo osjetljive na promjene brzine toka, pregradnje rijeka, degradaciju staništa, zagrijavanje i intenzivno iskorištavanje vode (Descy i Empain, 1984). Najveći utjecaj na riblje zajednice u Hrvatskoj ima unos alohtonih vrsta, onečišćenje, regulacija vodotoka i degradacija staništa (Mrakovčić i sur., 2006). Ostali čimbenici, primjerice izgradnja brana i hidroakumulacija, melioracije, goleme potrebe za tehničkom i pitkom vodom te prelov također utječu na riblje zajednice, ne samo na području Hrvatske nego i cijele Europe (Cowx, 2002). Protok vode, temperatura, količina kisika, prozirnost određuje strukturu zajednica riba u ekosustavu. Ako se u vodenom ekosustavu dogodi veća i dugotrajnija promjena jednog ili više čimbenika to će se posebno odraziti na rijetke i osjetljive vrste. U slatkim vodama Republike Hrvatske izražen je utjecaj nepovoljnih čimbenika, s posljedicom smanjenja populacija autohtonih vrsta u korist manje vrijednih alohtonih i većinom agresivnijih vrsta. One postupno, ali sigurno potiskuju primarne autohtone vrste (Mrakovčić i sur., 2006).

#### 1.4.1 UNOS ALOHTONIH VRSTA RIBA

Unos alohtonih vrsta riba svakako je jedna od najvećih posljedica čovjekovog utjecaja na ihtiofaunu. Među glavnim razlozima izumiranja autohtonih vrsta riba, uz uništavanje staništa, upravo je unos alohtonih vrsta. Za razliku od autohtonih vrsta, one nisu na području svoje prirodne rasprostranjenosti, evoluirale su drugdje, a slučajno ili namjerno prenesene su u novo stanište. U slatke vode Republike Hrvatske na temelju dosadašnjih podataka uneseno je 16 vrsta alohtonih vrsta riba, a translocirano 15 ribljih vrsta (Ćaleta i sur., 2015). Na temelju današnjih spoznaja teško je predvidjeti sve posljedice unosa novih vrsta u vodeni ekosustav. Glavni razlog tome je što u većini slučajeva ne postoje podaci o ribljnoj zajednici prije unosa alohtonih vrsta. Nadalje, većina je staništa degradirana utjecajem čovjeka i u većini slučajeva ne postoji stalni monitoring pomoću kojeg bi se odredio utjecaj alohtonih vrsta na autohtonu zajednicu riba i ekosustav (Crivelli, 1995). Vrste koje su unesene u slatke vode Republike Hrvatske su: kalifornijska pastrva (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)), babuška (*Carrasius gibelio* (Bloch, 1782)), zlatna ribica (*C. auratus* (Linnaeus, 1758)), sunčanica (*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)), sivi glavaš (*Hypophthalmichthys molitrix* (Bleeker, 1880)), bijeli glavaš (*H. nobilis* (Bleeker, 1880)), bijeli amur (*Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1884)), bezribica (*Pseudorasbora parva* (Temminck i Schlegel, 1846)), crni somić (*Ameiurus melas* (Rafinisque, 1920)) patuljasti somić (*A. nebulosus* (Leseur, 1819)), jezerska zlatovčica (*Salvelinus alpinus* (Linnaeus, 1758)), potočna zlatovčica (*S. fontinalis* (Mitchill, 1814)), pastrvski grgeč (*Micropterus salmoides* (La Cèpede, 1802)), sjeverna ozimica (*Coregonus peled* Gmelin, 1789)), velika ozimica (*C. lavaretus* (Linnaeus, 1758)), rotan (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) i gambuzija (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) (Mrakovčić i sur., 2006). Posljednjih godina zabilježeno je širenje ponto-kaspijskih vrsta glavoča, uzvodno Dunavom iz Crnog mora. U tu skupinu spadaju: riječni glavočić (*Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814)), glavočić okrugljak (*N. melanostomus* (Pallas, 1814)), *Ponticola kessleri* (Gunther, 1861) i glavočić trkač (*Babka gymnotrachelus* (Kessler, 1877)). Zabilježeni su i u hrvatskom dijelu Dunava, a smatra se da autohtonim glavočima konkuriraju za stanište i hranu.

#### 1.4.2 ONEČIŠĆENJE VODENOG EKOSUSTAVA

Onečišćenje slatkovodnog ekosustava jedan je od najvećih problema novijeg doba. Sve veće količine otpadnih voda nastaju kao posljedica industrijalizacije i urbanizacije te time opterećuju vodene ekosustave. Slatkovodni se ekosustavi onečišćuju otopljenim solima, nutrijentima, organskim tvarima, pesticidima, teškim metalima i različitim otrovima, što izravno ili neizravno utječe na ribe. Izravan utjecaj onečišćenja odražava se u obliku akutnog ili kroničnog trovanja riba, a neizravan u promjenama fizikalno-kemijskih svojstava vode, primjerice, njezine temperature, količine otopljenog kisika i smanjenog stupnja kiselosti (pH). Onečišćenje uzrokuje promjene strukture riblje zajednice (Mrakovčić i sur., 2006).

#### 1.4.3 IZGRADNJA BRANA I STVARANJE HIDROAKUMULACIJA

Tokovi rijeka, osobito krških, izmijenjeni su zbog izgradnje brana i nastankom hidroakumulacija. Takvi zahvati prekidaju riječnu cjelovitost, a brane onemogućuju longitudinalne migracije riba koje teku od ušća prema izvoru i obrnuto. Migracije su od presudne važnosti za opstanak holobiotskih vrsta. Promjene riječnog u jezerski ekosustav uzrokuju promjene fizikalno-kemijskih značajki vode, poput temperature, količine otopljenog kisika, koncentracije nutrijenata, hidrološkog režima, visine podzemnih voda i brzine tijeka što dovodi do promjena u cjelokupnoj biološkoj zajednici. Promjene najčešće uzrokuju nestanak reofilnih vrsta, poput pastrva, koje potiskuju euritopne vrste riba. Te promjene često su dodatno pojačane i unosom novih vrsta riba u hidroakumulacije. Sve promjene dovode do smanjenja brojnosti riba, naročito rijetkih i osjetljivijih vrsta (Mrakovčić i sur., 2006).

#### 1.4.4 RIBOLOV I PRELOV

Ribolov i prekomjerni krivolov uzrokuje promjene u strukturi riblje zajednice. Poribljavanje se smatra kratkoročnim rješenjem za povećanje brojnosti riba u vodenim ekosustavima, ali ima i negativni učinak koji se odražava kroz kompeticiju, predaciju, gubitak genske raznolikosti te prisutnost bolesti i parazita unutar ribljih zajednica (Mrakovčić i sur., 2006). Promjene u

ekosustavu očitovat će se i unutar hranidbene mreže interakcijom među vrstama, pa osjetljive vrste biljaka i životinja mogu posve nestati (Cowx, 2002).

## 1.5 OPĆE KARAKTERISTIKE RODA *Telestes* Bonaparte, 1837

Rod *Telestes* endemski je rod Euromediterranske podregije (Ketmaier i sur., 1998). Spada u red šaranki (Cypriniformes), porodicu Cyprinidae i potporodicu Leuciscinae (Nelson, 2006). Rod *Telestes* opisao je Bonaparte 1837. godine. Mnoge vrste roda *Telestes* dugo su se vremena smatrale vrstama roda *Leuciscus*, a tek u novije vrijeme rod *Telestes* je odvojen (Ketmaier i sur., 1998; Freyhof i sur., 2006). Heckel i Kner (1858) navode dvije vrste: *T. agassizi* Valenciennes, 1844 i *T. muticellus* Bonaparte, 1837, a kasnije je većina europskih autora preuzela naziv ovog roda prema Berg-u (1932) te su koristili naziv *Leuciscus*. Ipak, većina je francuskih autora i dalje koristila naziv *Telestes* bilo kao naziv roda ili podroda (Ketmaier i sur., 1998). Trenutno prepoznajemo 14 vrsta iz roda *Telestes*, a to su: *T. beoticus* (Stephanidis, 1939), *T. croaticus* (Steindachner, 1866), *T. dabar* (Bogutskaya, Zupančić, Bogut i Naseka, 2012), *T. fontinalis* (Karaman, 1972), *T. karsticus* (Marčić i Mrakovčić, 2011), *T. metohiensis* (Steindachner, 1901), *T. miloradi* (Bogutskaya, Zupančić, Bogut i Naseka, 2012), *T. montenigrinus* (Vuković, 1963), *T. muticellus* (Bonaparte, 1837), *T. pleurobipunctatus* (Stephanidis, 1939), *T. polylepis* (Steindachner, 1866), *T. souffia* (Risso, 1827), *T. tursky* (Heckel, 1843), *T. ukliva* (Heckel, 1843). U tablici 1. prikazano je osam vrsta koje dolaze u Hrvatskoj (Mrakovčić i sur., 2006; Marčić i sur., 2011, Bogutskaya i sur., 2012).

**Tablica 1.** Popis vrsta roda *Telestes* rasprostranjenih u slatkim vodama Republike Hrvatske

LATINSKI NAZIV	HRVATSKI NAZIV	SINONIMI
<i>T. souffia</i>	Blistavac	<i>Condrostoma rysela</i> , <i>Leuciscus souffia</i> , <i>Leuciscus agassii</i> , <i>Leuciscus souffia souffia</i> , <i>Telestes rysela</i>
<i>T. polylepis</i>	Svijetlica	<i>Leusciscus polylepis</i>
<i>T. karsticus</i>	Kapelska svijetlica	<i>Leusciscus polylepis</i> , <i>Telestes polylepis</i>
<i>T. croaticus</i>	Hrvatski pijor	<i>Paraphoxinus croaticus</i> , <i>Phoxinellus croaticus</i>
<i>T. fontinalis</i>	Krbavska gaovica	<i>Phoxinellus adspersus fontinalis</i> , <i>Phoxinellus fontinalis</i>
<i>T. tursky</i>	Turski klen	<i>Leuciscus tursky</i> , <i>Squalius tursky</i>
<i>T. ukliva</i>	Cetinska ukliva	<i>Leuciscus ukliva</i> , <i>Squalius ukliva</i>
<i>T. miloradi</i>	Gatačka gaovica	<i>Paraphoxinus metohienesis</i> , <i>Phoxinellus metohienesis</i> , <i>Telestes metohiensis</i>

Vrste roda *Telestes* prilagođene su na hladnovodne uvjete te su pretežno rasprostranjene u staništima planinskih jezera, potoka do nizinskih rijeka i vodotoka (Ketmaier i sur., 1998; Ketmaier i sur., 2004). U morfologiji roda najizraženija karakteristika je tamna linija koja se proteže duž bokova tijela od oka do kraja repnog drška i crna crta koja se proteže duž bočne pruge. Tamna linija je izraženija kod konzerviranih primjeraka, dok kod živih jedinki nije uvijek izražena. Ostale značajke roda *Telestes* u odnosu na druge rodove su: cjelovita bočna pruga, leđna peraja koja je u odnosu na trbušne peraje smještena malo iza početka trbušnih peraja, završna ili poludonja (subterminalna) usta, nedostatak grebena koji nije pokriven ljuskama na sredini trbušnog djela ispred analnog otvora, 7-10<sub>1/2</sub> razgranatih šipčica u podreпноj peraji i 7-8<sub>1/2</sub>

razgranatih šipčica u leđnoj peraji. Tijelo je izduženo i blago bočno spljošteno dok je glava relativno mala. Trbuh je prekriven srebrnkasto bijelom bojom dok je leđni dio tamnosmeđe do tamnosive boje. Peraje su žućkasto do lagano narančaste boje a bokovi ispod pruge i trbuh sivo-bijele su boje. Osim glave čitavo tijelo prekriveno je ljuskama (Kottelat i Freyhof, 2007).

## 1.6 OPĆE KARAKTERISTIKE VRSTE KAPELSKA SVIJETLICA

### 1.6.1 SISTEMATIKA VRSTE

**CARSTVO:** ANIMALIA- životinje

**KOLJENO:** CHORDATA- svitkovci

**POTKOLJENO:** VERTEBRATA- kralješnjaci

**NADRAZRED:** GNATHOSTOMATA: čeljustousti

**RAZRED:** ACTINOPTERYGII – zrakoperke

**NADRED:** TELEOSTEI – prave koštunjače

**RED:** CYPRINIFORMES- šaranke

**PORODICA:** CYPRINIDAE

**POTPORODICA:** LEUCISCINAE

**ROD:** *Telestes* Bonaparte, 1837

**VRSTA:** *Telestes karsticus* Marčić i Mrakovčić, 2011 – kapelska svijetlica

Vrste roda *Telestes* pripadaju u potporodicu Leuciscinae koja čini najveću europsku potporodicu ciprinida (Kottelat i Freyhof, 2007). Potporodica Leuciscinae od ostalih riba razlikuje se dužinom leđne peraje koja je vrlo kratka i čija zadnja nerazgranata šipčica nije niti nazubljena niti nalik na bodlju, nikada nemaju brkove, a ždrijelni su im zubi poredani u jednom ili dva reda

(Kottelat i Freyhof, 2007). Potporodica Leuciscinae rasprostranjena je sjevernom Euroazijom, sjevernom Amerikom i sjevernom Afrikom (Kottelat i Freyhof, 2007).

### 1.6.2 MORFOLOGIJA VRSTE KAPELSKA SVIJETLICA

Vrsta kapelska svijetlica mala je riba maksimalne zabilježene duljine tijela 153 mm. Tijelo joj je prekriveno tankim, sitnim ljuskama dok je sama građa tijela izdužena i bočno spljoštena (Slika 1). Ljuske koje se nalaze na području između trbušnih peraja i donjeg djela glave te prsnih peraja ne preklapaju se. Na trbuhu prevladava bijelosivkasta boja dok su leđa prekrivena tamnosivom bojom, ali sama obojenost može varirati ovisno o podlozi u kojoj se vrsta nalazi. Tamna linija koja je karakteristika roda proteže se na području između oka do kraja leđnog drška i nije uvijek izražena kod živih jedinki kao kod konzerviranih primjeraka vrste. Bočna je pruga kontinuirana i duž nje proteže se tanka, crna, izražena linija. Broj ljusaka u bočnoj pruzi (središnji lateralni niz) je 45 – 65, najčešće 49 - 62. Broj ljusaka transverznog niza između bočne pruge i prednjeg ruba trbušne peraje jest  $6\frac{1}{2}$ - $7\frac{1}{2}$  (Marčić i sur., 2011). Najveća visina tijela je ispred leđne peraje. Duljina glave stane oko 4 puta u standardnu dužinu tijela. Usta su poludonja (subterminalna), bez brkova. Zaobljena gubica malo se proteže preko gornje usne. Oči su smještene bliže vrhu glave i prilično su velike tako da promjer oka je 3,5 do 4 puta manji od duljine glave. Ždrijelni zubi organizirani su u dva reda: 5.2 – 2.4. Iza polovice duljine tijela smještena je leđna peraja. Perajne šipčice su pigmentirane, a ponekad je pigmentacija prisutna također i na koži između njih, a bez pigmentata su podrepna i trbušna peraja. Narančaste mrlje nalaze se na bazi prsnih peraja dok su tragovi narančastog obojenja prisutni na bazama trbušnih i podrepnih peraja. Stražnji rub leđne, prsnih i trbušnih peraja konveksnog je oblika, stražnji rub podrepne peraje je ravan, dok je kraj repne peraje račvast s zaobljenim vrhovima (Marčić i sur., 2011).





Foto: P. Mustafić

**Slika 1.** Kapelska svijetlica (*Telestes karsticus* Marčić i Mrakovčić, 2011)

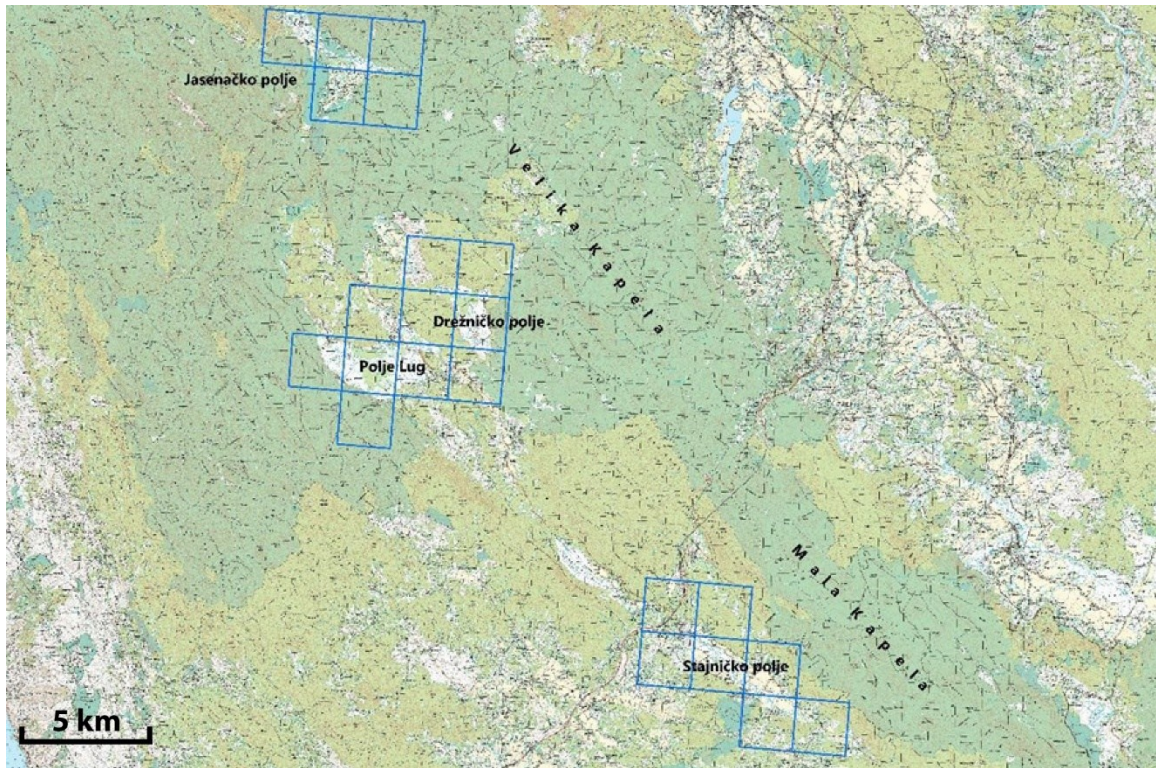
### 1.6.3 REPRODUKCIJA I PREHRANA VRSTE KAPELSKA SVIJETLICA

Istraživanjem vrste kapelska svijetlica iz potoka Sušik zabilježeno da su ženke u prosjeku imaju veću maksimalnu dužinu tijela od mužjaka (Marčić, 2013). Najveća je totalna dužina vrste zabilježena na jedinki iz Stajničkog polja, a iznosila je 152,6 mm dok najveća totalna dužina jedinke iz potoka Sušik iznosila 146,0 mm. Na temelju istraživanja sastava hrana utvrđeno je da je kapelska svijetlica eurifagni omnivor. Prehrana kapelske svijetlice sastoji se od beskralješnjaka, algi, ribe, te biljnog materijala, ali ipak najviše dominiraju vodeni kukci. Pronađene jedinke kopnenih člankonožaca upućuju na to da se kapelska svijetlica hrani uzimajući hranu s površine, a planktonski račići upućuju na to da se hrani i u vodenom stupcu. Takvom načinu hranjenja odgovaraju i subterminalna usta kakva svijetlica i ima. U prehrani velikih jedinki zabilježen je i kanibalizam što upućuje na to da vrsta jede svu moguću dostupnu hranu (Marčić i sur., 2011; Marčić, 2013). Razdoblje mriješta kapelske svijetlice je od kraja ožujka do početka svibnja s vrhuncem u travnju. U mrijesnom razdoblju kapelske svijetlice iz

potoka Sušik prisutan je spolni dimorfizam, utvrđeno je da mužjaci imaju mriješne kvržice po glavi i bokovima, a na ženkama su uočljivi deblji trbusi. Ponašanje na mrijestu svijetlice iz potoka Sušik jednako je kao i kod drugih pripadnika ekološke skupine riba koje ne čuvaju mrijest i odlažu ga na otvoreni supstrat. Jedinke se sakupljaju u jata te više mužjaka prati ženku koja polaže jajašca na kamenoj podlozi što je čini litofilnom vrstom. Istraživanjem je također utvrđeno da je prirodna smrtnost mužjaka kapelske svijetlice iz potoka Sušik veća od prirodne smrtnosti ženki (Marčić i sur., 2011; Marčić, 2013).

#### 1.6.4 PODRUČJE RASPROSTRENJENOSTI VRSTE KAPELSKA SVIJETLICE

Kapelska svijetlica stenoendemska je vrsta dunavskog slijeva i rasprostranjena je samo u četiri krška polja: Stajničko polje, polje Lug, Jasenačko polje te Drežničko polje (Slika 2; Marčić, 2013). Stajničko se polje proteže s južne strane obronaka Male Kapele. Sa sjeverne strane nalaze se vrhovi Kapele: Veliki panos (1 079 mnm) i Oštri vrh (1 164 mnm). Širina polja je od 200 do 1000 m, smješteno je na visini od 482 do 505 metara nadmorske visine, a ukupna mu je površina 63 km<sup>2</sup>. Pripada Ličko-senjskoj županiji, općini Brinje (Tominac, 2004), dok Jasenačko polje i polje Lug pripadaju Karlovačkoj županiji te su u sastavu grada Ogulina (Petrović, 2005). Drežnica je mjesto u Karlovačkoj županiji, u sastavu grada Ogulina, točno na granici geografskih područja Like i Gorskog Kotara. Drežnica je smještena na trima krškim poljima među kojima je i polje Lug, kojim protječe potok Sušik (Bognar i sur., 1975). Prema sjeverozapadu, između Velike Kapele, Bjelolasice i Jasenačke kose, na 628 metara nadmorske visine nalazi se Jasenačko polje površine 2,5 km<sup>2</sup>, s naseljem Jasenak kao dio Velikokapelskog međuprostora i treće najviše stepenice na prostoru Grada Ogulina (Petrović, 2005).



**Slika 2.** Plavim kvadratima 2x2 km označeno je područje rasprostranjenosti vrste *Telestes karsticus*

### 1.6.5 STATUS UGROŽENOSTI VRSTE

Kapelska svijetlica prema IUCN kategorizaciji spada u kategoriju ugroženih svojti (EN) a razlozi njene ugroženosti su potencijalni unos salmonidnih vrsta, onečišćenje vodenog ekosustava i uzimanje vode (Freyhof, 2013). Unos salmonidnih vrsta u potoke gdje živi vrsta kapelska svijetlica jedan je od glavnih razloga ugroženosti vrsta te se istraživanje diplomskog rada temelji na promatranju ponašanja juvenilnih svijetlica u prisutnosti grabežljivca.

## 1.7 OPĆA OBILJEŽJA POTOKA SUŠIK

Potok Sušik (Slika 3) je ponornica koja se nalazi na nadmorskoj visini od 463 m, protječe krškim poljem i duljina toka iznosi oko 5 km a širina potoka varira od 2 do 10 m. Dubina potoka ovisi o godišnjem razdoblju, nakon otapanja snijega ili velikih kiša na pojedinim dijelovima dubina je veća od 2 m a ljeti u periodu suša niža je od 20 cm. Potok Sušik nema stalni protok vode. Sediment potoka sastoji se od kombinacije pijeska, mulja i kamenja, a prisutna je i vodena vegetacija u pojedinim dijelovima potoka. Vodeni kralješnjaci prisutni u potoku su: smeđa krastača (*Bufo bufo* (L. 1758)), bjelouška (*Natrix natrix* (L. 1758)), velika zelena žaba (*Pelophylax ridibundus* (Pallas 1771)), pjegavi daždevnjak (*Salamandra salamandra* (L. 1758)), planinski vodenjak (*Mesotriton alpestris* (Laurenti 1768)) i mali vodenjak (*Lisotriton vulgaris* (L. 1758)). Kapelska svijetlica je jedina vrsta ribe koja je zabilježena na ovome lokalitetu te se može reći da za sada jedino ona čini ihtiofaunu potoka Sušik (Marčić, 2013).



**Slika 3.** Stanište potoka Sušik (foto: A. Milković).

## **2. CILJ RADA**

Cilj je istraživanja prvi puta istražiti i opisati ponašanje juvenilnih jedinki vrste kapelska svijetlica u prisutnosti grabežljivca potočne pastrve. Praćenjem ponašanja mladih jedinki kapelske svijetlice ustanovit će se odgovor vrste na prisutnost grabežljivca i obrazac njihovog ponašanja. Ponašanje jedinki analizirati će se prije i nakon izlaganja grabežljivcu, a mjerit će se udaljenost jedinki od predatora, udaljenost jedinki od dna akvarija te stupanj kohezije plove riba. Svako novo saznanje doprinosi boljem poznavanju ekologije vrste kapelska svijetlica te tako omogućuje kvalitetniju zaštitu ove endemske vrste.

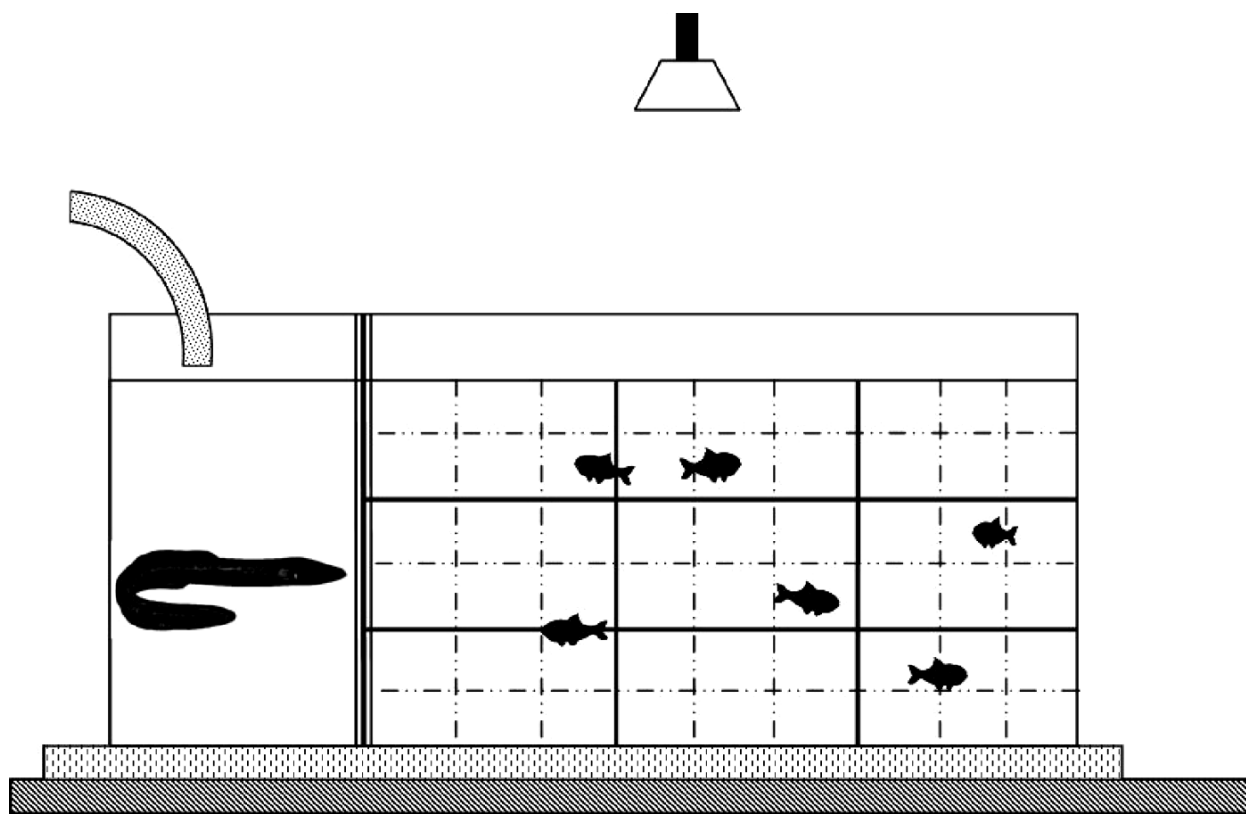
### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1 LABARATORIJSKA ANALIZA

Analizirane jedinke u ovom istraživanju potječu iz akvarijskog mriješta u kojem su uspješno izmriješćene jedinke iz potoka Sušik u polju Lug. Prilikom istraživanja izvedeno je šest eksperimenata, a za svaki pojedini korak tijekom eksperimenta analizirano je deset jedinki starosti 0<sup>+</sup>. Veličina jedinki iznosila je od 10 mm totalne dužine do 40 mm totalne dužine. U staklenom akvariju dimenzija 60x50x35 cm nasumično je stavljeno deset odabranih jedinki koje su se u periodu od 24 sata aklimatizirale. Eksperimentalni akvarij podijeljen je u dva odjeljka odvojena prozirnou pregradou od Plexiglasa<sup>TM</sup> s rupama koja je omogućavala kemijski i vizualni kontakt između analiziranih jedinki i predatora. Manji je odjeljak bio širine 15 cm, a veći 45 cm (ukupno 60 cm širine akvarija). Pozadina akvarija u većem odjeljku označena je mrežou koja čini referentni okvir za analizu ponašanja. Mreža je pravokutnog oblika, a sama se sastoji od devet pravokutnika poredanih u tri reda dugačkih 15 cm, a visokih 10 cm. Eksperimentalni akvarij vizualno je odvojen pregradou od kartona te je na taj način omogućeno spriječeno povećanja stresa kod jedinki tijekom eksperimenta. Svaki eksperiment zabilježen je videou kamere CANON Legria FS200. Analizirano je ponašanje jedinki prije i nakon izlaganja umjetnog i živog predatora tako da je mjerena udaljenost jedinki od predatora, udaljenost jedinki od dna akvarija te stupanj kohezije plova jedinki. Dobiveni podaci snimljeni videou kamerou obrađeni su programu za obradu slika ImageJ i statistički u programu STATISTICA.

## 3.2 EKSPERIMENTALNA METODA

Eksperimentalna ispitivanja provedena su od 13.6.2017. do 26.6.2017. Ukupno je analizirano 60 jedinki vrste kapelska svijetlica. Eksperimentalna procedura provodila se na sljedeći način: u staklenom akvariju nasumično je stavljeno deset odabranih jedinki koje su se u periodu od 24 sata aklimatizirale (Slika 4). Petnaest minuta prije početka svakog eksperimenta postavila se video kamera CANON Legria FS200 kojom je zabilježena video snimka svakog provedenog pokusa. Nakon smirivanja riba, započeo bi pokus tako da su ribe bez podražaja snimane deset minuta nakon čega je ručno ubačen model potočne pastrve 300 mm totalne dužine. Ponašanje riba je snimano i deset minuta nakon stimulansa kada bi se model potočne pastrve izvadio. Nakon ponovne aklimatizacije, postupak je ponovljen, ali ovog puta s živom potočnom pastrvom 220 mm totalne dužine koja je mrežicom ubačena u akvarij. Potočna pastrva prebačena je iz odvojenog akvarija u kojem se nalazila. Nakon svakog eksperimenta, analizirane jedinke kapelske svijetlice mrežicom su premještene u novi akvarij tako da bi se spriječila mogućnost ponovne analize već analiziranih jedinki te kako bi se spriječila komunikacija analiziranih i neanaliziranih jedinki. Nakon završenog eksperimenta, voda je u eksperimentalnom akvariju zamijenjena te je ubačena sljedeća skupina od 10 jedinki za ponovni postupak nakon ponovljene aklimatizacije u periodu od 24 sata.



**Slika 4.** Eksperimentalni akvarij (Preuzeto iz Malavasi i sur., 2004).

### 3.3 STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Rezultati su statistički obrađeni u programskom paketu STATISTICA u kojem je iz zabilježenih rezultata izračunata osnovna deskriptivna statistika (srednja vrijednost i standardna devijacija). Za usporedbu različitih skupina korišten je Studentov t-test.



## 3.4 METODE MJERENJA PONAŠANJA

Video snimka eksperimenta analizirana je pomoću softvera za analizu slika ImageJ. Analizirale su se tri mjere ponašanja, a to su: stupanj kohezije plove, udaljenost jedinki od predatora te udaljenost jedinki od dna akvarija. Mjere ponašanja analizirane u dva vremenska perioda prije stimulansa te za vrijeme izloženosti predatoru.

### 3.4.1. STUPANJ KOHEZIJE PLOVE

Stupanj kohezije plove procijenjen je izračunom pomoću indeksa disperzije. Formula izračuna indeksa disperzije :

$$ID = \frac{K(N^2 - \Sigma f^2)}{N^2 - (k-1)}$$

Gdje je K broj kvadranta, N broj jedinki riba, f broj jedinki riba u pojedinom kvadrantu.

Stupanj kohezije plove izračunat je za dva vremenska razdoblja: kratko i dugačko. U kratkom vremenskom razdoblju, indeks kohezije plove izračunat je svake sekunde u razdoblju od dvadeset sekundi prije podražaja do dvadeset sekundi nakon podražaja. U dugačkom vremenskom razdoblju indeks kohezije plove izračunat je svakih dvadeset sekundi za čitavo razdoblje eksperimenta. Stupanj kohezije plove prikazan je kao srednja vrijednost svih pokusa za svako pojedinačno mjerenje u istom vremenu.

### 3.4.2. MJERA UDALJENOSTI JEDINKI OD PREDATORA

Udaljenost jedinki od predatora izračunata je na temelju srednje vrijednosti pojedinačne mjere udaljenosti za svaku ribu na relaciji od pregrade do jedinke. Udaljenost jedinki od predatora izračunata je za dva vremenska razdoblja: kratko i dugačko. Tijekom kratkog vremenskog razdoblja, udaljenost jedinki od predatora izračunata je svake sekunde u razdoblju od dvadeset sekundi prije podražaja do dvadeset sekundi nakon podražaja. Dok je u dugačkom vremenskom razdoblju udaljenost jedinki od predatora izračunata svakih dvadeset sekundi za čitavo razdoblje.

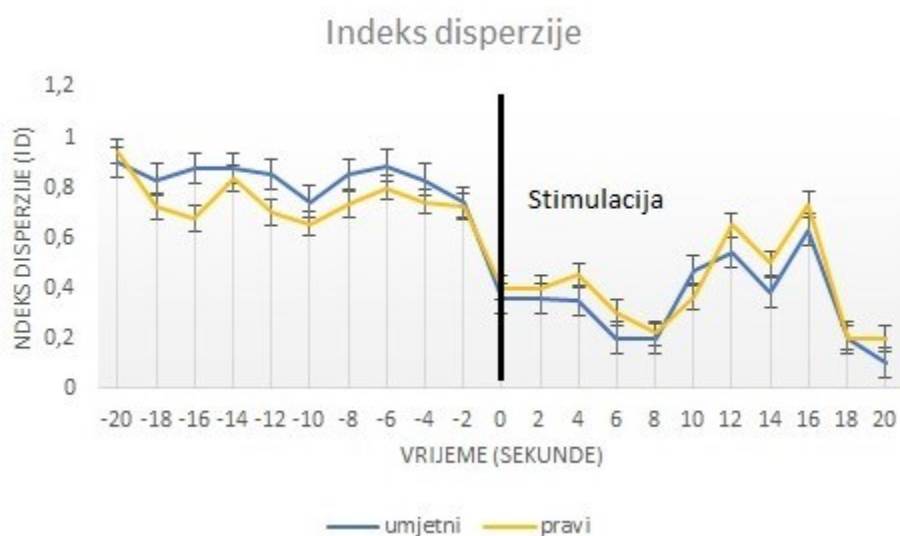
### 3.4.3. MJERA UDALJENOSTI JEDINKI OD DNA AKVARIJA

Udaljenost jedinki od dna akvarija izračunata je na temelju srednje vrijednosti dobivene mjerom pojedinačno svake jedinke od dna akvarija. Udaljenost jedinki od dna akvarija izračunata je za dva vremenska razdoblja: kratko i dugačko. Udaljenost jedinki od dna akvarija izračunata je svake sekunde u razdoblju od dvadeset sekundi prije podražaja te nakon podražaja u kratkom vremenskom razdoblju, a za vrijeme dugačkog vremenskog razdoblja udaljenost jedinki od dna akvarija izračunata je svakih dvadeset sekundi tijekom čitavog razdoblja eksperimenta.

## 4. REZULTATI

### 4.1 INDEKS DISPERZIJE

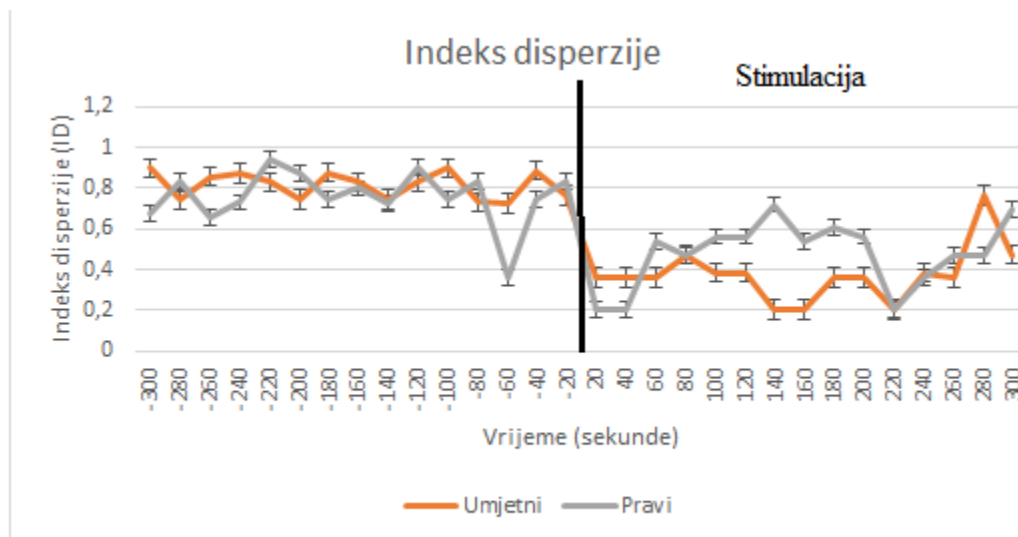
Srednja vrijednost indeksa disperzije (ID) u kratkom vremenskom razdoblju svih šest pokusa prikazana je na Slici 5.



**Slika 5.** Srednja vrijednost indeksa disperzije u kratkom vremenskom razdoblju prije i poslije stimulacije umjetnim i pravim predatorom. Crnom okomitom crtom označen je trenutak uvođenja predatora.

Vrijednost indeksa disperzije (ID) u kratkom vremenskom razdoblju slične su za umjetnog i pravog predatora, tj. ne postoji statistička razlika niti u periodu predstimulacije ( $p=0,83$ ,  $p>0,05$ ) niti u periodu stimulacije ( $p=0,09$ ,  $p>0,05$ ). Vrijednost indeksa disperzije povećana je u periodu predstimulacije te dolazi do naglog smanjivanja vrijednosti nakon stimulacije. Najmanja vrijednost indeksa disperzije zabilježena je tijekom prvih osam sekundi nakon stimulacije te u zadnje dvije sekunde promatranog razdoblja. Vrijednost indeksa disperzije nakon stimulacije uvijek je manja od vrijednosti indeksa disperzije prije stimulacije za oba predatora. Testiranjem je utvrđeno da postoji statistički razlika u indeksu disperzije u predstimulaciji u odnosu na stimulaciju ( $t=0,351$ ,  $p<0,001$ ).

Vrijednost indeksa disperzije (ID) u dugom vremenskom razdoblju svih šest pokusa prikazana je na Slici 6.

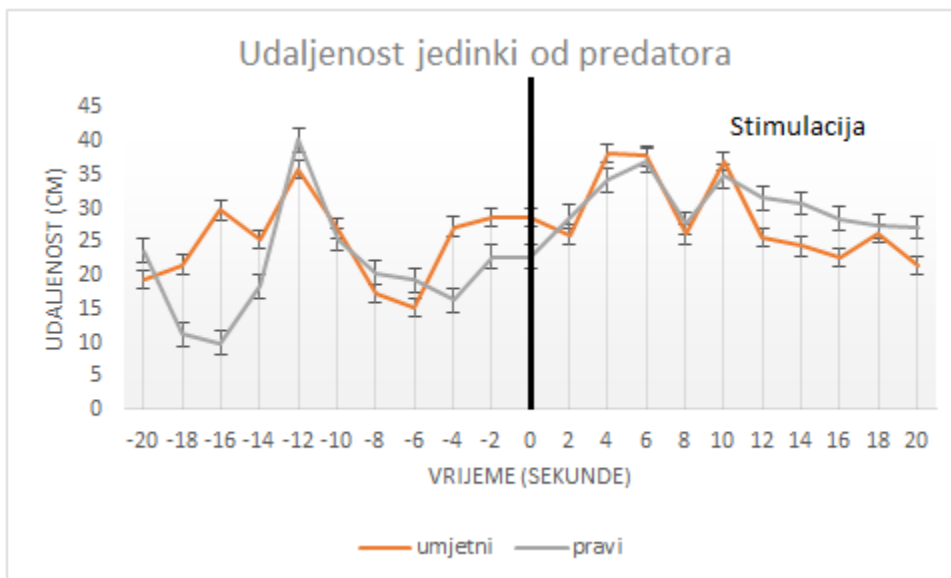


**Slika 6.** Srednja vrijednost indeksa disperzije u dugom vremenskom razdoblju prije i poslije stimulacije umjetnim i pravim predatorom tijekom šest pokusa. Crnom okomitom crtom označen je trenutak uvođenja predatora.

I u dugom vremenskom razdoblju vrijednost indeksa disperzije (ID) slične su za umjetnog i pravog predatora, tj. ne postoji statistička razlika niti u periodu predstimulacije ( $p=0,11$ ,  $p > 0,05$ ) niti u periodu stimulacije ( $p=0,07$ ,  $p < 0,05$ ). I u dugom vremenskom razdoblju vrijednost indeksa disperzije (ID) povećana je u periodu predstimulacije te dolazi do naglog smanjivanja vrijednosti nakon stimulacije i umjetnim i pravim predatorom. Najmanja vrijednost indeksa disperzije zabilježena je tijekom 60 sekundi nakon stimulacije perioda te od 160 do 220 sekunde promatranog razdoblja. Vrijednost indeksa disperzije nakon stimulacije uvijek je manja od vrijednosti indeksa disperzije prije stimulacije za oba predatora. Testiranjem je utvrđeno da postoji statistički razlika u indeksu disperzije u predstimulaciji u odnosu na stimulaciju ( $t=0,345$ ,  $p < 0,001$ ).

## 4.2 UDALJENOST OD PREDATORA

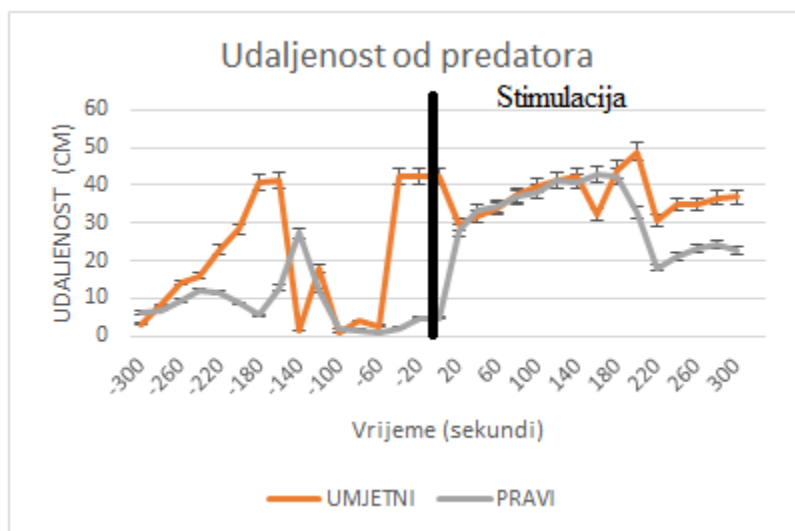
Srednje vrijednosti udaljenosti od predatora u kratkom vremenskom razdoblju svih šest pokusa prikazane su na Slici 7.



**Slika 7.** Prikaz promjene srednje vrijednosti udaljenosti jedinki od predatora u kratkom vremenskom razdoblju prije i poslije stimulacije umjetnim i pravim predatorom tijekom šest pokusa. Crnom okomitom crtom označen je trenutak uvođenja predatora.

U kratkom vremenskom razdoblju srednje vrijednosti udaljenosti od predatora slične su za pravog i umjetnog predatora, tj. ne postoji statistički značajna razlika niti prije stimulacije ( $p=0,36$ ,  $p>0,05$ ) niti poslije stimulacije ( $p=0,27$ ,  $p>0,05$ ). Srednje vrijednosti udaljenosti jedinke od predatora prije stimulacije ne pokazuju nikakav uzorak i variraju od 15 cm do 31 cm kod umjetnog predatora i od 6 cm do 40 cm kod pravog predatora. Nakon uvođenja oba predatora vidljiv je uzorak u ponašanju u smislu udaljavanja jedinki od pregrade. Nakon stimulacije, povećava se prosječna vrijednost udaljenosti od predatora što se pokazalo statistički značajnim ( $t=3,615$ ,  $p<0,001$ ).

Srednje vrijednosti udaljenosti od predatora u dugom vremenskom razdoblju svih šest pokusa prikazane su na Slici 8.



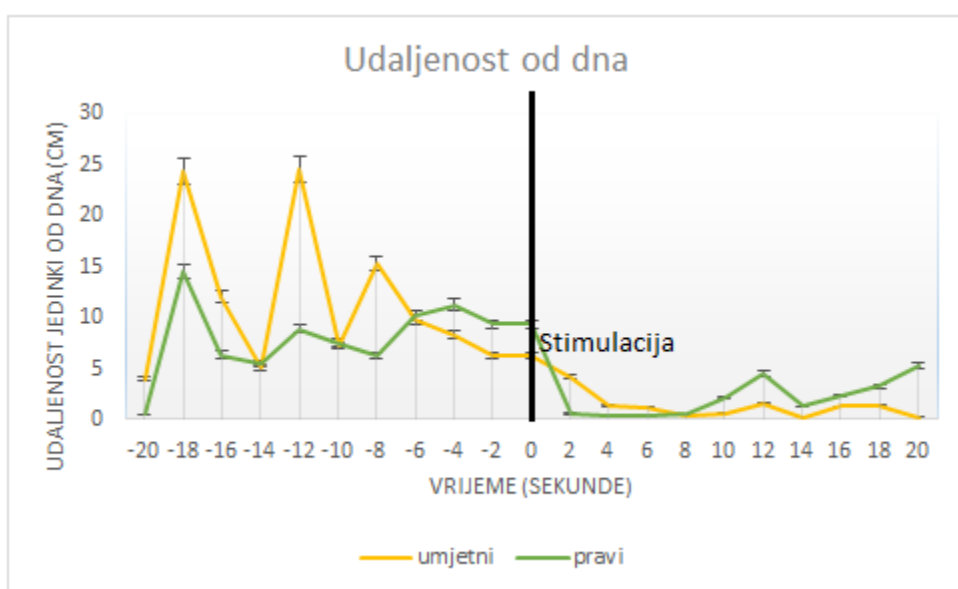
**Slika 8.** Promjena srednje vrijednosti udaljenosti jedinki od predatora u dugom vremenskom razdoblju prije i poslije stimulacije umjetnim i pravim predatorom tijekom šest pokusa. Crnom okomitom crtom označen je trenutak uvođenja predatora.

I u dugom vremenskom razdoblju srednje vrijednosti udaljenosti jedinke od pregrade u koju se ubacuje predator prije ubacivanja bilo kojeg predatora, ne pokazuju nikakav uzorak i variraju od 10 cm do 40 cm kod umjetnog predatora i od 10 cm do 30 cm kod pravog predatora. Nakon uvođenja oba predatora vidljiv je uzorak u ponašanju u smislu udaljavanja jedinke od pregrade. Vrijednosti udaljenosti jedinki od predatora rastu nakon stimulacije i umjetnim predatorom i pravim predatora u prvih 60 sekundi promatranja. Nakon 60 sekundi srednje vrijednosti udaljenosti jedinki od predatora postepeno padaju i kod umjetnog i pravog predatora. Veća prosječna udaljenost od predatora utvrđena je kod stimulacije predatora u odnosu na udaljenost kod predstimulacije. Testiranjem je utvrđeno da postoji statistički značajna razlika u udaljenosti od predatora u predstimulaciji u odnosu na stimulaciju ( $t=4,853$ ,  $p<0,001$ ). U predstimulacijskom periodu za oba predatora postoji statistička razlika ( $p=0,01$ ,  $p<0,05$ ) te i kod stimulacije za oba predatora postoji statistička razlika ( $p=0,02$ ,  $p<0,05$ ). Kod umjetne stimulacije prosječna udaljenost od predatora je 33,52 (SD = 8,69), dok je kod prave stimulacije prosječna udaljenost

32,44 (SD=9,82). Ne postoji statistički značajna razlika između prosječne udaljenosti kod umjetne i prave stimulacije ( $p=0,2, p>0,05$ ).

### 4.3 UDALJENOST JEDINKI OD DNA AKVARIJA

Srednje vrijednosti udaljenosti od dna u kratkom vremenskom razdoblju svih šest pokusa prikazane su na Slici 9.

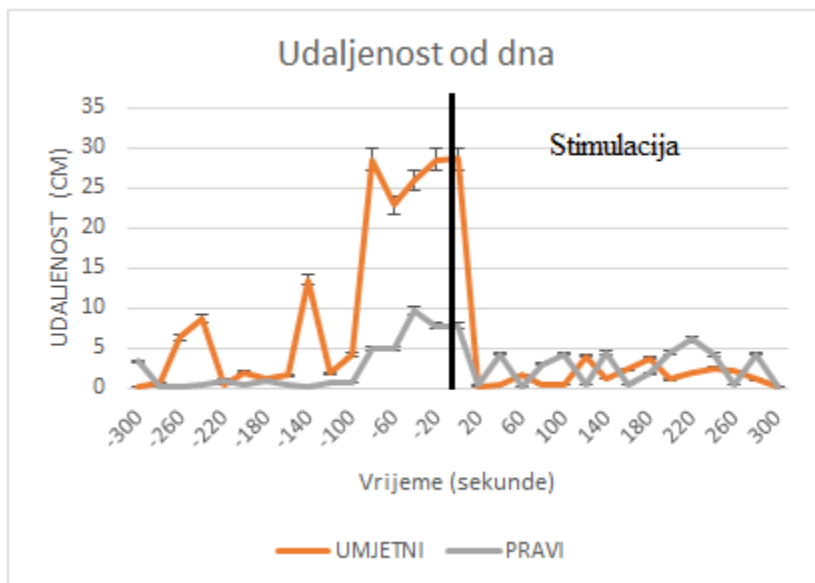


**Slika 9.** Promjena srednje vrijednosti udaljenosti jedinki od dna u kratkom vremenskom razdoblju prije i poslije stimulacije umjetnim i pravim predatorom tijekom šest pokusa. Crnom okomitom crtom označen je trenutak uvođenja predatora.

Vrijednosti udaljenosti od dna u kratkom vremenskom razdoblju slične su za umjetnog i pravog predatora, tj. ne postoji statistička razlika niti u periodu predstimulacije ( $p=0,13, p>0,05$ ) niti u periodu stimulacije ( $p=0,17, p>0,05$ ). I kod umjetnog i pravog predatora u fazi predstimulacije ne uočava se nikakav uzorak i srednje se vrijednosti udaljenosti od dna kreću u velikom rasponu od 0 do 25 cm. Nakon stimulacije, i kod pravog i kod umjetnog se predatora uočava približavanje jedinki dnu akvarija, tj. srednja vrijednost udaljenosti od dna akvarija pada.

Testiranjem je utvrđeno da postoji statistički značajna razlika u udaljenosti od dna u predstimulaciji u odnosu na stimulaciju ( $t=7,505$ ,  $p<0,001$ ).

Srednje vrijednosti udaljenosti od dna akvarija u dugom vremenskom razdoblju svih šest pokusa prikazane su na Slici 10.



**Slika 10.** Promjena srednje vrijednosti udaljenosti jedinki od dna u dugom vremenskom razdoblju prije i poslije stimulacije umjetnim i pravim predatorom tijekom šest pokusa. Crnom okomitom crtom označen je trenutak uvođenja predatora.

U dugom vremenskom razdoblju srednje vrijednosti udaljenosti jedinke od dna prije ubacivanja bilo kojeg predatora, ne pokazuju nikakav uzorak i variraju od 0 cm do 30 cm kod umjetnog predatora i od 0 cm do 10 cm kod pravog predatora. Nakon uvođenja oba predatora vidljiv je uzorak u ponašanju u smislu približavanja jedinki dnu. Vrijednosti udaljenosti jedinki od dna padaju nakon stimulacije s oba predatora i slične su do dvadesete sekunde nakon čega slijedi lagani rast vrijednosti te ponovni pad vrijednosti. U periodu predstimulacije između oba predatora postoji statistička razlika ( $p=0,02$ ,  $p<0,05$ ), dok za vrijeme perioda stimulacije nema statističke razlike ( $p=0,82$ ,  $p>0,05$ ). Veća prosječna vrijednost udaljenosti od dna utvrđena je kod



stimulacije u odnosu na udaljenost kod predstimulacije. Testiranjem je utvrđeno da postoji statistički značajna razlika u udaljenosti od dna u predstimulaciji u odnosu na stimulaciju ( $t=5,728$ ,  $p<0,001$ ).

#### 4.4 PONAŠANJE JEDINKI

U periodu predstimulacije jedinke su bile različito vizualno usmjerene tijekom svih šest promatranja, tj. jedinke nisu bile usmjerene u istom smjeru. Nakon stimulacije, sve su jedinke tijekom pokusa vizualno su bile usmjerene prema predatoru u prvih 20 do 60 sekundi izlaganja što je zabilježeno kod svih promatranih skupina. Nakon stimulacije umjetnim predatorom jedinke su usmjerene prema pregradi u akvariju samo prvih 20 sekundi. Ipak, u četiri promatrane skupine, nakon podražaja i pravim i umjetnim predatorom jedna bi se jedinka izdvojila iz skupine i približila predatoru na udaljenost od 3 cm. Takvo bi se ponašanje događalo između 100 i 140 sekunde promatranja.

## 5. RASPRAVA

Kretanje jedinki u plovi, te kohezija plova dobro su poznata ponašanja kod riba u prisutnosti predatora (Pitcher i Parrish, 1993). Vrste koje obitavaju u ekosustavu s predatorom imaju razvijenije metode izbjegavanja i uočavanja predatora što ukazuje na središnju ulogu učenja i iskustva u moduliranju antipredatorskog odgovora (Kelley i Magurran, 2003). Kao odgovor na predaciju vrste su razvile mnogobrojne anti-predatorske adaptacije kao što su: prikrivanje, kemijski alarmni signali i kemijska obrana (Blest, 1957; Edmunds, 1974). Razlike u ponašanju između uzgajanih i divljih vrsta su prvenstveno posljedice uvjeta u okolišu i iskustvo u lovu te genetska divergencija (Olla i sur., 1998). Ribe koje obitavaju u okolišu s predatorom brže su u otkrivanju predatora i imaju učinkovitije metode izbjegavanja predatora za razliku od populacija bez prisutnosti predatora u okolišu (Kelly i Magurran, 2003). Sposobnost riba iz uzgajališta da pokažu sličan anti-predatorski odgovor kao i divlje ribe ključan je faktor za njihov opstanak u divljini. RIBE u uzgajalištu u većini opažanja pokazuju anti-predatorski odgovor što ukazuje na snažnu genetsku osnovu koja je održana i nakon nekoliko generacija laboratorijskog uzgoja unatoč nedostatku iskustva s predatorom (Kelly i Magurran, 2003). Takvo ponašanje zabilježeno je i tijekom ovog istraživanja. Jedinke provedene u zatočeništvu mogu naučiti izbjegavati predatora metodom učenja (Brown i Laland, 2001). Takvo je ponašanje tipično ponašanje riba i u skladu je s drugim istraživanjima iz brojnih studija gdje su anti-predatorski odgovori kod riba slabije izraženi u kontroliranim uvjetima (Brown i Day, 2002; Malavasi i sur., 2004; Yamamoto i Reinhardt, 2003). Ostale studije otkrile su da su uzgajane ribe uglavnom opreznije nego divlje ribe (Nordeide i Svasand, 1990.) Istraživane studije su pokazale da uzgajane životinje imaju niske stope preživljavanja prilikom puštanja u divljinu (Fischer i sur., 2000), dijelom zbog činjenice da nikad prije nisu bili izloženi predatoru (Synder i sur., 1996). Sposobnost riba kako prepoznati i izbjeći predatora sastoji se od urođenih i naučenih aspekata koje oblikuje okoliš (Kelly i Magurran, 2003). Unutar vodenih ekosustava, plijen se najviše oslanja na uporabu kemijskih alarmnih signala za procjenu rizika od predatora (Chivers i Smith, 1998). Iako je u prirodnom okruženju važniji kemijski od vizualnog stimulansa, to u ovom eksperimentu nije pokazano budući da u niti jednom od mjerenih parametra nije bilo statistički značajne razlike između pravog i umjetnog predatora. Veličina predatora je izuzetno važna jer predator koji nije dovoljno velik da bi predstavljao opasnost za jedinke, neće izazvati reakciju. Važna komponenta

koja utječe na samo ponašanje riba je i ponašanje samog predatora gdje aktivno i agresivno ponašanje predatora ima veći utjecaj na promatrane jedinke (Pitcher i Parrish, 1993; Smith, 1997).

Kapelska je svijetlica ugrožena autohtona i stenoendemska vrsta te je kao takva osobito osjetljiva na promjene okolišnih čimbenika, a ugrožavaju je uzimanje vode i zagađenje te unos salmonidnih vrsta (Freyhof, 2013). Prema dosadašnjim saznanjima, prisustvo salmonidnih vrsta isključuje ili jako smanjuje brojnost kapelske svijetlice u vodotoku (Marčić i sur., 2011). Jedinke analizirane u ovome istraživanju potječu iz akvarijskog mrijesta u kojem su uspješno izmriješćene jedinke iz potoka Sušik. Kako jedinke iz potoka nisu bile u doticaju s prirodnim predatorom, cilj je bio provjeriti imaju li jedinke urođeni mehanizam ponašanja prema predatoru. Ovo su prvi zabilježeni podaci o ponašanju kapelske svijetlice u odnosu na izloženost predatoru potočnoj pastrvi.

Izloženost umjetnom i pravom predatoru kod svih promatranih jedinki rezultiralo je povećanom kohezijom plova, većom udaljenosti plova od predatora i smanjenoj udaljenosti od dna akvarija što ukazuje na činjenicu da, iako jedinke nikada do pokusa nisu imale priliku susresti predatora, u sebi imaju urođeni mehanizam ponašanja te su na prisutnost umjetnog i pravog predatora reagirale slično kao i jedinke drugih vrsta u drugim istraživanjima. U svakom je novom pokusu primjerak umjetne pastrve bio prvi stimulans kako bi promatrane jedinke imale samo vizualni stimulans. Nakon toga ribe su se ponovno aklimatizirale što je pokazao povećani indeks disperzije i ukazao na jednako ponašanje kao i prije stimulansa umjetnim predatorom. Tijekom istraživanja uočena je smanjena zainteresiranost predatora prema jedinkama kapelske svijetlice u akvariju, ali je i takvo ponašanje predatora kod jedinki kapelske svijetlice izazvalo reakciju. Stoga je ovo istraživanje dovelo do novih spoznaja o ponašanju jedinki vrste kapelske svijetlice u uvjetima izlaganja jedinki predatoru.

## 6. ZAKLJUČCI

- ❖ rezultati istraživanja ukazuju da kod kapelske svijetlice postoji urođeno ponašanje kojim jedinke reagiraju na prisustvo predatora
- ❖ ne postoje statistički značajne razlike u odgovoru na umjetnog i pravog predatora
- ❖ odgovor nakon uvođenja oba tipa predatora je povećana kohezija plove
- ❖ odgovor nakon uvođenja oba tipa predatora je povećana udaljenost jedinki od predatora
- ❖ odgovor nakon uvođenja oba tipa predatora je smanjena udaljenost jedinki od dna
- ❖ orijentacija jedinki prije uvođenja oba tipa predatora bila je nesinkronizirana, odnosno svaka je jedina bila usmjerena neovisno jedna od druge, dok je usmjeravanje prema predatoru odgovor na njegovo pojavljivanje.

## 7. LITERATURA

1. Banarescu, P., Herzig-Straschil, B. 1998. Beitrag zur Kenntnis der *Leuciscus* – Untergattung *Telestes* Bonaparte (Pisces: Cyprinidae). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 100 B: 405–424.
2. Berg, L. 1932. Übersicht der Verbreitung der Süßwasserfische Europas. *Zoogeographica* 1: 107-208.
3. Brown, C., Day, R. L. 2002. The future of stock enhancements: lessons for hatchery practice from conservation biology. *Fish and Fisheries* 3, 79–94
4. Brown, C., Laland, K. 2001. Social learning and life skills training for hatchery reared fish. *Journal of Fish Biology* 59: 471-493.
5. Bogutskaya, N. G., Zupančić, P., Bogut, I., Naseka, A. M. 2012. Two new freshwater fish species of the genus *Telestes* (Actinopterygii, Cyprinidae) from karst poljes in Eastern Herzegovina and Dubrovnik littoral (Bosnia and Herzegovina and Croatia). *ZooKeys* 180: 53–80.
6. Bognar, A., Pavić, R., Ridanović J., Rogić V., Šegota T. 1975. *Geografija SR Hrvatske, Gorska Hrvatska. Knjiga 4, Školska knjiga, Zagreb*
7. Blest A.D. The function of eyespot patterns in the Lepidoptera. *Behaviour*, 11 1957. str. 209-255.
8. Chivers, D.P., Smith, R.J.F. 1998. Chemical alarm signalling in aquatic predator-prey systems: a review and prospectus. *Ecoscience* 5: 338-352.
9. Cohen, D.M. 1970. How many recent fishes are there? 4th ser. *California Academy of Sciences* 38: 341–346.
10. Cowx I.G. 2002. Analysis of threats to freshwater fish conservation: past and present challenges. U: Collares-Pereira M. J. i sur. (ur.): *Conservation of Freshwater Fishes: Options for the Future*. Blackwell Science, Oxford, 201–221.
11. Crivelli A.J. 1995. Are fish introductions a threat to endemic freshwater fishes in the northern Mediterranean region? *Biological Conservation*, 72(2): 311–320.
12. Čaleta, M., Buj, I., Mrakovčić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Marčić, Z., Duplić, A., Mihinjač, T., Katavić, I. 2015. *Hrvatske endemske ribe*. Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 116 str.

13. Descy, J., Empain, A. 1984. Ecology of european rivers, Blackwell Scientific publications, Oxford, str. 1-23.
14. Edmunts, M. 1974. Defence in animals : a survey of anti-predator defences, Burnt Mill, Longman, 1974.
15. Fischer, J., Lindenmayer, D.B. 2000. An assessment of the published results of animal relocations. *Biological Conservation* 96: 1-11.
16. Freyhof, J., Lieckfeldt, D., Bogutskaya, N. G., Pitra, C. I Ludwig, A. 2006. Phylogenetic position of the Dalmatian genus *Phoxinellus* and description of the newly proposed genus *Delminichthys* (Teleostei: Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 38: 416–425.
17. Freyhof, J. 2013. *Telestes* sp. nov.. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T184443A8277443.<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-RLTS.T184443A8277443.en> Preuzeto 28.6.2017.
18. Froese, R., Pauly, D. 2016. FishBase. U: Roskov Y., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Kunze T., Flann C., Bailly N., Kirk P., Bourgoin T., DeWalt R.E., Decock W., De Wever A., (ur.) Species 2000 and ITIS Catalogue of Life.
19. Heckel, J.J., Kner, R. 1858. Die Süßwasserfische der Österreichischen Monarchie mit Rücksicht auf der angrenzende Länder. Engelmann, Leipzig.
20. Kelley, J., Magurran, A.E. 2003. Learned predator recognition and antipredator responses in fishes. *Fish and Fisheries* 4, 216–226.
21. Ketmaier, V., Cobolli, M., De Matthaeis, E., Bianco, P.G. 1998. Allozymic variability and biogeographic relationships in two *Leuciscus* species complexes (Cyprinidae) from southern Europe, with rehabilitation of the genus *Telestes* Bonaparte. *Italian Journal of Zoology* 65: 41-48.
22. Ketmaier, V., Bianco, P. G., Cobolli, M., Krivokapic, M., Caniglia, R., De Matthaeis, E. 2004. Molecular phylogeny of two lineages of Leuscinae cyprinids (*Telestes* and *Scardinius*) from the peri-Mediterranean area based on cytochrome b data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 32: 1061-1071.
23. Kottelat, M., Freyhof, J. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol and Freyhof Berlin 646 str.

24. Marčić, Z., Buj, I., Duplić, A., Čaleta, M., Mustafić, P., Zanella, D., Zupančić, P., Mrakovčić, M. 2011. A new endemic cyprinid species from the Danube drainage. *Journal of fish biology*. 79: 418-430. doi:10.1111/j.1095-8649.2011.03038.x
25. Marčić, Z. 2013. Taksonomske i biološko-ekološke značajke roda *Telestes* Bonaparte, 1837. (Actinopterygii) na području Velike i Male Kapele. Doktorski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet
26. Marčić, Z., Čaleta, M., Mrakovčić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Mihinjač, T., Vajdić, S. 2013. Istraživanje faune kralješnjaka, osim ornitofaune, za potrebe izrade studije Glavne ocjene zahvata za ekološku mrežu za zahvat Retencija Drežničko polje. Hrvatsko ihtiološko društvo, Zagreb
27. Malavasi S., Georgalas V., Lugli M., Torricelli P., Mainardi D. 2004. Differences in the pattern of antipredator behaviour between hatchery-reared and wild European sea bass juveniles, *Journal of Fish Biology* 65:143-155. doi:10.1111/j.1095-8649.2004.00545.x
28. Moyle, P., J. Cech. 2004. *Fishes: An Introduction to Ichthyology - fifth edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice - Hall, Inc.
29. Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P. & Zanella, D. 2006. Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Zagreb, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode.
30. Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. 4th ed. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
31. Nordeide, J. T., Svasand, T. 1990. The behaviour of wild and reared juvenile cod, *Gadus morhua* L., towards a potential predator. *Aquaculture and Fisheries Management* 21, 317–325.
32. Olla, B.L., Davis, M.W., Ryer, C.H. 1998. Understanding how the hatchery environment represses or promotes the development of behavioral survival skills. *Bulletin of Marine Science* 62: 531-550.
33. Petrović, B. 2005. Grad Ogulin – prostorni plan uređenja grada.
34. Pitcher, T. J., Parrish, J.K. 1993. Functions of shoaling behaviour in teleosts. In *Behaviour of Teleost Fishes* (Pitcher, T. J., ed.), pp. 363–439. London: Chapman & Hall.
35. Smith, R.J.F. 1997. Avoiding and deterring predators. In *Behavioural Ecology of Teleost Fishes* (Godin, J.-G. J., ed.), pp. 163–190. New York: Oxford University Press.

36. Snyder N.F.R., Derrickson, S.R., S.R.Beissinger, Wiley, J.W., Smith, T.B., Toone, W.D., Miller B. 1996. Limitations of Captive Breeding in Endangered Species Recovery. *Conservation Biology*, 338-348.
37. Tominac, N. 2004. Stajnica i okolica. Zavičajni klub „Stajnica“, Zagreb
38. Yamamoto, T., Reinhardt, U.G. 2003. Dominance and predator avoidance in domesticated and wild masu salmon *Oncorhynchus masou*. *Fisheries Science* 69, 88–94.



## **8. ŽIVOTOPIS**

### **OSOBNI PODACI:**

**Ime i prezime:** Vesna Ahel

**E-mail:** [vesna.ahel0407@gmail.com](mailto:vesna.ahel0407@gmail.com)

### **FORMALNO OBRAZOVANJE:**

OŠ Donja Vežica, Rijeka

Hotelijersko-turistička škola Opatija

2011.-2015. Sveučilište Jurja Dobrile Pula, preddiplomski studij Znanost o moru

2015.-2019. PMF, Ekologija i zaštita prirode, modul more

### **DODATNO OBRAZOVANJE:**

2015. Open Water Diver, RK Kostrena

2019. Pomoćnik u nastavi, Odjel za odgoj i obrazovanje Rijeka

### **Aktivnosti vezane uz obrazovanje**

2014. Sudjelovanje u istraživanju mehanizma dugoročnih promjena u ekosustavu Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, Rovinj

2018. Članica RK Correct Diving, otok Krk

### **RADNO ISKUSTVO:**

2012. god. Prodavač, Škrinjica, Rijeka

2013. god. Turistički djelatnik, Zelena laguna, Poreč

2014. god. Unapređivač prodaje, PromoPlus, Rijeka

2015.-2018. Prodajni predstavnik, Annapurna, Zagreb

2018.-2019. Biolog, I.R.T.D.A Correct Diving, otok Krk

2019. Vanjski suradnik iz područja Ekologije, Udruga Inphos, Ičići