Razvoj ličinke krbavske gaovice Delminichthys krbavensis Zupančić i Bogutskaya, 2002 (Cyprinidae, Actinopterygii)

Tominac, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:014930

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno - matematički fakultet

Biološki odsjek

Ana Tominac

Razvoj ličinke krbavske gaovice *Delminichthys krbavensis* Zupančič i Bogutskaya, 2002 (Cyprinidae, Actinopterygii).

Diplomski rad

Zagreb, 2016.

Ovaj rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Perice Mustafića i neposrednim vodstvom dr. sc Zorana Marčića, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu radi stjecanja zvanja mag. edukacije biologije i kemije.

Zahvaljujem mentoru i neposrednom voditelju, mojoj obitelji, prijateljima i dečku na podršci i vremenu koje su uložili.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno - matematički fakultet

Biološki odsjek Diplomski rad

RAZVOJ LIČINKE KRBAVSKE GAOVICE *DELMINICHTHYS KRBAVENSIS* ZUPANČIČ I BOGUTSKAYA, 2002 (CYPRINIDAE, ACTINOPTERYGII).

Ana Tominac

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

U ovom je radu prvi puta opisan rani razvoj ličinke krbavske gaovice (*Delminichthys krbavensis*). Jedinkama iz akvarijskog mrijesta izmjerene su i izbrojane osnovne morfometrijske i merističke karakteristike prema modificiranoj metodi Kovač (2000) kroz 51 dan praćenja nakon mrijesta. Najbrži rast je zabilježen u prvih 15 dana promatranja. Žumanjčana vreća kod svih jedinki nestaje do desetog dana nakon mrijesta. Otvaranje usta se događa deseti dan nakon izvaljivanja. Završetak formacije mekih perajnih šipčica događa četrdeseti dan nakon mrijesta. Dominacija preanalnog dijela tijela nad ukupnom duljinom ribe zbiva se kod svih ličinaka do četrnaest dana nakon mrijesta. Leđna i podrepna peraja u periodu promatranja ličinaka ostaju u kontinuitetu spojene sa repnom perajom. Broj mekanih perajnih šipčica odgovara holotipu.

(49 stranica, 31 slika, 5 tablica, 100 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: ličinka, rast, Krbava, perajne šipčice

Voditelj: dr. sc. Perica Mustafić, izv. prof.

Neposredni voditelj: dr. sc. Zoran Marčić

Ocjenjivači: Dr. sc. Perica Mustafić, izv. prof.,

Dr. sc. Ines Radanović, izv. prof.,

Dr. sc. Vesna Petrović Peroković, izv. prof.

Zamjena: Dr. sc. Draginja Mrvoš - Sermek, izv. prof.

Rad prihvaćen: 16. lipnja, 2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Division of Biology Graduation thesis

LARVAL DEVELOPMENT OF KRBAVA MINNOW *DELMINICHTHYS KRBAVENSIS* ZUPANČIČ I BOGUTSKAYA, 2002 (Cyprinidae, Actinopterygii).

Ana Tominac

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

This paper describes the early life development of Krbava minnow. Basic morphometric and meristic measures of larvae from aquarium spawning were taken according to Kovač (2000) modified method during 51 days of observation after spawning. The fastest growth was recorded in the first fifteen days from spawning. Yolk sac disappears until the tenth day after spawning. The opening of the mouth happens on the tenth day after hatching. The completion of the formation of soft ray fins happened on the fortieth day after spawning. Domination of the preanal body lenght over the total lenght of the fish takes place in all the larvae in fourteen days after spawning. The dorsal and anal fins of larvae remain continuously connected to the caudal fin in the period of observation. Number of soft ray fins corresponds holotype.

(49 pages, 31 pictures, 5 tables, 100 references, original in: croatian)

Thesis deposited in Central Biological Library.

Key word: larva, growth, Krbava, ray fins

Supervisor: Dr. sc. Perica Mustafić, Assoc. Prof.

Assistant Supervisor: Dr. sc. Zoran Marčić

Reviewers: Dr. sc. Perica Mustafić, Assoc. Prof.

Dr. sc. Ines Radanović, Assoc. Prof.

Dr. sc. Vesna Petrović Peroković, Assoc. Prof.

Replacement: Dr. sc. Draginja Mrvoš - Sermek, Assoc. Prof.

Thesis accepted: July, 16 th, 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. RAZNOLIKOST RIBA 1
1.2. SLATKOVODNE RIBE U HRVATSKOJ 1
1.3. STADIJI RANOG RAZVOJA RIBA 2
1.4. OPĆE KARAKTERISTIKE ŠARANKI 4
1.4.1. Rasprostranjenost šaranki 4
1.4.2. Morfologija šaranki 4
1.4.3. Fiziološke prilagodbe šaranki na stres 5
1.5. OPĆE KARAKTERISTIKE KRBAVSKE GAOVICE 6
1.5.1. Sistematika i evolucija vrste 6
1.5.2. Morfologija 7
1.5.3. Reproduktivne značajke i način života 8
1.5.4. Status ugroženosti 9
1.6. PODRUČJE RASPROSTRANJENOSTI VRSTE 10
1.6.1. Geografski smještaj 10
1.6.2. Geološki i hidrološki karakter 10
1.6.3. Klima i meteorološki uvjeti na staništu 11
1.6.4. Vegetacijski pokrov 13
1.6.5. Gospodarska i povijesna pozadina 13
1.7. CILJ ISTRAŽIVANJA 15
2. MATERIJALI I METODE 16
2.1. LABORATORIJSKA ANALIZA 16
2.2. MORFOLOŠKE ANALIZE 17
2.3. MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE 18
2.4. MERISTIČKE ZNAČAJKE 19

3. REZULTATI 20
3.1. ANALIZA I PRIKAZ MORFOMETRIJSKIH PODATAKA 20
3.2. ANALIZA I PRIKAZ MERISTIČHIH PODATAKA 22
3.3. PRAĆENJE VANJSKOG IZGLEDA LIČINKE TIJEKOM RAZVOJA 23
4. RASPRAVA 34
5. ZAKLJUČAK 36
6. LITERATURA 38
7. ŽIVOTOPIS 48

1. UVOD

1.1. RAZNOLIKOST RIBA

Ribe čine veliku skupinu hladnokrvnih vodenih kralješnjaka sastavljenu od šest razreda u dalekom srodstvu. Pojam „ribe“ ne predstavlja sistematsku kategoriju, već je naziv za skupinu koja uključuje dva nadrazreda unutar potkoljena Vertebrata (kralješnjaci): Agnatha (besčeljusti) i dio Gnathostomata (čeljustousti) (Moyle i Cech, 2004). Daleko najveća i najuspješnija skupina riba nalazi se unutar razreda Actinopterygii (zrakoperke). Fosilni nalazi upućuju na javljanje razreda Actinopterygii u devonu, no tek u karbonu postaju dominantni u slatkim vodama i počinju svoje osvajanje morskih staništa (Grande, 1998). Brojnost slatkovodnih ribljih vrsta u svijetu iznosi oko četrnaest tisuća (Moyle i Cech, 2004; Nelson, 2006; IUCN, 2015; Helfman i sur., 1997). Podaci o broju vrsta riba rastu od 25 000 (Groombridge i Jenkins, 2002), preko 28 900 (Eschmeyer i Fricke, 2005) pa do nedavno 31 153 (Eschmeyer i Fricke, 2009). Oko 400 novih vrsta objavi se godišnje (Eschmeyer i Fong, 2009), a broj koji se navodi u podacima za 2016. godinu iznosi 33 211 (Froese i Pauly, 2016). Broj otkrivenih vrsta svakodnevno raste uslijed razvoja tehnologije, novih detaljnijih molekularnih metoda, kao i zbog otkrivanja i omogućenog pristupa do sada neistraženim područjima na Zemlji. Ove zadnje procjene brojnosti vrsta nikada neće biti konačne i sasvim točne jer u nekim područjima svijeta vrste brže izumiru nego što su otkrivene i sistematski svrstane, kao primjerice područje Amazone i zaljev rijeke Kongo (Chapman, 2009). Nažalost, uništavanje staništa, zagađenje, međunarodna trgovina te ostale ljudske djelatnosti svakodnevno doprinose izumiranju mnogih vrsta u razredu Actinopterygii (Grande, 1998; Helfman i sur., 1997; Moyle i Cech, 2004; Nelson, 2006). Unatoč svemu važnost slatkovodnih vrsta i ekosustava te njihova korisnost za ljudski boljitak dobiva na važnosti i ulažu se veći napori i sredstva za njihovu zaštitu.

1.2. SLATKOVODNE RIBE U HRVATSKOJ

Slatkovodnu ihtiofaunu Hrvatske čini 167 vrsta, 52 endema od kojih je 17 stenoendema, čime se Hrvatska svrstava u jednu od zemalja s najvećom slatkovodnom ihtiološkom raznolikosti u Europi (Ćaleta i sur., 2015). Ovaj broj uzima u obzir i sve izumrle i eurihalne vrste. Veliko bogatstvo vrsta Hrvatska ima zahvaljujući zemljopisnom položaju koji obuhvaća dva riječna sustava, jadranski i crnomorski, osebujnih krških staništa, izoliranosti staništa te naročito toga što

južni dio Hrvatske, a posebice dalmatinska regija s jadranskim slijevom, nisu bili zahvaćeni procesom glacijacije (Mrakovčić i sur., 2006). Osim vrstama, Hrvatska je bogata i endemima, te se tako u hrvatsku slatkovodnu ihtiofaunu ubrajaju 44 endema Sredozemlja, od čega je čak 41 vrsta endem jadranskog slijeva. Staništa endema hrvatske ihtiofaune velikim su dijelom ovisna o krškim podzemnim vodama, pri čemu njihov najveći broj nalazimo u području od Istre do Dubrovnika s Gorskim Kotarom i Likom (Mrakovčić i sur., 2006; Ćaleta i sur., 2015).

1.3. STADIJI RANOG RAZVOJA RIBA

Razvoj riba brojni su znanstvenici podijelili na etape koje se međusobno razlikuju pojavom, odnosno nestankom određenih organa ili prelaskom na vanjski tip prehrane, brzinom alometrijskog rasta i sličnim ključnim događanjima. Prema Balonu (1975, 1981, 1985, 1990) razlikujemo pet specifičnih stadija u razvojnom ciklusu kroz život ribe, no mnogi znanstvenici su različitim opažanjima smanjili ili povećali taj broj. Zbog malog broja istraživanja nakon tzv. mladenačke faze nije usuglašeno mišljenje kada točno ličinka prelazi u fazu mlade jedinke i koji je korak ključan u prelasku iz embrija u ličinačku fazu (primjerice Balon, 1956; Černy, 1977; Paine i Balon, 1984; Holden i Bruton, 1995; Crawford i Balon, 1955). Problem striktnog definiranja faza je izražen i zbog toga što mnoge ribe prolaze metamorfozu (Balon, 1990). Kod riba koje imaju indirektan prijelaz (Flegler - Balon, 1989) iz ličinačke faze u mladenačku fazu on je mnogo manje nagao i jedinke zadržavaju progresivan alometrijski rast i nakon ulaska u mladenačko doba (Bertin, 1958). Prema Coppu i Kovaču (1996) ontogeneza ribljeg organizma, osim morfoloških promjena, mora se promatrati i kroz promjene u fiziologiji, ponašanju i ekološkoj niši koju promatrana skupina zauzima. Prva u nizu je tzv. embrionska faza. Oplođena jajašca ostaju u ovoj embrionskoj fazi od trenutka oplodnje do izvaljivanja iz jaja i još neko vrijeme dok traje hranjenje žumanjkom (Langeland i Kimmel, 1997). Oplođena jaja većine riba u skupini Actynopterigii su telolecitalnog tipa i u stadiju morule i blastule. Blastomere se odjeljuju od žumanjka - *vitellusa* i stoje na njemu u obliku kapljica. Tijekom gastrulacije blastodisk prekriva žumanjak. U daljnjem toku razvoja embrionalna pločica djelomično obraste žumanjak, a na mjestu gastralnog zadebljanja postepeno se oblikuje zametak kao zadebljana ploča podijeljena na niz segmenata. Zatim embrionalni disk potpuno prekriva žumanjak i kod pomicanja krajeva zametka zamjećuje se otvor blastopora uz koji se priljubljuje kaudalni dio zametka. Na frontalnom kraju dolazi do oblikovanja glave, očiju, slušnog mjehurića i škržnih pukotina, a na stražnjem repnog izdanka. U isto vrijeme dolazi i do razvoja srca i krvožilnog sustava, pojavljuju

se prsne peraje i nepodijeljena neparna peraja. Duljina boravka embrija u jajetu ovisi o brzini korištenja žumanjka i volumenu samog žumanjka koji varira kod različitih vrsta. Embrio iz jajašca uglavnom izlazi glavom probijajući opnu prednjim dijelom tijela, no moguć je i izlazak kaudalnim dijelom tijela kao kod primjerice vrste *Knipowitschia croatica* iz skupine Gobiidae (Zanella, 2007). Ovime završava prvi dio života unutar jajašca i počinje drugi dio tzv. predličinačka faza, nakon izlaska iz jajašca. Nakon toga, neposredno prije ulaska u ličinačku fazu, jedinka se neko vrijeme prehranjuje razgradnjom žumanjčane vrećice i ima nepodijeljene neparne peraje (leđna, repna i podrepna) s naglaskom na vrlo slabo oblikovanu repnu peraju. Žumanjčana vrećica šuplja je tvorba koja nastaje u području blastocela i u početku komunicira s primitivnim crijevom. U riba, ptica i gmazova sadrži dosta žumanjka, kojim se zametak hrani (odakle i naziv). Ona je smještena ventralno, ispod glave. U početku ove faze usta, probavni sustav i anus su u ravnini i nisu prohodni (Rønnestad i sur., 2009). Glava je manja od tijela, a oči su velike i nediferencirane, često i bez pigmenata. Otoliti se razvijaju lateralno na glavi, no još uvijek nema otvora krajnje frontalno, kao ni unutarnjih nosnih pregrada. Krajem ove faze anus i usta se otvaraju, a oči postaju pigmentirane. Poslije reapsorpcije žumanjčane vrećice, što označava kraj ove faze, kod ličinke se javljaju trbušne peraje i diferencirane neparne peraje, s čestim iznimkama, ovisno o vrsti, te ona dobiva izgled male ribe (Sæle i sur., 2009). U trećoj fazi, tzv. ličinačkoj, hranjenje kreće iz vanjskih izvora i ne odvija se preko *vitellusa* jajašca ili žumanjčane vrećice već ličinka konzumira organske tvari iz okoline i nutrijenti prolaze obradu od ulaska kroz usta, preko probave u crijevu, do izbacivanja izmeta kroz analni otvor (Gilbert, 2000). Nakon ove faze dolazi do mladenačke faze koja se odlikuje razvojem ljusaka i bočne pruge i dovršavanjem cirkulacijskog sustava. Zatim nastupa spolna zrelost i mogućnost periodičkog mrijesta te pojava sekundarnih spolnih karakteristika ako su inače specifične za vrstu. Posljednje dvije faze kod nekih riba nisu razdvojene. U zadnjoj fazi dolazi do stagnacije seksualne aktivnosti koja nakon nekog vremena u potpunosti prestaje.

1.4. OPĆE KARAKTERISTIKE ŠARANKI

1.4.1. Rasprostranjenost šaranki

Šaranke (lat. Cypriniformes) red je iz razreda zrakoperki sa najvećom rasprostranjenosti u jugoistočnoj Aziji, dok prirodno nisu rasprostranjene samo u Australiji i Južnoj Americi. Red sadrži šest porodica, 321 rod sa oko 3268 vrsta (Nelson, 2006). Više od pola vrsta iz reda šaranki čini porodica Cyprinidae (šarani) koja dominira slatkim vodama Sjeverne Amerike, Afrike i Euroazije (Nelson, 2006). Neke vrste su naknadno unesene na Madagaskar, Australiju, Novi Zeland i Južnu Ameriku gdje porodica nije prirodno rasprostranjena (Kottelat i Freyhof, 2007).

1.4.2. Morfologija šaranki

Kao i cijeli red, šaranke od ostalih skupina riba razlikuju se po tome što pripadnici ove porodice nemaju zube u čeljustima, ali imaju ždrijelne zube kojima usitnjuju hranu trljajući je o nastavak na zatiljnom dijelu lubanje (Kottelat i Freyhof, 2007). Posebna biološka značajka gotovo cijele porodice jest i tolerancija na velike promjene u temperaturi, a sukladno tome, mnoge vrste dobro podnose i velike promjene u količini otopljenog kisika u vodi (Billard, 1999). Prehrana porodice šarana iznimno je raznovrsna pa se ove ribe hrane na svim trofičkim nivoima. Ovisno o vrsti, hrane se biljkama, fitoplanktonom, zooplanktonom, detritusom pa i drugim ribama (Billard, 1999). U usmini kože šaranki nalaze se okruglaste ili cikloidne koštane ljuske. Većina vrsta nema ljusaka na području glave. U leđnoj i podrepnoj peraji obično imaju bodljaste šipčice, a većinom nemaju masnu peraju (Nelson, 2006). Homocerkalna repna peraja je zastupljena kod većine riba u skupini Actinopterygii i smatra se i smatra se značajkom koja je omogućila njihovu masovnu rasprostranjenost u vodama na kopnu i moru (Moriyama i Takeda, 2013). Iako se izvana doima simetričnom, kaudalni dio kralješnice usmjeren je leđno, a ostatak strukture ventralno je sam perajni režanj. Kako u koštanom sustavu, tako i mnogim drugima važnu ulogu ima homeostaza kalcija. O toj mineralnoj ravnoteži ovisi funkcioniranje škrga i paratiroidne žlijezde (Okabe i Grahm, 2004), zatim opskrbljenost tkiva plivaćeg mjehura i pluća kisikom (Zheng i sur., 2001) te kretanje perajama (Sordino i sur., 1995; Yano i Tamura 2013). Posebnost riba iz ovog reda je što posjeduju sustav koščica tzv. Weberov uređaj koji omogućuje prenošenje zvuka povezujući plivaći mjehur i unutrašnje uho (Berra, 2001). Po postanku, Weberov uređaj čine odijeljeni dijelovi četiri ili pet prednjih kralješaka koji omogućuju ovim životinjama bolji sluh, koristan osobito noću ili u mutnim vodama. Upravo ta struktura je možda jedan od glavnih razloga

dominacije šaranki u plitkim, slatkim vodama, a nezastupljenosti u morskim staništima. Weberov uređaj služi i za izbjegavanje predatora, ima ulogu u ponašanju te pomaže kod grupiranja jedinki jedne vrste (Billard, 1999). Vode u kojima borave pripadnici porodice Cyprinidae manje su bistre (za razliku od primjerice pripadnika porodice Salmonidae), stoga je mozak šarana više specijaliziran za osjet kemorecepcije (okusa i mirisa). *Tectum* vidnog sustava podjednako je velik kao i rombocephalički dio režnja koji je u vezi sa nepcem, jezikom i ždrijelom – funkcionalnim dijelovima sustava za okus (Pavić i sur., 2009). Kod šaranki je povećan i facijalni režanj koji obrađuje osjet koji dolazi s kemoreceptornih pupoljaka smještenih izvan usne šupljine (zajednički osjet ljudskog poimanja osjeta okusa i njuha).

1.4.3. Fiziološke prilagodbe šaranki na stres

Sposobnost preživljavanja na nižim temperaturama ovisna je o sposobnosti promjene cijelog metabolizma. Za normalno funkcioniranje procesa koji se odvijaju na staničnoj membrani presudna je fluidnost membrane koja se smanjuje s temperaturom. Organizam se tomu prilagođava kvantitativnim i kvalitativnim promjenama sastava lipida: povećava se nezasićenost masnih kiselina, udio fosfatidiletanolamina raste u odnosu na fosfatidilkolin, povećava se udio kolesterola u odnosu na fosfolipide, mijenja se sastav gangliozida u korist struktura koje imaju nezasićenu masnu kiselinu u lipidnom sidru i struktura koje imaju polarniji hidrofilni dio molekule (Rahmann i sur., 1998). Na ovaj se način tijelo ribe bori protiv smrzavanja tjelesnih tekućina omogućujući nesmetani prijenos signala i topljivost tvari te gibljivost mišića. Ribe u naglom pothlađivanju za 10 ºC aktiviraju senzo - motoričke putove za refleksni bijeg u roku od 30 sekundi (Van den Burg i sur., 2006). Stresni odgovor cijelog tijela događa se u 90 sekundi. Odvodnja velikog volumena krvi iz mozga kako ne bi došlo do brzog pothlađivanja (Van der Burg i sur., 2005) također je jedna od poznatih sigurnosnih odgovora tijela na stres, ipak prirodna adaptacija većine riba sa 20 ºC na 4 ºC traje 4 - 6 tjedana. Zanimljivo je da vrlo spora adaptacija neurobioloških procesa nije u korelaciji s promjenom sastava fosfolipida i kolesterola, koja se dogodi u dva tjedna, već s promjenom sastava gangliozida za koju treba 4 - 6 tjedana. Također, u šaranki se i jetra i mišići prilagođavaju povećanjem nezasićenosti masnih kiselina i povećanjem udjela kolesterola, dok u mozgu dolazi do drastičnih promjena količine i sastava gangliozida (Rahmann i sur., 1998).

1.5. OPĆE KARAKTERISTIKE KRBAVSKE GAOVICE

1.5.1. Sistematika i evolucija vrste

Unutar porodice Cyprinidae relativno se jasno može razlikovati nekoliko potporodica, ali srodstveni odnosi, hijerarhija i sistematski stupanj tih linija još nisu u potpunosti jasni (Gaubert i sur., 2009). Radi se o Acheilognathinae, Gobinoniae, Cyprininae, Leuciscinae, Squaliobarbinae i Tincinae prema Kottelat i Freyhof (2007), dok je prema podacima baze Fishbase (www.fishbase.org, 2016) broj potporodica 12 uz koje postoje i nesvrstane vrste, njih više od 60, te one nepoznatog podrijetla (*Incerta sedis*). Vrste roda *Delminichthys* pripadaju u potporodicu Leuciscinae, koja čini najveću europsku potporodicu ciprinida (Kottelat i Freyhof, 2007). Skupina Leuciscinae razlikuje se od ostalih potporodica po tome što imaju kratku leđnu peraju čija zadnja nerazgranata šipčica nije nazubljena niti nalik na bodlju; nemaju brčiće; ždrijelni zubi su im obično u jednom ili dva reda. Najveća raznolikost im je u zapadnom Palearktiku gdje je mnogo endemskih rodova. Prema fosilnim dokazima, Europu su kolonizirali iz istočne ili središnje Azije tijekom oligocena došavši do Iberskog poluotoka u kasnom oligocenu - ranom miocenu (Sanjur i sur., 2003). Odnosi unutar skupine Leuciscinae su još uvijek daleko od razrješenja pa su mnoge vrste premještane tijekom zadnjih desetljeća uslijed razvijanja novih molekularnih metoda (Kottelat, 1997). Sve vrste roda *Delminichthys* prije su bile raštrkane po rodovima *Pseudophoxinus* ili *Phoxinellus*, a između ostalog je korišten i rod *Telestes* u kojem su smještene neke od vrsta prije svrstavanih u rod *Phoxinellus* (Perea i sur., 2010) .

Carstvo: Animalia (životinje)
Koljeno: Chordata (svitkovci)
Potkoljeno: Vertebrata (kralješnjaci)
Razred: Actinopterygii (zrakoperke)
Red: Cypriniformes (šaranke)
Porodica: Cyprinidae (šarani)
Potporodica: Leuciscinae
Rod: *Delminichthys*
Vrsta: *Delminichthys krbavensis* (Zupančič i Bogutskaya, 2002)

Naziv roda *Delminichthys* nastao je kao izvedenica od *Delminium,* glavnog grada Ilira iz predrimskog doba na području koje odgovara današnjem Tomislavgradu i sufiksa nastalog od grčke riječi *ichthys* što znači riba. Naziv *krbavensis* dodijeljen je po mjestu obitavanja krbavske

gaovice (Ćaleta i sur., 2015). Donedavno su vrste ovog roda svrstavane u rod *Phoxinellus*, no molekularnim analizama jezgrine deoksiribonukleinske kiseline (DNK) uređen je odnos sva četiri srodna predstavnika roda *Delminichthys (D. ghetaldii* (Heckel, 1843), *D. adspersus* (Steindachner, 1882), *D. jadovensis* (Zupančič i Bogutskaya, 2002), *D. krbavensis (*Zupančič i Bogutskaya, 2002) dok je *Pelasgus prespensis* (Karaman, 1924) svrstana u takson sestrinski onome roda *Delminichthys* (Palandačić i sur., 2010). Prije ovih istraživanja vrsta *D. krbavensis* u literaturi se navodi kao *Phoxinellus krbavensis* (Zupančič i Bogutskaya, 2000; Bogutskaya i Zupančič, 2003). Ovakva podjela nekadašnjeg roda *Phoxinellus* predložena je i prije samih molekularnih analiza na temelju 33 različita morfološka obilježja među vrstama (Freyhof i sur., 2005). Prema istraživanjima citokroma *b* gena mitohondrijske DNK i jednog dijela regije jezgrine DNK (Lieckfeldt i sur., 2006) nekadašnji rod *Phoxinellus* nije monofiletski jedinstven takson već se sastoji od tri slabo srodne evolucijske linije (Freyhof i sur., 2006). Geografska izoliranost Balkanskih prostora uslijed izdizanja planinskih lanaca događa se u srednjem miocenu, što odgovara vremenu razdvajanja vrsta unutar roda i formiranju ovih sestrinskih klada, prema molekularnim analizama tzv. genskog sata (Zardoya i Doadrio, 1999).

1.5.2. Morfologija

Slika 1. Krbavska gaovica. Fotografija: P. Mustafić.

D. krbavensis ili krbavska gaovica ima izduženo tijelo koje je izrazito spljošteno i izduženo sa standardnom duljinom do 100 mm (Kottelat i Freyhof, 2007). Leđa su prilično izbočena, sa uočljivom grbom. Trbušna strana je gotovo ravna, katkad blago konveksna. Oči su male, promjerom manjim od duljine gubice. Sama gubica je zadebljala i prilično zaobljena (Zupančič i Bogutskaya, 2002; Mrakovčić i sur., 2006). Usta su subterminalna. Ljuske su male, slabo okoštale, međusobno dosta udaljene i duboko usađene u kožu. Bočna pruga je nepravilna, kratka i isprekidana, pa je broj ljusaka često manji od broja pora. Obično završava na prostoru između kraja prsne peraje i iznad baze podrepne peraje, a ponekad je nekoliko segmenata prisutno na

repnom držku. Broj ljusaka bočne pruge varira između 12 i 48, a najčešće 20 - 40 (Zupančič i Bogutskaya, 2002, Mrakovčić i sur., 2006). S obzirom da su broj i vrsta tvrdih i mekih šipčica u perajama nakon završetka rasta stalni u pojedinih ribljih vrsta služe kao elementi za morfološko određivanje. Broj šipčica pojedinih peraja označuje se formulom, a nazivi peraja signiraju se početnim slovom. Rimskim brojevima iza slova označuje se broj tvrdih, a arapskim broj mekih šipčica (Sabol, 1977). Perajna formula krbavske gaovice je DIII 7; AIII 7; VI 7; PI 14 / 20 - 40. Za razliku od ostalih vrsta unutar roda prepoznatljiva je po nepravilnim tamnim pjegama leđno, svjetlije obojenoj trbušnoj strani te specifičnoj duljini repnog drška (duljina drška je prosječno 2, 3 puta veća od njegove širine). Totalna duljina dužine tijela (TL) iznosi do 100 mm, no često je mnogo manja (Zupančič i Bogutskaya, 2002; Mrakovčić i sur., 2006; Kottelat i Freyhoff, 2007; Zupančič, 2008). Holotip i paratipovi sakupljeni u Vukovoj pećini na Krbavskom polju čuvaju se u Hrvatskom Prirodoslovnom muzeju u Zagrebu.

1.5.3. Reproduktivne značajke i način života

Krbavska gaovica nastanjuje nizinske sporije krške vodotoke i jezera Krbavskog polja. Za vrijeme ljetnih mjeseci zbog presušivanja vode jedinke se povlače u podzemlje ili se zakopavaju u podlogu. Naseljavaju vodotoke u kojima ima jako malo drugih vrsta riba (Palandačić 2012; Ćaleta i sur., 2015). O reprodukciji krbavske gaovice nema podataka, osim što se zna da ženka odlaže od 1 000 - 2 000 jaja, u nekoliko navrata, na kamenitu i šljunkovitu podlogu (Mrakovčić i sur., 2006). Mužjaci su manji od ženki, a u vrijeme mrijesta mužjaci dobivaju mrijesne kvržice po glavi i prsnim perajama (Kottelat i Freyhof, 2007). Spolni dimorfizam očituje se i u duljini trbušnih peraja koje kod mužjaka uvijek dopiru iza podrepne peraje te po velikoj mokraćno - spolnoj kvržici kod spolno zrelih ženki (Ćaleta i sur., 2015). Koža za vrijeme mrijesta odeblja i često poprimi blago zelenu i ljubičastu boju. Hrane se uglavnom vodenim beskralješnjacima (Ćaleta i sur., 2015, Mrakovčić i sur., 2006). Zbog karakterističnog načina života i vrlo teških uvjeta okoliša u kojem obitavaju, nagađa se da vjerojatno imaju i posebne prilagodbe na dulje gladovanje. Navedeni podaci o reproduktivnim značajkama i načinu života u različitim literaturama često se navode za cijeli rod, pa proširuju na vrstu, dok su konkretni podaci za vrstu su vrlo šturi a neki i zastarjeli, te bi ih svakako trebalo provjeriti novim istraživanjima.

1.5.4. Status ugroženosti

Brojnost slatkovodnih ribljih vrsta u svijetu je oko četrnaest tisuća, a do 2006. godine samo je 15 % njih prošlo procjenu Svjetske udruge za zaštitu prirode (IUCN) kako bi se utvrdila opasnost od izumiranja za pojedinu vrstu (Moyle i Cech, 2004; IUCN, 2015). Najveći utjecaj na zajednice riba u Hrvatskoj imaju zahvati koji dovode do degradacije staništa, melioracije i regulacije vodotoka, onečišćenja vodotoka, strane i prenesene vrste, potrebe za pitkom vodom i manipulacijski ribolov radi čega su brojne vrste riba svrstane u neku od kategorija ugroženosti (Ćaleta i sur., 2015). Krbavska gaovica je uvrštena na Crvenu listu IUCN - a kao kritično ugrožena vrsta (CR) (Freyhof i Brooks, 2011), a u istoj je kategoriji navedena i u Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske (Mrakovčić i sur., 2006). Prema zakonima Republike Hrvatske strogo je zaštićena (Zakon o zaštiti prirode NN br.: 80/13, pravilnik o strogo zaštićenim vrstama, NN br.: 144/13). Ovu vrstu ugrožava ubrzano nestajanje njenih staništa u krškim poljima zbog onečišćenja i isušivanja krških vodotoka te unos alohtonih vrsta kao što su gambuzija, sunčanica i klen. Vrlo uzak areal rasprostranjenosti ovog endema Jadranskog slijeva te nedovoljna istraženost također su velika prijetnja za opstanak vrste. Osim kao botanički važnom području Hrvatske, areal rasprostranjenosti ove vrste, prema Alegru i sur. (2010), sačinjava i drugim vrstama bogata fauna. Posebno se ističu dvije stenoendemske vrste riba. Uz Krbavsku gaovicu, radi se o stenoendemu *Telestes fontinalis* (Karaman, 1972) koja je zaštićena Europskom direktivom o staništima, te se također nalazi u kategoriji kritično ugroženih vrsta. Na čitavom području Krbavskog polja i okolnih špilja u svrhu očuvanja vrsta ključno je proglašenje obaveznim zaštitnih mjera koje bi spriječile uništavanje staništa. Krbavsko polje spada u NATURA 2000 područje pa su neke od predloženih mjera prema Mrakovčiću i sur. (2010) ograničenja promjene vodnog režima, ograničenje regulacije vodotoka i pretjerano korištenje voda, a posebnu pažnju valja obratiti na sprječavanje unosa stranih vrsta, te zbog svega navedenog područje proglasiti ihtiološkim rezervatom.

1.6. PODRUČJE RASPROSTRANJENOSTI VRSTE

1.6.1. Geografski smještaj

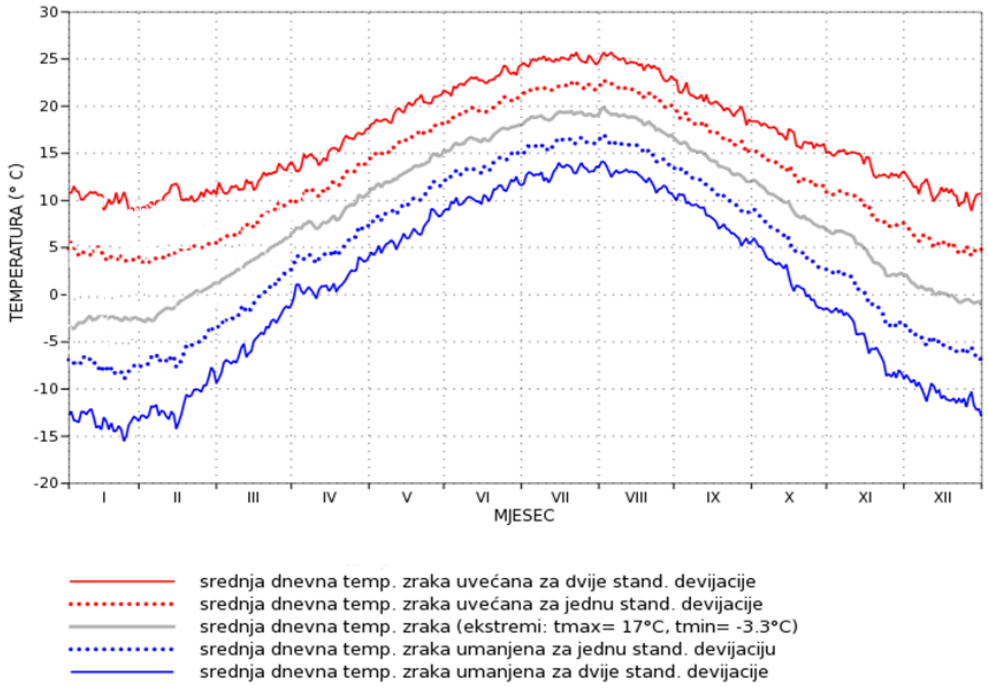
Sve vrste roda *Delminichthys* naseljavaju male nadzemne i podzemne krške vodotoke u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini. Krbavska gaovica je najsjevernije rasprostranjena vrsta roda *Delminichthys* i zabilježena je samo u Krbavskom polju (Vukova pećina, Ribičko jezero, spilja Suvaja, Laudonov gaj). Krbavsko polje smješteno je u centralnom dijelu Like, u području ispod jugozapadnih obronaka Ličke Plješivice. Radi se o području često poplavljenom rječicama Krbava i Krbavica koje kroza nj protječu. Areal rasprostranjenosti vrste je manji od deset kilometara kvadratnih (Mihinjač i sur., 2015; Zupančič i Bogutskaya, 2002; Mrakovčić i sur., 2006; Kottelat i Freyhoff, 2007; Mrakovčić i sur., 2010).

1.6.2. Geološki i hidrološki karakter

Krška polja, kao što je Krbavsko polje, područja su nepravilnih nakupina vapnenca i dolomita s mnoštvom ponora, spilja, škrapa i ponikva te dobro razvijenim podvodnim sustavom drenaže, karakteriziranim dobrom povezanošću ponornica i površinskih voda (Bonacci, 1987, 1993; Field, 2002). Krbavsko polje spada u najveća krška polja Hrvatske. Smješteno je na od 626 - 740 metara nadmorske visine, a radi se o blago nagnutom terenu s površinom od 67 kilometara kvadratnih (DZS, 2009). Laudonov gaj je planski pošumljeno područje specifičnih hidroloških i geoloških uvjeta koji odgovaraju dijelu Krbavskog polja u kojem ova vrsta obitava. Smješten je u obliku poluotoka na sjeverozapadnom dijelu Krbavskog polja, kao zaravan s brdovitim okruženjem. Sjevernu granicu čini rječica Krbavica koja izvire iznad Bunića u Zelenoj pećini u vrelu Dragaševo. Rječica Krbavica za vrijeme visokih vodostaja poplavi sve niže dijelove do Hržić polja pa se pretvori u baru (Vukelić, 2001). Geološka podloga ovog prostora sastoji se od kremenih pijesaka na zaravnjenoj kalcificiranoj podlozi vapnenaca. U lakoj mineralnoj frakciji dominira kvarc, a sporedne su čestice rožnaca, škriljevci i feldspati. U teškoj mineralnoj frakciji prevladavaju limonitne čestice. Utvrđeni tipovi tla su: aremosol, silikatni kontinentalni, arenosol, silikatni kontinentalni dvoslojni, arenosol, silikatni kontinentalni s procesom lesivaže i arenosol, silikatni kontinentalni aluvijski, močvarni, te epiglej (Piškorić, 1965).

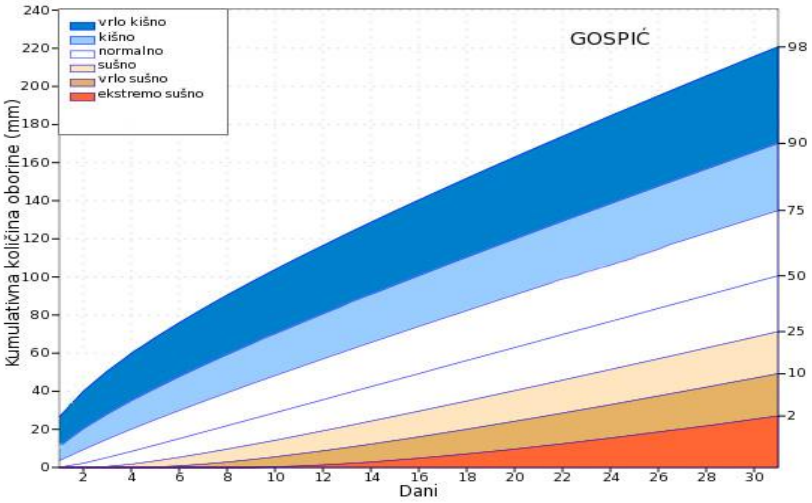
1.6.3. Klima i meteorološki uvjeti na staništu

Laudonov gaj s okolicom nalazi se u klimatskoj zoni C – toploumjerene kišne klime (Köppen, 1884) gdje su oborine jednako raspoređene cijele godine, a najsuši dio godine je ljeto. Taj tip klime karakterističan je za područje Like i Gorskog Kotara. Najviše oborina padne u kasno proljeće i kasnu jesen. Vegetacija počinje s rastom krajem travnja, a završava krajem rujna. Rani mrazevi javljaju se krajem rujna i listopada, a kasni snjegovi mogući su do polovice svibnja. Velike količine snježnih padalina uzrokuju štete na vegetaciji, a javljaju se od 1. studenog do 1. svibnja. Godišnji broj dana pod snijegom iznosi 69 dana. Od vjetrova najznačajniji su bura i jugo. Prema podacima DHMZ i DZZS sakupljanih kroz 10 godina do 2007. za meteorološke stanice Stipanov grič, Korenicu i Gospić relativna zračna vlaga ima godišnji prosjek od 81 % - 93 %.



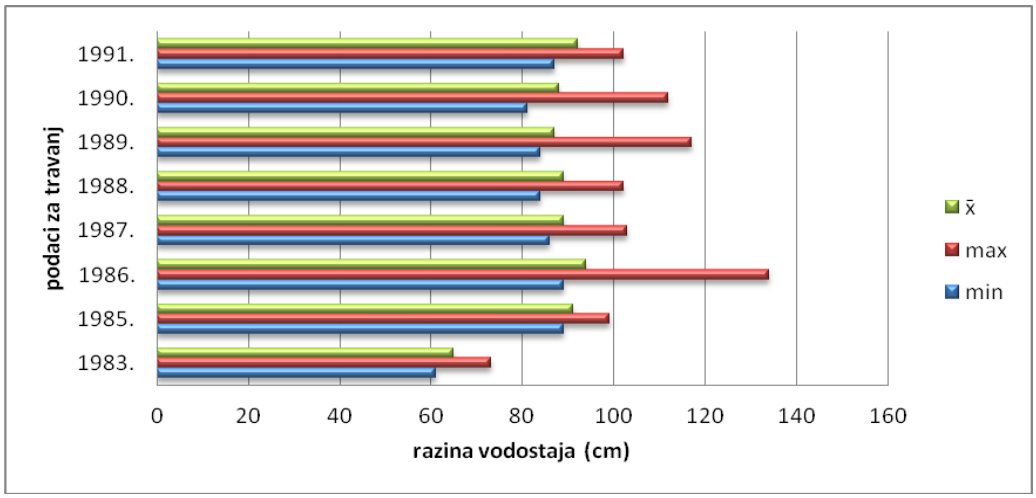
Slika 2. Prikaz srednje temperature za Gospić u razdoblju od 1872 - 2015. godine (DHMZ, 2016).

Maksimum srednje dnevne temperature u ovoj klimi iznosi 17 °C, a minimum - 3.3 °C. Padaline koje su prisutne tijekom cijele godine variraju između vrlo kišovitih proljeća i snijegom bogatih jeseni i zima, te sušnih ljeta.



Slika 3. Krivulje teorijskih percentila (2., 10., 25., 50., 75., 90. i 98.) kumulativnih količina oborina (mm) u Gospiću za razdoblje 1961 - 2000.g. (DHMZ, 2016).

Varijacije u vodostaju zabilježene na limnigrafu Krbave, koja mjeri nakupine vode na području s najvećom akumulacijom rijeka Krbave i Krbavice bilježi maksimume s medijanom od 111 cm, a minimume s medijanom od 52 cm. Velike razlike u padalinama godišnjih doba diktiraju velike nanose voda u rano proljeće te naglu pojavu ekstremnih suša ljeti. Vodotok Krbave pripada Jadranskom slivu, porječju sjevernog Jadrana. Topografska površina sliva iznosi 23 km^2.



Slika 4. Prikaz maksimuma, minimuma i srednjih vrijednosti vodostaja za limnigrafsku postaju Udbina, Krbava za razdoblje 1983 - 1991.g. (DHMZ, 2016).

1.6.4. Vegetacijski pokrov

Sa fitobioklimatskog stajališta Laudonov gaj se nalazi u zoni koja je karakteristična po biljnoj zajednici hrasta kitnjaka i običnog graba. Dio područja je prema Horvatu (1962) zajednica termofilnog hrasta medunca i crnog graba koja se javlja se u tipičnom obliku na različitim ekspozicijama, ali uvijek na plićem, kamenitom tlu. U nižim, toplijim dijelovima razvijena je s hrastom meduncem, a u hladnijim s kitnjakom. Fenomen lužnjaka uvjetovan je prisutnošću podzemnih voda rijeke Krbavice. Mjestimično je planski zasađen crni bor. Najveći dio površine koji nije prekriven šumom čine submediteranski i epimediteranski suhi travnjaci koji se uglavnom koriste kao pašnjaci, a manjim dijelom kao košanice (Alegro i sur, 2010). Vlažniji travnjaci pripadaju reliktnoj biljnoj zajednici *Molinio - Lathyretum pannonici* (Horvatić, 1963), na kojoj rastu neke naše endemične vrste, npr. livadni procjepak (*Chouardia litardierei*), kožasta pukovica (*Peucedanum coriaceum*) i velebitska djetelina (*Trifolium velebiticum*), a od rjeđih vrsta tu je i ljekovita krvara (*Sanguisorba officinalis*). Ostatak prostora je prekriven subatlantskim mezofilnim tipom travnjaka i brdskih livada specifičnim za karbonatna tla te europskim tipom suhih vriština i travnjacima trave tvrdače (Nikolić i sur., 2015).

Slika 5. Laudonov gaj (izvor: https://maps.google.hr/)

1.6.5. Gospodarska i povijesna pozadina

Vlažne površine poljskih ravni, dolomitne udoline i niži platoi sredogorja najvažnija su geografska osnova tradicionalne društveno - ekonomske valorizacije Krbave. Veliku važnost u

prošlosti imala je udolina Vrpila te Korenički i Krbavski poljski prostor zbog svog strateško - vojnog značaja te mjesta kretanja stočara i karavanskih trgovaca u 15. stoljeću (Crikvenčić, 1975). Krbavsko polje je u povijesti obilježeno bitkom 1493. godine, u kojoj je bosanski sandžak - beg Hadum Jakub - paša porazio hrvatsku feudalnu vojsku pod zapovjedništvom bana Emerika Derenčina (Kruhek, 1991). Po mnogim autorima se ova bitka smatra početkom stogodišnjeg rata Hrvatskog Kraljevstva i Osmanskog Carstva, no o značaju Krbavske bitke u hrvatskoj novijoj povijesti postoje različita gledišta. Ipak, neki povjesničari smatraju da se radilo o vojno nezanimljivoj bitci koja nije donijela nikakvu geo - stratešku pobjedu, no slažu se da Hrvatsko plemstvo poslije Krbavske bitke, slabo i osiromašeno, više nije bilo sposobno pružiti jači otpor, čime je Turcima pružen prostor za daljnja napredovanja preko Like prema Europi (Klaić, 1982; Marković, 2003; Mijatović, 2005). Prema županijskoj razvojnoj strategiji Ličko - senjske županije za godine 2011. – 2013. dio Krbavskog polja spada u kategoriju osobito vrijednog obradivog tla. Ove površine služe za uzgoj višegodišnjih kultura i meliorirane su, odnosno navodnjavane površine namijenjene primarno poljoprivrednoj proizvodnji (oranice, vrtovi i livade). Na ovim tlima nije dopušteno planiranje novih građevinskih područja kako bi se proširili već sagrađeni dijelovi naselja ili područja drugih djelatnosti, niti je dopušteno građenje pratećih stambenih ili čvrstih gospodarskih objekata u funkciji obavljanja poljoprivredne funkcije. Iznimno se dopušta gradnja retencija za navodnjavanje i melioraciju poljoprivrednog zemljišta. Zračna luka Udbina smještena je na rubu krbavskog polja na površini od oko 80 hektara, na nadmorskoj visini od 750 m.

1.7. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj je istraživanja doznati nove, do sada nepoznate podatke o morfologiji, merističkim podacima i razvoju ličinke krbavske gaovice. U do sada objavljenoj literaturi o biologiji i ekologiji ove vrste ima vrlo malo podataka pa će ovo istraživanje donijeti nova saznanja koja doprinose daljnjem planiranju zaštite ovog kritično ugroženog stenoendema. Očuvanje endemskih i rijetkih vrsta kao nacionalnog, prirodnog i kulturnog bogatstva obveza je Hrvatske koja je potpisnica brojnih međunarodnih konvencija (Bernska konvencija, konvencija o biološkoj raznolikosti, direktiva vijeća Europske unije, direktiva Europskog parlamenta i td.), ali i u svrhu poštivanja vlastitih zakona i propisa o zaštiti prirode (Zakon o zaštiti prirode, zakon o strogo zaštićenim vrstama, zakon o slatkovodnom ribarstvu). Praćenjem razvoja ličinke *D. krbavensis* želi se ustanoviti postoje li značajne morfološke razlike unutar nasumično odabranih uzoraka tijekom istog proteklog perioda razvoja svake ličinke te približno definirati vrijeme ključnih opažljivih morfoloških promjena na tijelu. Pokušat će se opisati obrazac brzine rasta i brzina razvoja organa, prikazati fotografijama te dovesti u vezu s uvjetima na prirodnom staništu vrste, poplavnom krškom polju, kakvo je Krbavsko polje.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. LABORATORIJSKA ANALIZA

Ličinke analizirane u ovom istraživanju sakupljene su iz akvarijskog mrijesta ove vrste i nisu uzimane iz prirode. Ukupan broj pregledanih oplođenih jajašaca u uzorku prvog dana iznosi 25, a izvaljenih embrija tj. kasnije ličinaka 77. Razvoj jedinki opisan je u koracima s razmakom od prosječno tri dana od mrijesta do 51. dana života. Ribe su se mrijestile 14. ožujka 2014. pri temperaturi vode od 17 °C .

Tablica 1. Prikaz načina bilježenja uzoraka i brojnosti u vremenskom periodu praćenja.

UZORCI ZA BIOLOŠKU OBRADU		
Datum uzorkovanja	Dan praćenja	broj primjeraka
14.3.2014.	1.	0
18.3.2014.	4.	3
21.3.2014.	7.	5
24.3.2014.	10.	5
26.3.2014.	12.	4
28.3.2014.	14.	5
31.3.2014.	17.	5
4.4.2014.	21.	5
7.4.2014.	24.	5
9.4.2014.	26.	5
11.4.2014.	28.	5
14.4.2014.	31.	5
18.4.2014.	35.	5
22.4.2014.	39.	5
25.4.2014.	42.	5
30.4.2014.	47.	5
4.4.2014.	51.	5
	Ukupno	77

Za svaki je pojedini korak nasumično je uzorkovano prosječno pet jedinki po danu praćenja u akvarijskom mrijestu te su pomoću plastične kapalice prebačene u plastične epruvetice. Uzorci su konzervirani u 4 % vodenoj otopini formaldehida i čuvani u Eppendorf plastičnim epruveticama zapremnine 5 mL. Ličinke i jajašca su pregledavana pomoću lupe (Zeiss Stemi 2000 - C) i mjerene mikrometarskim okularom do točnosti od 0,01 milimetar bez seciranja. Statističke prikazi sakupljenih podataka načinjeni su u programu MS Excel 2007.

Slika 6. Lupa Zeiss Stremi 2000 - C.

2.2. MORFOLOŠKE ANALIZE

Proučavanje morfologije vrste *D. krbavensis* obuhvatilo je tri tipa ihtioloških značajki – morfometrijske, merističke i fenološke. Morfometrijske značajke se odnose na duljine dijelova tijela i udaljenosti između pojedinih dijelova. Merističke značajke su strukture koje se uzastopno ponavljaju i moguće ih je prebrojati (razgranate i nerazgranate šipčice u perajama i sl.) . Fenološke značajke odnose se na opisivanje vanjskog izgleda ribe, posebice detalja koji imaju taksonomsku vrijednost unutar skupine, pa se tako s razvojem uočavaju promjene boje kože, pojačanja pigmentacija, pojava i nestajanje organa i sl. Oblik i veličina tijela može varirati unutar vrste, ovisno o genima jedinke i ekološkim čimbenicima, kao što su dostupnost hrane i temperatura (Wimberger, 1992). Na morfometrijske značajke pojedinih riba, uz genetske čimbenike, i jednako važna ekološka obilježja staništa i smještaj unutar ekološke niše (Meffe, 1990). Kod nejednakosti u veličinama dijelova tijela među jedinkama unutar nekog uzorka, varijacije u obliku tijela povezane su s varijacijama u veličini tijela jedinke (Lleonart i sur., 2000). Izmjerene duljine stoga je bilo potrebno pretvoriti u postotke u odnosu prema primjerice, standardnoj dužini tijela, kako bi analiza oblika bila oslobođena efekta veličine i spriječila kriva tumačenja rezultata (Lleonart i sur., 2000; Pollar i sur., 2007). Morfometrijske tjelesne veličine su stoga uspoređivane s odgovarajućom većom tjelesnom veličinom radi dobivanja relativnih odnosa

koji su izraženi kao postoci. Pa su tako sva dužinska mjerenja izražena postotnim udjelom u odnosu na standardnu dužinu ribe (Safner, 1998; Treer i sur., 2000; Geri i sur., 1995), osim mjera na glavi ribe koje su izražene postotnim udjelom u odnosu na duljinu glave (Kovač, 2000). Pojedine merističke karakteristike određivane promatranjem kroz lupu tijekom mjerenja samo kod jedinki s odmaklim stupnjem razvoja, a neke naknadno na temelju fotografija načinjenih pomoću fotoaparata (Canon EOS 300 D) kroz objektiv lupe.

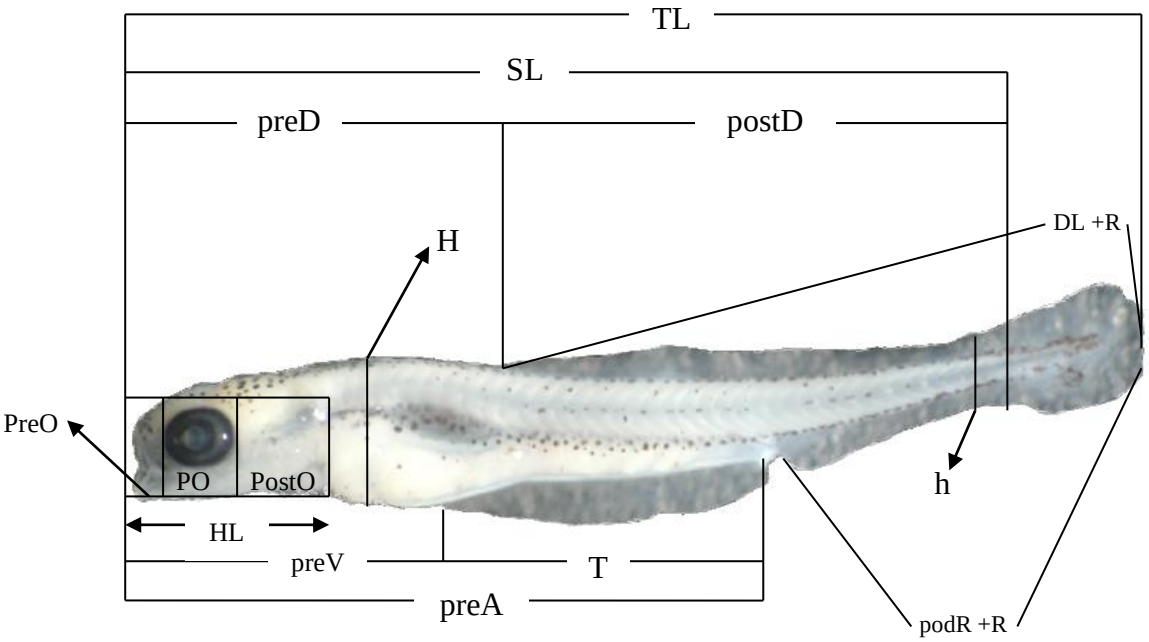
2.3. MORFOMETRIJSKE ZNAČAJKE

Osnovne ihtiološke morfometrijske i merističke mjere modificirane su prema Kovač (2000). Napravljena je analiza 77 jedinki kojima je izmjereno ukupno 16 karakterističnih dužina na tijelu prema mogućnostima, ovisno o razvijenosti jedinke.

Tablica 2. Oznake i nazivi morfometrijskih značajki mjerenih na vrsti *D. krbavensis*

OZNAKA	HRVATSKI NAZIV (OPIS)
TL	ukupna dužina tijela
SL	standardna dužina tijela (od vrha gubice do početka repne peraje)
preO	dužina gubice
PO	promjer oka
postO	dužina zaočnog prostora
HL	dužina glave
preA	preanalna dužina
preV	predtrbušna dužina
T	duljina trbušne peraje
podR + R	duljina baze podrepne i repne peraje u kontinuitetu
DL + R	duljina baze leđne i repne peraje u kontinuitetu
postD	postdorzalna dužina
preD	predorzalna dužina
H	najveća visina tijela
h	visina repnog drška
ž.v.	duljina plošnog promjera žumanjčane vreće

Dužina prsne peraje nije određivana zbog slabe vidljivosti i razvijenosti te djelomične oštećenosti na većini jedinki. Leđna i repna peraja, kao i podrepna s repnom perajom, mjerene su u kontinuitetu zbog sraštenosti u danima promatranja razvoja ličinke ove vrste. U početnim stadijima razvoja mjerena je i duljina promjera žumanjčane vreće jedinki.



Slika 7. Shema morfometrijskih mjera određivanih na *D. krbavensis*

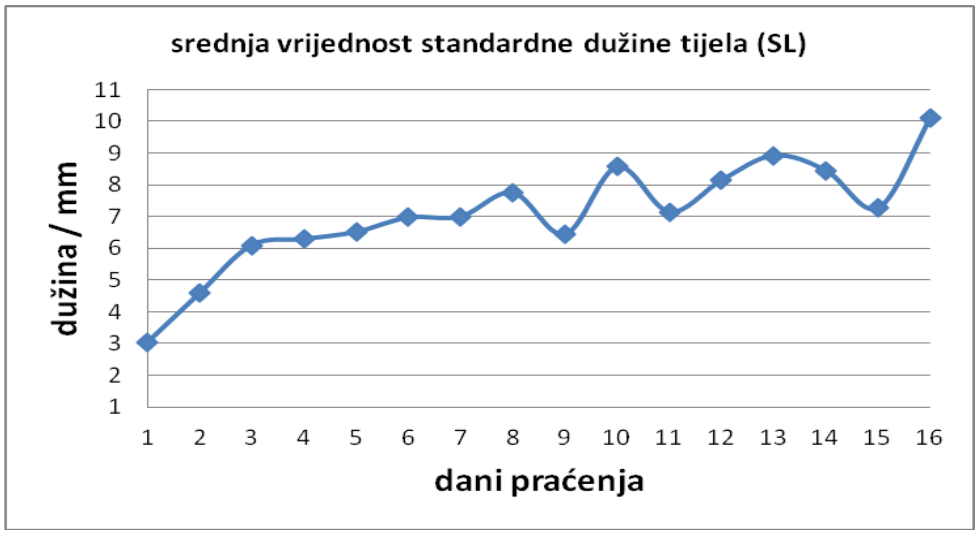
2.4. MERISTIČKE ZNAČAJKE

Za razliku od morfometrijskih osobina, merističke osobine imaju znatno veći stupanj nasljeđivanja (Tomljanović i sur., 2011). Razlike u merističkim mjerama, uz genetske razloge, postoje i zbog utjecaja antropogenih faktora, zbog različitih tipova ekosustava (Dimovski i Grupče, 1975). Merističke značajke krbavske gaovice u ovom istraživanju su određivane samo jedinkama pred kraj promatranja zbog nedovoljne segmentiranosti perjanih šipčica u embrija i ličinaka na ranijem stupnju razvoja. Prebrojane su meke šipčice u malom dijelu leđne i podrepne peraje u kojem je jasno izražena segmentacija. Kod nekih jedinki bilo je moguće brojati i šipčice u repnoj peraji. U pojedinih ličinaka s odmaklim stupnjem razvoja bilo je moguće zamijetiti porast u broju mišićnih segmenata - miotoma na tijelu, pa su i ti podaci bilježeni.

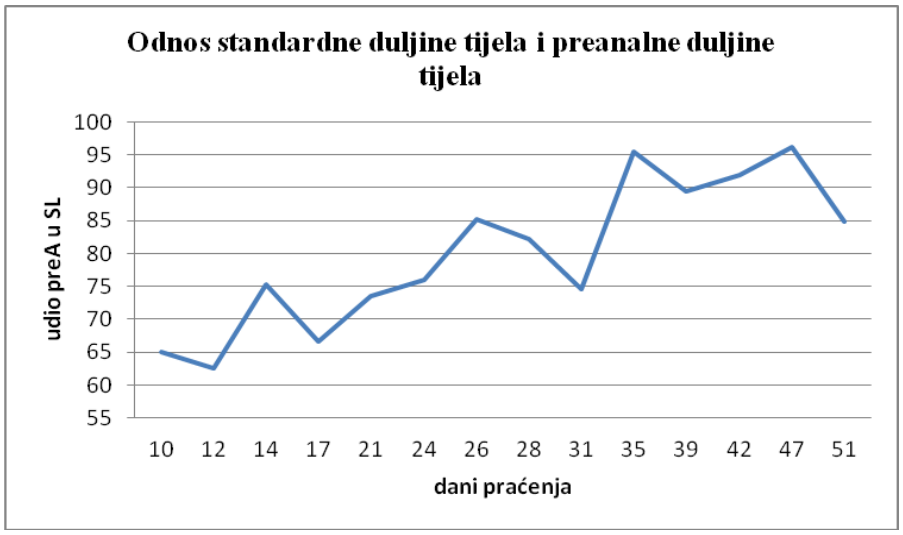
3. REZULTATI

3.1. ANALIZA I PRIKAZ MORFOMETRIJSKIH PODATAKA

S obzirom da je oko na glavi smješteno više frontalno, na glavi je dominantna duljina zaočnog prostora koji okoštava i s vremenom postaje vidljivo pomičan i prohodan, čime omogućuje funkcioniranje škrga i punjenje plivaćeg mjehura. Srednja vrijednost standardne dužine tijela (SL) prema grafikonu na slici 8. usporava s rastom između osmog i devetog dana promatranja dakle između dvadeset i četvrtog i dvadeset i sedmog dana nakon mrijesta. Vidljivo je i stagniranju rasta, odnosno male do nikakve prosječne razlike standardne dužine tijela do kraja promatranja razvoja ličinaka.



Slika 8. Srednja vrijednost promjene standardne dužine tijela ličinki krbavske gaovice kroz dane praćenja.



Slika 9: Promjene u odnosu srednje vrijednosti preanalne duljine tijela prema standardnoj dužini tijela.

Slika 10. Prikaz promjene srednje vrijednosti duljine glave krbavske gaovice kroz dane praćenja.

3.2. ANALIZA I PRIKAZ MERISTIČHIH PODATAKA

Maksimalni broj miotoma je postignut već deseti dan nakon mrijesta, kada iznosi 38, kao što je prikazano na slici 11. Kako vrijeme odmiče, pigmentacija lateralno na tijelu se pojačava pa je brojanje miotoma sve teže izvedivo. Kod zadnjeg dana promatranja makismalni broj miotoma je 44.

Tablica 3. Srednje vrijednosti broja šipčica krbavske gaovice u uzorcima.

dan praćenja	x̄ (n) šipčica dorzalnog segmenta	x̄ (n) šipčica ventralnog segmenta	x̄ (n) šipčica repne peraje	broj uzoraka
35	5	6	16	5
39	7	7	18	5
51	7	8	20	5

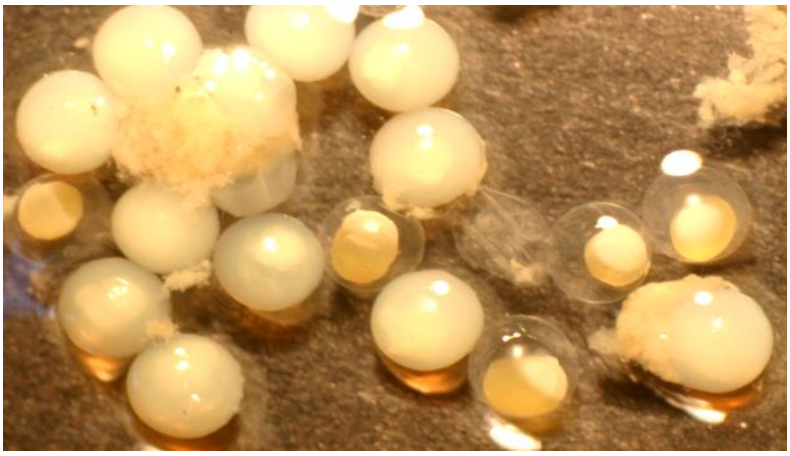
Slika 11. Izgled miotoma u vrijeme umjerene lateralne pigmentacije tijela krbavske gaovice, dva tjedna nakon mrijesta.

Slika 12. Izgled neparnih peraja sa šipčicama krbavske gaovice na zadnji dan promatranja.

3.3. PRAĆENJE VANJSKOG IZGLEDA LIČINKE TIJEKOM RAZVOJA

Prvi dan - dan mrijesta.

Jajašca su svijetlo žuta, međusobno ljepljiva i različitih oblika te raspodjela sadržaja *vitellusa* kao što je prikazano na slici 13. *Vitellus* je žućkasto masno hranjivo koje varira u količini od brojnih uljasto prozinih kapljica pa do potpunog iščeznuća s obzirom na odmak od vremena oplodnje. Prosjek projekcije, nepravilne kružnice, radijalnog promjera jajašca mjerenih na 25 jajašaca iznosi 1,64 mm.



Slika 13. Ljepljiva oplođena jajašca krbavske gaovice na dan mrijesta

Četvrti dan - dan izvaljivanja.

Nije vidljiv analni otvor kao niti usta. Ispod glave ventralno se nalazi velika žumanjčana vrećica na koju se nastavlja jedinstvena neparna peraja, kao što je prikazano na slici 14. Sama žumanjčana vrećica ispunjena je žutim prozirnim uljastim kapljicama. Maksimalna visina tijela jedinki je i do pet puta manja od promjera žumanjčane vreće. Oči su kuglaste bez udubljenja i vidljive diferencijacije leće. Tijelo nije lateralno spljošteno. Vidljive su vrlo sitne i malobrojne pigmentacije u obliku smeđih zvjezdastih melanofora ventralno. Na svim analiziranim primjercima nije primijećena prokrvljenost žumanjčane vreće.

Slika 14. Izgled ličinke krbavske gaovice ventralno treći dan nakon mrijesta

Sedmi dan - pojačava se lateralna pigmentacija.

Kao i četvrti dan nakon mrijesta vidljiva je kontinuirana neparna peraja dorzalno. Pigmentacija dorzalno se pojačava, a melanofori se sada javljaju i lateralno duljinom cijele kralješnice te obrubljuju i dorzalni dio žumanjčane vreće. Smanjuje se intenzitet boje žutih uljnih kapljica u žumanjčanoj vreći, pa struktura djeluje više prozirno i bezbojno, kao što je prikazano na slici 15. Veličina vreće u plošnom promjeru se smanjuje i postaje lateralno spljoštena, kao i ostatak tijela jedinke. Oko dobiva izduženi oblik sa vidljivim središnjim prozirnim dijelom, dolazi do diferencijacije leće koja strši. Površina tijela ribe postaje deblja i manje prozirna. Usta i analni otvor su i dalje neprohodni. Glava više nije svijena prema žumanjčanoj vrećici.

Slika 15. Pojava lokalizirane pigmentacije na ličinki krbavske gaovice

Tablica 4. Odnos tijela i žumanjčane vreće u ličinke krbavske gaovice.

plošni promjer žumanjčane vreće	totalna dužina tijela	postotni omjer ž.v. i TL	dani praćenja
0,545	3,121	17,48	4
0,727	4,672	15,56	7
0,489	6,511	7,50	10
0,427	6,272	6,81	12
0	6,899	0	14

Deseti dan – događa se djelomično otvaranje usta.

Vidljiva je bolja diferencijacija repne, trbušne i podrepne peraje. Urostil repne peraje je zakrivljen. Usta se otvaraju no nisu prohodna kao ni analni otvor i crijevo. Pojavljuje se plivaći mjehur iza glave i doima se djelomično ispunjen zrakom. Drastično se smanjuje volumen žumanjčane vreće koja postaje gotovo sasvim prozirna, što je vidljivo na slici 16. Deseti dan nakon mrijesta žumanjčana vreća se smanjuje za 10 % od maksimalne (početne) duljine u plošnom promjeru s obzirom na ukupnu duljinu tijela ribe. Nazire se formiranje kostiju operkuluma.

Slika 16. Pojava plivaćeg mjehura u tijelu ličinke krbavske gaovice

Dvanaesti dan – uočljiv analni otvor.

Tijelo je izduženo. Javljaju se dodatne veće pigmentacije na glavi dorzalno. Gubica je više ušiljena. I dalje se smanjuje volumen žumanjčane vreće. Površina kože je jače bijelo obojena i

sve manje prozirna dorzo - ventralno. Pigmentacija u području plivaćeg mjehura je intenzivnija nego u prethodnom danu promatranja, što je prikazano na slici 17. Otvor analno postaje uočljiv, no crijevo i dalje nije ispunjeno, i nema naznaka izbacivanja izmeta kao ni hranjenja organskom tvari iz vana.

Slika 17. Vanjski izgled ličinke krbavske gaovice dvanaesti dan nakon mrijesta

Četrnaesti dan - dan nestanka žumanjčane vreće.

Javlja se bolja diferencijacija repnog drška i peraje. Zvjezdasti melanofori su intenzivnije boje. Žumanjčana vreća više nije uočljiva i mjerljiva. Usta i probavilo su prohodni, moguće je uočiti naznake hranjenja organskom tvari kroz usta te izlaska izmeta kroz analni otvor, što je prikazano na slikama 18 i 19.

Slika 18. Otvaranje usta ličinke krbavske gaovice

Slika 19. Funkcionalan analni otvor ličinke krbavske gaovice

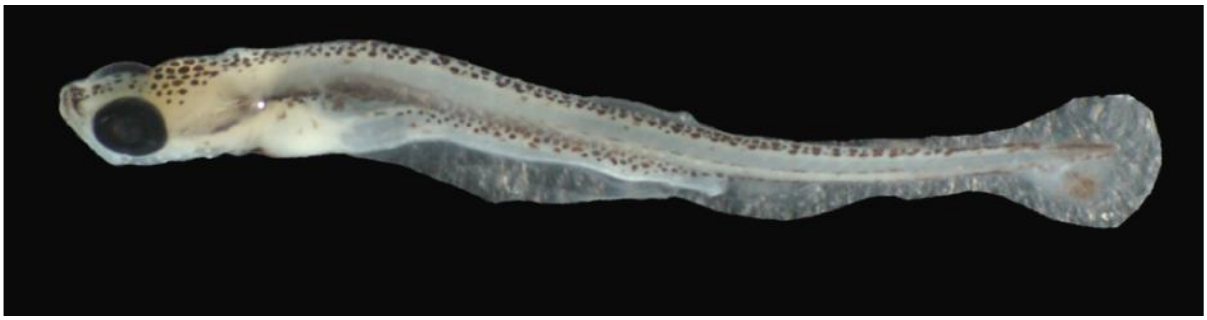
Sedamnaesti dan nakon mrijesta.

Ribe su veličinom vrlo slične prosječnoj duljini u zadnjem mjerenju, no plosnatost tijela lateralno je jače izražena. Dolazi do rasta i zadebljanja prsnih peraja koje su sve do sada bile jedva vidljive i prozirne. Na području repnog drška javlja se lokalizirana pigmentacija u obliku brojnih sitnih melanofora koja prati završetak kralješnice, kao što je prikazano na slici 20.

Slika 20. Ličinka krbavske gaovice sedamnaesti dan nakon mrijesta

Dvadeset i prvi dan nakon mrijesta - dan formiranja prozirnih perajnih šipčica.

U repnoj peraji dolazi do formiranja prozirnih mekih perajnih šipčica. Glava je drastično dorzo - ventralno spljoštena pa su oči najdalje razmaknute do sada promatrajući dorzalno. Pigmentacija cijelog tijela je izraženija i bolje uočljivija zbog većeg kontrasta bjeline tkiva i melanofora kao što je prikazano na slici 21.



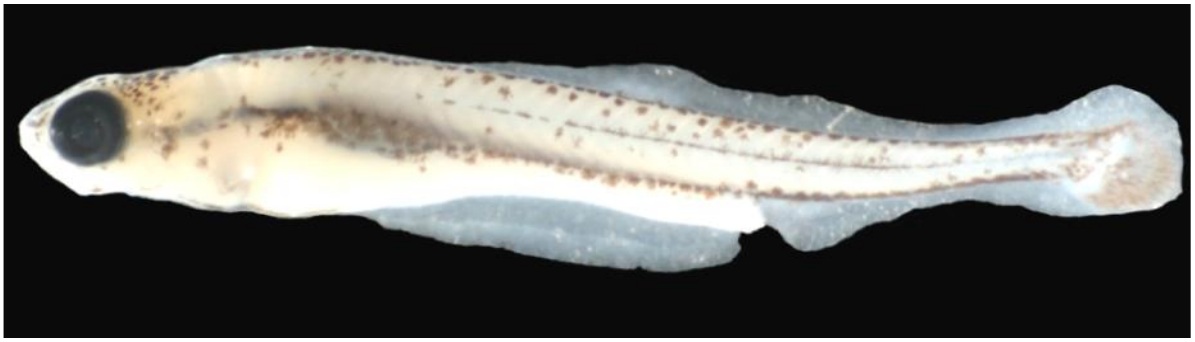
Slika 21. Pojačavanje intenziteta pigmentacije na tijelu ličinke krbavske gaovice dorzalno i ventralno

Dvadeset četvrti dan nakon mrijesta - početak brojivosti miotoma tjelesnih mišića.

Tablica 5. Prosječni promjer oka s obzirom na prosječnu duljinu glave kroz dane praćenja ličinke.

dani praćenja	postotni udio promjera oka u ukupnoj duljini glave	broj uzoraka po danu
10	38,48	5
12	37,15	4
14	34,45	5
17	36,40	5
21	36,66	5
24	35,31	5
26	29,94	5
28	31,85	5
31	33,31	5
35	32,97	5
39	34,27	5
42	33,23	5
47	32,03	5

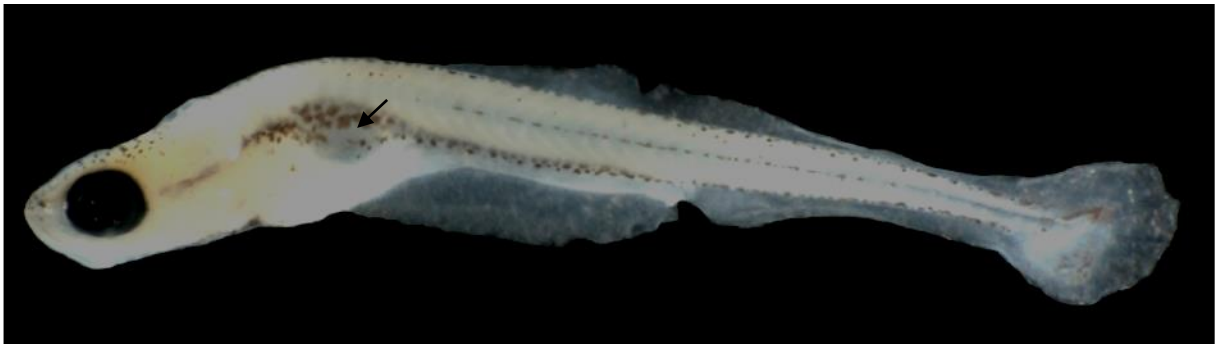
Pojavljuju se bijele perajne šipčice u repnoj peraji te neravnomjerno raspršenje pigmentacije koja sada prekriva 2/3 repne peraje, kao što je prikazano na slici 22. Prvi puta se javljaju prozirne šipčice u leđnoj i podrepnoj peraji. Izražena je podjela mišića i miotomi su jasno odijeljeni te djelomično pigmentirani. Promjer oka iznosi između 30 - 40 % veličine glave te se s duljinom glave razmjeno povećava kao što je prikazano na tablici 5.



Slika 22. Pojava perajnih šipčica u repnoj peraji ličinke krbavske gaovice

Dvadeset šesti dan nakon mrijesta - rast neparnih peraja i ispunjenost plivaćeg mjehura.

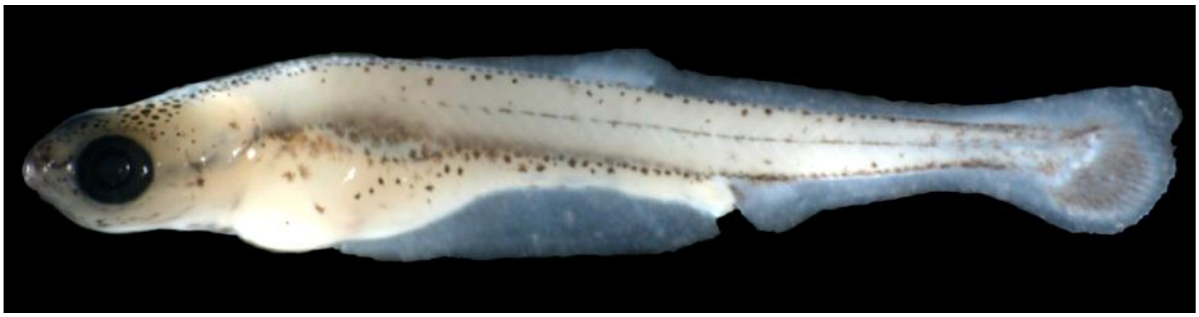
Raste površina leđne i repne peraje s obzirom na duljinu tijela jedinke. Gubica je šiljasta, kao što je prikazano na slici 23, a frontalno se javljaju otvori. Perajne šipčice u repnoj peraji su potpuno oblikovane. Volumen plivaćeg mjehura je značajno veći zbog ispunjenosti zrakom što je vidljivo u ispupčenju tijela lateralno.



Slika 23. Povećanje volumena plivaćeg mjehura u jedinke ličinke krbavske gaovice

Dvadeset i osmi dan - početak segmentacije leđne i podrepne peraje.

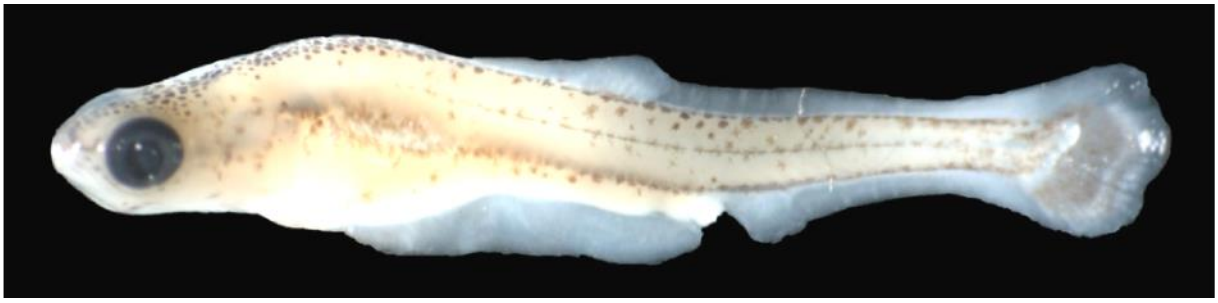
Dio podrepne i leđne peraje postaje segmentiran, kao što je prikazano na slici 23. Javljaju se prozirne šipčice, a ti dijelovi peraja su zaobljeni i izdvojeni iz do sada kontinuirane peraje. Plivaći mjehur više nije okom vidljiv zbog povećanja pigmentacije i debljine kože koja je sada intenzivno bijelo obojena i neprozirna.



Slika 24. Pojava naznaka formiranja perajnih šipčica u dijelovima leđne i podrepne peraje kod ličinke krbavske gaovice

Trideset prvi dan nakon mrijesta.

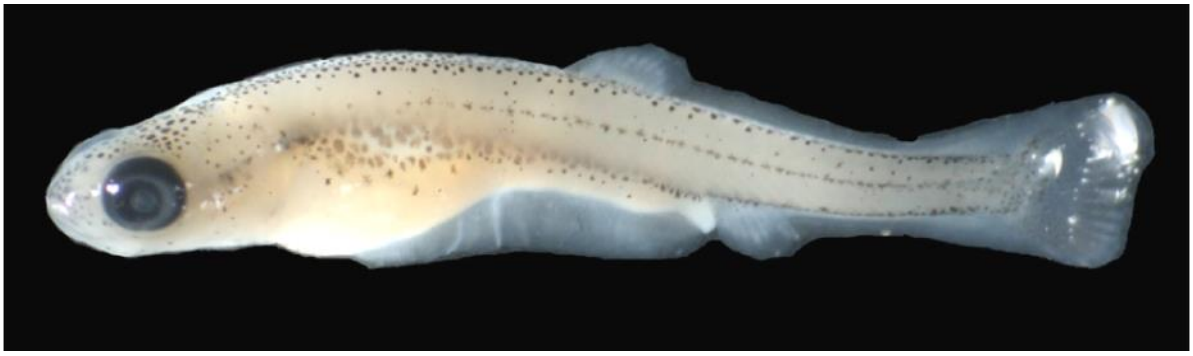
Repna peraja je formirana u potpunosti što je vidljivo na slici 25. Urostil je zakrivljen prema gore. Vidljiv je predgriz gornje čeljusti tj. gornja čeljust je dulja od donje i prekriva je.



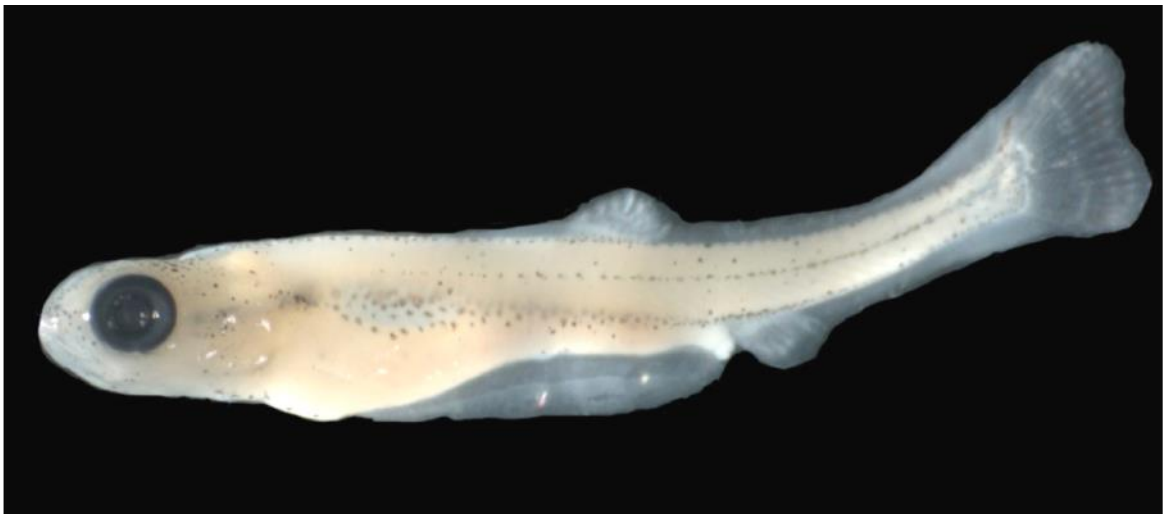
Slika 25. Ličinka krbavske gaovice trideset i prvi dan nakon mrijesta

Trideset i peti dan nakon mrijesta.

Dolazi do oblikovanja već izdvojene i sada jasno vidljive podrepne peraje. Šipčice su jasno vidljive i moguće ih je prebrojati, što je vidljivo na slikama 12 i 26. Isto se događa i sa segmentiranošću šipčica leđne peraje. Repna peraja se površinski više ne širi. Pigmentacija u obliku melanofora na repnoj peraji je raspoređena uzduž šipčica, te u obliku zbijenih vertikalnih linija na repnom dršku.



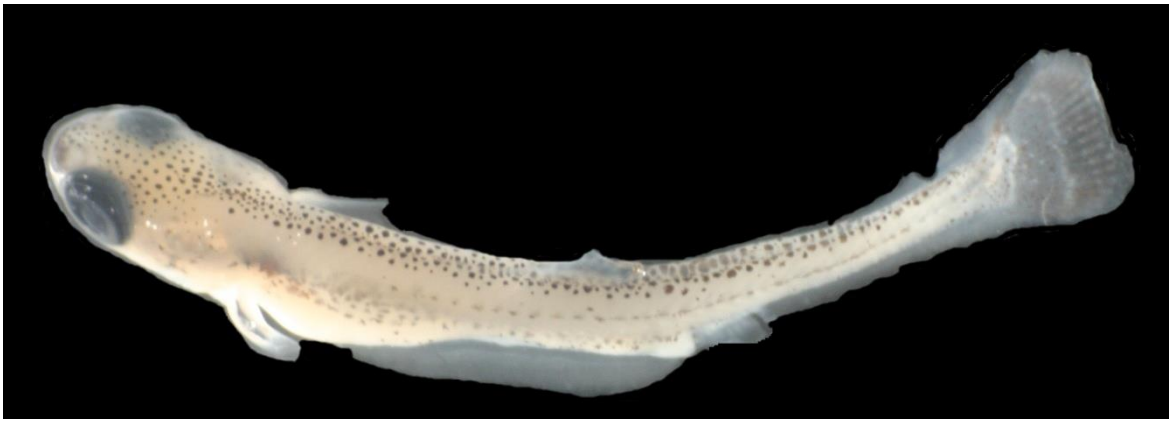
Slika 26. Segmentiranje leđne i podrepne peraje ličinke krbavske gaovice



Slika 27. Pojačavanje intenziteta i brojnosti melanofora lateralno po horizontalnoj liniji tijela ličinke krbavske gaovice

Trideset deveti dan - pojava pigmentacije oko analnog otvora.

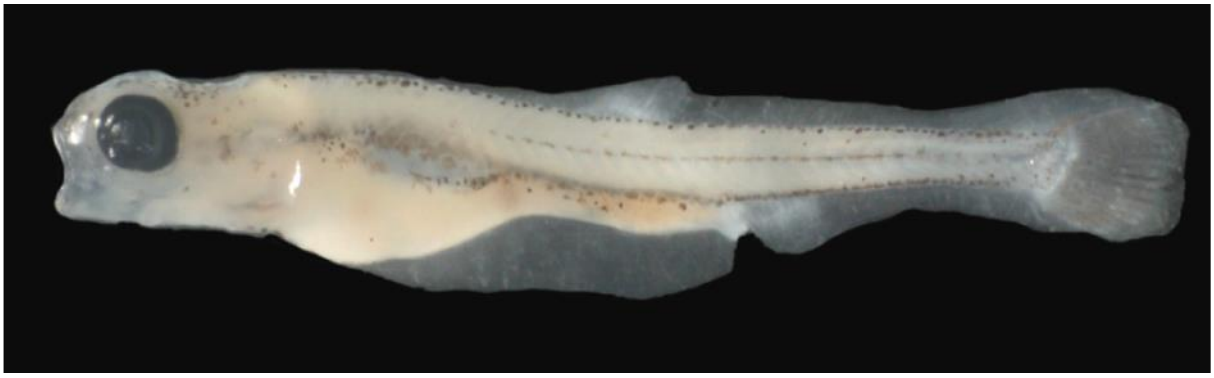
Pojavljuje se pigmentacija u području analnog otvora te na segmentiranom dijelu podrepne i leđne peraje. Duge linije melanofora se pojačavaju duž horizontalne linije koja odvaja dorzalne i ventralne miotome, što je vidljivo na slici 27. Pigmentacija se također djelomično javlja i u području vertikalnih miosepta te dorzalno u području glave, što je vidljivo na slici 28.



Slika 28. Pojačavanje intenziteta i brojnosti melanofora dorzalno na tijelu ličinke krbavske gaovice

Četrdeset i drugi dan nakon mrijesta.

Osim povećanja pigmentacije i rasta u duljinu, do kraja promatranja uzorci se značajno ne razlikuju u razvoju s obzirom na jedinku prikazanu na slici 29.



Slika 29. Izgled jedinke ličinke krbavske gaovice četrdeset drugi dan nakon mrijesta

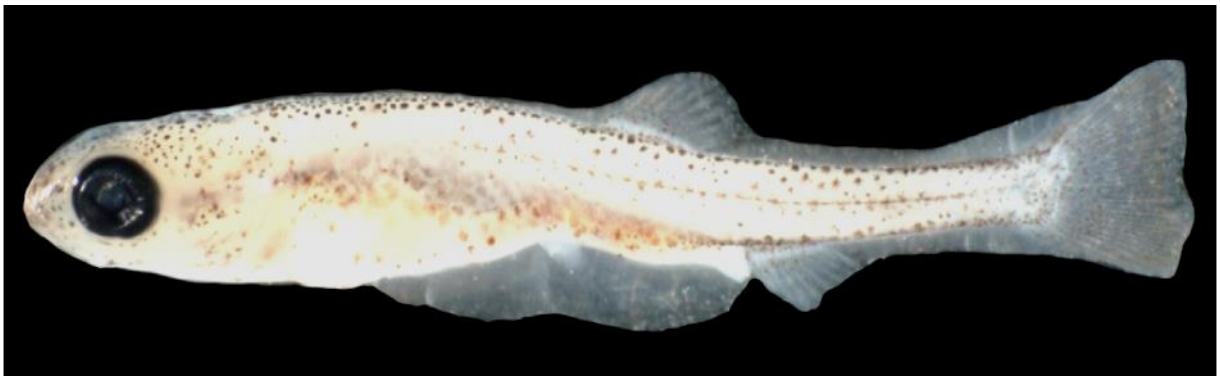
Ličinka krbavske gaovice četrdeset i četvrti dan nakon izvaljivanja.

Sa svakim sljedećim pregledanim uzorkom broj pigmentnih linija po cijeloj duljini tijela raste. Tijelo ribe postaje izduženo, spljošteno, a koža manje prozirna.

Slika 30. Pravilna segmentiranost repne peraje ličinke krbavske gaovice

Ličinka krbavske gaovice pedeset i prvi dan nakon mrijesta.

U zadnjem danu promatranja ličinka je gotovo neprozirne kože s brojnim malenoforima te vrlo razvijenim perajama, kao što je vidljivo na slikama 30 i 31.



Slika 31. Ličinka krbavske gaovice pedeset i prvi dan nakon mrijesta

4. RASPRAVA

Ovo su prvi podaci o razvoju ličinke ove stenoendemske vrste. Uzimajući u obzir da se radi o ribama iz akvarijskog mrijesta o ponašanju riba uslijed promatranja zabilježeno je kako u godini mrijesta 2014., kao i u godini nakon (godina provođenja istraživanja je 2015.) zadržavaju seksualni dimorfizam, iako u 2015. godini nije došlo do akvarijskog mrijesta. Mogući razlozi izostajanja akvarijskog mrijesta su stres uslijed promatranja i varijacije u temperaturi (17 - 23 °C) koje su u pokušaju eksperimenta modificiranom prema Poncinu i sur. (2004), namjerno izazvani. Do mrijesta nije došlo ni u kontrolnom akvariju u kojem je temperatura bila između 17 - 19 °C. Iako neuspješan, ovaj dio eksperimenta govori o prisutnosti ljudi i varijacije u temperaturi vode i okoliša kao potencijalnim stresorima za ovu vrstu, ali za konkretnije zaključke treba provesti još istraživanja. Moyle i Cech (2004) i Balon (1975, 1984) govore o tri tipa ponašanja skupina tijekom mrijesta, prema kojima krbavska gaovica spada u skupinu riba koje nakon izvaljivanja ne čuva svoja jaja. Prema Balonu (1981) prilagodba tek izvaljenih jedinki je posjedovanje velike žumanjčane vreće i veličina tijela koja iznosi oko 14 % duljine tijela roditelja. Do izvaljivanja iz jajeta dolazi četvrti dan od mrijesta. Veličina oplođenih jajašaca od 1,64 mm u promjeru je vrlo slična promjeru jajašaca kod još jedne ugrožene vrste iz skupine Cyprinidae, *Barbus treveliani* čiji prosječni promjer iznosi 1,5 mm (Cambray, 1985). Slične podatke bilježe i Zanella (2003) za *Telestes ukliva* (1,5 mm) i Bogutskaya i sur. (2012) za *T. dabar* (1,3 do 1,7 mm). Marčić (2013) nalazi da su jajašca *T. karsticus* najveća u travnju, mjesecu mrijesta, s promjerom (1,22 do 1,45 mm). Razvoj jedinki nakon mrijesta praćen je pedeset i jedan dan, tijekom kojih su jedinke prosječno narasle 61, 15 % s obzirom na početnu duljinu standardnu duljinu tijela (SL). Najbrži rast je zabilježen u prvih 15 dana promatranja kada je dosegnut rast od 56,61 posto krajnje zabilježene prosječne standardne duljine tijela što odgovara podacima iz grafikona na slici 8. Analizirajući podatke iz tablice 4. može se primijetiti dosljedno smanjivanje žumanjčane vreće s povećanjem dužine tijela. Iako duljinom u najširem dijelu žumanjčana vreća zauzima maksimalno nešto manje od jedne trećine standardne duljine tijela, volumen same vrećice često je i do dva puta veći od ukupnog volumena tijela ličinke. U usporedbi s podacima holotipa vrste (Zupančič i Bogutskaya, 2002) maksimalni opaženi broj šipčica repne peraje kao i ostalih neparnih peraja kod proučavanih ličinaka krbavske gaovice je jednak. Trideset i jedan dan nakon mrijesta započinje intenzivna diferencijacija mekih perajnih šipčica koja kulminira trideset i peti dan nakon mrijesta. Merističke značajke i dobiveni podaci odgovaraju perajnoj formuli, a

napredovanje u povećanju brojnosti mekih šipčica u razvoju je brojčano mjerljivo (tablica 3.). Otvaranje usta i oralni način prehrane zbiva se relativno rano, oko dva tjedna nakon oplodnje, a istovremeno analni otvor postaje prohodan i crijevo funkcionalno. Funkcionalnost plivaćeg mjehura također nastupa relativno rano, između desetog i četrnaestog dana nakon mrijesta, što je vidljivo po povećanju volumena uslijed ispunjenosti zrakom. Glava se poravnava sa horizontalnom osi tijela između desetog i dvanaestog dana nakon mrijesta, iako je odvajanje od žumanjčane vreće vidljivo u prva tri dana embrionalnog razvoja nakon izvaljivanja iz jajeta. Prema Kovaču (1993) prvi korak u mladenačkom životu ribe tj. prestanku ličinačke faze očituje se u dominaciji preanalne duljine prema ostatku tijela u omjeru većem od 60 % , što se kod svih jedinki zbiva između 12 i 14. dana od izvaljivanja, zatim u izjednačavanju vanjskog izgleda režnjeva repne peraje, nakon usmjeravanja urostila, maksimiziranju duljine glave i promjera oka koji počinju odgovarati mjerama u odraslih što je slučaj kod zadnjih promatranih jedinki krbavske gaovice. Uvjeti koji vladaju na krškom polju na kojem vrsta obitava, Krbavskom polju, specifični su na više načina. Značajke koje opisuju područje, a potencijalno imaju utjecaja na razvoj i život vrste su karbonatne podloge i vlažni polupoplavljeni pašnjaci, te bogatstvo podzemnim vodama. Isušujući vjetrovi jugo i hladna bura, te duge i padalinama bogate zime, a sušna ljeta, uvjetuju oštre uvijete koji vladaju na ovakvim krškim poljima. Brzina rasta tijela i relativno brz prelazak na oralnu prehranu potencijalne su prilagodbe vrste na brzu izmjenu uvjeta okoliša i temperature vode koje u rano proljeće nabujaju, te se odlikuju niskim temperaturama. Niska temperatura vode koja podržava veće količine otopljenog kisika slaže se s činjenicom da je prokrvljenost žumanjčane vreće ove vrste vrlo je mala ili neopaziva (slika 14.) pa se izmjena plinova preko stjenke događa difuzijom. Unatoč zaštićenosti različitim zakonskim regulativama, kako bi se krbavska gaovica održala na svom prirodnom staništu i pravovaljano zaštitila potrebno je pribaviti još mnogo informacija o ponašanju i meristici vrste. Jedinke dobivene akvarijskim mrijestom daju pojedine informacije o vrsti koje se mogu prikupiti kroz istraživanja i potencijalno doprinijeti planiranju mjera očuvanja vrste u prirodi. Dugoročno gledajući, povećavanje broja jedinki akvarijskim mrijestom i njihovo vraćanje u prirodu nije idealno rješenje jer mijenja broj i raznolikost gena u populaciji te smanjuje varijabilnost vrste (Philippart, 1995) no u slučajevima kao što je ovaj pruža trenutno rješenje očuvanja brojnosti kritično ugroženih jedinki i mogućnost njihovog vraćanja u prirodu, radi spriječavanja izumiranja vrste.

5. ZAKLJUČAK

- Smanjenje žumanjčane vreće prati početni ubrzani rast tijela do nestanka strukture, što se kod svih jedinki događa do desetog dana nakon mrijesta.
- Otvaranje usta i oralno hranjenje nastupaju između desetog i četrnaestog dana od mrijesta.
- Gotovo istovremeno, s maksimalnim razmakom od tri dana i analni otvor postaje prohodan, a crijevo funkcionalno.
- Razvoj jedinki nakon mrijesta praćen je tijekom pedeset i jednog dana, u kojem su jedinke prosječno narasle 61,15 posto s obzirom na početnu standardnu duljinu tijela (SL).
- Najbrži rast je zabilježen u prvih 15 dana promatranja kada je dosegnut rast od 56,61 posto krajnje zabilježene prosječne standardne duljine tijela.
- Trideset i jedan dan nakon mrijesta započinje segmentacija perajnih šipčica, a završava oko četrdesetog dana nakon mrijesta.
- Oko četrdeset dana nakon mrijesta, osim rasta u duljinu, na tijelu jedinki ne događaju se nikakvi značajni morfološki opazivi događaji koji bi upućivali na daljnji razvoj i prelazak u novu fazu života.
- Funkcionalnost plivaćeg mjehura također nastupa relativno rano, između desetog i četrnaestog dana nakon mrijesta, što je vidljivo po povećanju volumena uslijed ispunjenosti zrakom.
- Glava se poravnava sa horizontalnom osi tijela između desetog i dvanaestog dana nakon mrijesta.
- Neizvjesni uvjeti s varijabilnom količinom vode, velikom izloženosti Suncu i promjenjivoj temperaturi te karbonatna podloga podneblja obitavanja vrste, potencijalno utječe na ubrzani rast i razvoj krbavske gaovice, kao i na brojnost jedinki i učestalost mrijesta u prirodi.

- S obzirom na nepostojanje prokrvljenosti žumanjčane vreće može se pretpostaviti da je za razvoj jedinki ove vrste neposredno nakon izvaljivanja potrebna relativno visoka koncentracija kisika u vodi za izmjenu plinova difuzijom.
- Ulazak jedinki u ličinačku fazu vidljiv je po povećanju dominacije preanalnog dijela tijela u ukupnoj dužini jedinke s preko 60 % prema Kovaču (2000) koja se kod svih jedinki događa do 14. dana nakon mrijesta.

6. LITERATURA

1. Alegro, A., Bogdanović, S., Brana, S., Jasprica, N., Katalinić, A., Kovačić, S., Nikolić, T., Milović, M., Pandža, M., Posavec - Vukelić, V., Randić, M., Ruščić, M., Šegota, V., Šincek, D., Topić, J., Vrbek, M., Vuković, N. (2010): Botanički važna područja Hrvatske, Zagreb, Školska knjiga, 529 str.

2. Balon, E. K. (1984): Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. U: G.W., Potts i R. J., Wootton (ur.) Fish Reproduction strategies and tactics. London, Academ. Pr., 35–53 str.
3. Balon, E.K. (1956): Spawning and post - embryonic development of roach (*Rutilus rutilus ssp.*) Biol. Pr. **2**: 7 - 60 str.
4. Balon, E.K. (1975): Terminology of intervals in fish development. J. Fish. Res. Board Can. **32**: 1663 - 1670 str.

5. Balon, E.K. (1981): Saltatory processes and altricial to precocial forms in the ontogeny of fishes. Am. Zool. **21**: 573 - 596 str.

6. Balon, E.K. (1985): Reflection on epigenetic mechanisms: hypothess and case histories. U: Simmenstad, C., Caillet, G. M.(ur.) Early life history of fishes: new developmental, ecological and evolutionary perespectives. Dordrecht, the Netherlands, Junk Publishers, Developments in Env. Biol. Fish. **5,** , 239-270 str.

7. Balon, E.K. (1990): Epigenesis of an epigeneticist: the development of some alternative concepts on the early ontogeny and evolution of fishes. Guelph Ichthyol. Rev. **1**: 1 – 48 str.
8. Berra T. M. (2001): Freshwater Fish Distribution. USA, Academ. Pr.
9. Bertin, L. (1958): Larves et metamorphoses. U: Grasse, P.- P. (ur.) Traite de zoologie. Agnathes et Poissons. Part 3. Masson et Cie, Paris. **13:** 1813 - 1834 str.
10. Billard, R. (1999): Carp: biology and culture. Chichester, UK, Praxis publishing Ltd., 347 str.
11. Bogutskaya, N.G., Zupančič, P. (2003): *Phoxinellus pseudalepidotus* (Teleostei: Cyprinidae), a new species from Neretva basin with an overview of the morphology of the Phoxinellus species of Croatia and Bosnia – Herzegovina. Ichth. Explo. of Fresh., **14**: 359 - 383 str.

12. Bonacci, O. (1987): Karst Hydrology with Special Reference to Dinaric karst. New York, Springer - Verlag, 184 str.
13. Cambray, J. A. (1985): Early development of an endangered African barb, Barbus trevelyani (Pisces: Cyprinidae). Rev. d'Hydrobiol. Trop., **18** (1): 51–60 str.
14. Chapman, A.D. (2009): Numbers of Living Species in Australia and the World. 2nd edition. Canberra, Australia, Australian Government, Department of the Environment,Water, Heritage and the Arts.
15. Copp, G. H., i Kovač, V. (1996): When do fish with indirect development become juveniles? Canad. Jour. of Fish. and Aqu. sci. / Journal Canadien Des Sciences Halieutiques et Aquatiques. Ottawa ON, **53**(4): 746 - 752 str.
16. Crawford, S., and Balon, E.K. (1995): Alternative life histories of the genus *Lucania*. Early ontogeny of *L. goodei*, the bluefin killi - fish. Environ. Biol. Fishes, **41**: 331 - 367 str.
17. Crikvenčić, I. (1975): Geografija SR Hrvatske Knj. 4 : Gorska Hrvatska, Zagreb, Školska knjiga, 67 - 68 str.
18. Crivelli, A.J. (2006): *Delminichthys krbavensis*. The IUCN Red List of Threatened Species2006. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T60446A12367313.en. Pristupljeno: 16. siječnja, 2016.
19. Černý, K. (1977): The early development of chub, *Leuciscus cephalus* (L., 1758), rudd, *Scardinius erythrophthalmus* (L.,1758) and roach, *Rutilus rutilus* (L., 1758). Acta Univ. Carol. Biol. **1 - 2**: 1 - 149 str.
20. Ćaleta, M., Buj, I., Mrakovčić, M., Mustafić, P., Zanella, D., Marčić, Z., Duplić, A., Mihinjač, T., Katavić, I. (2015): Hrvatske endemske ribe. Zagreb, Agencija za zaštitu okoliša, 116 str.
21. Dimovski, A., Grupče, B. (1975): Varijabilnost vrste *Alburnus alburnus* (L.) u različitim bazenima Makedonije. Icht., **7**: 1 - 10 str.
22. Direktiva 2000/60/EC Europskog Parlamenta i Vijeća kojom se uspostavlja okvir za djelovanje zajednice na području politike voda, od 23. listopada 2000.

23. Direktiva Vijeća 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune i flore (SL L 206, 22.07.1992.), kako je zadnje izmijenjena i dopunjena Direktivom Vijeća 2013/17/EU od 13.svibnja 2013. o prilagodbi određenih direktiva u području okoliša zbog pristupanja Republike Hrvatske (SL L 158, 10.6.2013.).

24. Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske, službene stranice. http://www.dhmz.htnet.hr/
Pristupljeno: 25. veljače, 2016.

25. Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske (2009): Statistički ljetopis, Meteorloški podaci, 1 - 20 str.

26. Eschermeyer, W.N, Fricke R. (2005): "FishBase".
http://www.fishbase.org
Pristupljeno: 16 siječnja, 2016.

27. Eschermeyer, W.N, Fricke R. (2009): "FishBase".
http://www.fishbase.org
Pristupljeno: 16 siječnja, 2016.

28. Eschermeyer, W.N, J. Fong (2009): "FishBase".
http://www.fishbase.org
Pristupljeno: 16 siječnja, 2016.

29. Field, M.S. (2002): A Lexicon of Cave and Karst Terminology with Special Reference to Environmental Karst Hydrology. Washington DC, USEPA, 194 str.
30. Flegler - Balon, C. (1989): Direct and indirect development in fishes: examples of alternative life - history styles. Alternative life - history styles of animals. Burton, M.N. (ur.) Dordrecht, the Netherlands, Kluwer Acad. Publi.s,.71 - 100 str.
31. Freyhof, J. and Brooks, E. (2011): European Red List of Freshwater Fishes. Luxembourg, Publications Office of the European Union.
32. 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). Mol. Phylo.and Evol., **38**(2): 416 - 425 str.

33. Freyhof, J., Lieckfeldt, D., Bogutskaya, N. G., Pitra, C., Ludwig, A. (2005): Phylogenetic position of the Dalmatian genus Phoxinellus and description of the newly proposed genus Delminichthys (Teleostei: Cyprinidae). Mol. Phylo.and Evol.,**38**: 416 - 425 str.
34. Froese, R. i 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. http://www.catalogueoflife.org/col/details/database/id/10
Pristupljeno: 28. travnja, 2016
35. Gaubert, P., Denys, G., i Oberdorff, T. (2009): Genus - level supertree of Cyprinidae (Actinopterygii: Cypriniformes), partitioned qualitative clade support and test of macro - evolutionary scenarios. Biol. Rev. **84** (4): 653 - 689 str.
36. Geri, G., Poli, B.M., Gulatieri, M., Dell Angello, M., Mecatti, M. (1995): Body traits and chemical composition of muscle in mirror carp (*Cyprinus carpio var. specularis*) as influenced by age. Agricult., **129**: 335 - 339 str.
37. Gilbert, S.F. (2000): Developmental Biology. 6th edition. Sunderland (MA): Sinauer associates, **18**: 487 - 508 str.
38. Google maps.
https://maps.google.com/
Pristupljeno: 28.siječnja, 2016.
39. Grande, L. (1998): Fishes Through the Ages. Paxton, J., Eschmeyer W. (ur.). Encyclopedia of Fishes. San Diego, CA: Acad. Pr.. 27 - 31 str.
40. Groombridge, B., i Jenkins, M. D. (2002): World Atlas of Biodiversity. Earth's Living Resources in the 21st Century, UNEP-WCMC (ur.), Berkley US, Univ. of California Pr., 364 str.
41. Helfman, G., B. Collete, D. Facey. (1997): The Diversity of Fishes. Malden, Mass., Blackwell Science, John Wiley & Sons, 736 str.
42. Holden, K.K., i Bruton, M.N. (1995): The early ontogeny of the southern mouthbrooder, *Pseudocrenilabrus philander* (Pisces, Cichlidae). Environ. Biol. Fishes, **41**: 311-329 str.

43. Horvat, I. (1962): Biljnogeografski položaj i raščlanjenost Like i Krbave. Acta Bot. Cro.**XX/XXI:** 233 - 242 str.

44. Horvatić, S., (1963): Vegetacijska karta otoka Paga s općim pregledom vegetacijskih jedinica Hrvatskog primorja. Prir. Istraž. Jugosl. Akad. 33, Scta Biol., Zagreb, **4**: 5 - 187 str.
http://www.environment.gov.au/node/13875

45. Klaić, V. (1982): Povijest Hrvata, Zagreb, Školska knjiga, str 127.

46. Köppen, W. (1884): The thermal zones of the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and of the impact of heat on the organic world, Meteorol. Z., **20**: 351 - 360 str.

47. Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007): Handbook of European Freshwater Fishes. U: Kottelat, C. (ur.). Berlin, Kottelat, Cornol and Freyhof Publications. 646 str.

48. Kottelat, M. (1997): European freshwater fishes. An heuristic checklist of freshwater fishes of Europe (exclusive of former USSR), with an introduction for non - systematists and comments on nomenclature and conservation. Biologia, Sect. Zool. **52** (5): 1 - 271 str.

49. Kovač, V. (1993): Early ontogeny of three *Gymnocephalus* species (Pisces: Percidae): reflections on the evolution of genus. Enviro. Biol.of Fish. **40**: 241 - 253 str.

50. Kovač, V. (2000): Early development of *Zingel streber*. Jour. of Fish Biol. **57**, 1381 - 1403 str.

51. Kruhek, M. (1991): Granice Hrvatskog Kraljevstva u međunarodnim državnim ugovorima, Povijesni prilozi 10, Zagreb, Školska knjiga, 79 str.

52. Langeland, J. i Kimmel, C.B (1997): The embriology of fish. U: Gilbert, S.F. i Raunio, A.M. (ur.) Fishes, Embryology: Constructing the Organism, poglavlje 19., 525 - 537 str.

53. Lleonart J., Salat J., Torres G. J. (2000): Removing Allometric Effects of Body Size in Morphological analysis. J. theor. Biol. **205**: 85 – 93 str.

54. Marčić, Z. (2013): Taxonomic, biological and ecological characteristics of the genus Telestes Bonaparte 1837 (Actinopterygii) in the area of Velika Kapela and

Mala Kapela mountains. Doctoral thesis, Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology.

55. Marković, M. (2003): Hrvatske pokrajine: prirodno - geografska i povijesno - kulturna obilježja, Zagreb, Naklada Jesenski i Turk.
56. Meffe, G.K. (1990): Genetic approach to conservation of rare fish: examples from North American desert species. Jour. of Fish Biol. **37A**: 105 - 112 str.
57. Mihinjač, T., Marčić, Z., Buj, I., Zanella, D., Mustafić, P., Mrakovčić, M., Ćaleta, M. (2015): Threatened fishes of the world: Delminichthys krbavensis (Zupančič & Bogutskaya, 2002) (Cyprinidae). Cro. Jour. of Fish., **73**: 33 - 34 str.
58. Mijatović, A. (2005): Bitka na Krbavskom polju 1493. godine, Zagreb, Školska knjiga, 127 str.
59. Moriyama, Y. i Takeda, H. (2013): Evolution and development of the homocercal caudal fin in teleosts. Development, Growth & Differentiation **55** (8): 687–698 str.
60. Moyle, P., J. Cech. (2004): Fishes: An Introduction to Ichthyology - fifth edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice - Hall, Inc.
61. Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Ćaleta, M., Mustafić, P. & Zanella, D. (2006): Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Zagreb, Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode.
62. Mrakovčić, M., Ćaleta, M., Mustafić, P., Marčić, Z., Zanella, D., Buj, I. (2010): Report of recommendations potential NATURA 2000 sites – freshwater fishes. Zagreb, Hrvatsko ihtiološko društvo,.
63. Nelson, J.S. (2006): Fishes of the world. 4th ed. Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
64. Nikolić, T., Milović, M., Bogdanović, S., Jasprica, N., (2015): Endemi u hrvatskoj flori. Zagreb, Alfa d.d., 500 str.
65. Okabe, M. i Graham, A. (2004): The origin of the parathyroid gland. USA, Proc. Natl. Acad. Sci. **101**, 17716 - 17719 str.
66. Paine, M.D., and Balon, E.K. (1984): Early development of the rainbow darter, *Etheostoma caeruleum*, according to the theory of saltatory ontogeny. Environ. Biol. Fishes, **11**: 277 - 299 str.

67. Palandačić, A., Matschiner, M., Zupančič, P., & Snoj, A. (2012): Fish migrate underground: The example of Delminichthys adspersus (Cyprinidae). Mol.Ecol., **21** (7), 1658–1671 str.
68. Palandačić, A., Zupančič, P., & Snoj, A. (2010): Revised classification of former genus Phoxinellus using nuclear DNA sequences. Biochem.Syst. and Eco., **38**(5), 1069–1073 str.
69. Pavić i sur, (2009): Razlike u signalnim lipidnim domenama mozga pastrve i šarana kao osnova razlike u njihovu ponašanju na različitim temperaturama. Uzgoj slatkovodne ribe, stanje i perspektiva, zbornik radova, 103 str.
70. Perea, S., Böhme, M., Zupančič, P., Freyhof, J., Sanda, R., Ozuluğ, M., Doadrio, I. (2010): Phylogenetic relationships and biogeographical patterns in Circum - Mediterranean subfamily Leuciscinae (Teleostei, Cyprinidae) inferred from both mitochondrial and nuclear data. BMC Evol. Biol., **10** (1), 265 str.
71. Philippart, J. C. (1995): Is captive breeding an effective solution for the preservation of endemic species? Biological Conservation **72**: 281 - 295 str.
72. Piškorić, O. (1965): Dvije stota godišnjica značajnih dokumenata našeg šumarstva, Šum. List br. **9 - 10**, 436 - 465 str.
73. Pollar M., Jaroensutasinee M., Jaroensutasinee K. (2007): Morphometric analysis of Tor tambroides by Stepwise Discriminant and Neural Network Analysis. World Acad. of Sci., Eng. and Tech.**33**: 16 – 20 str.
74. Poncin P., Stomboudi, M.Th., Gervalle, L., Barbieri, R., Economou, A.N., Economidis, P.S. (2004): The sawning behavior of the endangered freshwater fish *Ladigesocypris ghigii* (Gianferrari, 1927).
75. Pravilnik o strogo zaštićenim vrstama NN 144/13
Pristupljeno 11. svibnja, 2016.
76. Rahmann H., Jonas U., Kappel T., Hilderbrandt H. (1998): Differential involvement of gangliosides versus phospholipids in the process of temperature adaptation in vertebrates. A comparative phenomenological and physicochemical study. Ann. NY Acad. Sci. **845**: 72 - 91 str.

77. Rønnestad, I., Morais, S., Hamre, K. (2009): Development of the digestive system. The fish larva: a transitional life form, The foundation for aquaculture and fisheries. Research Councile of Norway.
78. Sabol, M. (1977): Sportski ribolov na kopnenim vodama, Čakovec, TIZ "Zrinski", 68 - 71 str.
79. Sæle, O., Moren, M., Helland, A. (2009): Development of bone. The fish larva: a transitional life form, the foundation for aquaculture and fisheries. Research Councile of Norway.
80. Safner, R. (1998): Utjecaj spola na randman četiri populacije konzumnog šarana (*Cyprinus carpio* L.). Doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb.
81. Sanjur, O.I., Carmona, J.A., Doadrio, I. (2003): Evolutionary and biographical patterns within Iberian populations of genus Squalius inferred from molecular dana. Mol. Phyl. Evol. **29**: 20 - 30 str.
82. Sordino, P., van der Hoeven, F. i Duboule, D. (1995): Hox gene expression in teleost fins and the origin of vertebrate digits. Nature **375**, 678–681 str.
83. Tomljanović, T., Piria, M., Treer, T., Safner, R., Šprem, N., Aničić, I., Matulić, D., Kordić, V. (2011): Morfološke osobine šaranskih populacija *(Cyprinus carpio carpio L.*) u Republici Hrvatskoj. Rib., **69** (3): 81 - 93 str.
84. Treer, T., Safner, R., Aničić, I., Kolak, A.,Dražić, M. (2000): Morphological variation amoung four strains of common carp (*Cyprinus carpio* L.) Cro. Folia Zoo., **49** (1): 69 - 74 str.
85. Van den Burg, E.H., Peeters, R.R., Verhoye, M., Meek, J., Flik, G., Van der Linden A. (2005): Brain responses to ambient temperature fluctuations in fish: reduction of blood volume and initiation of a whole-body stress response. J Neurophysiol. **93**(5): 2849 - 55 str.
86. Van den Burg, E.H., Peeters, R.R., Verhoye, M., Meek, J., Flik, G., Van der Linden A. (2006): Activation of a sensorimotor pathway in response to a water temperature drop in a teleost fish. J Exp Biol. **209** (11): 24 str.
87. Vukelić, M. (2001): Laudonov gaj. Šum. List br. **7 - 8**: 425 - 436 str.

88. Wimberger P. H. (1992): Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: Cichlidae). Biol. Jour. of the Linnean Soc. **45**: 197 – 218 str.

89. Yano, T. i Tamura, K. 2013. The making of differences between fins and limbs. J. Anat. **222**: 100–113 str.

90. Zakon o potvrđivanju Konvencije o biološkoj raznolikosti NN - MU 6/96
91. Zakon o potvrđivanju Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska Konvencija) NN–MU 6/00
92. Zakon o slatkovodnom ribarstvu NN 106/01,7/03, 174/04, 10/05, 49/05, 14/14
93. Zakon o zaštiti prirode NN br.: 80/13, pravilnik o strogo zaštićenim vrstama, NN 144/13
94. Zanella, D. (2007): Biološke i ekološke značajke vrste *Knipowitschia croatica* Mrakovčić et al. 1994 (Actinopterygii, Gobiidae) u rijeci Matici (Vrgorac), Doctoral thesis, Faculty of Science, Department of Biology.
95. Zardoya R., Doadrio I. (1999): Molecular Evidence on the Evolutionary and Biogeographical Patterns of European Cyprinids. Jour. of Mol.Evol. **49**: 227 - 237 str.

96. Zheng, W., Wang, Z., Collins, J. E., Robert, M., Andrews, R. M., Stemple, D. & Gong, Z. (2011): Comparative transcriptome analyses indicate molecular homology of zebrafish swimbladder and mammalian lung. PLoS One **6** (8): e24019.
97. Zupančič P. i Bogutskaya N.G. (2002): Description of two new species, *Phoxinellus Krbavensis* and *P. Jadovensis*, re - description of *P. Fontinalis* Karaman, 1972, and discussion of the distribution of *Phoxinellus* species (Teleostei: Cyprinidae) in Croatia and in Bosnia and Herzegovina. Nat. Cro. **11** (4): 411 - 437 str.

98. Zupančič, P. (2008): Rare and endangered freshwater fishes of Croatia, Slovenia and Bosnia and Hercegovina - Adriatic Basin. Dolsko, Agencija AZV Dolsko d.o.o.,79 str.

99. Zupančič, P. i Bogutskaya, N. G. (2000): Description of a new species, Phoxinellus dalmaticus (Cyprinidae: Leuciscinae), from the Cikola river in the Krka river system, Adriatic basin, (Croatia). Nat. Cro., **9** (2): 67–81 str.

100. Županijska razvojna strategija Ličko - senjske županije 2011. - 2013. Gospić (2010): 45 - 59 str.

7. ŽIVOTOPIS

OSOBNI PODACI:

Ime i prezime: Ana Tominac
Mjesto i datum rođenja: Zagreb, 4.srpnja, 1990.
Kontakt telefon: +385998108 656
Adresa: Augusta Šenoe 72, Velika Gorica
Email: anatomija007@gmail.com

FORMALNO OBRAZOVANJE:

- 1997. - 2004. OŠ Jurja Habdelića, Velika Gorica.
- 2005. - 2009. X. Gimnazija „Ivan Supek“, opća gimnazija, Zagreb.
- 2009. - 2016. PMF, Biološki odsjek, biologija i kemija, smjer nastavnički, Zagreb.

Aktivnosti vezane uz obrazovanje:

- Sudjelovanje na otvorenom danu kemije 2015. godine, prezentacije i demonstracije u sklopu zavoda za fizikalnu kemiju.
- Sudjelovanje na noći biologije 2014. godine, radionice i prezentacije fiziologije bilja.
- The Globe program: A worldwide science and education program; status: Pre - service teacher since 2014.
- Član Hrvatskog kemijskog društva od 2014.; Studentska sekcija.
- Sudjelovanje u projektu sufinanciranom od strane EU u okviru Europskog socijalnog fonda za razvoj ljudskih potencijala: IPAQ Peta 2014/2015.
- Položen I. Stupanj francuskog jezika prema zajedničkom europskom referentnom okviru u ljetnom semestru 2010./2011., Diploma centra za strane jezike Filozofskog fakulteta u Zagrebu.

Studentski poslovi:

- 2009 - 2016: GSKG Zagreb; kovertiranje rješenja i uplatnica komunalne i vodne naknade; Sektor naplate.
- 2015: Ispomoć u trgovinama Topshop i Dormeo, Arena Centar Zagreb.
- Sudjelovanje na stručnom skupu za učitelje i nastavnike biologije u srednjim školama i njihove učenike: Istraživački projekt u srednjoj školi 25.9.2014.
- Član biračkog odbora u Velikoj Gorici; parlamentarni izbori 2015.
- Unikomerc - uvoz, Velika Gorica; 2016.

Ostalo:

- Izvrsno poznavanje i služenje engleskim jezikom u govoru i pisanju.
- Dobro poznavanje i služenje talijanskim jezikom u govoru i pisanju.
- Rad u MS Office programu, GIMP - u, Photoshopu.