

Tea Tomljanović

Endemska mekousna pastrva solinka (*Salmo obtusirostris salonitana*)

Tea Tomljanović
HR, 10000 Zagreb
Sveučilište u Zagrebu
Agronomski fakultet
Zavod za ribarstvo,
pčelarstvo, lovstvo i
specijalnu zoologiju
Svetošimunska 25

Mekousna pastrva (*Salmo obtusirostris salonitana*) je endemska pastrva s izvornim staništem u rijeci Jadro. Dio populacije naknadno je prebačen i u rijeku Žrnovnicu, gdje i danas obitava. Pripada u porodicu Salmonidae. Kao i ostale podvrste roda *Salmo obtusirostris*, ograničena je na usko područje rasprostranjenosti te i najmanji utjecaji na njezino stanište imaju veliko djelovanje na malu populaciju. Populacije mekousnih pastrva neprestano bivaju ugrožene mnogim faktorima. U vodama gdje uz mekousnu nalazimo i potočnu pastrvu uočeno je postojanje hibrida. Pomoću genetskih markera definirana je genska struktura populacija endemske mekousne pastrve iz Jadra i Žrnovnice. Solinka je definirana kao prirodna hibridna vrsta, nastala kao posljedica davne hibridizacije izvornoga oblika mekousne pastrve (*S. o. oxyrhynchus*) s naprednijom potočnom pastrvom (*S. trutta*).

Ključne riječi: solinka, endem, filogenetika, ugrožena vrsta

UDK: 597.553.2

Pregledni članak
Primljeno: 8. siječnja 2014.

Hrvatska je u svjetskim ihtiološkim krugovima poznata po postojanju brojnih endemskih vrsta i podvrsta riba.¹ Razlog izuzetne specijacije slatkovodne ihtiofaune je postojanje dvaju velikih riječnih slivova, dunavskoga i jadranskoga, na relativno malom području. Jadranski sliv, s pripadajućom površinom od 23.800 km², ubraja se među najmanja ihtiofaunska područja ovoga dijela Europe. Rijeke toga sliva znatno se međusobno razlikuju po dužini toka i mjestu poniranja, a većinom su izrazito kratke i izolirane.² Procesom specijacije u njima su se razvile endemske riblje vrste i podvrste (ponajprije iz porodice pastrva, Salmonidae, te šaranki, Cyprinidae, ali i druge). Gotovo svaka rijeka toga područja ima bar jednu endemsku vrstu. Iako su posljednjih godina vršena brojna istraživanja ihtiiofaune, postoji ipak određeni broj nedovoljno opisanih vrsta.³

Po teorijama, baziranim na fosilnim i paleogeografskim istraživanjima, endemi jadranskoga sliva predstav-

ljaju ostatke populacija izvedenih iz primarnih paratetskih riba, koje su prodrile u jadransko područje prije pet milijuna godina kada je cijelo Sredozemno more bilo djelomično punjeno slatkom vodom iz Paratetisa.⁴ Nakon invazije slane vode kroz Gibraltarski kanal ribe u Jadranskom moru su nestale, a preživjele su samo one koje su živjele u perijadranskim prastarim rijekama. Te ribe su kasnije bivale ugrožene u nekoliko ledenih doba. Njihova dugotrajana izoliranost uzrokovala je formiranje različitih homogenih populacija. Upravo je to slučaj s mekousnim pastrvama koje naseljavaju jadranski sliv i područje zapadnoga Balkana.

Mekousnu pastrvu prvi je opisao Heckel (1851.) u Jadrinu, zatim u Zrmanji i Vrljici, a nazvao ju je *Salar obtusirostris*.⁵ Nakon toga morfološke razlike karakteristične za različite populacije mekousne pastrve dovele su do opisa

1 P. S. Economidis – P. M. Banarescu 1991.

2 M. Mrakovčić – S. Mišetić – M. Povž 1995.

3 P. G. Bianco – B. Knežević 1987; M. Mrakovčić – S. Mišetić 1989; T. Tomljanović et al. 2013.

4 A. Snoj 2001, str. 7-9; J. J. Heckel 1851.

5 J. J. Heckel 1851.

triju navodnih podvrsta: *Salmo obtusirostris oxyrhynchus* iz rijeke Neretve u Bosni i Hercegovini, *Salmo obtusirostris salonitana* iz rijeke Jadra i *Salmo obtusirostris krkensis* iz rijeke Krke. Mekousna pastrva iz rijeke Zete u Crnoj Gori također se smatra podvrstom *Salmo obtusirostris* i naziva se *Salmo obtusirostris zetensis*.⁶

Mekousna izgledom podsjeća na lipljena (*thymallus*) i pastrvu (*salmo*) pa je tako rod i dobio ime *Salmothymus*, dok *obtusirostris* dolazi od *obtus* – tup i *rostris* – njuška. Latinski nazivi podvrsta *krkensis* i *zetensis* dolaze od naziva vodotoka u kojima obitavaju (Krka, Zeta), dok naziv *salonitana* dolazi od antičkoga naziva Salon za današnji Jadro. Naziv neretvanske podvrste mekusne *oxyrhynchus* dolazi od *oxy* – oštro i *rhincho* – nos.

Povijesno, mekusna pastrva se smatra arhaičnom vrstom pastrve. Zahvaljujući morfološkim osobitostima njezin taksonomski položaj je mijenjan u više navrata, što je vidljivo iz više različitih znanstvenih imena kao što su *Thymallus microlepis*,⁷ *Salmothymus obtusirostris*⁸ i *Salmo obtusirostris*.⁹ Nedavno napravljene usporedne morfološke studije stavljaju mekusnu pastrvu bliže rodu *Salmo* ili čak u nj, s iznimkom Stearley i Smith, koji je smještaju u rod *Salmothymus*.¹⁰ Genetske analize u novije vrijeme, kao i prethodne studije, jasno smještaju mekusnu pastrvu unutar roda *Salmo*.¹¹ Filogenetski mekusna pastrva se smješta između potočne pastrve (*Salmo trutta*) i atlantskoga lososa (*Salmo salar*).

Porodica Salmonidae

Mekousna pastrva pripada porodici Salmonidae koja pripada redu Salmoniformes. Red Salmoniformes sastoji se od dva podreda: Osmeroidei i Salmonoidei. Složena sistematika porodice Salmonidae pripisuje se izuzetnoj sposobnosti adaptacije pripadajućih ribljih vrsta. Sve salmonidne vrste riba obitavaju isključivo u hladnim, bistrim i nezagađenim potocima, rječicama ili rijekama brza toka, koje su bogate otopljenim kisikom, ili u planinskim jezerima u kojima se temperatura vode kreće oko 10°C i koja ni u najtoplije doba godine ne prelaze 18°C ili 20°C. To su sve reofilne vrste riba, vretenasta oblika tijela prilagođena životu u brzim riječnim tokovima. Salmonidae su izraziti predatori, jedu živu hranu, stoga im je želudac prilagođen probavi hrane animalnoga porijekla, širok je i mišićav.

Genetskim analizama pastrva iz različitih dijelova Europe uočeno je da pastrve određenoga geografskog područja imaju zajedničke osobine i na genetskoj razini.¹² Na taj način uočeno je pet različitih grupa pastrva vezanih za određena geografska područja, odnosno za osnovne riječne slivove u Europi. Izdvojeno je pet samostalnih jedinica, filogenetskih grupa, odnosno geografskih linija:

- atlantska linija
- dunavska ili crnomorska linija
- sredozemna linija
- jadranska linija
- *marmoratus* linija.

Prije približno 10 milijuna godina, iz zajedničkoga pretka, nastale su dvije vrste: losos i pastrva. Razdvajanje pastrva prema filogenetskim linijama od zajedničkoga pretka zbilo se prije 2,5 milijuna godina. Prvo se, prije 2,5 milijuna godina, iz jedinstvene vrste pastrva odcijepila atlantska linija, a kasnije, kroz oko milijun godina (već u ledenom dobu) formirale su se još dvije nove grupe: dunavska i jadransko-mediteranska. Kasnije, zbog burnih geomorfoloških zbivanja u ledenom dobu, nastale su još tri linije: mediteranska, jadranska i linija *marmoratus*. Pretpostavlja se da je jadranska linija potočne pastrve prvo naselila staništa jadranskoga sliva, a kasnije se na tom području pojavila i linija *marmoratus*. U vrijeme hladnijih intervala ledenoga doba, zbog nastanka velikih količina leda, razina mora spustila se čak za više od 150 metara. Posljedica sniženja razine mora bilo je i povezivanje rijeke, koje su se ranije izljevale direktno u more. Upravo je to omogućilo ribama da nesmetano migriraju iz jedne rijeke u drugu. Svaka linija ima neka zajednička morfološka obilježja. Za jadransko-mediteransku liniju pastrva karakteristična je još i sitna crno-crvena pigmentacija.

Mekousna pastrva (*Salmo obtusirostris* Heckel 1851.)

Mekousna pastrva je zasigurno jedna od najintragantnijih vrsta, čija je klasifikacija pobuđivala pozornost znanstvenika od pionirskih studija do današnjih dana. Uvrštavamo je u rod *Salmo*. Mekousna pastrva ima četiri podvrste koje su endemične za srednji i južni jadranski sliv. Karakterizira je neobična sličnost s lipljenom i pastrvom. Osim morfološke sličnosti s lipljenom, naroči-

6 F. Steindachner 1882; S. Karaman 1927; S. Hadžišćić 1961.

7 F. Steindachner 1874.

8 L. S. Berg 1908.

9 R. J. Behnke 1968.

10 A. Svetovidov 1975; C. P. Sanford 2000, str. 178; R. F. Stearley – G. R. Smith 1993.

11 T. Tomljanović 2010; A. Snaj – A. Razpet – S. Sušnik 2007.

12 L. Bernatchez 2001.

to u području trupa, s njim dijeli i neka druga obilježja: zauzimaju ista staništa, imaju slične hranidbene navike, obje vrste žive u jatima i mriješte se u proljeće. Međutim, lipljen nikada nije bio autohton na područjima gdje nalazimo mekousnu pastrvu, već je tamo naknadno unesen. Njihova izrazita sličnost može se objasniti u sličnosti staništa koje su naselili u prošlosti i njima se prilagodili. Zbog specifičnoga izgleda mekousnu pastrvu nazivaju reliktom davne zemljine prošlosti jer posjeduje veći broj »primitivnih« pleziomorfni obilježja (kratke čeljusti, mala usta, kratki zubi te spada u obligatorne slatkovodne ribe).

Izdvojene su četiri podvrste mekousne pastrve:

Salmo obtusirostris salonitana Karaman, 1926.

Salmo obtusirostris krkensis Karaman, 1926.

Salmo obtusirostris zetensis Karaman, 1932.

Salmo obtusirostris oxyrhynchus Steindachner, 1882.

Zajedničke karakteristike podvrsta mekousne pastrve su:

- malene ljuske
- zlatni sjaj tijela

- mala usta s mesnatim usnama
- kratke čeljusti
- sitni zubi
- želudac s velikim brojem piloričkih nastavaka (48 – 91)
- guste tamne točke iza škrga sve do leđne peraje
- rijetko raspoređene crvene točke koje dopiru do kraja tijela
- peraje bez pigmenta, osim leđne peraje
- proljetni mrijest.

Solinka – *Salmo obtusirostris salonitana* Karaman, 1926.

Podvrsta mekousne pastrve solinka (*S. o. salonitana*) naseljava kratke kraške rijeke Jadro i Žrnovnicu, koje se ulijevaju u more u blizini Splita. Ukupna duljina rijeke Jadro je 4,5 km (sl. 1). Iako se vodom iz Jadra opskrbljuje grad Split i njegova okolica, područje sliva podložno je onečišćenju jer se radi o jako naseljenom području. Žrnovnica je kratka kraška rijeka, dužine toka od 5,3 km.¹³ Prije izgradnje brane kod Prančevića, rijeka Žrnovnica nije



Slika 1.
Gornji tok rijeke Jadra, stanište solinke (snimila T. Tomljanović)

¹³ N. Štambuk-Giljanović 2002.



Slika 2.

Mekousna pastrva solinka (*S. o. salonitana*) (snimila T. Tomljanović)

imala stalan tok. Za ljetnih mjeseci rijeka je presušivala pa u njoj ihtiofauna nije postojala. Kad je brana izgrađena, Žrnovnica je dobila stalan tok te su godine 1965. iz Jadra unesene 24 odrasle jedinke mekousne pastrve. Danas je Žrnovnica postala pogodna i za druge vrste riba pa, uz mekousnu pastrvu, nalazimo kalifornijske pastrve (*Oncorhynchus mykiss*) i jegulje (*Anguilla anguilla*). Treer i suradnici proučavali su rast i kondiciju mekousne pastrve u Žrnovnici i Jadru.¹⁴ Zaključili su da ima dobar rast u oba staništa, no bolji rast ipak pokazuje u rijeci Žrnovnici. Naglašavaju da se translokacija u novo stanište u ovom slučaju pokazala kao dobar postupak za zaštitu ove ugrožene vrste. Djelomično slabiji rast u Jadru objašnjavaju postojećim vodnim regulacijama te gušćom naseljenosću uza samu rijeku, tj. jačim antropogenim utjecajem. Osim toga, u Jadru postoji i mnogo veća vrsna kompeticija.

Uz glavaticu (*Salmo marmoratus*), mekousna je najveća pastrvska vrsta jadranskoga sliva. Može narasti i više od 700 mm, iako su takvi primjerci rijetki. Tijelo joj je vretenasto, s kratkom glavom i malim ustima. Usta su poludonja do donja s iznimno mesnatim usnama. Zubi su mali, a često ih i nema. Tijelo je prekriveno relativno sitnim ljuskama kojih u bočnoj pruzi može biti od 100 do 120. Broj žbica u perajama je D IV 11, a IV 9, V II 8, P I 12, C 19. Obojenost je različita među populacijama i varira od sive do zlatne. Truh je bijel. Na škržnom se poklopcu obično nalaze tamne mrlje, a znaju biti brojne i na bokovima prednjega dijela trupa. Na bokovima se nalaze i crvenonarančaste mrlje koje se mogu protezati sve do drška repne peraje (sl. 2).

Mekousna se mrijesti pri temperaturama iznad 10° C tijekom veljače i ožujka, a ponekad i do svibnja. Ženke na šljunkovitom dnu iskopaju trlo u koje odlažu jajašaca, a mužjaci ih oplođuju. Mrijest se uglavnom odvija tijekom noći. Hrane se raznim sitnim vodenim beskralješnjacima, najčešće ličinkama vodenih kukaca te račićima. U prehrani su iznimno zastupljeni *Chironomidae*, ličinke dvokrilaca. Za vrijeme mrijesta smanjuju unos hrane i kraće vrijeme gladuju. Nastanjuju čiste i hladne krške vode bogate kisikom, a zadržavaju se u njihovim dubljim, sporije tekućim dijelovima. Tijekom dana se uglavnom skrivaju među vodenim biljem i u sjeni, a tijekom noći izlaze u potragu za hranom. Početak mrijesta mekousne pastrve u Žrnovnici je u trećoj, a puni mrijest u četvrtoj godini života.

Za mekousnu pastrvu možemo reći da je jedna od najugroženijih slatkovodnih riba. Područje koje naseljava je poprilično usko pa njegovo zagađenje ima drastične posljedice za ovu vrstu. Naglašenom smanjenju njene brojnosti pridonose i drugi čimbenici:

1. Nekontroliranim unošenjem alohtonih vrsta u njezina prirodna staništa (npr. kalifornijske pastrve) dolazi do direktne kompeticije u hranidbenoj niši i do genetičkoga onečišćenja (mekousna pastrva se uspješno križa s potčinom pastrvom na prostoru gdje dijele ista staništa).
2. Izgradnja pregrada i retencija postupno dovodi do zagrijavanja vode. Temperatura od 20° C je letalna za mekousnu pastrvu.
3. Prekomjerno oduzimanje vode dovodi do smanjenja protoka i brzine vode, što posebno za ljetnih mjeseci

¹⁴ T. Treer et al. 2003a; T. Treer et al. 2003b.

uvjetuje zagrijavanje vode. Smanjenje brzine vodeno-ga toka ima za posljedicu manju količinu otopljenoga kisika, na što je mekousna pastrva naročito osjetljiva. Smanjen protok dovodi do nestanka brzica i slapova gdje jednogodišnje jedinke nalaze zaklon.

4. Organska i druga onečišćenja su posredno i neposredno uzrok smanjenja populacije. Razgradnjom organske tvari dolazi do povećane potrošnje kisika, a mekousna pastrva se pokazala vrlo osjetljivom na smanjenje količine kisika u vodi (sl. 3).¹⁵
5. Ribolov, naročito prelov, uzrokuje smanjenje prirodnih populacija, a time i inerpulacijski i intrapulacijski polimorfizam.
6. Uništavanje staništa i vodnogospodarski zahvati (kanaliziranje, brane) ugrožavaju mekousnu pastrvu (sl. 4).

Kako bi se očuvala ova vrsta potrebno je prestati unositi alohtone kompeticijske riblje vrste, provesti njezinu potpunu zaštitu u smislu izlova, ne mijenjati i ne uništavati njezina staništa te u ribogojilištima uzgajati nasadni

materijal čije bi se potomstvo unosilo u prirodna staništa mekousne pastrve. Ponovno obnavljanje uništenih i promijenjenih staništa vrlo je složeno i zahtijeva velika sredstva. Zaštita i obnavljanje promijenjenih i uništenih staništa vrlo je važna za dugoročno očuvanje ugroženih vrsta. Pri tome bi prednost trebale imati one vode kod kojih utjecaj čovjeka nije prevelik i u kojima još obitava vrsta ili populacija koju želimo zaštititi. Potreban je potpuni nadzor takvih voda, a sve aktivnosti koje bi negativno djelovale na ugroženu populaciju treba svesti na minimum.¹⁶

Pomoću molekularno-genetskih metoda utvrdila se povijest, klasifikacija i filogenetsko mjesto mekousne pastrve solinke u skupini salmonida. Dugo je bilo upitno može li se solinka mrijestiti s potočnom pastrvom te, ako može, ugrožava li to njezino postojanje. I to se pitanje pokušalo riješiti pomoću molekularnih metoda.

U analizu je bilo uključeno pet populacija pastrva: mekusne pastrve iz Jadra (*S. o. salonitana*), Žrnovnice (*S. o. salonitana*) i Neretve (*S. o. oxyrhynchus*) te potočne pastr-



Slika 3.
Donji tok rijeke Jadra (snimila T. Tomljanović)

¹⁵ O. Bonacci et al. 1998.

¹⁶ S. Sušnik 2001, str. 13-15.



Slika 4.
Kanaliziranje rijeke Žrnovnice (snimila T. Tomljanović)

ve iz Krke (*S. trutta*) i Zrmanje (*S. trutta*). Ribe su lovljene u gornjim tokovima rijeka električnim agregatom. Nakon uzimanja uzoraka za molekularnu analizu ribe su puštene natrag u vodu. Ribama je odstranjen dio podrepne peraje, oko 0,5 cm², i pohranjen u 96% etanolu do daljnje analize.

DNA molekula, koja je nosilac nasljednih osobina, izolirana je iz tkiva pomoću komercijalnih kitova za izolaciju Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega). Izolacija je napravljena prema uputama proizvođača. Uspješnost izolacije DNA provjerna je na 1% agaroznom gelu, a uzorci su vizualizirani pomoću Macrouve UV transilluminatora. Za analizu filogenetskoga mjesta mekousne pastrve solinke korištena je analiza mitohondijske DNA.

Na umnoženom dijelu mtDNA, kontrolnoj regiji, provjeren je polimorfizam nukleotidnih mjesta koja prepoznaju restriksijski enzimi. Mnoge studije u određivanju stupnja različitosti između populacija i unutar njih koriste se tehnikom rezanja mtDNA s restriksijskim endonukleazama (engl. restriction fragment length polymorphism – RFLP), pri čemu se molekula razreže specifičnim restriksijskim enzimima, a potom se produkti odvajaju po veličini koristeći gel elektroforezu. Restriksijska mjesta se mapiraju, odnosno bilježi se njihova prisutnost ili odsutnost. Upotrijebljeni su restriksijski enzimi *Alu I* i *Eco 130 I*. Restriksijska endonukleaza *Alu I* cijepa produkte na prepoznatljivoj sekvenci ag/ct, a *Eco 130 I*

na sekvenci c/cttg. Prvotno je analiziran 1200 bp dug dio kontrolne regije. Rezanje restriksijskim enzimom omogućilo je nastajanje polimorfničkih restriksijskih fragmenata te na taj način prvotno i razlikovanje populacija *S. o. oxyrhynchus* i ostalih. Kako ne postoji restriksijski enzim koji bi prepoznao populaciju *S. o. salonitana*, za njezino tipiziranje korištena je složena metoda sekvencioniranja.

Sekvencioniranje je izvršeno na dva odsječka mtDNA koja su prethodno umnožena lančanom reakcijom polimeraze: na 5-kraju gena za citokrom *b* i na 5-kraju kontrolne regije. Sekvencioniran je dio kontrolne regije od 412 bp. Tada je uočeno pet različitih haplotipova. Kod potočnih pastrva iz rijeke Zrmanje uočena su dva različita haplotipa. U Krki je uočen novi haplotip jadranske pastrve. Svi oni pripadaju jadranskoj filogenetskoj liniji potočne pastrve. Kod mekousne pastrve iz rijeke Neretve uočen je ranije zabilježen haplotip Soxy. Sekvencionirana kontrolna regija kod populacija mekousne pastrve iz Jadra i Žrnovnice bila je jednaka, a na tom odsječku pronađeno je jedno varijabilno mjesto na osnovu kojega je populaciji mekousne pastrve iz Žrnovnice pripisan novi haplotip, koji je nazvan ZRN.

Populacija mekousne pastrve u rijeci Žrnovnici nastala je odvajanjem dijela jedinki iz Jadra, stoga nije neobično što te populacije imaju jednak haplotip. Haplotip ZRN je prvi genetski marker koji opisuje solinku. Novi haplotip se

razlikuje od ostalih po dodatnoj tranziciji T→C na 261 bp sekvencioniranoga dijela.

Analizirani uzorci uspoređeni su s populacijama čije se sekvence nalaze u banci gena (engl. *Gen Bank*). Radi mogućih povratnih mutacija u području kontrolne regije, naročito kod mekousne pastrve iz Neretve, odnosi između istraživanih haplotipova istraženi su i na sekvencioniranom dijelu gena za citokrom *b*. Citokrom *b* je vjerojatno najbolje proučen gen u mtDNA kod riba. On ima ulogu u kodiranju proteina važnih u procesu disanja kod staničnoga metabolizma. Citokrom *b* se vrlo često koristi kod istraživanja strukture i porijekla ribljih populacija.

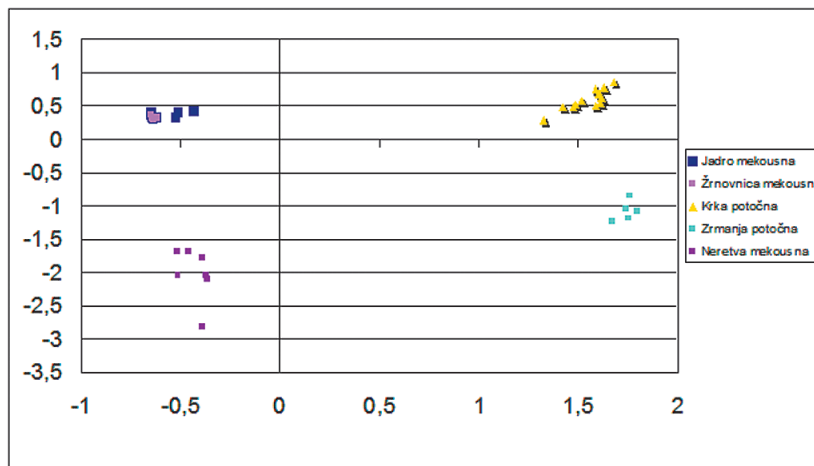
Na osnovu podataka od citokroma *b* i kontrolne regije potočna pastrva iz Zrmanje predstavlja oblik jadranske linije pastrve. *S. o. salonitana* i *S. o. oxyrhynchus* znatno se razlikuju, ali s druge strane *S. o. salonitana* pokazuje izuzetnu sličnost s populacijom *S. trutta* (jadranske filogenetske linije) koja obitava u istoj rijeci kao i *Salmothymus*. S obzirom na to *S. o. salonitana* bila bi smještena sa *S. trutta* kao njezina posebna linija.

Analizom uzoraka *S. o. salonitana* iz Jadra i Žrnovnice ustanovili smo da uzorci dijele isti haplotip (ZRN), što nije neobično budući da je populacija mekousne pastrve u rijeci Žrnovnici nastala odvajanjem dijela jedinki iz Jadra. Haplotip ZRN je prvi genetski marker koji opisuje populaciju mekousne pastrve solinke iz Jadra i Žrnovnice. Prema rezultatima dobivenim iz mtDNA solinka je veoma bliska s jadransko-mediteranskom filogeografskom linijom potočne pastrve i filogenetski se znatno razlikuje od

podvrste mekousne pastrve iz rijeke Neretve. Međutim, nukleotidna analiza gena za laktat dehidrogenazu je pokazala stopostotnu identičnost između solinke i podvrste mekousne pastrve iz rijeke Neretve i znatno velike razlike između solinke i potočne pastrve. Ukupna genetska slika stoga ukazuje na neusklađene rezultate između podataka dobivenih iz nuklearne i mitohondrijalne DNA, što je već ranije zabilježeno kod riba iz porodice pastrva. Takav slučaj s velikom vjerojatnošću ukazuje na to da je solinka takozvana prirodna hibridna vrsta koja je nastala kao posljedica davne hibridizacije izvornoga oblika mekousne pastrve (*S. o. oxyrhynchus*) s naprednijom potočnom pastrvom, koja je rijeke jadranskoga sliva kolonizirala mnogo kasnije.

Drugi molekularni marker koji je korišten u ovom istraživanju je mikrosatelitska DNA. Mikrosatelitska DNA predstavlja odličan molekularni alat s kojim je moguće utvrditi razlike na razini roda, ali i nižih taksonomskih jedinica.¹⁷ Za populacijsku studiju mekousne pastrve odabrano je devet mikrosatelita iz genetske knjižnice salmonidnih vrsta. Fluorescentno označeni začetni nukleotidi upotrijebljeni su za određivanje dužine mikrosatelitskih lokusa na aparatu ABI PRISM™ 310 (Perkin Elmer). Lančanom reakcijom polimeraze (PCR) umnoženi su odsječci na molekuli DNA.

Predstavnicima svih proučavanih populacija bili su uključeni u analizu glavnih koordinata (sl. 5). Istraživane populacije razdvojile su se na dvije strane: na jednoj strani su bile mekousne, a na drugoj potočne pastrve. Populacije mekousnih pastrva iz Jadra i Žrnovnice su se uvelike preklapale. Od devet analiziranih mikrosatelitskih lokusa kod



Slika 5.

Analiza glavnih koordinata jedinki koje pripadaju različitim populacijama (Tomljanović 2010)

17 R. Chakraborty et al. 1997; D. C. Queller – J. E. Strassmann – C. R. Hughes 1993; C. Schlötterer – D. Tautz 1992.

solinke se na četiri pojavljuju aleli koji su značajni za *S. o. oxyrhynchus*, no u populaciji solinke iz Jadra nalazio se određen broj zajedničkih alela s potočnom pastrvom. Ipak uočeno je da su svi ti aleli vezani za tri uzorka koje smo označili kao hibridne genotipove. Ti uzorci imali su jedan alel od solinke, a drugi alel od potočne pastrve. Ti aleli bili su raspoređeni na osam od devet analiziranih mikrosatelitskih lokusa. Radi specifične distribucije hibridnih genotipova prema kojima je preostali dio analizirane populacije solinke iz Jadra i Žrnovnice homogen, dokaz je da ta tri

uzorka predstavljaju posljedicu nedavnog križanja solinke s potočnom pastrvom. Mogućnost fiziološke hibridizacije između mekousne *S. o. oxyrhynchus* i potočne pastrve već je ranije zabilježena. Taj podatak govori da ne postoji jaka barijera koja bi spriječila križanje mekousne i potočne pastrve. Ovo je izuzetno bitan podatak pri planiranju zaštite solinke. Stoga smatramo da je za uspješnu rehabilitaciju ove ugrožene vrste potrebno hitno zaustaviti svako unošenje potočne pastrve u njezina staništa, u protivnom je moguće da dođe do izumiranja ove endemske vrste.

Literatura

- R. J. Behnke 1968 Robert J. Behnke, *A new subgenus and species of trout* *Salmo* (Platysalmo) *platycephalus*, from south-central Turkey with comments on the classification of the subfamily Salmoninae, *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Museum und Institut* 66, Hamburg 1968, 1-15.
- L. S. Berg 1908 Lev Semyonovich Berg, *Vorläufige Bemerkungen über die europaisch-asiatischen Samoniden, insbesondere die Gattung Thymallus*, *Annuaire du Musée Zoologique de l'Academie Imperiale des Sciences de St. Petersbourg* 12, St. Petersbourg 1908, 500-514.
- L. Bernatchez 2001 Louis Bernatchez, *The evolutionary history of brown trout* (*Salmo trutta* L.) *interred from phylogenetic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation*, *Evolution* 55 (2), Detroit 2001, 351-379
- P. G. Bianco – B Knežević 1987 Pier Giorgio Bianco – Borivoj Knežević, *The Leuciscus cephalus complex* (Pisces, Cyprinidae) in western Balcanic area, *Proceedings V Congress of European Ichthyologists*, Stockholm 1985, 49-55.
- O. Bonacci et al. 1998 Ognjen Bonacci – Mladen Kerovec – Tanja Roje-Bonacci – Milorad Mrakovčić – Anđelka Plenković-Moraj, *Ecologically acceptable flows definition for the Žrnovnica river (Croatia)*, *Regulated Rivers. Research & Management* 14, New York 1998, 245-356.
- R. Chakraborty et al. 1997 Ranajit Chakraborty – Marek Kimmel – David N. Stivers – Leslea J. Davison – Ranjan Deka, *Relative mutation rates at di-, tri-, and tetranucleotide microsatellite loci*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94, Washington 1997, 1041-1046.
- P. S. Economidis – P. M. Banarescu 1991 Panos S. Economidis – Petru M. Banarescu, *The Distribution and Origin of Freshwater Fishes on the Balkan Peninsula, Especially in Greece*, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 76, Berlin 1991, 257-283.
- S. Hadžišće 1961 Stanko Hadžišće, *Zur Kenntnis des Salmothymus ohridanus (Steindachner) (Pisces, Salmonidae)*, *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie Verhandlungen* 14, Stuttgart 1961, 785-791.
- R. G. Harrison 1989 R. G. Harrison, *Animal mitochondrial DNA as a genetic marker in population and evolution biology*, *Trends in Ecology and Evolution* 4 (1), Cambridge 1989, 6-12.

- J. J. Heckel 1851 Johann Jakob Heckel, *Salmo dentex*, Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften 8, Wien 1851, 347-390.
- S. Karaman 1927 Stanko Karaman, *Les Salmonidés des Balkans*, Bulletin de la Société Scientifique de Skoplje 2, Skopje 1927, 253-268.
- B. Lewin 2000 Benjamin Lewin, *Genes VII*, Oxford 2000.
- M. Mrakovčić – S. Mišetić – M. Povž 1995 Milorad Mrakovčić – Stjepan Mišetić – Meta Povž, *Status of freshwater fish in Croatian Adriatic river system*, Biological Conservation 72, Cambridge 1995, 179-185.
- M. Mrakovčić – S. Mišetić 1989 Milorad Mrakovčić – Stjepan Mišetić, *Status distribution and conservation of the salmonid Salmothymus obtusirostris (Heckel) and the cyprinid Aulopyge hugeli (Heckel) in Yugoslavia*, Journal of fish biology 37A, Dunscore 1989, 241-242.
- D. C. Queller – J. E. Strassmann – C. R. Hughes 1993 David C. Queller – Joan E. Strassmann – Colin R. Hughes, *Microsatellites and kinship*, Trends in Ecology and Evolution 8(8), Cambridge 1993, 285-288.
- C. P. Sanford 2000 Cristopher P. Sanford, *Salmonoid Fish Osteology and Phylogeny (Teleostei: Salmonoidei)*, *Theses Zoologicae*, 33, Ruggell 2000, 1-264.
- C. Schlötterer – D. Tautz 1992 Christian Schlötterer – Diethard Tautz, *Slippage synthesis of simple sequence DNA*, Nucleic Acids Research 20, Oxford 1992, 211-215.
- A. Snoj 1997 Aleš Snoj, *Molekularno biološka karakterizacija soške postrvi (Salmo marmoratus, Cuvier 1817)*, Domžale 1997 (doktorska disertacija).
- A. Snoj 2001 Aleš Snoj, *Preservation biology. A case of preserving Marble trout*, Winter School in Molecular Genetics. Lecture notes, Ljubljana 2001.
- A. Snoj et al. 2007 Aleš Snoj – Andrej Razpet -Tea Tomljanović – Tomislav Treer – Simona Sušnik, *Genetic composition of the Jadro softmouth trout following translocation into a new habitat*, Conservation genetic 8(5), London 2007, 1213-1217.
- R. F. Stearley – G. R. Smith 1993 Rodger F. Stearley – George R. Smith, *Phylogeny of the Pacific Trouts and Salmon (Oncorhynchus) and Genera of the Family Salmonidae*, Transactions of the American Fisheries Society 122, New York 1993, 1-33.
- F. Steindachner 1874 Franz Steindachner, *Beschreibung einer neuen Art und Gattung aus der Familie der Pleuronectiden und einer neuen Thymallus*, Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Wien 11 (21), Wien 1874, 171-172.
- F. Steindachner 1882 Steindachner Franz, *Ichthyologische Beiträge (XII)*, Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaften Klasse, Wien 1882, 61-82.
- S. Sušnik 2001 Simona Sušnik, *Polimorfne kromosomske in mitohondrijske DNA lipna (Thymallus thymallus) in filogenetski odnosi med njegovimi geografsko ločenim populacijami*, Domžale 2001 (doktorska disertacija).

- A. Svetovidov 1975 Anatolii Svetovidov, *Comparative osteological study of the Balkan endemic genus Salmothymus in relation to its classification*, Zoologicheskii Zhurnal 54, Moskva 1975, 1174-1190.
- N. Štambuk-Giljanović 2002 Nives Štambuk-Giljanović, *Vode Cetine i njezina porječja*, Split 2002.
- T. Tomljanović et al. 2013 Tea Tomljanović – Tomislav Treer – Vlatka Čurik Ćubrić – Toni Safner – Nikica Šprem – Marina Piria – Daniel Matulić – Roman Safner – Ivica Aničić, *Microsatellite-based genetic variability and differentiation of hatchery and feral common carp Cyprinus carpio L. (Cyprinidae, Cypriniformes) populations in Croatia*, Archives of Biological Sciences 65(2), Beograd 2013, 577-584.
- T. Tomljanović 2010 Tea Tomljanović, *Morfološke i genetske analize šaranskih populacija (Cyprinus carpio) u Republici Hrvatskoj*, Zagreb 2010 (doktorska disertacija).
- T. Treer et al. 2003a Tomislav Treer – Ivica Aničić – Roman Safner – Tea Odak – Marina Piria, *Note on the growth of endemic soft-muzzled trout Salmothymus obtusirostris translocated into a Dalmatian river*, Biologia. Section Zoology 58 (5), Bratislava 2003, 999-1001.
- T. Treer et al. 2003b Tomislav Treer, Ivica Aničić, Roman Safner, Tea Odak, Marina Piria, *Growth and condition of endemic trout Salmothymus obtusirostris in a Dalmatian river Jadro*, 4th World Fisheries Conference, Vancouver 2003.

Summary

Tea Tomljanović

Endemic softmouth trout solinka (*Salmo obtusirostris salonitana*)

Keywords: solinka, endemic, phylogenetics, endangered species

Endemic soft-muzzled trout (*Salmo obtusirostris salonitana*) inhabit the Jadro River, near Split. Part of the population has been translocated to the Žrnovnica River and belongs to the Salmonidae family, genus *Salmothymus*. It has a very restricted distribution, so any interference with its habitat has a negative influence on this small population. Soft-muzzled trout populations are constantly threatened by many factors. In waters where soft-muzzled lives beside the trout, the existence of hybrids has been recorded. Using genetic markers population structure of endemic soft-muzzled trouts from Jadro and Žrnovnica rivers has been defined. Solinka is defined as a naturally bred species, the result of ancient hybridization of original shape soft-muzzled trout (*S. oxyrhynchus*) with more advanced brown trout (*S. trutta*).