

# Dostupnost molekularnih markera najčešćih vrsta riba Jadranskog mora

---

**Buršić, Andrea**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:137:679258>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-27**



*Repository / Repozitorij:*

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti

**ANDREA BURŠIĆ**

**DOSTUPNOST MOLEKULARNIH MARKERA NAJČEŠĆIH VRSTA RIBA  
JADRANSKOG MORA**

Diplomski rad

Pula, 2016.

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Fakultet za odgojne i obrazovne znanosti

**ANDREA BURŠIĆ**

**DOSTUPNOST MOLEKULARNIH MARKERA NAJČEŠĆIH VRSTA RIBA  
JADRANSKOG MORA**

Diplomski rad

**JMBAG:** 0303028120, redoviti student

**Studijski smjer:** Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni učiteljski studij

**Predmet:** Prirodoslovlje

**Znanstveno područje:** Prirodne znanosti

**Znanstveno polje:** Biologija

**Znanstvena grana:** Genetika, evolucija i filogenija

**Mentor:** doc. dr. sc. Mauro Štifanić

Pula, listopad 2016.



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisana Andrea Buršić, kandidat za magistra primarnog obrazovanja ovime izjavljujem da je ovaj Diplomski rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Diplomskog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student

---

U Puli,

2016. godine.



## IZJAVA

### o korištenju autorskog djela

Ja, Andrea Buršić, dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj diplomski rad pod nazivom „**Dostupnost molekularnih markera najčešćih vrsta riba jadranskog mora**“ koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, datum

Potpis

---

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Biološka raznolikost i konzervacijska biologija.....	3
1.2. Ribe .....	5
1.3. Ihtiološka istraživanja Jadrana.....	8
1.3.1. Biološka raznolikost ihtiofaune Jadrana .....	8
1.3.2. Socio-ekonomski aspekti pojave novih vrsta.....	10
1.4. Taksonomija i sistematika.....	13
1.5. Molekularna sistematika .....	28
1.5.1. Molekularni markeri kod riba .....	29
1.6. Cilj istraživanja.....	32
2. Materijali i metode .....	33
3. Rezultati i rasprava .....	35
4. Zaključak .....	46
5. Literatura.....	48
Prilozi.....	52
Sažetak.....	55
Summary .....	56

## 1. Uvod

Moglo bi se pretpostaviti da se čovjekov interes za ribe pojavio čim je čovjek bio u mogućnosti izraziti svoje misli i pojmove jer riba je među mnoštvom ostalih životinja, bila također predmet ranih ljudskih komunikacija. Takva vrsta komunikacije odvijala se najprije crtežima, a kasnije kroz simbole i pisane tekstove. Aristotelova rasprava "Povijest životinja" prvi je poznati dokument koji se bavi ribama kao objektom znanosti o životinjama. Znanstveno istraživanje riba počelo je znatno kasnije. (Nellen i Dulčić, 2008)

U 16. stoljeću ribe su dodatno zaokupile zanimanje čovjeka nakon što je Carl von Linné znanstveno opisao koncept vrste. Zatim su uslijedila razna istraživanja koja su uvelike doprinijela utemeljenju ihtiologije<sup>1</sup> kao posebne znanosti. U 19. stoljeću unutar ihtiologije, velika se pažnja pridavala taksonomiji, deskriptivnoj (opisnoj) biologiji te klasifikaciji. U današnje vrijeme svjedoci smo sve većih promjena koje se događaju u jadranskoj ihtiofauni, odnosno u svijetu riba. Velik broj vrsta je po prvi puta zabilježen, ali i povećanje brojnosti rijetkih vrsta je u stalnom porastu. S druge strane, kako je uočeno pojavljivanje novih, tako je i zabilježeno izumiranje određenih vrsta riba. (Dulčić i sur. 2012).

„More nije samo najveći životni prostor s posebnim životnim uvjetima, nego je, geološki uzeto, najstariji; more je kolijevka života i u njemu nije prestao život od svog prapočetka pa do danas.“ (Milišić, 1994:5) Ono je stanište mnogih tipova životinja, od onih najprimitivnijih pa sve do najodvedenijih, uključujući i ribe koje su u njemu doživjele svoj razvoj. Naše Jadransko more također ima svoj udio u endemičnim vrstama.

Velika bioraznolikost u Hrvatskoj rezultat je geografskih, geomorfoloških, klimatskih i drugih pogodnih okolinskih faktora. Unatoč velikom bogatstvu živoga svijeta, postoji opasnost od izumiranja mnogih vrsta što bi utjecalo na cjelokupan ekosustav, stoga je veoma važno očuvanje bioraznolikosti.

Danas je više od 70% Zemljine površine prekriveno vodom. Iako je Jadran dio Mediterana, to je samostalna bio-geografska i ekološka jedinica koja se sastoji od

---

<sup>1</sup> Ihtiologija jest dio zoologije koji proučava ribe. (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 8.10.2016.)

različitih životnih zajednica. Jadransko more pripada cjelini Sredozemlja po svom postanku, ekološkim svojstvima i živom svijetu. Njegova površina kod srednje razine iznosi 138.595 km<sup>2</sup>. (Dulčić i Dragičević, 2011) Hrvatski dio Jadrana pokriva više od 35% ukupnog hrvatskog teritorija, što znači da je praćenje promjena u morskim ekosustavima i očuvanje biološke raznolikosti<sup>2</sup> od velikog značaja. (Pećarević i sur., 2013). Prema Dulčić i sur. (2005) mnoštvo ribljih vrsta i podvrsta koje su prisutne u Jadranskom moru, grupirane su u 2 klase, 26 redova i 120 obitelji; od ukupnog broja obitelji, 21-na obitelj pripadaj klasi hrskavičnjača, ostatak, u klasu koštunjača.

Jadransko more jedno je od najviše iskorištavanih područja Mediterana. Osim pretjeranog izlova raznih skupina riba, veoma štetan utjecaj na bioraznolikost ima i zagađenje, odnosno onečišćenost. To je osobito vidljivo uz veća urbana područja gdje je prisutno konstantno odlaganje otpada i time poremećena životna zajednica svih organizama unutar ali i izvan morskog pojasa. (Dulčić i sur. 2005)

---

<sup>2</sup> Biološka raznolikost (biodiverzitet), broj, raznovrsnost i promjenjivost živih organizama; pokazuje broj vrsta u cjelini, u određenom području, ekološkom sustavu ili na staništu. (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 8.10.2016.)



## 1.1. Biološka raznolikost i konzervacijska biologija

Ljudi su sastavni dio prirode. Velika je povezanost između čovjeka i okoliša koji ga okružuje. Biološka raznolikost obuhvaća sva živa bića. Ona je temelj zdravlja planeta i ima direktan utjecaj na život svih nas. Prirodne resurse naše planete čine biljke, životinje, zemljište, voda, atmosfera kao i ljudi. Svi smo dio ekosustava naše planete, što znači da ukoliko postoji kriza bioraznolikosti, naši životi će se naći u opasnosti.

Konvencija o biološkoj raznolikosti (Convention on Biological Diversity – CBD) je globalno prihvaćen temeljni dokument za zaštitu biološke raznolikosti koji uspostavlja očuvanje biološke raznolikosti kao temeljno međunarodno načelo u zaštiti prirode i zajedničku obvezu čovječanstva. Donesena je u Rio de Janeiru 1992. godine na Konferenciji Ujedinjenih naroda o okolišu i razvoju. U Republici Hrvatskoj je stupila na snagu 7. listopada 1996. godine. Time se Republika Hrvatska obvezala na ostvarivanje tri cilja (Zaštita- prirode, pristupljeno: 26.7.2016) :

- očuvanje sveukupne biološke raznolikosti
- održivo korištenje komponenata biološke raznolikosti
- pravedna i ravnomjerna raspodjela dobiti koje proizlaze iz korištenja genetskih izvora.

Smanjenje bioraznolikosti znači suočavanje milijuna ljudi s budućnošću u kojoj su smanjene zalihe hrane i gdje čista i pitka voda neće biti česta pojava ili je pak neće biti dovoljno. Količina i tempo kojim trenutno koristimo prirodne resurse naše planete nadilazi održivost sa čak 25%. (Svjetska organizacija za zaštitu prirode, pristupljeno: 26.7.2016).

Hrvatska je zemlja koja ima veliku raznolikost živoga svijeta, no unatoč tome postoji opasnost od izumiranja mnogih vrsta. Ukoliko se na vrijeme ne reagira, ugroženost istih se procjenjuje prema kriterijima Međunarodne unije za očuvanje prirode (International Union for Conservation of Nature) te im se pridodaje pripadajuća kategorija ugroženosti.

Klimatske promjene, ljudsko djelovanje te mnogi drugi čimbenici utječu na život riba u moru i opstanak određenih vrsta. Tako na promjene u ekosustavu i funkcioniranju autohtonih<sup>3</sup> vrsta riba utječu i alohtone<sup>4</sup> vrste riba (Tablica 1.)

Tablica 1. Mogući utjecaji alohtonih vrsta na ekosustav (Dulčić i Dragičević, 2011)

UTJECAJ NA OKOLIŠ
- predatorstvo nad autohtonim vrstama
- smanjenje naseljivog staništa za autohtone vrste
- pojačana kompeticija
- prijenos parazita i bolesti
- mogućnost hibridizacije i smanjenja genetske raznolikosti
- promjene u funkcioniranju ekosustava

Vrste s procijenjenim stupnjem ugroženosti navedene su u crvenim popisima i crvenim knjigama ugroženih vrsta Hrvatske. Standarde za izradu crvenih popisa te pravila i kriterije za procjenu ugroženosti divlje vrste propisuje također Međunarodna unija za očuvanje . Crvene knjige služe za prepoznavanje ugroženih skupina, odnosno stupnja i uzroka njihove ugroženosti te da bi se odredile prioritete mjere za njihovo očuvanje. Najugroženije vrste Zakonom o zaštiti prirode proglašavaju strogo zaštićenima. „U Jadranu živi oko 407 vrsta riba [...] u cijelom je Sredozemlju takvih vrsta oko 700.“ (Turk, 2011:397) Ljudskom krivicom, vrste izumiru 1000 puta brže nego u prirodnim okolnostima. 10-30% vrsta sisavaca, ptica i vodozemaca danas su ugrožene na međunarodnoj razini. Od 1970. do 2003. godine smanjila se populacija 1300 sustavno praćenih vrsta u prosjeku za 30% (Web stranica: Natura 2000).

---

<sup>3</sup> Autohtona vrsta ribe je ona koja je izvorna, nastala bez stranog utjecaja. (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 8.10.2016.)

<sup>4</sup>Alohtona (strana) vrsta riba je vrsta koja nije prirodno obitavala na nekom području (u određenom ekosustavu), nego je u njega dospjela namjernim ili nenamjernim unošenjem (Dulčić i Dragičević, 2011:32).

## 1.2. Ribe

„Ribe (lat. *Pisces*) pripadaju koljenu svitkovaca (lat. *Chordata*), potkoljenu kralježnjaka (lat. *Vertebrata*), a nadrazredu čeljustousta (lat. *Gnathostomata*). Taj veliki i važni nadrazred dijelimo na 4 razreda. Dva od tih razreda su izumrli već u permu (posljednjem periodu paleozoika) zbog nemogućnosti prilagodbe novim, za njih pogubnim promjenama nastalim u tom razdoblju. Gotovo sve danas nazočne vrste spadaju u hrskavičnjače (lat. *Chondrichthyes*) i koštunjače (lat. *Osteichthyes*). Hrskavičnjače su ribe koje su svojim oblikom i načinom života od svog nastanka vrlo malo evoluirale. U hrskavičnjače spadaju nadredi: 1. morski psi (lat. *Squaliformes*), 2. poligače (lat. *Rajiformes*) i 3. cjeloglavke (lat. *Chimaeriformes*). One su karakteristične po svojim primitivnijim (od koštunjača) morfološkim i fiziološkim osobinama, kao npr. kožni zubi umjesto ljusaka, škržni prorezi umjesto škržnog zaklopca, hrskavični skelet po kojem su i dobile ime razreda, nedostatak plivaćeg mjehura itd. Koštunjače su najveći razred u koji pripada većina riba. Dijelimo ih na četiri podrazreda: 1. zrakoperke (lat. *Actinopterygii*), 2. mnogoperke (lat. *Brachiopterygii*), 3. resoperke (lat. *Crossopterygii*) i 4. dvodihalice (lat. *Dipnoi*).“ (Milišić, 1994:9)

„Ribe su prvi kralježnjaci koji su se pojavili na Zemlji i ujedno predstavljaju najveću skupinu kralježnjaka. Prve ribe pojavile su se prije više od 500 milijuna godina, a najvjerojatnije su evoluirale iz beskralježnjaka koji su imali mekano tijelo i hranili se filtriranjem [...] Prve ribe s pokretnim čeljustima te prve životinje s čeljustima uopće pojavile su se prije otprilike 400 milijuna godina. Čeljusti su se razvile iz prednjih škržnih lukova, a njihov je razvoj omogućio raznovrsniju prehranu i naseljavanje različitih ekoloških niša, te samim time i daljnju evoluciju.“ (Sindičić i Konjević, 2014:32)

### Staništa riba

Ribe posjeduju veliku sposobnost prilagodbe, stoga i opstaju u različitim životnim sredinama gdje su uvjeti života raznoliki. Prema Milišiću (1994:9) ribu možemo podijeliti na „tipično slankovodnu, koja je i najbrojnija; slankastovodnu, koja redovito obitava u boćatim unutrašnjim morima, lagunama i ušćima rijeka. Njih je najmanje, ali ipak najmanje je ribe koja svoj životni vijek provodi u morskoj i slankovodnoj sredini

(npr. losos i jegulja).“ Ovaj rad bavit će se pretežito ribama Jadranskoga mora. Veliki je problem današnjice upravo onečišćenost Jadrana jer uvelike utječe na život u moru i izvan njega. Onečišćenja naftom, otpadom, otrovnim tvarima i sl. nose ne uvijek vidljive, ali dugotrajne posljedice. Ono mijenja ekološke uvjete, te narušava prirodnu ravnotežu svih organizama u moru čime dolazi do njihovog postupnog odumiranja. „Odumrlu životnu zajednicu može naslijediti druga zajednica, otpornija i lakše prilagodljiva novim uvjetima, no s obzirom na kvalitetu obično siromašnija od svoje prethodnice.“ (Turk, 2011:77)

### **Građa riba**

Sve ribe imaju zajedničku građu tijela: glavu, trup i rep. Uobičajena građa podrazumijeva dug i tanak trup s pomalo stisnutim bočnim dijelom, uz brojne iznimke. Trup i rep sadrže i određen broj peraja karakterističan za pojedinu vrstu.

Koštunjače i hrskavičnjače imaju oči, čeljust, usni otvor unutar kojeg se nalaze zubi, te nosnice i škrge. Razne izrasline na ribi prekrivaju brojna različita osjetila okusa i opipa. Slušni organ je sličan unutarnjem uhu ostalih kralježnjaka i pomoću njega ribe osjećaju ravnotežu i položaj u prostoru. (Turk, 2011) Organ karakterističan za ribe jest bočna pruga<sup>5</sup>. Ona im služi kao pomagalo pri orijentaciji. Turk (2011:392) navodi da neke vrste, poput morskoga psa imaju i „dodatna osjetila u obliku malih rupica na glavi“. Jedna od najprepoznatljivijih karakteristika riba jesu ljuske<sup>6</sup> kojima je prekriveno njihovo tijelo te im služi za zaštitu dok ihtiolozima pomaže pri određivanju starosti ribe. Također postoje i izuzeci poput primjerice jegulja koje ih uopće nemaju.

Druga bitna karakteristika riba jesu peraje. Većina riba ima slijedeće peraje: po jednu leđnu, repnu i predrepnu te dvije prsne i dvije trbušne peraje. (Turk, 2011) Naravno, ovisno o vrsti ribe broj i raspored peraja se mijenja.

Skelet ribe hrskavičnjače građen je od hrskavice, a u koštunjača od kostiju. Glavni je potporanj tijela kralježnica na koju se pričvršćuju druge kosti i lubanja koja daje čvrstoću glavi. Muskulatura kod pelagičnih<sup>7</sup> vrsta veoma je dobro razvijena zbog potrebe za što bržim prelaskom velikog broja kilometara. U tjelesnoj šupljini nalaze

---

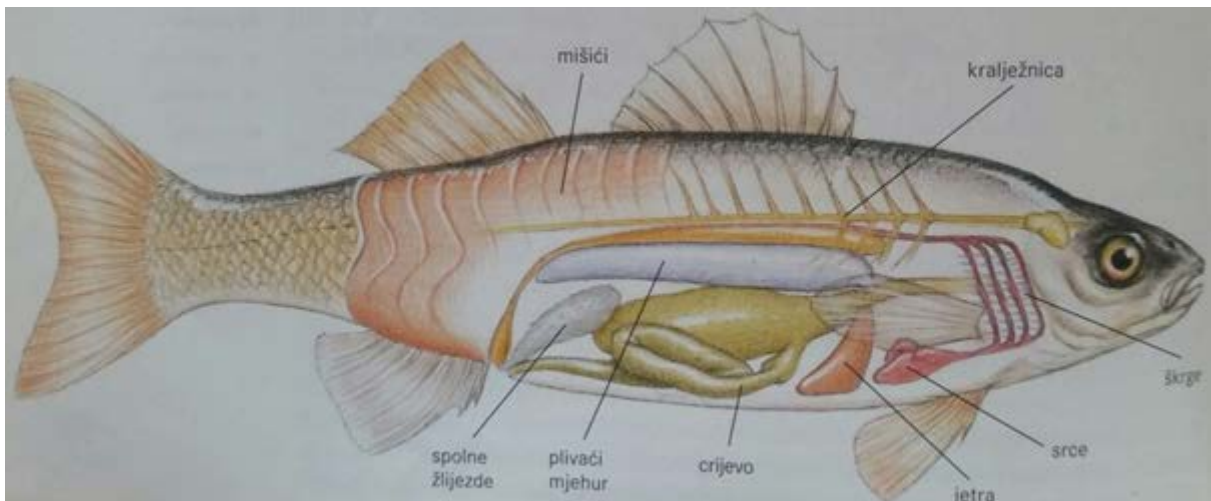
<sup>5</sup> Bočna pruga je posebno osjetilo na koži, građeno od mnogih kanalića napunjenih sluzavom tekućinom pomoću kojih riba osjeća strujanje vode uz tijelo (Turk, 2011:392).

<sup>6</sup> Ljuske su kožnate tvorevine koje leže u uleknucima (jamicama ili džepovima) u koži. (Turk, 2011)

<sup>7</sup> Pelagičan- koji pripada otvorenom moru; oceanski, morski (Hrvatski jezični portal, pristupljeno: 30.7.2016.)

se: srce, jetra, bubrezi, probavni sustav i spolni organi. Ribe imaju i plivači mjehur koji im služi za nadziranje svojeg uzgona, a neke vrste ga rabe i kao pluća.(Slika 1.) (Turk, 2011)

Ribe pripadaju hladnokrvnim životinjama, pa im je temperatura tijela skoro jednaka temperaturi vode u kojoj se nalaze.



Slika 1. Anatomija ribe koštunjače (Turk, 2011)

### 1.3. Ihtiološka istraživanja Jadrana

Ribe čine ogromnu skupinu životinja koje su se u potpunosti prilagodile životu u vodi. Najranija iskustvena znanja o Jadranskim ribama ljudi su počeli prikupljati već pri seobi do obale Jadranskog mora. „Ihtiologija je grana zoologije posvećena istraživanju riba, i kao znanost, razvijala se tijekom nekoliko međusobno povezanih epoha, od kojih se svaka isticala različitim značajnim napredovanjem.“(Dulčić i Dragičević, 2011:19)

Prva znanstvena istraživanja ribljeg svijeta Jadranskog mora datiraju još iz 18.stoljeća. Prvi stručni tiskani popis neke jadranske ribe daje Brünnich 1768. godine pod nazivom „Spolia e mari Adriatico reportata“ u svojoj knjizi „Ichthyologia massiliensis“ (Milišić, 1994). Najznačajnije istraživanje provedeno je 1948. godine kada je pokriven cijeli Jadran, osim najvećih dubina. Najznačajnije ustanove koje su najviše doprinijele ihtiološkom istraživanju Jadrana jesu Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu te Centar za istraživanje mora instituta „Ruđer Bošković“u Rovinju. Oni svojim istraživanjima i doprinosima upotpunjuju znanje o živom svijetu u Jadranskom moru. (Milišić, 1994:13)

#### 1.3.1. Biološka raznolikost ihtiofaune Jadrana

„Ribe predstavljaju najraznolikiju i najbrojniju skupinu živućih kralješnjaka, te su ujedno i vrijedan dio svekolike biološke raznolikosti. One pokazuju neobično veliku različitost u svojoj morfologiji, staništima koja zauzimaju te u biološkim i ekološkim osobinama. Procjenjuje se da je na svijetu opisano oko 31,500 živućih validnih vrsta riba, s time da se svake godine opiše od 100 do 250 novih vrsta. Ribe su ujedno i najuspješnija skupina kralješnjaka vodenih staništa širom svijeta. Ribe imaju dominantnu ulogu u vodenoj sredini, te su jedan od najboljih pokazatelja ekološkog stanja vodenih staništa“. (Dulčić i Dragičević, 2011)

Bioraznolikost jadranske ihtiofaune se u ovom trenutku nalazi pod velikim utjecajem brzih i značajnih promjena. U Jadranskom su moru zabilježene 442 svoje ribe, što predstavlja oko 65% poznatih ribljih svojti Sredozemnoga mora. Ova brojka podložna

je stalnim promjenama. Tijekom posljednjih 15 godina zabilježeno je 28 novih vrsta (Radović i sur. 2009). Istraživanje je pokazalo da se vrste riba kojima više odgovaraju toplija mora u velikom broju kreću prema sjeveru. U proteklih trideset godina u sjevernim i ostalim dijelovima Jadranskog mora zabilježene su mnoge nove vrste. (Dulčić i Dragičević, 2011)

Od endemskih vrsta u Jadranu zabilježeno je 4 vrste riba. To su: jadranska jesetra (*Acipenser naccarii*), glavočić vodenjak (*Knipowitschia panizzae*), brakični i slatkovodni glavočić crnotrus (*Pomatoschistus canestrinii*), te kriptobentonski glavočić od grote (*Speleogobius trigloides*). (Dulčić i Dragičević, 2011)

Biološka raznolikost usko je povezana s temom proučavanja aktivnosti vezanih uz zaštitu prirode. Ljudi svakim danom sve više razvijaju svijest o ubrzanom izumiranju različitih vrsta i to na svjetskoj razini. Takvo izumiranje predstavlja gubitak određenih životnih zajednica, narušavanje ekosustava te nestanak pojedinih genetičkih vrijednosti.

„Gubitak naziva životinjskih vrsta i njihovih varijeteta je očita šteta, i to ne samo ekološka, jer podrazumijeva degradaciju kolektivne i individualne svijesti o funkcionalnosti ekosustava čijim smo dijelom, već i kulturno-jezična jer se radi o gubitku u jeziku sedimentiranog iskustvenog znanja o biološkoj raznolikosti, važnosti koju je morska fauna imala na različitim razinama društvenog, ekonomskog, kulturnog života, u povijesti prehrane, narodnim običajima i navadama.“ (Orbanić, 2008:36)

Ribe zauzimaju važno mjesto u proučavanju evolucije životinja. Istovremeno, ribe spadaju među najugroženije skupine životinja, pretežito zbog svoje gospodarske važnosti, te su stoga vrlo važne aktivnosti očuvanja ribljih vrsta i njihovih populacija. U Jadranu su ugrožene 123 vrste odnosno 28 % ukupno zabilježenih (Tablica 2). Danas se iz Jadranskog mora iskorištava oko 120 vrsta riba ili oko 26 % ukupnog broja vrsta.

Tablica 2. Broj morskih riba (u Hrvatskoj) obrađenih u Crvenom popisu prema skupinama i IUCN kategorijama<sup>8</sup>:

Skupina	Broj svojiti u Hrvatskoj kojima je procijenjena ugroženost								Ukupno
	EX	RE	CR	EN	VU	NT	LC	DD	
Morske ribe	0	3	5	8	11	28	36	32	123

### 1.3.2. Socio-ekonomski aspekti pojave novih vrsta

Promjene sastava životnih zajednica (biocenoza) nekog područja utječu i na ljude koji obitavaju u tom području. „Mogući socio-ekonomski utjecaji alohtonih vrsta na ekosustav: a) moguće gospodarsko iskorištavanje njenih pridošlih vrsta, b) mogući utjecaj na zdravlje (utjecaj otrovnih vrsta), c) utjecaj na ribolov kao posljedica utjecaja na populacije autohtonih vrsta, d) pretjerano povećanje populacije novopridošlih gospodarski nezanimljivih vrsta.“ (Dulčić i Dragičević, 2011:115)

#### *Primjer utjecaja alohtonih vrsta*

Pred 20-ak godina, u Jadranskom moru pronađene su alohtone vrste kirnja. A to su: *Epinephelus aeneus*, *Epinephelus coioides* i *Mycteroperca rubra*. Kirnja bjelica (lat. *Epinephelus aeneus*), je rasprostranjena na području istočnog Atlantskog oceana. Njeno stanište je i uzduž priobalja južnog dijela Sredozemnog mora uključujući vode Malte, Turske, Italije, Grčke i Portugala. Prvi nalazi za Jadransko more odnose se na dvije nedorasle jedinke ulovljene na području Dubrovnika 1998. i 1999. godine

<sup>8</sup>IUCN kategorije ugroženosti: **EX** – Izumrla, **EW** - Izumrla u prirodi, **RE** - Regionalno izumrla, **CR** - Kritično ugrožene, **EN** – Ugrožena, **VU** – Osjetljiva, **NT** - Gotovo ugrožena, **LC** - Najmanje zabrinjavajuća, **DD** - Nedovoljno poznata, **NA** – Nije prikladna za procjenu, **NE** - Nije procjenjivana (Državni zavod za zaštitu prirode, pristupljeno:12.8.2016)



(Glamuzina i sur., 2000). Kod nas je od velikog značaja te se uz dosadašnja saznanja očekuje povećanje njihovog broja što je poželjno radi njenog iskorištavanja kako u gospodarskom smislu tako i u marikulturi.

Narančasto-pjegasta kirnja (lat. *Epinephelus coioides*) je u Mediteran dospjela kroz Sueski kanal, ali je jako rijetka vrsta i do sada je zabilježena samo u izraelskim vodama i u Jadranu. U Jadranu je primijećena samo jedna jedinka kod Trsta 1998. godine (Parenti i Bressi, 2001). O kasnijim pojavljivanjima nema zabilježenih podataka. Njena pojava u Jadranu smatra se posljedicom bijega iz akvarija, no nije isključena i mogućnost migracije. Od veće je gospodarske važnosti u područjima gdje je njena pojava učestala. Iz razloga što je samo jedan primjerak ove vrste pronađen u Jadranu, nije moguće govoriti o nekakvom socioekonomskom statusu ove vrste na području Jadrana.

Češljasta kirnja (lat. *Mycteroperca rubra*) je subtropska vrsta. Prvi nalaz ove vrste u Jadranu odnosi se na jedinku ulovljenu 2000. godine kod Dubrovnika (32.7 cm dužine) (Glamuzina i sur., 2002). Tamo gdje je njeno prisustvo učestalo, pogodna je uglavnom samo za ribolov. Kod nas je rijetko viđena, no ukoliko se njena pojava poveća biti će od većeg gospodarskog značaja.

Kirnje su ribe koje su u 1990-ima, počele migrirati te se s vremenom pojavljivalo sve više novih vrsta u Jadranu. One su veoma cijenjena vrsta koja drži visoku cijenu na tržištu. No, očiti je biološki problem koji nastaje uslijed sukoba kirnji s domaćim vrstama Jadranskog mora. Kirnje su predstavnici veoma osjetljive skupine zbog složenog životnog ciklusa i sporog spolnog sazrijevanja. Uz to, sve je veći problem s njihovim izlovom, radi čega su uvrštene među ugrožene vrste.

U Jadranskom moru obitava četiri kirnje roda *Epinephelus*: kirnja golema (lat. *Epinephelus marginatus*), kirnja zlatica (lat. *Epinephelus costae*), kirnja zubuša (lat. *Epinephelus caninus*) i bijela kirnja (lat. *Epinephelus aeneus*).

Dosad prikupljeni podatci govore o tome kako se broj kirnji u Jadranu svake godine povećava te kako se pojavljuju sve veći primjerci ove vrste. Te karakteristike ukazuju na pogodne životne uvjete u Jadranskom moru čija je posljedica uvećanje broja kirnji na ovome području. Od niza autora ona se tumači kao direktna posljedica recentnog zagrijavanja mediteranskih voda. Njihova prisutnost u hranidbenom lancu uslijed povećane brojnosti, mijenja postojeći

ekosustav kao i uvjete lokalnog ribarstva. Kirnje kao nova vrsta u Jadranskim vodama, dobar su primjer promjena koje se događaju u cjelokupnoj mediteranskoj ihtiofauni. (Dulčić i sur., 2012)

#### *Primjer utjecaja autohtone vrste*

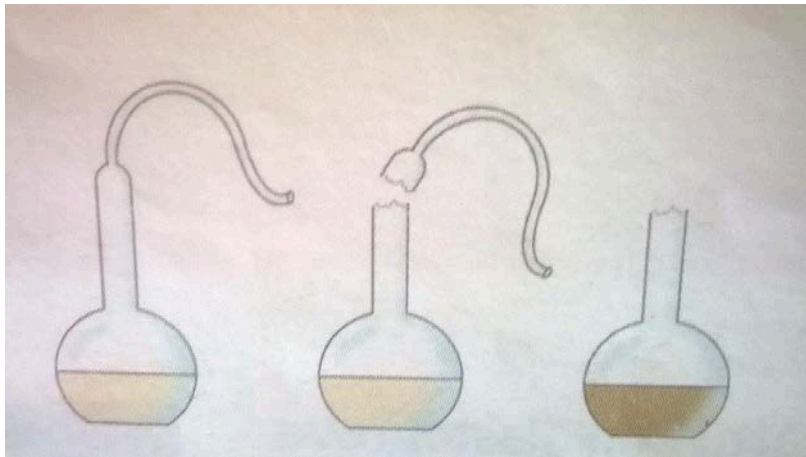
Strijelka skakuša (lat. *Pomatomus saltator*) je autohtona vrsta Jadrana čije je stanište bilo pretežito u južnom Jadranu. No, posljednjih godina raširila se i povećala brojnost uzduž istočne obale Jadranskog mora. Ova vrsta se do sada uglavnom lovila u pojedinačnim primjercima samo u južnom Jadranu, no sada se lovi u znatno većim količinama u južnom, ali i srednjem Jadranu.

Strijelka skakuša ili strijelko tipični je predstavnik grabežljivaca, koji se na širem području ušća Neretve hrani uglavnom ciplom batašom lat. *Mugil cephalus* koji je na ovom području činio najvažniji segment ribarstva (Glamuzina i Dulčić, 2008). Zbog njihove ekspanzije, drastičan je pad ulova cipla bataša. Ribari još nisu opremljeni adekvatnom opremom za uspješan ulov strijelke skakuše, pa potencijalna ekonomska prednost dobivena lovom strijelke skakuše još uvijek nije realizirana.

Kirnje i strijelka skakuša su pravi primjeri kako promjene u raspodjeli vrsta u Jadranskom moru mogu dovesti do promjena u prihodima u sektoru ribarstva, a dobit i gubitci neće biti jednako raspoređeni. Uništenje populacije cipla bataša na ušću rijeke Neretve predstavlja ozbiljan ekonomski gubitak za obrtnike, a s druge strane smanjenje populacija nekih obalnih riba zbog dolaska kirnji nadoknadila je mogućnost ulova i prodaje ovih novih invanzivnih vrsta što je za posljedicu imalo ukupnu ekonomsku dobit. Ovaj primjer također pokazuje važnost sposobnosti prilagodbe. U slučaju kirnji, sektor ribarstva se uspio prilagoditi dolasku novih vrsta njihovim izlovom. Međutim, s ekološkog i biološkog stajališta postoje negativni učinci koji se mogu uočiti padom brojnosti nekih autohtonih vrsta. U slučaju strijelka, nemogućnost da se njegova nazočnost gospodarski iskoristi značila je da se gubitci u populaciji cipla bataša nisu uspjeli nadoknaditi prihodima (Dulčić i sur. 2012)

## 1.4. Taksonomija i sistematika

Do 17. stoljeća vjerovalo se da živi organizmi nastaju iz nežive tvari, odnosno vjerovalo se u tzv. spontanu generaciju. Talijanski fizičar Francesco Redi jedan je od prvih zastupnika suprotne teorije nazvane teorijom biogeneze koja govori da život može nastati samo iz prethodno živog organizma (Bogut i sur., 2008). U 19. stoljeću je francuski znanstvenik Louis Pasteur svojim eksperimentom<sup>9</sup> (Slika 5.) i dokazao biogenezu koja je tada prihvaćena u znanstvenim krugovima. Teorija biogeneze predstavljala je temelj kasnije razvijenih disciplina taksonomije i sistematike.



Slika 2. Pasteurov eksperiment (Bogut i sur., 2008)

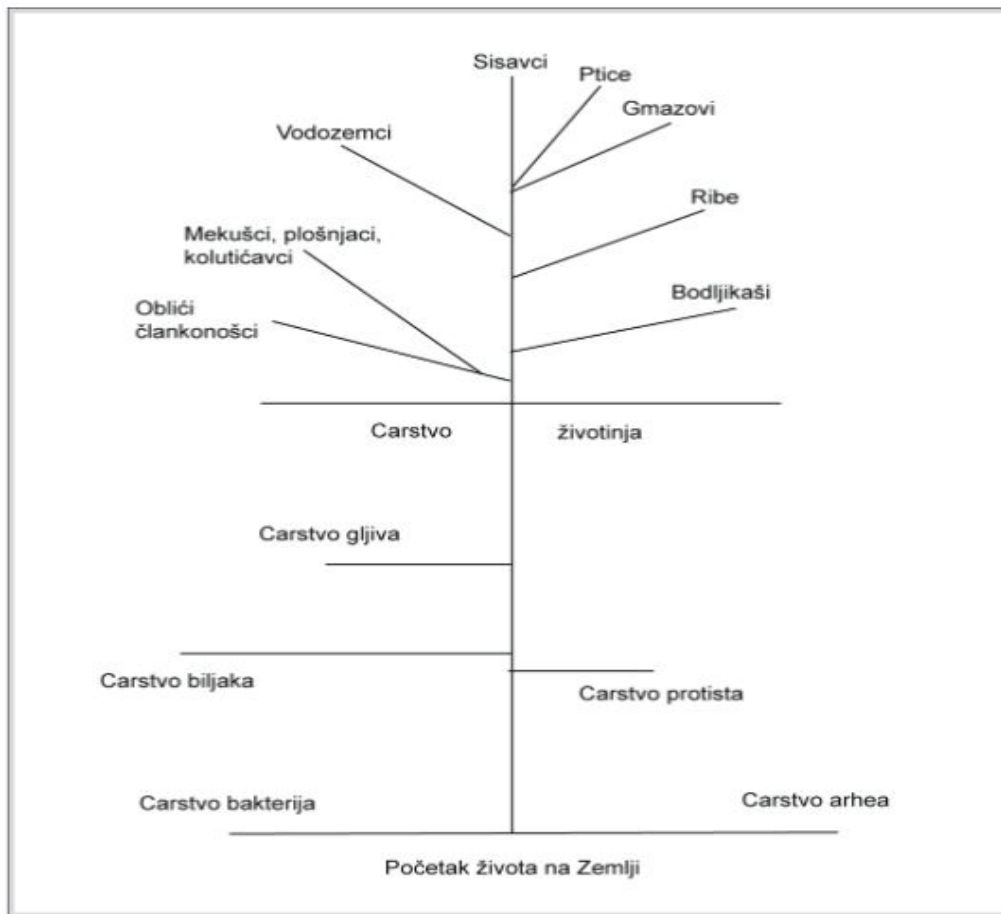
„Taksonomija je znanstvena disciplina koja se bavi prepoznavanjem i razvrstavanjem živih organizama. Utemeljitelj sustava razvrstavanja (klasifikacije) je švedski prirodoslovac Carl von Linné, koji je u 18. stoljeću u djelu *Systema Naturae* opisao sve tada poznate biljke i životinje Europe. Linné je utemeljio binominalni sustav naziva vrsta, u kojemu prva riječ označava rod, a druga specifično ime određene vrste. Taksonomija grupira žive organizme na temelju zajedničkih obilježja. Osnovna jedinica je vrsta (lat. *species*), a više kategorije su redom rod (lat. *genus*),

---

<sup>9</sup> 1861. godine francuski znanstvenik Louis Pasteur je otopinu fermentiranog šećera i kvasca u staklenoj posudi (tikvici) ostavio ključati duže vrijeme. Posuda je bila otvorena kako bi kisik ulazio zajedno sa zrakom. U otopini se nisu razvili mikroorganizmi jer su se pri ulasku zadržavali u savijenom dijelu, odnosno vratu posude te nisu stigli do otopine. U kontrolnoj skupini bio je jednak sadržaj kao i u eksperimentalnoj, ali je bio odlomljen vrat tikvice. Nakon dva dana u kontrolnoj skupini se vidio razvitak mikroorganizama. Time je dokazano da živi organizmi u tikvici nisu nastali spontano, već iz postojećih mikroorganizama koji su slobodnim padom kroz zrak ušli u tikvicu. (Bogut i sur., 2008)

porodica (lat. *familia*), red (lat. *ordo*), razred (lat. *classis*), koljeno (lat. *phylum*) i najviša skupina je carstvo (lat. *regnum*). Vrsta je biološka kategorija i pritom smatramo da su pripadnici iste vrste jedinke koje su međusobno slične, mogu se razmnožavati te daju plodno potomstvo. Ostale kategorije određene su s ciljem sistematske klasifikacije, odnosno zbog potrebe čovjeka da na određeni način organizira i kategorizira svoje znanje o živom svijetu. Sistematika je sustav razvrstavanja živih organizama na temelju sličnosti u građi (usporedna anatomija i histologija), embrionalnom razvoju, fiziologiji i biokemiji, genetici te evoluciji.“ (Sindičić i Konjević 2014:4)

Istraživanja deoksiribonukleinske kiseline (DNK) uvelike su doprinijela novim spoznajama o evolucijskim odnosima, identifikacijama različitih vrsta te klasifikacijskim kategorijama. Znanstvenik koji prvi pronađe, odnosno opiše pojedinu vrstu, svrstava je u pripadajući rod te joj dodjeljuje latinski naziv pomoću kojega će ona biti raspoznata u bilo kojem djelu svijeta. Zemlja danas sadrži više od 1,5 milijuna vrsta različitih organizama, koji su prema modernoj taksonomiji podijeljeni u šest carstava. To su: Bakterije (lat. *Bacteria*), Arhea (lat. *Archaea*), Protisti (lat. *Protista*), Gljive (lat. *Fungi*), Biljke (lat. *Plantae*) i Životinje (lat. *Animalia*). Slika 2. predstavlja „stablo života“ koje shematski prikazuje navedena carstva te najpoznatije niže sistematske kategorije koje pripadaju carstvu životinja. (Sindičić i Konjević, 2014)

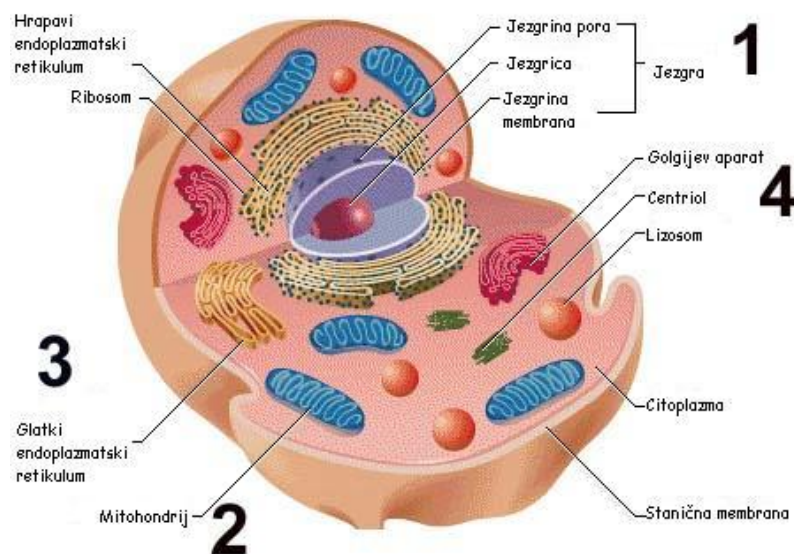


Slika 3. Stablo života (Sindičić i Konjević, 2014)

Pomoću suvremenih metoda molekularne biologije, osobito analizom DNA, došlo se do novih spoznaja o živom svijetu, prema kojima se on može svrstati u tri domene: arhebakterije (*Archaea*), prave bakterije (*Eubacteria*) i eukarioti (*Eucarya*). Međusobno se razlikuju po sustavu za prevođenje genetičke informacije s nukleinskih kiselina na bjelančevine, što upućuje na njihovo razdvajanje u najranijoj fazi evolucije. (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 8.10.2016.)

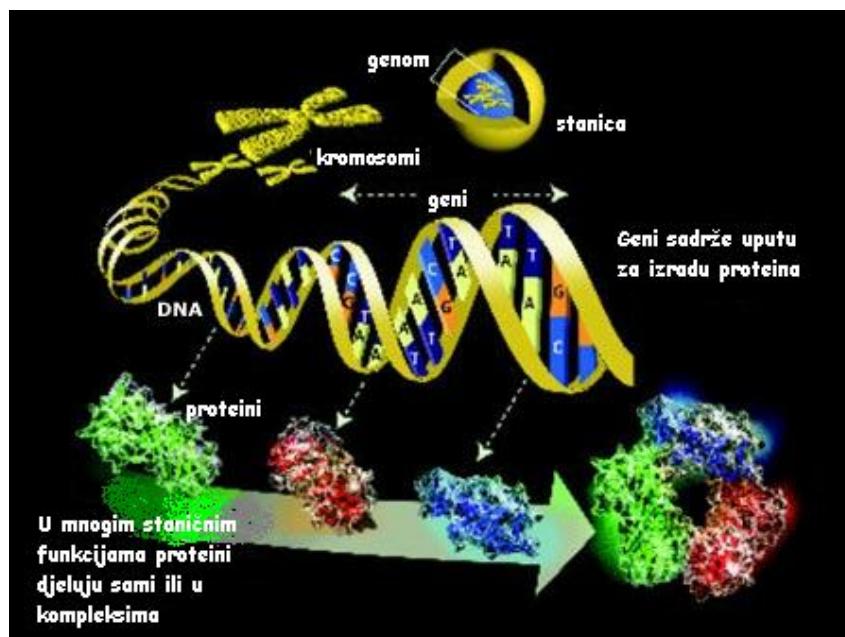
U živome svijetu razlikujemo dvije vrste stanica: prokariotske i eukariotske stanice. Životinje, biljke, gljive i protisti pripadaju eukariotima, a bakterije i modrozelenne alge prokariotima (Dolonec i Rusak, 2009). Prokarioti su jednostanični organizmi koji pripadaju carstvu Monera. U prokariota se genetička uputa sastoji od jedne kružne dvolančane molekule DNA koja se naziva nukleoid koji je slobodan u citoplazmi, i malih kružnih molekula DNA, takozvanih plazmida, koji se javljaju kod bakterija. Nemaju sve bakterije plazmide, a i broj plazmida u pojedinoj stanici je različit.

Eukariotska stanica razlikuje se od prokariotske po složenosti unutarstanične građe pa tako u stanici sadrži mnogobrojne membranom obavijene odjeljke, tzv. stanične organele: Golgijev aparat, endoplazmatiski retikulum, lizosome, mitohondrije i plastide (Slika 3.).



Slika 4. Građa eukariotske stanice (Bioteka, pristupljeno 15.8.2016.)

Nasljedni materijal (DNK) eukariotske stanice smješten je u jezgri obavijenoj membranom a sastoji se od većeg broja dugačkih linearnih molekula DNA koje pomoću proteina (histona) oblikuju kromosome (Slika 4). Eukarioti su, za razliku od prokariota, u pravilu diploidni organizmi - u stanicama sadrže dva seta molekula DNA (kromosoma).



Slika 5. Shematski prikaz genoma eukariotske stanice (E-škola mladih znanstvenika, pristupljeno 20.8.2016.)

Geološka kronologija povijesti Zemlje od velike je važnosti za razumijevanje razvoja i evolucije organizama od nastanka Zemlje do današnjeg dana, te je prikazana u Tablici 3. (Gradstein i sur., 2004) Najvažnija geološka razdoblja (raspoređena od mlađeg prema starijem) vezana uz evolucijski razvoj osnovnih skupina riba (hrskavičnjača, koštunjača, akantoda, oklopnjača i beščeljusti) su: eocen (kenozoik, paleogen), jura (mezozoik), trijas (mezozoik), perm (paleozoik), karbon (paleozoik), devon (paleozoik), silur (paleozoik).

Tablica 3. Geološka kronologija od danas do nastanka svijeta (Gradstein i sur., 2004)

EON	ERA	PERIOD		GOD.
Fanerozoik (prije 545 mil.god. do danas)	Kenozoik	Kvartar	Holocen	9500 g.pr.Kr. – danas
			Pleistocen	9500 g.pr.Kr. - 2,5 mil.g.

		Neogen	Pliocen	2,5 mil.g. - 5,3 mil.g.
			Miocen	5,3 mil.g. - 23 mil.g.
		Paleogen	Oligocen	23 mil.g. – 34 mil.g.
			Eocen	34 mil.g. – 56 mil.g.
			Paleocen	56 mil.g. – 66 mil.g.
		Meozoïk	Kreda	65,5 mil.g. – 146 mil.g.
	Jura		145,5 mil.g. – 201 mil.g.	
	Trijas		200 mil.g. – 251 mil.g.	
	Paleozoïk	Perm	251 mil.g. – 299 mil.g.	
		Karbon	299 mil.g. – 340 mil.g.	
		Devon	340 mil.g. – 416 mil.g.	
		Silur	416 mil.g. – 443 mil.g.	
		Ordovicij	443 mil.g. – 488 mil.g.	
		Kambrij	488 mil.g. – 542 mil.g.	
	Kriptoïk	Proterozoïk	542 mil.g. – 2,5 miljardi g.	
Arhaik		2,5 milj.g. - 3,8 milj.g.		



	Hadij	3,8 milj.g. – nastanak Zemlje
--	-------	----------------------------------

„Osnovna podjela kralježnjaka temelji se na postojanju čeljusti u lubanji ili činjenici da čeljust ne postoji pa stoga postoje dva nadrazreda: beščeljusti (lat. *Agnatha*) i čeljustousti (lat. *Gnathostomata*). Beščeljusti nemaju čeljusti u lubanji ni parnih udova i obuhvaćaju izumrlu skupinu i dva razreda koja i danas imaju svoje predstavnike, a to su sljepulje (lat. *Myxini*) i razred Cephalaspidomorphi, unutar kojeg se nalazi red paklare (lat. *Petromyzontiformes*). U nadrazred čeljustousti, čije predstavnike uz čeljusti obilježavaju o parni udovi, ubrajamo dva izumrla i sedam razreda danas živućih predstavnika. To su: hrskavičnjače (lat. *Chondrichthyes*), mesoperke (lat. *Sarcopterygii*), zrakoperke (lat. *Actinopterygii*), vodozemci (lat. *Amphibia*), gmazovi (lat. *Reptilia*), ptice (lat. *Aves*) i sisavci (lat. *Mammalia*). Uobičajena skupina kralježnjaka koju obilježava pojam „ribe“ nije sistematska kategorija jer su se riboliki čeljustousti tijekom evolucije razvijali u mnoštvo različitih oblika koji se ne mogu svesti pod istu sistematsku kategoriju razreda. Ovaj se pojam ne upotrebljava u sistematskom smislu nego je riječ o neformalnom nazivu skupine koja obuhvaća hrskavičnjače, zrakoperke i mesoperke a katkad u širem smislu obuhvaća i paklare.“ (Alegro i sur., 2014). Radi navedenog, u literaturi se često može naići na međusobna odstupanja u sistematiziranju različitih skupina riba. U nastavku su navedene sistematske kategorije i njihovi međusobni odnosi prema autorima Milišić (1994) i Turk (2011)..

### **Sistematika riba prema Milišiću (1994)**

Osnovne sistematske kategorije u koje spada većina ribljih vrsta prikazane su u Tablici 4.

Tablica 4. Prikaz sistematike riba prema Milišiću (1994)

SISTEMATSKA KATEGORIJA		
Carstvo	Životinje ( <i>Animalia</i> )	
Koljeno	Svitkovci ( <i>Chordata</i> )	
Potkoljeno	Kralježnjaci ( <i>Vertebrata</i> )	
Nadrazred	Čeljustousti ( <i>Gnathostomata</i> )	1.Hrskavičnjače ( <i>Chondrichthyes</i> )
		2.Koštunjače ( <i>Osteichthyes</i> )
		3.Akantodi ( <sup>†</sup> <i>Acanthodii</i> )
		4. Oklopnjače ( <sup>†</sup> <i>Placodermi</i> )

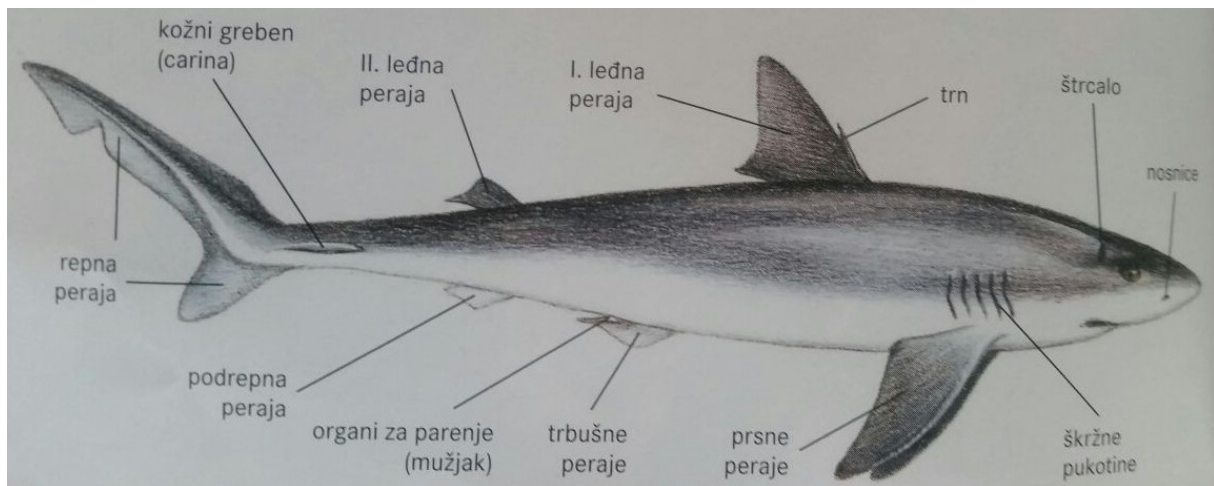
### 1. Hrskavičnjače (lat. *Chondrichthyes*)

Hrskavičnjače (lat. *Chondrichthyes*) su se u periodu devona odvojile od riba oklopnjača. One nisu imale vanjski koštani oklop, razvile su zube danas prisutne kod morskih pasa te hrskavični kostur. Njihova podjela u podrazrede prikazana je u Tablici 5. Red morskih pasa (lat. *Selachoidei*) najprimitivniji je od svih živućih riba. Oni imaju izduženo tijelo s proporcionalno postavljenim perajama koje omogućavaju postizanje velikih brzina tijekom plivanja, brojne i jake zube koje često izmjenjuju. Predstavnici morskih pasa (Slika 6.) kakve znamo danas se prvi put pojavljuju u razdoblju karbona, dok se u periodu eocena javila većina rodova koji i danas postoje. U drugoj polovici jure se razvijaju poligače (lat. *Rajiformes*) od prečnoustih (lat. *Elasmobranchii*), a cjeloglavke (lat. *Holocephali*) se javljaju u periodu devona. Red poligača (lat. *Rajiformes*) prilagodio se životu na morskome dnu zbog čega imaju karakteristično spljošteno tijelo. Bokovi tijela su zapravo veoma snažne prsne peraje koje se spajaju s ostatkom tijela i glavom, dok se škržni i nosni otvori, kao i usta,

nalaze na trbušnoj strani tijela, a štrcala i oči su na leđnoj. Jedna od najvećih raža na svijetu je morski demon (lat. *Manta birostris*) koja može doseći širinu u prsnim perajama do čak 8 metara, a može težiti i do 3 tone. Cjeloglavke, to jest himere (lat. *Holocephali*) su karakteristične po izduženom tijelu bez ljusaka, imaju zube koji su oblikovani poput pločica te su im škrge prekrivene kožnim naborom. Većinom su to ribe koje nastanjuju duboko more te su se prilično izmjenile u usporedbi s drugim hrskavičnjačama. (Botella i sur., 2009)

Tablica 5. Podjela hrskavičnjača (lat. *Chondrichthyes*) prema Milišiću (1994)

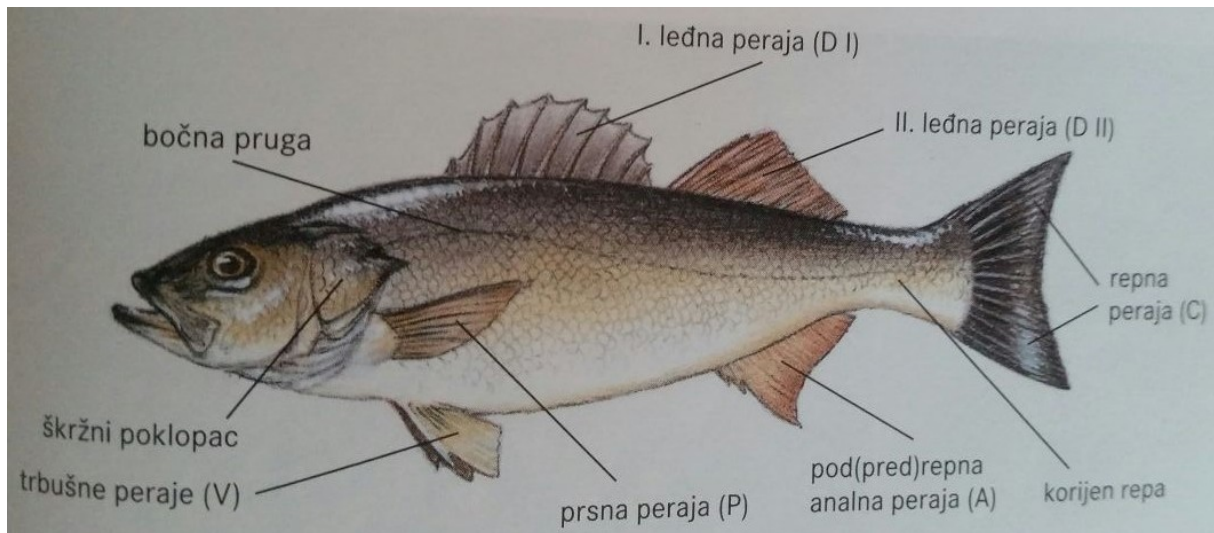
Nadrazred	Podrazred
1. Hrskavičnjače ( <i>Chondrichthyes</i> )	1. Morski psi ( <i>Squaliformes</i> )
	2. Poligače ( <i>Rajiformes</i> )
	3. Cjeloglavke ( <i>Chimaeriformes</i> )



Slika 6. Tijelo morskog psa – predstavnika riba hrskavičnjača (Turk, 2011)

## 2. Koštunjače (lat. *Osteichthyes*)

Koštunjače (lat. *Osteichthyes*) (Slika 7.) se prvi put pojavljuju početkom devona u više grana od kojih su nastale zrakoperke (lat. *Actinopterygii*), resoperke (lat. *Crossopterygii*) i dvodihalice (lat. *Dipnoi*) navedene u Tablici 6. Smatra se da su mnogoperke (lat. *Brachiopterygii*) nastale u gotovo istom periodu ili moguće i prije devona. Ovisno o anatomiji tjelesnih struktura primitivne zrakoperke možemo podijeliti na dvije podskupine: starozrakoperke (lat. *Paleopterygii*) i novozrakoperke (lat. *Neopterygii*). Starozrakoperke su znane po primitivnijoj građi tijela te se one smatraju najstarijim oblicima riba koštunjača. Starozrakoperke su pretežno bile male grabežljive ribe koje su nastanjivale i morska i slatkovodna područja. Završetkom razdoblja trijasa starozrakoperke su bile zamjenjene cjelokostim (lat. *Holostei*) koje su pod skupinom novozrakoperki. Suvremene zrakoperke obuhvaćaju većinu riba sadašnjeg doba. Njih približno možemo podijeliti na štitonoše (lat. *Chondrostei*), cjelokoste (lat. *Holostei*) i prave koštunjače (lat. *Teleostei*). (Thorson, 1961)



Slika 7. Tjelesna organizacija riba koštunjača (Turk, 2011)

Tablica 6. Prikaz podjele koštunjača (lat. *Osteichthyes*) prema Milišiću (1994)

Nadrazred	Podrazred
2. Koštunjače ( <i>Osteichthyes</i> )	1.Zrakoperke ( <i>Actinopterygii</i> )
	2.Mnogoperke ( <i>Brachiopterygii</i> )
	3.Resoperke ( <i>Crossopterygii</i> )
	4.Dvodihalice ( <i>Dipnoi</i> )

### 3. Akantodi (lat. †*Acanthodii*)

Akantodi ili bodljikavi morski psi (lat. *Acanthodii*) su razred riba koje su izumrle, a dijele sličnost s ribama hrskavičnjačama (lat. *Chondrichthyes*) i s koštunjačama (lat. *Osteichthyes*). Ova klasa izgledom podsjeća na morske pse, na temelju čega je i dobila ime, imaju parne peraje i veoma uzdignut rep, no njihova je koža prekrivena sitnim romboidnim pločicama. Akantodi imaju kostur napravljen od hrskavice, dok su peraje garđene na osnovici kosti te su osnažene bodljama od dentina<sup>10</sup>. Primitivni akantodi su nastanjivali morske vode što se tijekom devona promijenilo jer su zastupljeniji oblici postali oni slatkovodni. Slatkovodni akantodi su važni zato što su oni prva skupina kralješnjaka za koju se zna da je imala čeljusti (lat. *Gnathostomata*) te zato što su imali snažne učvršćene bodlje od dentina koje se ne mogu micati te koje pružaju oslonac perajama (Turner i Murphy, 1988). Postoji teorija prema kojoj se smatra kako je čeljust akantoda nastala od prvog škržnog luka kod nekog evolucijskog pretka. Akantodi su se prvi put pojavili oko 50 milijuna godina prije nego što su se pojavili prvi primitivni oblici današnjih morskih pasa. Ipak, koštunjače (lat. *Osteichthyes*) su već tada brojčano nadmašivale akantoida u slatkovodnim uvjetima, što je rezultiralo izumiranjem akantoida tijekom razdoblja perma (prije oko 250 milijuna godina) (Norman i Janvier, 1996).

<sup>10</sup>dentin (prema lat. *dens*, genitiv *dentis*: zub) - tvrdo zubno tkivo žućkaste boje koje okružuje zubnu pulpu (srčiku). (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 18.10.2016.)

#### 4. Oklopnjače (lat. †*Placodermi*)

Oklopnjače (lat. *Placodermi*) su izumrla klasa oklopljenih prapovijesnih riba, poznatih iz fosila, koje su živjele u razdoblju silura do kraja devonskog razdoblja. Njihova glava i prsa bile su prekrivene oklopnim pločama, a ostatak tijela je bio prekriven krljuštima ili gol, ovisno o vrsti. Oklopnjače su bile među prvim ribama s čeljusti te se smatra kako je njihova čeljust vjerojatno evoluirala od njihovih škržnih lukova. U Kini je pronađen 419 milijuna godina star fosil *Entelognathus* koji je jedina poznata oklopnjača s vrstom koštane čeljusti kao što je to moguće naći kod današnjih riba koštunjača. Čeljusti kod drugih otkrivenih oklopnjača su bile pojednostavljene i sastojale se od jedne kosti. Oklopnjače su također prve ribe koje su razvile prsne peraje, koje su prethodnice stražnjih ekstremiteta kod nekih drugih životinja, te prave zube. Fosili oklopnjača stari 380 milijuna godina predstavljaju najstarije poznate primjere živih poroda kod riba. (Sallan i Coates, 2010)

#### **Sistematika riba prema Turku (2011)**

Prema Turku (2011:390) današnje ribe „dijelimo u tri razreda (Tablica 7): beščeljusti ili kružnousti (lat. *Agnatha* ili *Cyclostomata*) u koju pripadaju paklare i kopljače (Tablica 8.); hrskavičnjače (lat. *Chondrichthyes*) u koje pripadaju morski psi i raže (Tablica 9.), te koštunjače (lat. *Osteichthyes*) u koje pripada većina ribljih vrsta (Tablica 10.). Koštunjače se dalje dijele na tri podrazreda: štitonoše ili jesetre (lat. *Chondrostei*), prave koštunjače (lat. *Teleostei*) i resoperke (lat. *Crossopterygii*)“.

Tablica 7. Prikaz sistematike riba prema Turku (2011)

SISTEMATSKA KATEGORIJA	
Carstvo	Životinjsko ( <i>Animalia</i> )
Koljeno	Svitkovci ( <i>Chordata</i> )
Potkoljeno	Kralježnjaci ( <i>Vertebrata</i> )
Nadrazred	1. Beščeljusti ili kružnousti († <i>Agnatha</i> ili <i>Cyclostomata</i> )
	2. Hrskavičnjače ( <i>Chondrichthyes</i> )
	3. Koštunjače ( <i>Osteichthyes</i> )

Tablica 8. Prikaz podjele beščeljustih ili kružnoustih (lat. *Agnatha* ili *Cyclostomata*) prema Turku (2011)

Nadrazred	Podrazred
1. Beščeljusti ili kružnousti ( <i>Agnatha</i> ili <i>Cyclostomata</i> )	1. Paklare ( <i>Petromyzontidae</i> )
	2. Kopljače ( <i>Branchiostoma</i> )

Tablica 9. Prikaz podjele hrskavičnjača (lat. *Chondrichthyes*) prema Turku (2011)

Nadrazred	Podrazred
2. Hrkavičnjače ( <i>Chondrichthyes</i> )	1. Morski psi ( <i>Squaliformes</i> )
	2. Poligače ( <i>Rajiformes</i> )

Tablica 10. Prikaz podjele koštunjača (lat. *Osteichthyes*) prema Turku (2011)

Nadrazred	Podrazred
3. Koštunjače ( <i>Osteichthyes</i> )	1. Štitonoše ili jesetre ( <i>Chondrostei</i> )
	2. Prave koštunjače ( <i>Teleostei</i> )
	3. Resoperke ( <i>Crossopterygii</i> )



## 1. Beščeljusti (lat. †*Agnatha*)

Beščeljusti (lat. *Agnatha*) su danas, s izuzetkom kružnoustih (lat. *Cyclostomata*), izumrla grupa kralješnjaka bez čeljusti. Prema pronađenim fosilnim ostacima smatra se da su se pojavile u siluru te izumrle krajem devona. Takvi organizmi bili su nalik ribama te su imale krupan koštani oklop, nosni otvori i udovi koji nisu bili parni te nisu imali čeljusti. Beščeljusti su činile veoma šaroliku faunu a mogu se podijeliti u dvije skupine: podrazred lat. *Pteraspidomorphi* (vrlo stari i primitivni oblici) i podrazred lat. *Cephalaspidomorphi* (vrlo raspostranjeni oblici). Beščeljusti su postepeno izumrle i zamjenjene su naprednijim oblicima – čeljostoustim ribama, s iznimkom kružnoustih, koje su se prilagodile parazitskom načinu života. (Marss i Ritchie, 2011)

Oba autora, i Turk i Milišić detaljnije se posvećuju hrskavičnjačama i koštunjačama. Kao razlog, Turk navodi da su to dvije skupine kojima pripada najviše riba, dok Milišić kazuje kako su jedino ta dva razreda danas nazočne vrste.

## 1.5. Molekularna sistematika

Molekularna sistematika jest grana sistematike koja se temelji na podacima dobivenim tehnikama molekularne biologije (sličnosti molekularnih markera, za razliku od klasične sistematike koja se temelji na morfologiji odnosno obliku i građi organizama). Koristeći metode molekularne genetike možemo odrediti odnose među vrstama i stvoriti klasifikaciju organizama. Genetika je znanost o nasljeđivanju koja se bavi izučavanjem prenošenja nasljednih osobina s generacije na generaciju tj. bavi se molekularnom građom i ulogom gena. (Bioteka, pristupljeno: 15.8.2016.)

Stanica je osnovna jedinica građe i funkcije svih živih bića. U sredini stanice nalazi se jezgra, a u jezgri se kriju kromosomi. Oni se sastoje od duge DNK niti koja je nevidljiva golim okom. DNK je nositelj nasljedne informacije svakog živog bića, odnosno ona sadrži informacije o osobinama koje se prenose s roditelja na potomke. Odjeljci DNK zovu se geni i oni utječu na oblikovanje pojedinih osobina. Jedan gen se sastoji od više nukleotida<sup>11</sup> (sastavne jedinice DNK molekule) koji se razlikuju po svojim bazama. Baze su obilježene slovima A (adenin), T (timin), G (gvanin) i C (citozin) te se one udružuju u parove tako da se A uvijek sparuje sa T, a G sa C. . (Bioteka, pristupljeno: 15.8.2016.)

Ono što se nasljeđuje jest uputa za izgradnju i funkcioniranje organizma, a ona se nalazi upravo u genima<sup>12</sup>. Na molekularnoj razini, gen je slijed određenog broja nukleotidnih parova uzduž molekule deoksiribonukleinske kiseline (DNA). Geni su također nazočni i u citoplazmatskim organelima (mitohondrijima) svih eukariotskih organizama. Geni se uključuju (aktiviraju) u različito vrijeme u različitim stanicama organizma. Tehnikama molekularne genetike mogu se sekvencionirati pojedini geni kao i cijela molekula kromosomske DNA. (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 18.10.2016.)

---

<sup>11</sup> Nukleotidi su prirodni spojevi sastavljeni od šećera riboze (*ribonukleotidi*) ili deoksiriboze (*deoksiribonukleotidi*) te fosforne kiseline i purinske baze (adenin, gvanin) ili pirimidinske baze (citozin, timin, uracil) (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 18.10.2016.)

<sup>12</sup> Gen je osnovna jedinica nasljeđivanja, preko koje se nasljedne osobine prenose od roditelja na potomstvo. ((Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 18.10.2016.)

### 1.5.1. Molekularni markeri kod riba

Marker ili genski biljeg jest mali djelić DNK ili gena kojemu je osobina ili položaj na kromosomu poznat. Može poslužiti za identifikaciju određenih stanica ili organizama. (Hrvatska enciklopedija, pristupljeno: 8.10.2016.)

Tri su glavne vrste genetskih markera: a) morfološki markeri – predstavljaju fenotipska svojstva; b) biokemijski markeri – predstavljaju izoenzime i bjelančevine koji su direktni proizvod pojedinih gena te se samo djelomično pokrivaju genom; c) molekularni (DNK) markeri – predstavljaju fragmente DNK, omogućavaju razlikovanje pojedinih genotipova na temelju DNK analize.

Uporaba molekularnih markera može uvelike olakšati utvrđivanje broja, kromosomske lokacije i učinaka gena. (Guberac i sur., 2015).

Prema Dellingu i sur. (2000) za razlikovanje ribljih populacija primjenjuju se klasične morfološke (morfometrijske i merističke) metode, kao i suvremene molekularne metode. Morfološke metode se i danas primjenjuju zbog pristupačnosti i ekonomskog značenja. Za prikazivanje morfoloških razlika između genetski bliskih populacija riba bolje rezultate daje tzv. metoda vezane mreže. Njome se mjere elementi oblika koji su usredotočeni na linearna mjerenja između ključnih anatomskih točaka. Budući da su vanjske oznake veoma podložne utjecaju okoline, za detaljniju analizu se primjenjuju molekularne metode koje se zasnivaju na upotrebi genetskih markera.

Genetska istraživanja vrlo su važna u proučavanju populacija riba. Iako nasljeđivanje svojstava kod riba ovisi o genima, po pristupu proučavanjima razlikujemo dvije vrste fenotipskih<sup>13</sup> varijacija - kvalitativne i kvantitativne. Kvalitativna ili Mendelijanska genetika proučava svojstva koja su jasno uočljiva (primjerice boja, oblik peraja, ljušaka i sl.), a kvantitativna genetika ona svojstva koja su mjerljiva (kao što su masa i dr.) (Treer, 1992). Ova dva pravca, orijentirana su na fenotip, no ima i onih koji se bave strukturom kromosoma i gena. To je područje molekularne genetike, odnosno citogenetike.

---

<sup>13</sup> Fenotip je skup svih morfoloških i fizioloških svojstava organizma po kojima se prepoznaje neki organizam i po čemu je različit od drugih organizama. Po fenotipu se prepoznaju sličnosti i razlike pojedinih organizama iste vrste. (Biosafety GMO portal, pristupljeno: 15.8.2016.)

Ribe sadrže veliki broj (najčešće između 40 i 100) vrlo sitnih kromosoma. Poznato je da se u prirodi stalno događaju promjene genetskog materijala, odnosno spontane mutacije, no one su razmjerno rijetke pa ih u radu na genetici riba uglavnom zanemarujemo. Nasuprot njima, u sklopu laboratorijskih istraživanja, čovjek stvara velik broj induciranih mutacija na pojedinim genima, kromosomima i cjelokupnom nasljednom materijalu. (Treer, 1992.)

Genetska raznolikost ili varijacija veoma je važna zbog tumačenja, razumijevanja i upravljanja populacijama. Razvoj kromosomskih tehnika znatno je povećao sposobnost promatranja genetske varijacije dugi niz godina, ali u posljednje vrijeme zamjenjuje se tehnikama DNA. Razni molekularni markeri, proteini ili DNA (Mitohondrijska DNA ili nuklearna DNA) omogućuju povećani pristup analizi različitih vrsta riba. Takvi molekularni markeri u kombinaciji s novim statističkim zbivanjima, omogućuju utvrđivanje sličnosti i razlika između pojedinih skupina i pojedinaca unutar skupine. DNA tehnologija bilježi progresivan rast. Iako su DNA analize relativno dugotrajne i skupe, količina genetske različitosti uočena na taj način vrlo je visoka. Trenutačno, glavni metodološki trend u ovom polju jest razvoj što bržeg i lakšeg dobivanja podataka, što se odnosi na automatizaciju. Kompjutorske baze nuklearnih sljedova mnogih gena, DNA markera i ostalih sličnih informacija su napravljene i dostupne raznim istraživanjima. Razvijene su i specijalne metode raznih analiza i kompjutorskih programa. Svi ti uvjeti omogućuju široku primjenu analiza DNA različitih ribljih populacija. (Odak, i sur. 2002)

Dio slijeda DNK molekule koji se može lako prepoznati i čije je naslijeđivanje moguće pratiti naziva se molekularni marker. Stupanj varijabilnost ili polimorfizam čini jedan molekularni marker korisnim pri razlikovanju populacija na genetičkom nivou (Ford-Loyd, 1996). Polimorfizam molekula DNK jest zapravo rezultat točkastih mutacija i pogrešaka tijekom replikacije. Istraživanje tih varijacija omogućeno je zahvaljujući razvoju tehnika DNK analize, ponajprije otkrićem enzima koji režu molekulu DNK na dijelove, kao i razvojem lančane reakcije polimeraze (PCR), koja omogućava amplifikaciju dijelova DNK od minimalnog uzorka.

Najčešće korišteni molekularni markeri u ispitivanju ribljih populacija su: aloenzimi, mitohondrijska DNK (mt DNK) i ponavljajuće sekvence DNK molekula.

## ***Aloenzimi***

Sedamdesetih godina prošlog stoljeća u molekularnoj genetici riba glavni alat bili su enzimi. Njihova uporaba bila je veoma jednostavna. Osim toga, razlikovanje alelnih varijanti proteina (aloenzima) uz pomoć elektroforeze smatralo se vjerodostojnim genetičkim dokazom iz razloga što je ta metoda bila vrlo uspješna. No neke od njihovih nedostataka su bile niski nivo polimorfizma, kao i česta pojava na vrlo malom kodirajućem dijelu genoma zbog čega ih je bilo veoma teško pronaći. (Schlötterer i Pemberton, 1994)

## ***Mitohondrijska DNK***

Prokariotski genetski materijal nukleoida čini jednostavna kružna DNK koja se sastoji od jednog kromosoma, dok je eukariotska DNK linearna. U mitohondrijima se nalazi mitohondrijska DNK. (Dolonec i Rusak, 2009)

Mitohondrijska DNK (mtDNK) je kružnog oblika i odlikuje je jednostavna struktura i organizacija. Ona sadrži visok postotak mutacija, kao i materinsko nasljeđivanje te replikaciju nezavisnu od nuklearne DNK. Zbog svega navedenog, ona je veoma pogodan marker za istraživanje strukture populacija. Dužina molekula mt DNK kreće se od 14 do 20 kbp i sadrži 37 gena i to: 2 gena za ribosomske RNK (rRNK), 22 gena za transportne RNK (tRNK) i 13 gena koji kodiraju proteine uključene u transport elektrona ili sintezu ATP-a. Na mtDNK se nalaze dijelovi za kodiranje nasljednih proteina. Najbolje očuvan je njen centralni dio. (Schlötterer i Pemberton, 1994)

MtDNK je izuzetno vrijedan molekularni marker u evolucijskoj i populacijskoj biologiji. Njegova velika prednost je ta što je moguće relativno lako izdvojiti čiste homologne slijedove, budući da je prisutna u velikom broju kopija (do 1000 po stanici). Može se koristiti za: utvrđivanje razlika među vrstama (interspecijska divergencija) ili unutar same vrste (intraspecijska divergencija); utvrđivanje strukture populacije i praćenje intraspecijske varijacije pojedinih, geografski odvojenih populacija; za proučavanje evolucije; migracije. Također, uspoređivanjem sekvenci mtDNK sa sekvencama koje se prenose sa oba spola i onima u čijem prijenosu učestvuju samo mužjaci, moguće je uočiti znatne razlike u strukturi populacije između mužjaka i ženki, te ukazati na razlike u njihovoj ekologiji i ponašanju. Evolucija mtDNK je dobro proučena kod riba.

Različite populacije riba imaju sličnu organizaciju mtDNK. Budući da se mtDNK prenosi kao jedan gen, treba biti oprezan pri donošenju zaključaka o čitavoj populaciji, jer se evolucija pojedinačnog gena može razlikovati od evolucije čitavog genoma. (Schlötterer i Pemberton, 1994)

### ***Ponavljajuća DNK***

Dio lanca DNK na kojem dolazi do ponavljanja jednog niza nukleotida više puta (do 1000 nukleotidnih ponavljanja) označava se ponavljajućom DNK. Ako je prisutan veliki broj kopija, tada se govori o satelitima. Pri manjem broju ponavljanja koriste se termini „minisateliti“ i „mikrosateliti“. Minisateliti nisu toliko rašireni u ribarstvu, stoga je većina istraživanja usredotočena na mikrosatelite. (Schlötterer i Pemberton, 1994)

## **1.6. Cilj istraživanja**

Cilj ovog istraživanja jest provjeriti odnosno utvrditi dostupnost 18S i COXI molekularnih markera kao vrlo informativnih markera u molekularnim utvrđivanjima te identifikacijama sistematskih skupina višeg reda (18S), odnosno na razini identifikacije vrsta i populacijske genetike (COXI).

U istraživanju je za eksperimentalni uzorak odabrano 176 vrsta riba Jadranskog mora, među kojima je 130 vrsta riba (koje predstavljaju najčešće vrste riba u Jadranu) selektirano iz knjige „Pod površinom Mediterana“ Toma Turka (2011) te 46 novijih vrsta riba iz knjige „Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora“ Dulčića i sur. (2011).

## 2. Materijali i metode

Kao što je ranije spomenuto, u ovome istraživanju kao uzorak izabrano je 176 vrsta riba Jadranskog mora od kojih 130 vrsta spada među najčešće vrste riba u Jadranu dok 46 vrsta spada pod tzv. nove odnosno vrste čije je prisustvo u Jadranu utvrđeno tek nedavno. Istraživani uzorak izabran je iz dviju knjiga: „Pod površinom Mediterana“ i „Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora“.

Za svaku navedenu vrstu ribe, ispitana je dostupnost molekularnih markera 18S i COXI (COI). Prisutnost ovih markera tražena je na internetskom izvoru, odnosno na stranicama nukleotidne banke podataka američkog Nacionalnog centra za biotehnoške informacije (NCBI; od engl. National Center for Biotechnology Information). Genetički marker 18S kodira za ribosomalnu RNK i spada u visoko konzervirani dio jezgrene DNK, dok je COI/COXI gen porijeklom s mitohondrijske DNK (molekule koju nalazimo u mitohondrijima) i podložan je relativno velikoj varijabilnosti.

Pri pretraživanju banke podataka korištene su dvije formule. Prva je glasila: *latinski naziv ribe [orgn] AND 18S NOT chloroplast NOT mitochondrion*. Primjer: *Scyliorhinus canicula [orgn] AND 18S NOT chloroplast NOT mitochondrion*. „*Scyliorhinus canicula*„ predstavlja naziv (rod i vrstu) ribe (hrv. Mačka bljedica) dok ostatak formule pretražuje nukleotidne sljedove za traženi molekularni marker 18S. Pri tome se u opisima isključuju oni rezultati koji sadrže riječ chloroplast i/ili mitochondrion.

Druga formula glasila je: *latinski naziv ribe[orgn] AND coxI*. Primjer: *Merluccius merluccius [orgn] AND coxI*. „*Merluccius merluccius*“ predstavlja latinski naziv (rod i vrstu) ribe (hrv. Oslić) te ovakva formula pretražuje opise nukleotidnih sljedova koji potječu od navedene ribe a koji u opisu sadrže riječ coxI (od engl. cytochrome oxidase I).

Molekularni marker COXI često se pojavljuje i u obliku kratice COI, pa je istraživanje provedeno i na temelju alternativne formule koja umjesto COXI opise sljedova pretražuje na izraz COI, zbog mogućeg alternativnog navođenja simbola gena za podjedinicu I citokrom oksidaze c i kao COI, ovisno o autoru nukleotidnog sljeda i njegovom unosu opisa novog sljeda u bazu podataka. Primjer: *latinski naziv ribe[orgn] AND COI*. Primjer: *Anguilla Anguilla [orgn] AND COI*.

Spomenute formule upisivane su u prostor za pretraživanje u banci „Nucleotide“  
Podatci su prikazani u obliku tablice te su dodatno pojašnjeni i komentirani  
deskriptivnom metodom.



### 3. Rezultati i rasprava

Rezultati provedenog pretraživanja NCBI nukleotidne banke kao najveće svjetske banke nukleotidnih slijedova koje je provedeno upisivanjem prethodno navedenih dviju formula, prikazani su u tablici 11. Pronađeni markeri mogu se koristiti pri sistematici vrsta kao i molekularnoj identifikaciji vrsta.

Tablica 11. Dostupnost 18S i COXI (COI) molekularnih markera najčešćih vrsta riba Jadranskog mora. U prvome stupcu tablice označeni su redni brojevi vrsta čiji su nazivi navedeni u drugom stupcu latinskim nazivom, te u trećem stupcu hrvatskim nazivom. Iduća dva stupca prikazuju brojčanim vrijednostima prisutstvo 18S, odnosno *cox1* nukleotidnih slijedova u nukleotidnoj banci podataka američkog nacionalnog centra za biotehnoške informacije (NCBI) za pojedinu riblju vrstu. Znak „-“ označava ne postojanje traženih markera u odabranoj nukleotidnoj bazi američkog Nacionalnog centra za biotehnoške informacije (engl. National Center for Biotechnology Information - NCBI).

R.BR.	LATINSKI NAZIV VRSTE	HRVATSKI NAZIV VRSTE	18S	COXI (COI)
1.	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Mačka bljedica	2	1
2.	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	Mačka mrkulja	-	16
3.	<i>Oxynotus centrina</i>	Prasac	-	6
4.	<i>Carcharodon carcharis</i>	Veliki bijeli morski pas	-	-
5.	<i>Carcharhinus longimanus</i>	Morski pas	-	1
6.	<i>Carcharis taurus</i>	Psina zmijozuba, trošiljka	-	-
7.	<i>Cetorhinus maximus</i>	Psina golema	-	-
8.	<i>Torpedo marmorata</i>	Drhtulja	-	1
9.	<i>Raja clavata</i>	Raža kamenica	-	1
10.	<i>Raja miraletus</i>	Raža modropjega	-	1
11.	<i>Dasyatis pastinaca</i>	Žutuga	-	18
12.	<i>Myliobatis aquila</i>	Golub	-	1
13.	<i>Synodus saurus</i>	Gušter	-	2
14.	<i>Conger conger</i>	Ugor, gruj	-	1

15.	<i>Anguilla anguilla</i>	Jegulja	14	1
16.	<i>Muraena helena</i>	Murina	-	2
17.	<i>Belone belone</i>	Iglica	-	1
18.	<i>Molva dipterygia</i>	Manjić morski	-	1
19.	<i>Trisopterus minutus</i>	Ugotica	1	2
20.	<i>Merluccius merluccius</i>	Oslič	8	2
21.	<i>Phycis phycis</i>	Tabinja mrkulja	-	3
22.	<i>Gaidropsarus mediterraneus</i>	Ugorova majka mrkulja	-	5
23.	<i>Epinephelus marginatus</i>	Kirnja	-	1
24.	<i>Epinephelus caninus</i>	Kirnja zubaša	-	1
25.	<i>Serranus cabrilla</i>	Kanjac	-	1
26.	<i>Serranus scriba</i>	Pirka	-	1
27.	<i>Serranus hepatus</i>	Vučić, čučin	-	1
28.	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Lubin, brancin	12	1
29.	<i>Anthias anthias</i>	Jera, kirnjica	-	5
30.	<i>Apogon imberbis</i>	Matuličić	-	-
31.	<i>Trachurus trachurus</i>	Šnjur, šarun	6	1
32.	<i>Trachinotus ovatus</i>	Strijela modrulja	7	1
33.	<i>Seriola dumerili</i>	Gof, orhan	2	1
34.	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Šnjurak	-	3
35.	<i>Naucrates ductor</i>	Skušac pratibrod	-	2
36.	<i>Sciaena umbra</i>	Kavala, krap, konj	-	1
37.	<i>Mullus surmuletus</i>	Trlja od kamena	3	1
38.	<i>Diplodus annularis</i>	Špar	-	1
39.	<i>Diplodus vulgaris</i>	Fratar, oluz	-	1
40.	<i>Diplodus sargus</i>	Šarag, crnoprug	9	1
41.	<i>Diplodus puntazzo</i>	Pic, šiljac	-	1
42.	<i>Lithognathus mormyrus</i>	Ovčica, arkaj	-	1
43.	<i>Pagellus erythrinus</i>	Arbun, rumenac	-	1
44.	<i>Pagrus pagrus</i>	Pagar	10	1
45.	<i>Sparus aurata</i>	Podlanica, komarča	4	2
46.	<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	Kantar, sIVac	-	1
47.	<i>Boops boops</i>	Bukva	1	1
48.	<i>Salpa salpa</i>	Salpa	6	-

49.	<i>Oblada melanura</i>	Ušata, crnorep	-	1
50.	<i>Dentex dentex</i>	Zubatac	1	1
51.	<i>Spicara maena</i>	Tragalj, modrak	-	1
52.	<i>Chromis chromis</i>	Crnej, crnika	-	1
53.	<i>Labrus viridis</i>	Drozd, drozak	-	1
54.	<i>Labrus merula</i>	Vrana	-	3
55.	<i>Labrus bimaculatus</i>	Smokva, smokvača	-	2
56.	<i>Coris julis</i>	Knez		9
57.	<i>Thalassoma pavo</i>	Vladika arbanaška	-	1
58.	<i>Symphodus ocellatus</i>	Martinka, pavlinka	-	-
59.	<i>Symphodus mediterraneus</i>	Podujka, čičuruša	-	1
60.	<i>Symphodus tinca</i>	Lumbrak, smokvica	-	2
61.	<i>Symphodus doderlaini</i>	Hinac dugoprugac		-
62.	<i>Symphodus cinereus</i>	Hinac sivi, sivac	-	1
63.	<i>Symphodus roissali</i>	Kosirica, kraška	-	1
64.	<i>Symphodus rostratus</i>	Dugonoska		-
65.	<i>Symphodus melanocercus</i>	Hinac crnorepak	-	1
66.	<i>Acantholabrus palloni</i>	Pešac ljuskoperac	-	8
67.	<i>Lappanella fasciata</i>	Zdur šiljoglavac	-	1
68.	<i>Xyrichtys novacula</i>	Šarko crveni	-	10
69.	<i>Sparisoma cretense</i>	Papigača	-	1
70.	<i>Trachinus draco</i>	Pauk bijelac	1	19
71.	<i>Trachinus radiatus</i>	Pauk mrkulj	-	3
72.	<i>Uranoscopus scaber</i>	Bežmek, batovina	1	8
73.	<i>Callionymus</i>	Morski mišići	1	1
74.	<i>Blennius ocellaris</i>	Babica dubinka	-	17
75.	<i>Lipophrys pavo</i>	Babica kukmašica		-
76.	<i>Parablennius gattorugine</i>	Slingurica mrkulja	-	-
77.	<i>Parablennius tentacularis</i>	Babica babaroga	-	-
78.	<i>Parablennius sanguinolentus</i>	Babica balavica	-	-
79.	<i>Parablennius rouxi</i>	Babica prugasta	1	1
80.	<i>Aidablennius sphyinx</i>	Babica kokošica	-	-
81.	<i>Lipophrys nigriceps</i>	Babica crnoglava	-	-
82.	<i>Lipophrys canevai</i>	Babica žutoobrazna	-	-

83.	<i>Parablennius incognitus</i>	Babica jelenka bljedica	-	-
84.	<i>Parablennius zvonimiri</i>	Babica jelenka	-	-
85.	<i>Tripterygion tripteronotus</i>	Pjevčić oštronosić	1	1
86.	<i>Tripterygion delaisi</i>	Pjevčić žuti	1	15
87.	<i>Tripterygion melanurus</i>	Pjevčić patuljčić	1	1
88.	<i>Grammonus ater</i>	Tabinjčić crnac	-	-
89.	<i>Ophidion barbatum</i>	Huj bijelac	-	-
90.	<i>Sarda sarda</i>	Palamida, polanda	-	1
91.	<i>Scomber scombrus</i>	Skuša, vrnut	4	1
92.	<i>Thunnus thynnus</i>	Tuna, tunj	1	1
93.	<i>Auxis rochei</i>	Trup, rumbac	1	2
94.	<i>Gobius bucchichi</i>	Glavoč bjelčić	-	7
95.	<i>Gobius cruentatus</i>	Glavoč krvoust	-	4
96.	<i>Gobius niger</i>	Glavoč blatar	1	1
97.	<i>Gobius cobitis</i>	Glavoč pločar	-	2
98.	<i>Gobius vittatus</i>	Glavočić crnobrk	-	-
99.	<i>Gobius auratus</i>	Glavoč zlatac	-	-
100.	<i>Gobius paganellus</i>	Glavoč mrkulj	1	5
101.	<i>Gobius geniporus</i>	Glavoč bjelaš	-	2
102.	<i>Thorogobius ephippiatus</i>	Glavoč leopard	-	-
103.	<i>Chromogobius quadrivittatus</i>	Glavoč plošac	-	-
104.	<i>Deltentosteus colonianus</i>	Glavočić zuban	-	-
105.	<i>Pomatoschistus bathi</i>	Glavočić batijev	-	-
106.	<i>Didogobius schlieweni</i>	Glavoč crnac	-	-
107.	<i>Sphyræna sphyraena</i>	Štukan, škaram	-	1
108.	<i>Liza</i>	Cipli	10	1
109.	<i>Lepadogaster lepadogaster</i>	Priljepak kamenjarić	-	4
110.	<i>Lepadogaster candollei</i>	Priljepak veliki	-	-
111.	<i>Scorpaena porcus</i>	Škrpun, bodeć crni	-	1
112.	<i>Scorpaena scrofa</i>	Škrpina, bodeljka crvena	1	1
113.	<i>Scorpaena notata</i>	Bodeć crveni, škrpinica	1	1
114.	<i>Chelidonichthys lastoviza</i>	Kokot glavaš	-	1
115.	<i>Zeus faber</i>	Kovač	-	1
116.	<i>Phrynorhombus regius</i>	Pokrivač	-	1

117.	<i>Bothus podas</i>	Razok	-	1
118.	<i>Arnoglossus</i>	Plosnatica	1	1
119.	<i>Pleuronectes platesa</i>	Iverak zlatopjeg		-
120.	<i>Monochirus hispidus</i>	List hrapavac	-	-
121.	<i>Synapturichthys kleinii</i>	List crnorub	-	3
122.	<i>Echeneis nauractes</i>	Priljepuša golema		-
123.	<i>Aphanius fasciatus</i>	Obrvan, pastirica	-	1
124.	<i>Hippocampus hippocampus</i>	Konjić kratkokljunić	-	-
125.	<i>Hippocampus ramulosus</i>	Konjić dugokljunić	-	-
126.	<i>Macroramphosus scolopax</i>	Šljuka	-	1
127.	<i>Syngnathus spp.</i>	Šilogubci	-	1
128.	<i>Atherina hepsetus</i>	Gavun	-	1
129.	<i>Balistes carolinensis</i>	Kostorog, mihača		-
130.	<i>Lophius piscatorius</i>	Grdobina	-	1

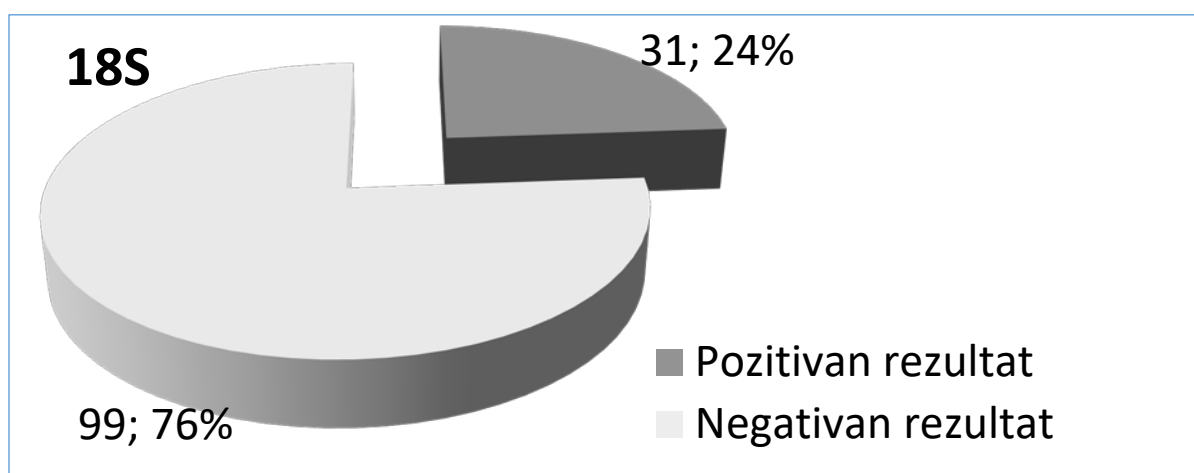
### Popis novih riba Jadranskog mora

131.	<i>Apletodon incognitus</i>	Skriven priljepak	-	-
132.	<i>Alectis alexandrinus</i>	Grbavi čizmar	-	1
133.	<i>Bathypterois dubius</i>	Mediterranski paučnjak	-	1
134.	<i>Caranx crysos</i>	Plavi trkač	-	1
135.	<i>Cataetyx alleni</i>	Kratka tabinjica		-
136.	<i>Cyclopterus lumpus</i>	Kvrgavi prasac	-	1
137.	<i>Coelorinchus mediterraneus</i>	Jadranski dugorep rilaš		-
138.	<i>Diaphus metopoclampus</i>	Tuponosni svjetlucavac	-	7
139.	<i>Dicologlossa hexophthalma</i>	Šestotočkasti list	-	3
140.	<i>Didogobius splechnai</i>	Istarski glavočić		-
141.	<i>Elates ransonnetti</i>	Patuljasti patkoglavac		-
142.	<i>Enchelycore anatina</i>	Šiljatozuba murina	-	-
143.	<i>Epinephelus aeneus</i>	Kirnja bjelica	-	1
144.	<i>Epinephelus coioides</i>	Narančasto pjegasta kirnja	12	1
145.	<i>Equulites klunzingeri</i>	Sapunar	-	20
146.	<i>Facciolella oxyrhyncha</i>	Čarobni patkokljunić	-	4
147.	<i>Fistularia commersonii</i>	Plavotočkasta trumpetača	-	1

148.	<i>Gammogobius steinitzi</i>	Steinitzov glavoč	-	-
149.	<i>Gobius ater</i>	Bellotijev glavoč		-
150.	<i>Gobius couchi</i>	Uvijeni glavoč	-	-
151.	<i>Gobius kolombatovici</i>	Kolombatovičev glavoč	-	2
152.	<i>Hemiramphus far</i>	Polukljuna iglica	-	11
153.	<i>Hyporhamphus affinis</i>	Tropska polukljuna iglica	-	11
154.	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	Oceanska napuhača	1	7
155.	<i>Lebetus guilleti</i>	Giulletijev glavoč	-	-
156.	<i>Lepidion lepidion</i>	Mediteranska tabinjka	-	1
157.	<i>Lobotes surinamensis</i>	Trorepan	2	1
158.	<i>Melanostigma atlanticum</i>	Atlanski mekousnik	-	-
159.	<i>Mycteroperca rubra</i>	Češljasta kirnja	-	4
160.	<i>Pagrus major</i>	Japanski pagar	4	1
161.	<i>Pampus argenteus</i>	Srebrna plotica	7	1
162.	<i>Parexocoetus mento</i>	Afrička poletuša	-	3
163.	<i>Plectorhinchus mediterraneus</i>	Morski vepar	14	-
164.	<i>Polyacanthonotus rissoanus</i>	Malousna jegulja	-	15
165.	<i>Pomatoschistus norvegicus</i>	Norveški glavoč	-	10
166.	<i>Salaria basilisca</i>	Slingurica zebrica	-	-
167.	<i>Saurida undosquamis</i>	Oštrozubi morski gušter	-	1
168.	<i>Siganus luridus</i>	Tamna mramornica	-	3
169.	<i>Siganus rivulatus</i>	Bodljikava mramornica	-	7
170.	<i>Sphyaena chrysotaenia</i>	Tupousna barakuda	-	9
171.	<i>Sphyaena viridensis</i>	Žutousna barakuda	-	2
172.	<i>Stephanolepis diaspros</i>	Afrički kostorog	-	1
173.	<i>Terapon theraps</i>	Veleljuskavi tigran	-	14
174.	<i>Tylosurus acus imperialis</i>	Veličanstvena iglica	-	-
175.	<i>Valenciennellus tripunctulatus</i>	Trbobrošić vitkan	-	3
176.	<i>Vanneaugobius dollfusi</i>	Dolffusijev glavoč	-	-

Kod istraživanja uz pomoć molekularnog markera 18S, od 176 vrsta riba, 38 vrsta je pokazalo prisutnosti markera 18S u slijedovima baza što je 21,6 % pozitivnih

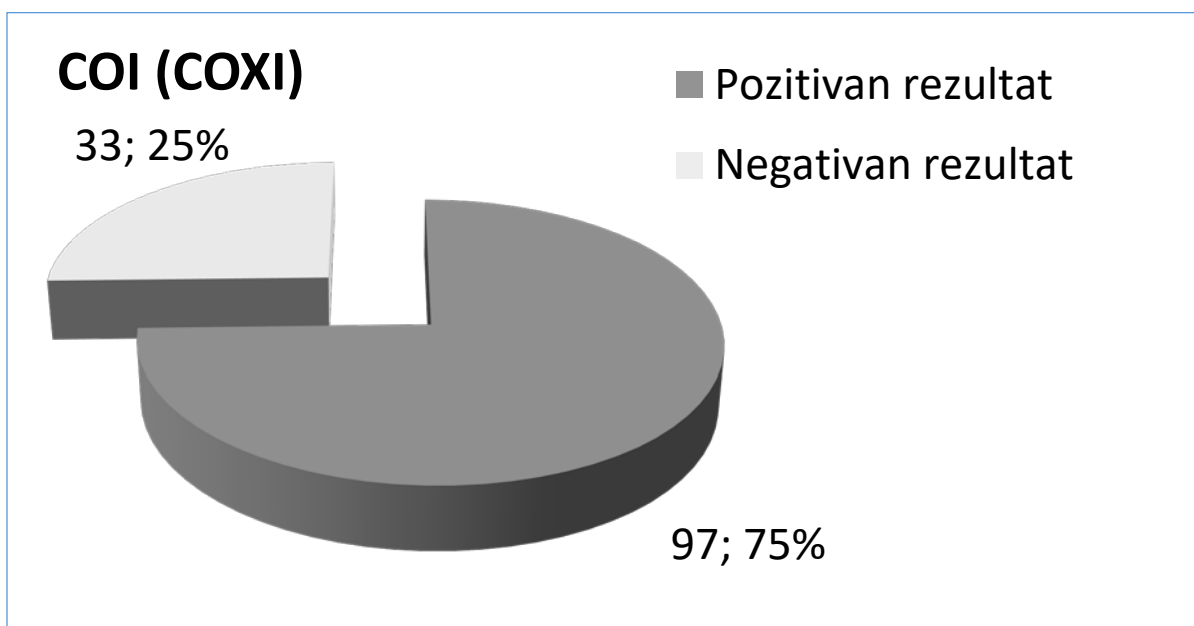
rezultata, dok je 138 vrsta pokazalo negativan rezultat (78,4 %). Riba kod kojih je utvrđen najveći broj slijedova jesu jegulja (lat. *Anguilla anguilla*) te morski vepar (lat. *Plectorhinchus mediterraneus*). Te vrste sadrže po 14 identificiranih slijedova u nukleotidnoj bazi. Vrste riba sa najmanjim rezultatom slijedova 18S molekularnog markera, odnosno rezultatom od samo jedne sekvence jesu: ugotica (lat. *Trisopterus minutus*), bukva (lat. *Boops boops*), zubatac (lat. *Dentex dentex*), pauk bjelac (lat. *Trachinus draco*), bežmek (lat. *Uranoscopus scaber*), morski mišići (lat. *Callionymus*), babica kukmašica (lat. *Lipophrys pavo*), babica prugasta (lat. *Parablennius rouxi*), pjevčić oštronosić (lat. *Tripterygion tripteronotus*), pjevčić žuti (lat. *Tripterygion delaisi*), pjevčić patuljić (lat. *Tripterygion melanurus*), tuna (lat. *Thunnus thynnus*), trup (lat. *Auxis rochei*), glavoč blatar (lat. *Gobius niger*), glavoč mrkulj (lat. *Gobius paganellus*), škrpina (lat. *Scorpaena scrofa*), škrpinica (lat. *Scorpaena notata*), plosnatica (lat. *Arnoglossus*) te oceanska napuhača (lat. *Lagocephalus lagocephalus*). U postotcima 47,4 % vrsta dalo je rezultat od samo jedne sekvence, dok je 52,6 % vrsta imalo više od jednoga slijeda. Opisani rezultati grafički su prikazani u grafu 1.



Graf 1. Rezultati 18S markera za najčešće i nove vrste riba Jadrana

Kod pretraživanja molekularnog markera COXI, odnosno COI, od spomenutih 176 vrsta riba, pozitivan rezultat dalo je 128 vrsta što je gledajući u postotcima 72,7 %. Najveći broj identificiranih slijedova, ukupno 20, pokazala je riba sapunar (lat. *Equulites klunzingeri*). Zatim slijedi pauk bijelac (lat. *Trachinus draco*) sa 19 slijedova, žutuga (lat. *Dasyatis pastinaca*) sa 18 slijedova, babica dubinka (lat. *Blennius ocellaris*) sa 17 sekvenci u identifikaciji traženog molekularnog markera, mačka mrkulja (lat. *Scyliorhinus stellaris*) koja sadrži 16 sekvenci te pjevčić žuti (lat.

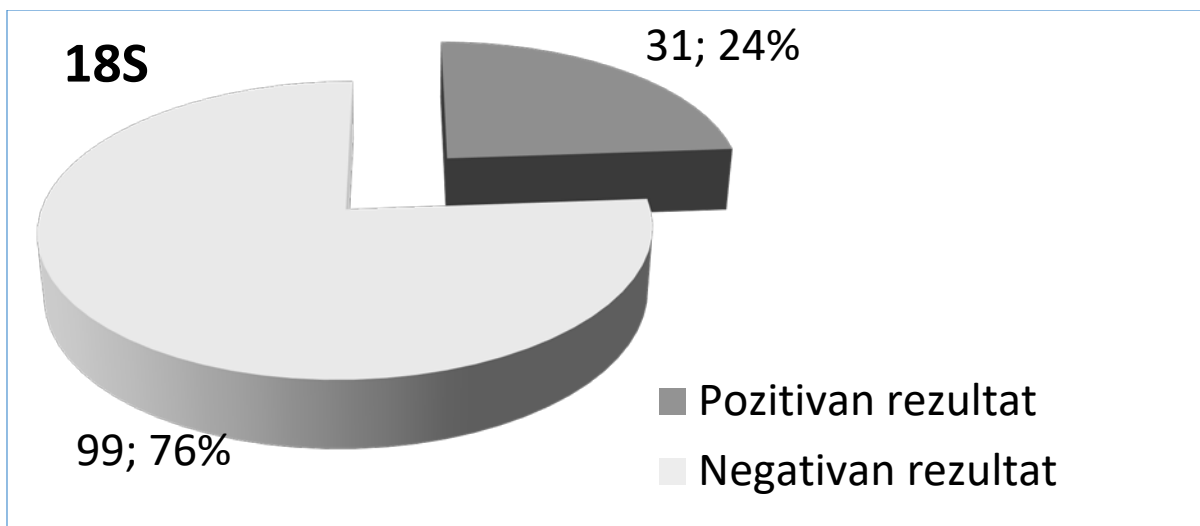
Tripterygion delaisi) i malousna jegulja (lat. Polyacanthonotus rissoanus) s 15 slijedova. Preostale ribe sadrže sekvence u rasponu od 1-14. 61 % vrsta dale su rezultate od samo jednoga slijeda, dok više sekvenci kod navedenog markera ima 39 % vrsta. 48 vrsta ili 27,3 % ne pokazuje pozitivan rezultat, odnosno prisutnost COXI, odnosno COI molekularnog markera u pretraživanoj bazi podataka. U grafu 2. prikazni su opisani rezultati.



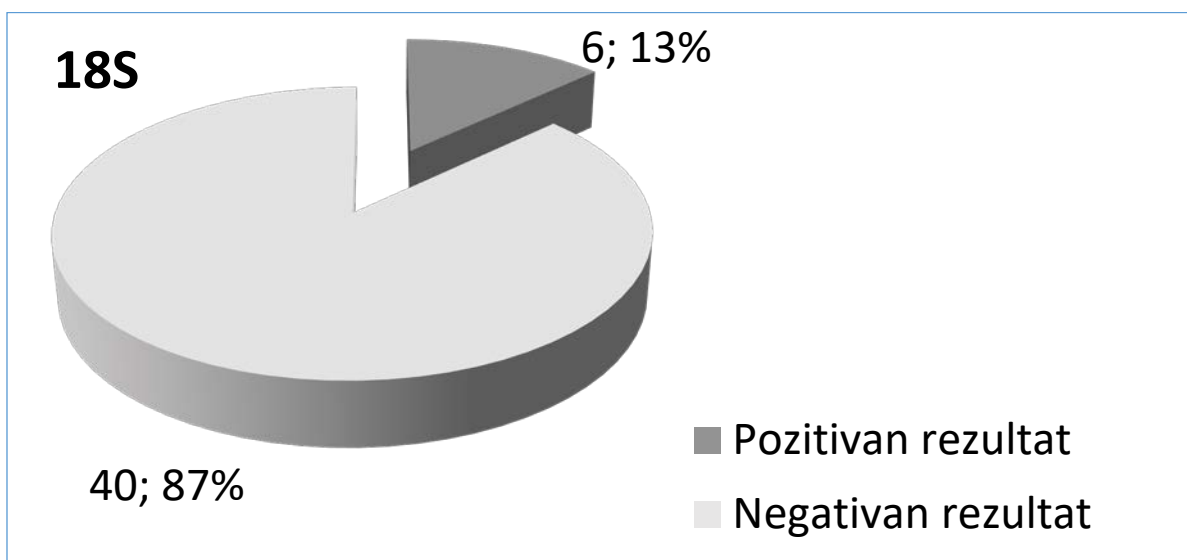
Graf 2. Rezultati COI (COXI) markera za najčešće i nove vrste riba Jadrana

Promatrajući rezultate dobivene iz tablice najčešćih vrsta riba u Jadranu mogu se vidjeti razlike u odnosu na nove vrste Jadrana. Iz dobivenih rezultata je vidljivo da od navedenih 130 najčešćih vrsta, samo 23,8 % je dalo pozitivan rezultat kod istraživanja dostupnosti markera 18S, dok je kod 46 vrsta novih riba 13 % pokazalo traženi marker. Grafovi 3. i 4. prikazuju spomenute rezultate.



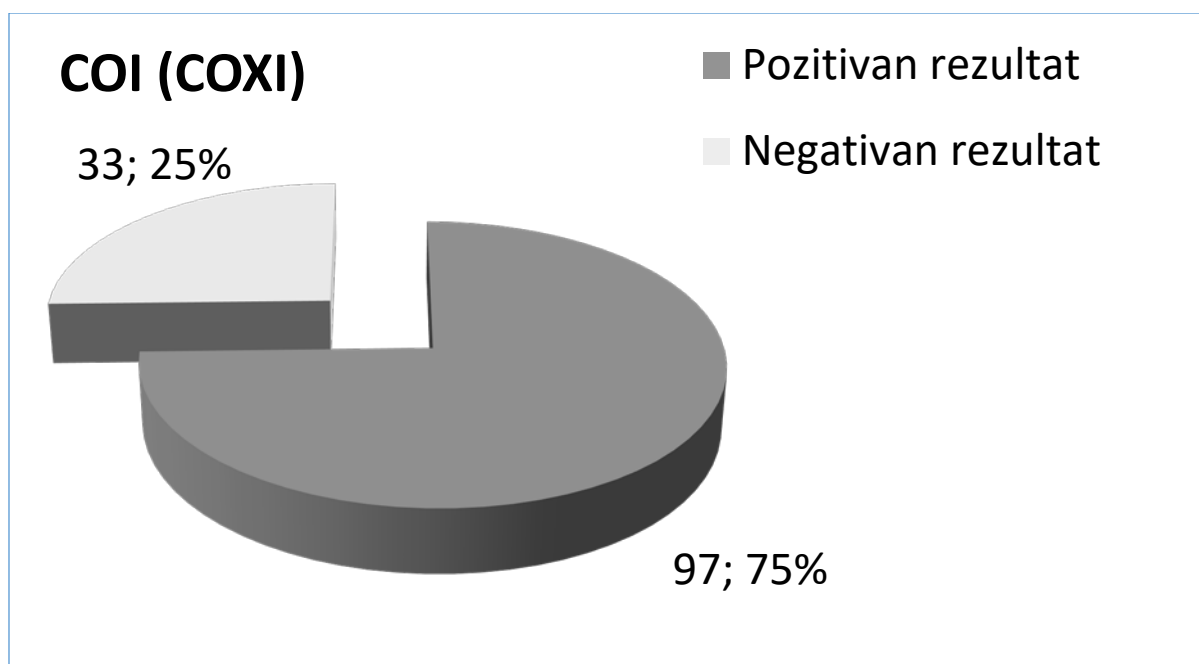


Graf 3. Rezultati 18S markera za najčešće vrste riba Jadrana

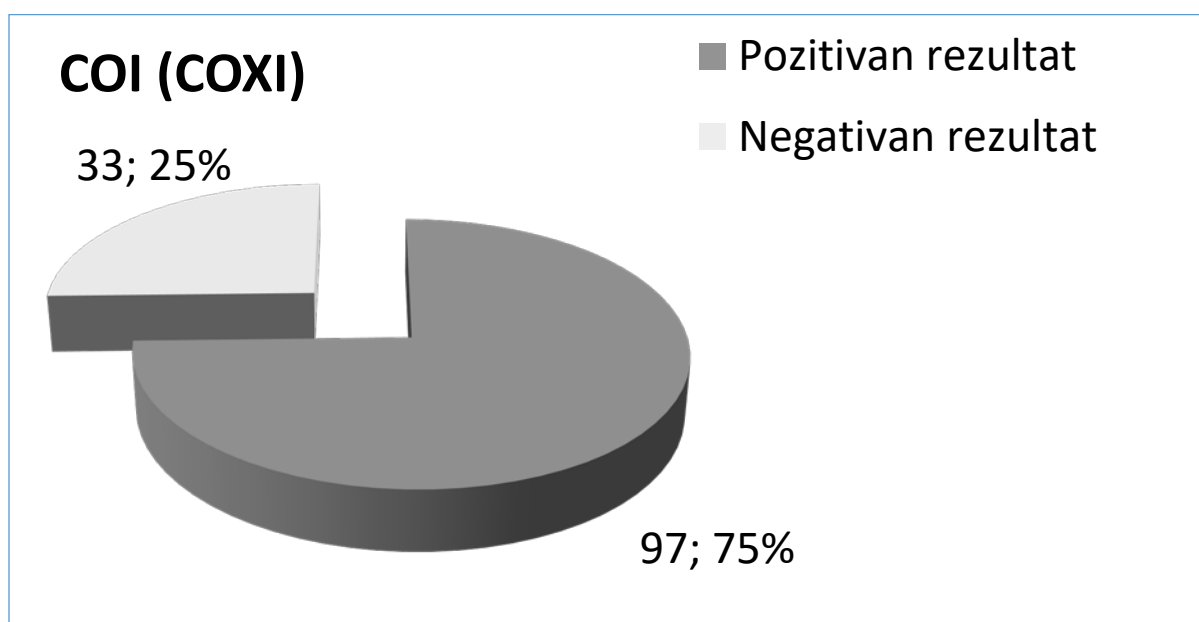


Graf 4. Rezultati 18S markera za nove vrste riba Jadrana

Gledajući rezultate COI markera vidi se značajan porast u postotcima u odnosu na 18S marker. Tako je u tablici najčešćih vrsta, 74,6 % i u tablici novih riba 67 % njih bilo pozitivno na COI (COXI) molekularni marker. U grafu 5. i 6. grafički su prikazani rezultati.



Graf 5. Rezultati COI (COXI) markera za najčešće vrste riba Jadrana



Graf 6. Rezultati COI (COXI) markera za nove vrste riba Jadrana

Vidljiva je i razlika u broju sekvenci kod obje tablice. Ispitivajući prisutnost 18S markera kod najčešćih vrsta dobiven je rezultat od 54,8 % vrsta koje imaju samo jedan slijed, dok 45,2 % njih ima više od jednog slijeda. Kod COI markera 67 % vrsta ima samo jedan slijed, a 33 % ih ima više od jednoga. Kod novih riba Jadranskog mora ispitivanje je provedeno na 46 novih vrsta pri čemu je 6 vrsta dalo pozitivan

rezultat kod 18S, odnosno 31 pozitivan rezultat za ispitivanje prisutnosti COI markera. Tako kod ispitivanja 18S markera samo je 16,7 % riba pokazalo rezultat od jedne sekvence, dok je 83,4 % imalo više od jednoga slijeda. Kod istraživanja COI markera 41,9 % riba imalo je samo jednu sekvencu, a 58,1 % više od jedne sekvence.

U odnosu na ispitivanje prisutnosti 18S molekularnog markera gdje 138 riba od ukupnog broja 176 ispitivanih vrsta, nije rezultiralo nekom brojčanom vrijednošću, negativni rezultat kod ispitivanja COXI (COI) markerom nije značajan, odnosno veoma mali broj riba nije pokazao prisustvo COXI (COI) molekularnog markera. Korištenje formule COI pokazalo je uvelike uspješnije rezultate, nego li istraživanje pomoću formule COXI. Jednako tako, mnogo je više rezultata prisutnosti oznake COXI (COI) u sekvencama baze nego li oznake 18S. Uzrok tome jest i činjenica da je 18S marker vrlo konzerviran, odnosno može služiti samo vrlo gruboj filogenetskoj analizi. Stoga je razumljivo što je ispitivanje prisutnosti ovoga markera pokazalo mali broj sljedova te činjenicu da ovaj marker nije pogodan za identifikaciju vrsta.

## 4. Zaključak

Švedski prirodoslovac Carl von Linné u 18. stoljeću je opisao sve tada poznate biljke i životinje Europe te znanstveno opisao koncept vrste. Time je bila zadovoljena potreba za organizacijom odnosna živih organizama na temelju sličnosti. Danas u svijetu razlikujemo više od 1,5 milijuna vrsta različitih organizama. Obilje životnih zajednica nalazi se i u Jadranskom moru koji je sastavni dio Mediterana. Prema svome nastanku, životu u njemu i ekološkim karakteristikama, Jadran pripada cjelini Sredozemlja. Od velike je važnosti bilježiti promjene koje se zbivaju u Jadranu kao i u čitavom morskom ekosustavu te pomoći pri očuvanju biološke raznolikosti. Zbog pretjeranog izlova, onečišćenja i raznih utjecaja svjedoci smo sve većeg nestajanja pojedinih vrsta organizama unutar, ali i u blizini morskog pojasa. Ljudske radnje mijenjaju ekološke uvjete i samim time narušavaju prirodnu ravnotežu organizama u moru čime dolazi do njihovog postupnog odumiranja. Vrste koje su ocjenjene kao ugrožene, upisane su na crvenim popisima i u crvenim knjigama ugroženih vrsta Hrvatske.

Zahvaljujući istraživanjima deoksiribonukleinske kiseline (DNK) omogućena je naprednija spoznaja o odnosima među organizmima, identifikaciji različitih vrsta, klasifikaciji pojedinih organizama u kategorije prema određenim kriterijima te o samoj evoluciji. Ribe su jedna od vrsta koje su značajno pridonijele raznolikosti i evoluciji životinja. Zbog njihove velike sposobnosti prilagodbe opstaju u raznim životnim okruženjima. One predstavljaju najbrojniju i najraznolikiju skupinu živućih kralješnjaka koje su uz to i vrlo vrijedna komponenta biološke raznolikosti. U Jadranskom su moru zabilježene 442 vrste riba, no svake godine se otkriva i opisuje sve više novih vrsta.

Kod proučavanja populacije riba, genetika riba predstavlja jednu od važnijih komponenti. Upravo je genetska raznolikost bitna zbog razumijevanja odnosa unutar populacija organizama iste vrste kao i među različitim vrstama. Pri utvrđivanju spomenutih odnosa često se koriste genetski markeri.

U ovome radu prikazano je provedeno istraživanje kojim se nastojala utvrditi prisutnost genetičkih markera 18S i COI (COXI) kod 176 vrsta riba. Riba su selektirane iz dvije knjige: „Pod površinom Mediterana“ Toma Turka iz 2011. godine te „Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora“ Jakova Dulčića i sur., također izdane 2011. godine. Istraživanje je provedeno pretraživanjem nukleotidne banke američkog Nacionalnog centra za biotehnoške informacije (NCBI). Rezultati su pokazali veoma rijetko pojavljivanje i mali broj poznatih sljedova 18S markera kod riba, dok je slijed nukleotida COXI, odnosno COI markera poznat kod većine odabranih vrsta. Kod ispitivanja prisutnosti 18S molekularnog markera, od navedenih 176 vrsta riba, 38 vrsta je pokazalo prisutnosti markera 18S u slijedovima baza što je 21,6 % pozitivnih rezultata, dok je 138 vrsta ili 78,4 % pokazalo negativan rezultat. Pri pretraživanju molekularnog markera COI (COXI), pozitivan rezultat prikazan je kod 128 vrsta ili 72,7 %. Kod 48 vrsta ili 27,3 % nije pokazan pozitivan rezultat, odnosno prisutnost traženog molekularnog markera. Hrvatska se može pohvaliti predivnim Jadranskim morem koje obiluje živim svijetom. U proteklih 20-ak godina utvrđena je prisutnost relativno velikog broja alohtonih vrsta, pogotovo onih koje svoj areal šire iz subtropskog pojasa prema hladnijim područjima, a opisano je i nekoliko novih vrsta što potvrđuje dinamičnost ekosustava, ali i upozorava na procese globalnog zagrijavanja.

## 5. Literatura

1. ALEGRO, A., KRAJAČIĆ, M., LUCIĆ, A. (2014.) *Život 2- udžbenik biologije u drugom razredu gimnazije*. Zagreb: Školska knjiga.
2. AL-SABTI, K. (1985.) Proučavanje citogenetike riba. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*. 40(4-5-6). 85-90.
3. BOGUT, I., ĐUMLIJA S., LUKAČEVIĆ K., MARCELJAK ILIĆ, K. (2008.) *Biologija 1. udžbenik biologije za prvi razred gimnazije*. Zagreb: Alfa.
4. BOORE, J. L. (1999.) Animal mitochondrial genomes. *Nucleic acids research*, 27(8). 1767-1780.
5. BOTELLA, H. A., DONOGHUE, P.C.J., MARTÍNEZ-PÉREZ, C. (2009.) Enameloid microstructure in the oldest known chondrichthyan teeth. *Acta Zoologica*, 103–108.
6. DOLONEC, Z., RUSAK, G. (2009.) *Živi svijet 1- Od molekule do organizma; udžbenik biologije za prvi razred gimnazije*. Zagreb: Profil.
7. DULČIĆ, J., DRAGIČEVIĆ B. (2011.) *Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora*. Zagreb: Institut za Oceanografiju i ribarstvo.
8. DULČIĆ, J., ĐOĐO, Z., DRAGIČEVIĆ, B., ČUKTERAŠ, M., GLAMUZINA, B. (2012.) Nove vrste u jadranskoj ihtiofauni i socio-ekonomske posljedice na hrvatsko morsko ribarstvo. *Croatian Journal of Fisheries. Ribarstvo*. 70(1). 111-123.
9. DULČIĆ, J., SOLDI, A., JARDAS, I. (2005.) Adriatic fish biodiversity and review of bibliography related to Croatian small-scale coastal fisheries. *Adriatic Sea Small-Scale Fisheries*. 103.
10. GLAMUZINA, B. TUTMAN, P., GEFFEN, A. J. KOZUL, V. SKARAMUCA, B. (2000.) First record of white grouper, *Epinephelus aeneus* (Serranidae) in the south eastern Adriatic. *Cybium* 24. 306-308.
11. GLAMUZINA, B., TUTMAN, P., GEFFEN, A. J., KOZUL, V., SKARAMUCA, B. (2000.) The first recorded occurrence of the mottled grouper, *Mycteroperca rubra* (Serranidae) in the south eastern Adriatic. *Cybium* 26. 156-158.

12. GLAMUZINA, B., DULCIE, J. (2008.) *Klimatske promjene i njihove posljedice na društvo i gospodarstvo u Hrvatskoj*. Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj. 145-158
13. GRADSTEIN, F. M., OGG, J. G., SMITH, A. G., BLEEKER, W., LOURENS, L. J. (2004.) A new geologic timescale, with special reference to Precambrian and Neogene. *Geological society of the Philippines*. 27 (2). 73-100
14. GUBERAC, S., PETROVIĆ, S., GUBERAC, V., MARIĆ, S. (2015.) Molekularni markeri u oplemenjivanju rajčice. *Poljoprivreda*. 21(2). 55-60.
15. MARSS T., RITCHIE A. (2011.) Articulated thelodonts (Agnatha) of Scotland. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Earth Sciences*. 88 (3). 143-195.
16. MILIŠIĆ, N. (1994.) *Sva riba Jadranskog mora*. Split: Niva.
17. NELLEN, W., DULČIĆ, J. (2008.) Evolutionary steps in ichthyology and new challenges. *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences*. 49(3). 201-232.
18. NORMAN, D. B., JANVIER, P. (1996.) Early Vertebrates: Oxford Monographs on Geology and Geophysics. *Geological Magazine*, 135(2). 287–300.
19. ODAK, T., TREER, T., ANIČIĆ, I., SAFNER, R., PIRIA, M. (2002.) The use of molecular methods in fisheries. *Croatian Journal of Fisheries*, 60(3), 116-126.
20. OKUMUŞ, I., ÇİFTCI, Y. (2003.) Fish population genetics and molecular markers: II-molecular markers and their applications in fisheries and aquaculture. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3(1).
21. ORBANIĆ, S. (2008.) *Živi svijet našeg mora*. Histria Croatica C.A.S.H.
22. PARENTI, P., BRESSI, N. (2001.) First record of the orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides* (Perciformes:Serranidae) in the Northern Adriatic Sea. *Cybium* 25. 281-284.
23. PEĆAREVIĆ, M., MIKUŠ, J., CETINIĆ, A. B., DULČIĆ, J., ČALIĆ, M. (2013.) Introduced marine species in croatian Waters (eastern Adriatic Sea). *Mediterranean Marine Science*. 14(1). 224-237.
24. RADOVIĆ, J., ČIVIĆ, K., TOPIĆ, R., POSAVEC-VUKELIĆ, V. (2009.) *Biološka raznolikost Hrvatske*. Zagreb: Državni zavod za zaštitu prirode.

25. ROBERTSON J.D. (1953). The chemical composition of the blood of some aquatic chordates, including members of the tunicata, cyclostomata and osteichthyes. *Department of Zoology. University of Glasgow.* 424-442.
26. SALLAN, L. C., COATES, M. I. (2010.) End-Devonian extinction and a bottleneck in the early evolution of modern jawed vertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 107(22), 10131–10135.
27. SCHLÖTTERER, C., PEMBERTON, J. (1994.) Molecular Ecology and Evolution: Approaches and Applications. *Birkhauer Verlag Basel.* 203-113.
28. SHEN, Y., NEWBURY, H. J., FORD-LLOYD, B. V.(1996) The taxonomic characterization of annual Beta germplasm in a genetic resources collection using RAPD markers. *Euphytica* 91. 205-212.
29. SINDIČIĆ M., KONJEVIĆ D. (2014.) *Osnove zoologije mediteranskih ekosustava.* Zadar: Sveučilište u Zadru.
30. THORSON, T. B. (1961.) The partitioning of body water in Osteichthyes: phylogenetic and ecological implications in aquatic vertebrates. *Biol. Bull.* 120. 238-254.
31. TREER, T. (1992.) GENETIKA RIBA. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo.* 47(1-2). 35-54.
32. TURK, T. (2011). *Pod površinom Mediterana.* Zagreb: Školska knjiga.
33. TURNER, S., MURPHY M. A. (1988). Early Devonian Vertebrate Microfossils from the Simpson Park Range. *Journal of Paleontology.* 62 (6). 959-64.

#### MREŽNE STRANICE

34. HRVATSKA ENCIKLOPEDIJA [Online] Dostupno na

<http://www.enciklopedija.hr/>

[Pristupljeno:8.10.2016.]

35. BIOSAFETY GMO PORTAL. [Online] Dostupno na:

<http://www.gmo.hr/cro/Dodatni-sadrzaji/Pojmovnik/fenotip>

[Pristupljeno: 15.8.2016.]



36. BIOTEKA. [Online] Dostupno na:  
<http://www.bioteka.hr/modules/zivisvijet/index.php/zivisvijet.%C4%8Clanci.64/Abeceda-genetike-Kakve-tajne-kriju-stance.html>  
[Pristupljeno: 15.8.2016.]
37. E-ŠKOLA MLADIH ZNANSTVENIKA. [Online] Dostupno na:  
<http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor396.htm>  
[Pristupljeno 20.8.2016.]
38. Državni zavod za zaštitu prirode. [Online] Dostupno na:  
<http://www.dzsp.hr/vrste/crveni-popis-biljaka-i-zivotinja-rh/crveni-popis-biljaka-i-zivotinja-republike-hrvatske-146.html>  
[Pristupljeno:12.8.2016.]
39. Hrvatski jezični portal. [Online] Dostupno na:  
[http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search\\_by\\_id&id=eV9hWhE%3D](http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search_by_id&id=eV9hWhE%3D)  
[Pristupljeno: 30.7.2016.]
40. SVJETSKA ORGANIZACIJA ZA ZAŠTITU PRIRODE: Važnost biološke raznolikosti. [Online] Dostupno na:  
[http://croatia.panda.org/naa\\_zemlja/to\\_je\\_biološka\\_raznolikost/](http://croatia.panda.org/naa_zemlja/to_je_biološka_raznolikost/)  
[Pristupljeno: 26.7.2016.]
41. ZAŠTITA PRIRODE.HR: Konvencija o biološkoj raznolikosti CBD. [Online]  
Dostupno na:  
<http://www.zastita-prirode.hr/Aktivnosti-projekti-i-medunarodnasuradnja/Medunarodni-sporazumi/Konvencija-o-bioloskoj-r raznolikosti-CBD> [Pristupljeno: 26.7.2016.]

## Prilozi

### POPIS SLIKA

**Slika 1.** Anatomija ribe koštunjače (Turk, 2011)

[Preuzeto: TURK, T. (2011.) *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga.]

**Slika 2.** Pasteurov eksperiment

[Preuzeto: BOGUT, I., ĐUMLIJA S., LUKAČEVIĆ K., MARCELJAK ILIĆ, K. (2008.) *Biologija 1. udžbenik biologije za prvi razred gimnazije*. Zagreb: Alfa.]

**Slika 3.** Stablo života

[Preuzeto: SINDIČIĆ M., KONJEVIĆ D. (2014.) *Osnove zoologije mediteranskih ekosustava*. Zadar: Sveučilište u Zadru.]

**Slika 4.** Građa eukariotske stanice

[Preuzeto:<http://www.bioteka.hr/modules/zivisvijet/index.php/zivisvijet.%C4%8Clanci.64/Abeceda-genetike-Kakve-tajne-kriju-stanice.html>]  
(Pristupljeno: 15.8.2016.)

**Slika 5.** Shematski prikaz genoma eukariotske stanice

[Preuzeto: <http://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor396>.] (Pristupljeno 20.8.2016.)

**Slika 6.** Tijelo morskog psa – predstavnika riba hrskavičnjača

[Preuzeto: TURK, T. (2011.) *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga.]

**Slika 7.** Tjelesna organizacija riba koštunjača

[Preuzeto: TURK, T. (2011.) *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga.]

## POPIS TABLICA

### **Tablica 1.** Mogući utjecaji alohtonih vrsta na ekosustav

[Preuzeto: DULČIĆ, J., DRAGIČEVIĆ B. (2011.) *Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora*. Zagreb: Institut za Oceanografiju i ribarstvo.]

### **Tablica 2.** Broj morskih riba (u Hrvatskoj) obrađenih u Crvenom popisu prema skupinama i IUCN kategorijama

[Preuzeto: <http://www.dzzp.hr/vrste/crveni-popis-biljaka-i-zivotinja-rh/crveni-popis-biljaka-i-zivotinja-republike-hrvatske-146.html>]

(pristupljeno:12.8.2016)

### **Tablica 3.** Geološka kronologija od danas do nastanka svijeta

[Preuzeto: GRADSTEIN F.M., OGG, J.G., SMITH, A.G., BLEEKER, W., LOURENS, L.J. (2004.) *A new geologic timescale, with special reference to Precambrian and Neogene*. *Geological society of the Philippines*. 27 (2). 73-100]

### **Tablica 4.** Prikaz sistematike riba prema Milišiću (1994)

[Preuzeto: MILIŠIĆ, N. (1994.) *Sva riba Jadranskog mora*. Split: NIVA.]

### **Tablica 5.** Prikaz podjele hrskavičnjača (lat. *Chondrichthyes*) prema Milišiću (1994)

[Preuzeto: MILIŠIĆ, N. (1994.) *Sva riba Jadranskog mora*. Split: NIVA.]

### **Tablica 6.** Prikaz podjele koštunjača (lat. *Osteichthyes*) prema Milišiću (1994)

[Preuzeto: MILIŠIĆ, N. (1994.) *Sva riba Jadranskog mora*. Split: NIVA.]

### **Tablica 7.** Prikaz sistematike riba prema Turku (2011)

[Preuzeto: TURK, T. (2011.) *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga.]

### **Tablica 8.** Prikaz podjele beščeljstih ili kružnoustih (lat. *Agnatha* ili *Cyclostomata*)

[Preuzeto: TURK, T. (2011.) *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga.]

### **Tablica 9.** Prikaz podjele hrskavičnjača (lat. *Chondrichthyes*) prema Turku (2011)

[Preuzeto: TURK, T. (2011.) *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga.]

**Tablica 10.** Prikaz podjele koštunjača (lat. *Osteichthyes*) prema Turku (2011)

[Preuzeto: TURK, T. (2011.) *Pod površinom Mediterana*. Zagreb: Školska knjiga.]

**Tablica 11.** Dostupnost 18S i COXI (COI) molekularnih markera najčešćih vrsta riba Jadranskog mora

## POPIS GRAFOVA

**Graf 1.** Rezultati 18S markera za najčešće i nove vrste riba Jadrana

**Graf 2.** Rezultati COI (COXI) markera za najčešće i nove vrste riba Jadrana

**Graf 3.** Rezultati 18S markera za najčešće vrste riba Jadrana

**Graf 4.** Rezultati 18S markera za nove vrste riba Jadrana

**Graf 5.** Rezultati COI (COXI) markera za najčešće vrste riba Jadrana

**Graf 6.** Rezultati COI (COXI) markera za nove vrste riba Jadrana

## Sažetak

Jadransko more stanište je mnogih organizama zbog povoljnih životnih uvjeta koje pruža. Bioraznolikost jadranske ihtiofaune kontinuirano se mijenja. Ribe imaju dominantnu ulogu u vodenoj sredini, te su jedan od najboljih pokazatelja ekološkog stanja vodenih staništa. Izumiranje vrsta predstavlja degradaciju određenih životnih zajednica, a samim time i narušavanje ekosustava te gubitak pojedinih genetičkih vrijednosti. U Jadranskom su moru zabilježene 442 svoje riba, što predstavlja oko 65% poznatih ribljih svojti Sredozemnoga mora. Molekularni markeri omogućavaju uspješniji pristup analizi različitih vrsta riba. Oni služe identifikaciji vrsta, kromosomske lokacije i učinaka gena. Koristeći se dvjema knjigama: „Pod površinom Mediterana“ Toma Turka (2011), te „Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora“ Dulčića i sur. (2011) navedene su riblje vrste kod kojih se ispitala dostupnost molekularnih markera 18S i COXI. Koristeći se dvjema temeljnim formulama pri pretraživanju nukleotidne baze američkog Nacionalnog centra za biotehnološke informacije, dobiveni su rezultati koji pokazuju relativno mali broj pronađenih markera. Od ispitivanih 176 vrsta riba, 38 vrsta je pokazalo prisutnost markera 18S u pretraženoj banci podataka, dok je 138 vrsta pokazalo negativan rezultat. Kod pretraživanja molekularnog markera COXI, odnosno COI, od spomenutih 176 vrsta riba, pozitivan rezultat dalo je 128 vrsta. Dobiveni podatci ukazuju na to da je prostor za daljnja istraživanja u području molekularne sistematike još uvijek velik, čak i kod vrsta koje su čovjeku s raznih aspekata vrlo zanimljive, kao što su to npr. ribe.

**Ključne riječi:** ihtiofauna, bioraznolikost, riblje vrste, molekularni markeri, 18S, COXI (COI)

## Summary

Adriatic Sea is a habitat for many organisms due to favorable living conditions. Biodiversity of Adriatic ichthyofauna is constantly changing. Fish play a dominant role in the aquatic environment, and are one of the best indicators of the ecological status of aquatic habitats. Species extinction represents the disappearance of certain living communities, and therefore disruption of ecosystems and the loss of overall genetic value. In the Adriatic Sea, ichthyologists have recorded a total of 442 different fish species, which represents about 65% of all known fish taxa in the Mediterranean Sea. Molecular markers allow for a successful approach to the analysis of different types of fish. They identify the species, locations, chromosomes and effects of genes. Using two books: "Pod površinom Mediterana" by Tom Turk (2011) and "Nove ribe Jadranskog i Sredozemnog mora" by Dulčić et al. (2011); two lists of fish species were created and analyzed for the availability of molecular markers 18S and COXI in the Nucleotide databank of the US National Center for Biotechnology Information. Of the tested 176 fish species, only 38 species showed the presence of 18S, while 138 showed a negative result. The search for COXI or COI molecular markers showed a positive result in 128 fish species but most of them with a very low number of detected sequences. The obtained data indicate the space for further research in the field of molecular systematics is still great, even for species that are for various reasons very interesting to human, such as for example Fish.

**Key words:** ichthyofauna, biological diversity, fish species, molecular marker, 18S, COXI (COI)