

Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), osnovne značajke rasta i razvoja u hrvatskom dijelu Jadranskog mora

Stamenković, Andrea

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:239102>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#) / [Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-28**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Science](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Odjel za biologiju

Andrea Stamenković

**Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792),
osnovne značajke rasta i razvoja u hrvatskom
dijelu Jadranskog mora**

Diplomski rad

Split, 2022.

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Odjel za biologiju

Andrea Stamenković

**Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792),
osnovne značajke rasta i razvoja u hrvatskom
dijelu Jadranskog mora**

Diplomski rad

Split, 2022.

Ovaj rad, izrađen u Splitu pod mentorstvom doc. dr. sc. Antonele Paladin i komentorstvom dr. sc. Vanje Čikeš Keč, znanstvene savjetnice Instituta za oceanografiju i ribarstvo, predan je na ocjenu Odjelu za biologiju Prirodoslovno - matematičkog fakulteta Sveučilišta u Splitu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc. dr. sc. Antoneli Paladin na korisnim savjetima i jasnim uputama kojima mi je pomogla u izradi ovog diplomskog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj komentorici dr. Sc. Vanji Čikeš Keč za iznimno strpljenje i veliku pomoć pri samom odabiru teme kao i analiziranju podataka te savjetima prilikom izrade ovog rada čak i izvan svog radnog vremena.

Naposlijetku veliko hvala mojoj obitelji za svu potporu prilikom školovanja kao i svim ostalima koji su na bilo koji način pomogli.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Splitu
Prirodoslovno - matematički fakultet
Odjel za biologiju
Ruđera Boškovića 33
21 000 Split, Hrvatska

Diplomski rad

Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), osnovne značajke rasta i razvoja u hrvatskom dijelu Jadranskog mora

Andrea Stamenković

SAŽETAK

U ovom radu prikazani su rezultati istraživanja populacije srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine. Raspon ukupne dužine tijela jedinki bio je od 9,1 do 17,5 cm sa srednjom vrijednošću od $12,74 \pm 0,980$ cm. Masa tijela srdela bila je između 4,89 g i 45,3 g, sa srednjom vrijednošću od $16,29 \pm 4,299$ g. Dužinsko – maseni odnos je bio $W = 0,0089 \times Lt^{2,9412}$, $R^2 = 0,7909$ za ukupno analizirani materijal. Ženke pokazuju veće vrijednosti mase gonada od mužjaka tijekom cijele godine osim u srpnju. U razdoblju mirovanja gonada, u uzorku dominiraju ženke, a u razdoblju intenzivnog mrijesta mužjaci. Vrijednosti gonadosomatskog indeksa mužjaka su većinom niže od ženki te prate trend kretanja vrijednosti masa gonada. Veličina otolita je rasla s porastom ukupne dužine tijela srdele. Ukupna dužina tijela srdela u trenutku formiranja prvog hijalinog prstena iznosila je od 5,77 do 13,10 cm sa srednjom vrijednošću od $9,35 \pm 1,26$ cm.

Ključne riječi: *Sardina pilchardus*, otolith, dužinsko – maseni odnos, kondicija

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno – matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Rad sadrži: 42 stranice, 23 slike, 6 tablica i 80 literaturnih navoda.

Izvornik je na hrvatskom jeziku.

Mentor: dr. sc. Antonela Paladin, docent, PMF Split

Komentor: dr. sc. Vanja Čikeš Keč, znanstveni savjetnik, IZOR Split

Ocjenjivači: dr. sc. Antonela Paladin, docent, PMF Split

prof. dr. sc. Mate Šantić, redoviti profesor, PMF Split

doc. dr. sc. Sanja Puljas, izvanredna profesorica, PMF Split

Rad prihvaćen: 22. rujna 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Split
Faculty of Science
Department of Biology
Ruđera Boškovića 33
21 000 Split, Croatia

Graduation thesis

Sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), main characteristics of growth and development in croatian part of the Adriatic sea

Andrea Stamenković

ABSTRACT

This paper presents the results of investigation of sardine, *Sardina pilchardus*, population during 2021. Total body length ranged from 9,1 to 17,5 cm, with average of $12,74 \pm 0,980$ cm. Sardine body weight varied from 4,89 g to 45,3 g, with average of $16,29 \pm 4,299$ g. Length – weight relationship was established to be $W = 0,0089 \times Lt^{2,9412}$, $R^2 = 0,7909$ for overall specimens. Females were showing greater values in gonad mass than males throughout the whole year except in July. Females prevailed during the resting phase of the reproductive cycle while males during the time of intensive spawning. Gonosomatic index values of males were mostly lower than those of females and were following the trend of gonad mass values. Otolith lengths were increasing with increasing of total body lengths of sardine. Total body length range when the first hyaline ring formed ranged from 5,77 to 13,10 cm, with average of $9,35 \pm 1,26$ cm.

Key words: *Sardina pilchardus*, otolith, length – weight relationship, condition

Thesis deposited in library of Faculty of Science, University of Split

Thesis consists of: 42 pages, 23 figures, 6 tables and 80 references.

Original language: Croatian

Supervisor: Antonela Paladin, Ph.D. Assistant Professor, Faculty of Science, Split

Assistant supervisor: Vanja Čikeš Keč, Ph.D. Senior research associate

Reviewers: Antonela Paladin, Ph.D. Assistant Professor, Faculty of Science, Split

Mate Šantić, Ph.D. Professor, Faculty of Science, Split

Sanja Puljas, Ph.D. Associate professor, Faculty of Science, Split

Thesis accepted: September 22nd, 2022.

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Biološko-ekološke značajke srdele, <i>Sardina pilchardus</i>	1
1.2. Gospodarski značaj srdele	3
1.3. Dosadašnja istraživanja u Jadranu	3
1.4. Cilj istraživanja.....	4
2. MATERIJALI I METODE	5
2.1. Tehnike uzorkovanja	5
2.2. Morfometrijska analiza.....	6
2.3. Dužinsko - maseni odnos.....	6
2.4. Odnos spolova i gonadosomatski indeks (GSI).....	7
2.5. Određivanje kondicije srdele	7
2.6. Analiza otolita.....	7
3. REZULTATI I RASPRAVA	10
3.1. Analiza ukupne dužine tijela srdele.....	10
3.2. Analiza mase tijela srdele	13
3.3. Analiza mase gonada srdele	14
3.4. Analiza dužinsko - masenog odnosa srdele	16
3.5. Analiza odnosa spolova srdele	19
3.6. Analiza gonadosomatskog indeksa (GSI) srdele	22
3.7. Analiza indeksa kondicije srdele	24
3.8. Analiza otolita srdele	29
4. ZAKLJUČAK	33
5. LITERATURA.....	35

1. UVOD

1.1. Biološko-ekološke značajke srdele, *Sardina pilchardus*

Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) je široko rasprostranjena i ekonomski najvažnija vrsta ribe u Jadranskom moru (Slika 1.).

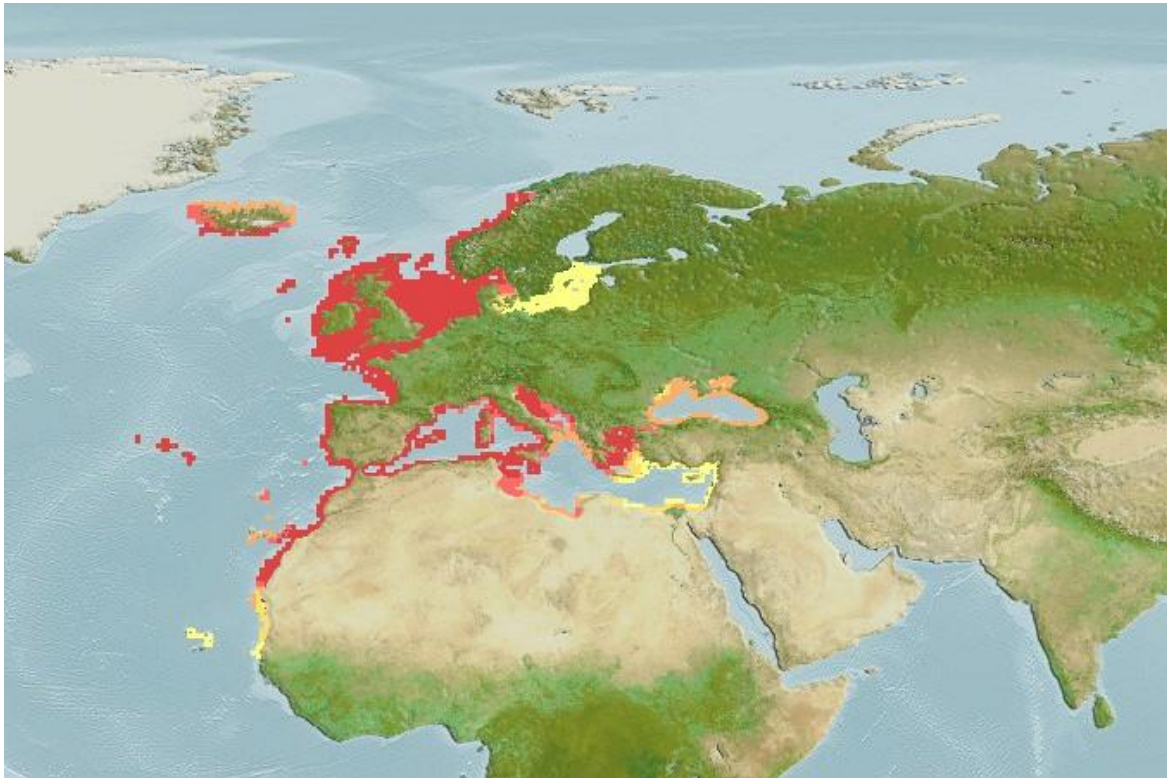


Slika 1. Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792.)

(<https://www.istockphoto.com/photos/european-pilchard-sardina-pilchardus>)

Srdela pripada porodici haringi (Clupeide), a nastanjuje gotovo cjelokupno područje Jadrana s tim da je gušće rasprostranjena na istočnoj obali (Sinovčić i sur., 1991). Kozmopolitska je vrsta koja je osim duž obale Europe, rasprostranjena i u istočnom Atlantiku od Islanda do Sjevernog mora i Senegala, uključujući cijeli Mediteran kao i Crno te Azovsko more (Whitehead, 1985) (Slika 2.). U Sredozemnom moru zadržavaju se u epikontinentalnom pojasu, u velikim i gustim plovama na dubinama od 25 do 55 m tijekom dana ili 15 do 35 m tijekom noći, ali mogu zalaziti do dubine od 250 m (Tratnik i sur., 2007).

Tijelo srdele je izduženo i bočno spljošteno. Dorzalni dio je modro-zelene boje koja u lateralnom dijelu prelazi u srebrnu. S bočnih strana ima crne mrlje, a po škrgama zvjezdoliki urez. Maksimalna zabilježena dužina tijela srdele iznosi 27,5 cm, a uobičajena dužina od 15 do 20 cm. Srdela se uglavnom hrani zooplanktonskim rakovima, ali i drugim većim organizmima (Zorica i sur., 2016; 2021).



Slika 2. Prikaz geografske rasprostranjenosti srdele, *Sardina pilchardus* (www.fishbase.de).

Jedinke srdele svoju prvu spolnu zrelost u Jadranskom moru najčešće dožive pri totalnoj dužini tijela od 7,1 cm, dok je cijela populacija spolno zrela u dužinskom razredu od 11,5 cm (Zorica i sur., 2010).

Vrijeme mrijesta srdele ovisi o biološkim faktorima kao što su temperatura mora i salinitet. Mrijest se odvija tijekom hladnijeg dijela godine kada su temperature najčešće od 11 do 16°C i salinitet od 35,2 do 38,8 psu (Morello i Arneri, 2009). Razdoblje mrijesta kod jedinki srdele u Jadranskom moru većinom započinje početkom listopada te završava krajem travnja, s vrhuncem od studenog do veljače (Sinovčić i sur., 2008; Pešić i sur., 2010; Zorica i sur., 2017; 2019).

Prema načinu mrijesta srdele je „batch spawner“ odnosno svoje spolne produkte izbacuje više puta tijekom produžene sezone mriješćenja. Kao i druge vrste pelagične ribe: incun, skuša, lokarda, palamida, tuna i iglica, migratorna je vrsta (Čikeš Keč i Zorica, 2020). Ove pelagične ribe migriraju dva puta tijekom godine iz otvorenih do obalnih područja Jadrana i obrnuto, zbog mriješćenja i hranjenja. Kod srdele se migracija uvjetovana mriješćenjem odvija u hladnijem

dijelu godine (Mužinić, 1954; Sinovčić, 1983, 1983.-84, 2000, 2001a i b; Sinovčić i sur., 2003, 2008). Iako su mlade jedinke srdela uočene u cijelom istočnom Jadranu, područja kao Kvarner, Dugi otok, vanjski dijelovi srednjodalmatinskih otoka i područje Boke Kotorske (Mandić, 2011, Zorica i sur., 2015; 2019), kao i estuarij rijeke Krke (Sinovčić i sur., 2009) utvrđeni su kao poznata mrijestilišta srdele.

1.2. Gospodarski značaj srdele

Hrvatsku ribolovnu flotu manjim dijelom čine plivarice za ulov sitne plave ribe (7%), ali ulovi tih alata pridonose s više od 90% u ukupnom ulovu RH te čine više od 50% ukupne gospodarske vrijednosti (Državni zavod za statistiku, 2021). U ukupnom ulovu plave ribe u Hrvatskoj u 2021. godini, najveći udio odnosio se na srdelu te je iznosio oko 70% odnosno 40.000 t, što ukazuje da je srdela značajan gospodarski resurs RH.

Obzirom na navedeno, plivarice namijenjene ulovu sitne plave ribe iznimno su važne za ribarstvo Republike Hrvatske. Godišnja istraživanja kvalitativnog i kvantitativnog sastava lovina provode se na području cijelog Jadranskog mora, te se na razini General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM) i EU Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (EU STECF) dobiveni podaci koriste u cilju procjene stanja najvažnijih vrsta u ulovu ovog alata, odnosno srdele i incuna. Osim Hrvatske, podacima o ulovu, dužinskoj raspodjeli, starosti i smrtnosti vrste, sudjeluju i ostale zemlje regije te se na GFCM i EU STECF platformama, statističkim modelima procjenjuje trenutno stanje kao i izrađuju projekcije za budućnost iz kojih proizlaze preporuke za upravljanje ovim resursima na nivou pojedinih država kao i regije.

1.3. Dosadašnja istraživanja u Jadranu

Zbog izuzetne gospodarske važnosti u Hrvatskoj kao i na ostalim područjima, srdela je jedna od istraženijih pelagičnih riba. Prvo sustavno istraživanje srdele odnosilo se, početkom 20.st., na rast očitavan iz otolita te spolni dimorfizam vrste (Mužinić, 1936).

Istraživanjem morfoloških promjena gonada tijekom godine utvrđeno je vrijeme mrijesta srdele u Jadranu od jeseni do proljeća s vrhuncem u zimskom razdoblju (Mužinić, 1954; Pešić i sur., 2010; Sinovčić i sur., 2008; Pešić, 2011; Zorica i sur., 2017; 2019). Prvu spolnu zrelost srdela u Jadranu doseže pri kraju prve godine života pri dužinskom razredu od 7,0 cm (Sinovčić, 1983; 1990; 2001 a i b; Sinovčić i sur., 2003).

Povezanost energetske zaliha i reproduktivnog ciklusa srdele dokazana je određivanjem sadržaja masti u tkivima srdele te povećanom akumulacijom masti u razdoblju intenzivnog hranjenja odnosno snažan utjecaj mrijesta na zalihe masti pohranjenim u spolnim žlijezdama i jetri (Mužinić, 1954; 1973; Zorica i sur., 2019).

Markiranjem jedinki srdele uočeno je da srdela migrira dva puta tijekom godine prema obali (Mužinić, 1973). Prvi put na proljeće radi prehrane, a drugi put krajem ljeta i početkom jeseni radi postizanja spolne zrelosti, dok se migracija prema otvorenom moru odvija radi mriješćenja. Uspoređivanjem ponašanja srdela sličnih i različitih veličina u akvariju utvrđeno je da srdele formiraju jata po veličini (Mužinić, 1977).

Istraživanjem građe i strukture otolita saznaje se o rastu pojedine vrste riba. Utvrđeno je postojanje odnosa između dužine otolita i dužine tijela ribe u kojem se tehnikom "back-calculation" utvrđuje dužina tijela ribe pri formiranju određenog hijalinog prstena (Bartlett i sur., 1974; Miller i Nelson, 1974; Nelson, 1974; Starostka i Nelson, 1974; Tanyolac, 1979; Duncan, 1980). Izračunavanje starosti mjerenjem hijalinog prstena na otolitu preko "back calculation" metode za srdelu u Jadranu do sada nije provedeno.

1.4. Cilj istraživanja

Cilj ovog rada je prikazati pojedine kvalitativne i kvantitativne biološke parametre populacije srdele, *Sardina pilchardus* u Jadranu. Istražit će se dužinska struktura jedinki, gonadosomatski faktor, indeks kondicije, te maseno-dužinski odnos koji karakteriziraju populaciju vrste.

Dužina, vrijeme razmnožavanja i starost jedinki su parametri koji se koriste u procjenjivanju stanja stoka, te je poznavanje ovih karakteristika srdele važno za modeliranje stanja i upravljanje stokom ove značajne vrste u Jadranskom moru.

Također, cilj ovog rada je analizom otolita utvrditi vrijeme nastanka hijalinog prstena, odnos dužine tijela srdele i dužine otolita te dužinu ribe pri formiranju prvog hijalinog prstena.

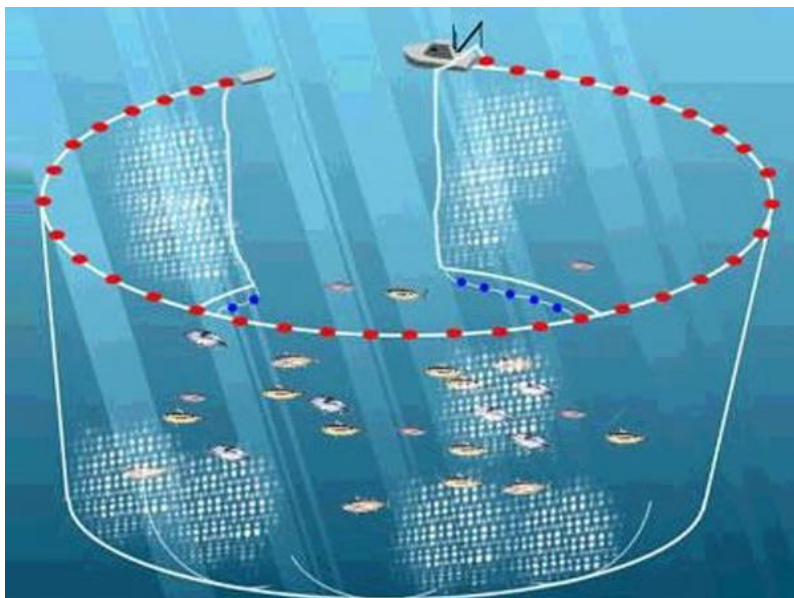
Obzirom na važnost srdele kao gospodarske vrste za ribarstvo RH i činjenice da je obnovljivi resurs Jadranskog mora srdela je tema različitih ekoloških studija, te tako i ovaj rad doprinosi poznavanju i boljoj zaštiti ove vrste.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Tehnike uzorkovanja

Jedinke srdele istraživane u ovom diplomskom radu prikupljene su iz komercijalnih lovina mreže plivarice za ulov sitne plave ribe - srdelare. Plivarica je ribolovni alat dugog i visokog mrežnog tega nabranog na obrubljujućoj užadi (Slika 3.). Služi za ulov prvenstveno pelagičnih vrsta riba koje žive u plovama. Vrste plivarica se razlikuju po vrstama materijala od kojih se izrađuju, odnosu između njihove visine i dužine, veličini oka mreže i debljini konca, kao i načinu postavljanja olovnji i plutnji na rubove mreže, kao i prema ciljanim vrstama ribolova.

Cilj ulova plivarice srdelare je sitna plava riba, prvenstveno srdela i inćun. Dijagonalna dužina oka mreže plivarice srdelare iznosi 14 mm. Tehnika plivaričarskog ulova male plave ribe uključuje upotrebu umjetnog svjetla, jer se najkompaktnije plove ribe formiraju noću pod umjetnim svjetlom (Mužinić, 1960, 1963, 1964). Obzirom na procijenjeno stanje populacije posljednjih godina te želju za zaštitom resursa, ribolov plivaricama je dozvoljen samo određeni broj dana u godini, odnosno mjesecu, te samo za vrijeme „mraka“ (Plan upravljanja srdelara, 2017). Ukupni broj radnih dana srdelarom tijekom godine ne smije preći 180 dana od čega srdela ne smije biti ciljane vrsta više od 144 dana (NN 71/17). Nadalje, ulovi srdelarom zabranjeni su tijekom lovostaja u razdoblju prosinac-veljača te tijekom svibnja, kao jedna od mjera propisanih od strane RH kao dio Management plana za Adriatic (GFCM/44/2021/20).



Slika 3. Ilustracija ribolova plivaricom

(https://blog.dnevnik.hr/geomir/slike/originals/a35_plivarica.jpg).

Sakupljanje uzoraka srdele je provedeno u okviru projekta "Data Collection Framework" financiranog od strane EU i Uprave za ribarstvo koji podrazumijeva uzorkovanje na isti način u svim zemljama koje sudjeluju u projektu. Materijal je prikupljen mjesečno na komercijalnim plovilima slučajnim uzorkovanjem na mjestu iskrcaja te direktno na ribolovnom plovilu. Ukupno je prikupljeno 1167 jedinki srdele za detaljniju analizu te su jedinke laboratorijski obrađene u Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu.

2.2. Morfometrijska analiza

Morfometrijska analiza uzoraka napravljena je mjerenjem ukupne dužine tijela jedinki s točnošću $\pm 0,1$ cm. Izmjerena je ukupna masa jedinki i masa gonada s točnošću $\pm 0,01$ cm te su gonade konzervirane u 4% formalinu zbog sprječavanja razgradnje tkiva enzimima ili bakterijama.

2.3. Dužinsko - maseni odnos

Analiziran je odnos dužine i mase tijela jedinki. Alometrijski odnos dužine (L) i mase (W) ispitan je pomoću funkcionalne regresije (Ricker, 1975):

$$\text{Log } W = \log a + b \log L_t$$

odnosno temeljem eksponencijalne jednadžbe

$$W = a L_t^b$$

gdje je W ukupna masa tijela, L_t totalna dužina, a a i b konstante. Eksponent b je omjer logaritma rasta u odnosu dužine i mase. Vrijednost konstante b veća od 3 ($b > 3$) ukazuje na pozitivnu alometriju, a konstanta b manja od 3 ($b < 3$) na negativan alometrijski rast. Vrijednost konstante b jednak 3 ($b = 3$) ukazuje na izometrijski rast. Negativna alometrija potvrđuje da riba raste brže dužinski nego maseno, a pozitivna alometrija suprotno. Pri izometrijskom odnosu riba raste razmjerno jednako u dužini i masi, uz zadržavanje svog uobičajenog oblika (Ricker, 1975).

Izračunate su vrijednosti specifičnog parametrijskog statističkog testa (T-test) i na temelju rezultata uz razinu značajnosti od 0,05, odbačena je ($p < 0,05$) ili prihvaćena ($p > 0,05$) nul-

hipoteza. Osim alometrijskog rasta populacije ovaj odnos ujedno može dobro isticati neke kritične trenutke u biologiji vrste kao što je sazrijevanje, mriješćenje i metamorfoza kada dolazi do promjene dužinsko-masenog odnosa.

2.4. Odnos spolova i gonadosomatski indeks (GSI)

Spol je određen makroskopski, na temelju oblika, izgleda i strukture gonada. Kod jedinki kod kojih nije bilo moguće makroskopski odrediti spol, zbog lošeg stanja gonada, stanja mirovanja ili jer još nisu dosegle prvu spolnu zrelost, spol je naznačen kao neodređen.

Gonadosomatski indeks (GSI) (Barber i Blake, 2006) određen je na osnovu ukupne mase i mase gonada jedinke pomoću jednadžbe :

$$GSI = (W_g / W) * 100$$

gdje je: W_g – masa gonada i W – ukupna masa

2.5. Određivanje kondicije srdele

Kondicija opisuje tjelesno stanje kod riba i posljedica je dužinsko masenog odnosa, a izražava se vrijednostima koeficijenta kondicije ili ponderalnog indeksa (Ricker, 1975). Koeficijent kondicije je promatran pomoću:

- Kubičnog ili Fultonovog koeficijenta: $K = 100 W L_t^{-3}$ (Hille, 1936)
- Alometrijskog koeficijenta: $C = 100 W L_t^{-b}$ (Le Cren, 1951)
- Relativnog koeficijenta kondicije: $K' = W (aL_t^b)^{-1}$ (Ricker, 1975)

gdje je: W – ukupna masa ribe, L_t – ukupna dužina, b – alometrijski koeficijent i a – regresijska konstanta.

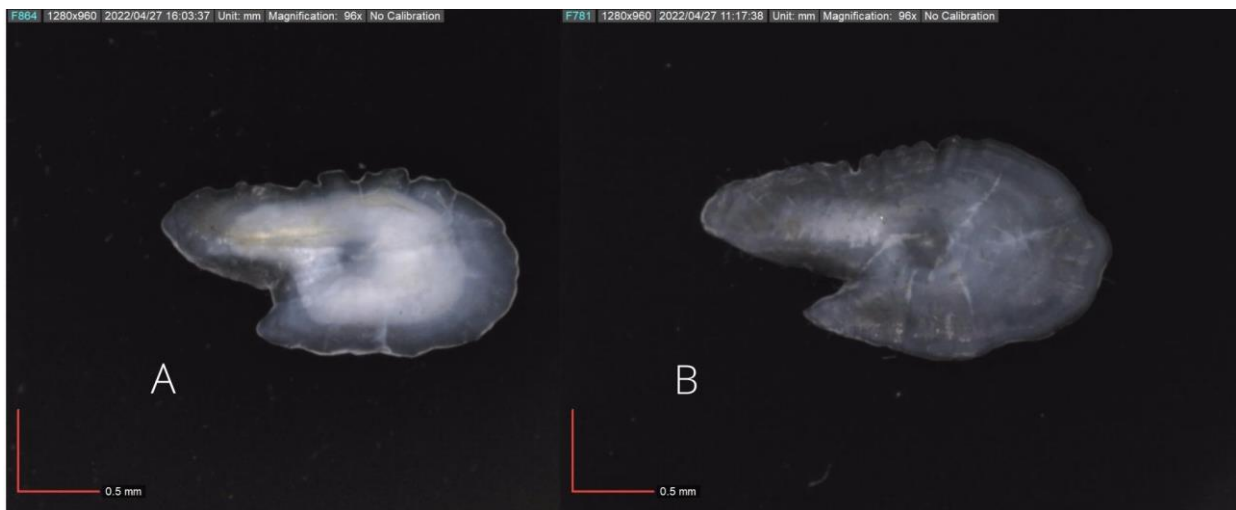
2.6. Analiza otolita

Kod pravih koštunjača (nadred: Teleostei) unutarnje uho se sastoji od mreže kanala ispunjenih endolimfom u kojim se nalaze otoliti odnosno kalcij-karbonatne strukture građene od kristala aragonita u proteinu matriksa. Građa i struktura otolita ukazuje na rast jedinki. Godišnji rast otolita se sastoji od izmjene opake i hijaline zone što se koristi za određivanje starosti ribe. Naime, tijekom usporenog rasta u zimskom razdoblju na otolitu se taloži manje kristala te je on

vidljiv kao hijalina ili prozirna zona. Tijekom toplijeg dijela godine radi intezivnijeg hranjenja i više temperature, dolazi do jačeg taloženja i stvaranja tamnije odnosno opake zone (Thomas, 1983).

Otoliti (sagittae) su izvađeni iz ležišta na donjoj strani lubanje sekcijom glave, poprečnim rezom od zatiljka prema očima, u pravcu između stražnjeg ruba očne šupljine i stražnjeg dijela škržnog poklopca. Isprani su u 96%-om etanolu zbog uklanjanja organskih nečistoća i sluzi. Snimljeni su Dino Lite digitalnim mikroskopom AD-7013MTL na tamnoj podlozi radi boljeg uočavanja hijaline i opake zone.

Rubovi otolita svih uzoraka analizirani su i klasificirani kao: (O) opaki ili (H) hijalini (Slika 4.). Analizom ruba otolita utvrđena je prisutnost opake ili hijaline zone na prikupljenim uzorcima, a postotak otolita sa hijalnim ili opakim rubom po mjesecima korišten je kao pokazatelj vremena formacije prstena.



Slika 4. Klasifikacija ruba otolita: A) opaki, B) hijalini.

Fotografije otolita analizirane su u programu za obradu slika ImageJ koji je temeljen na Java programskom jeziku i razvijen u Nacionalnom institutu za zdravlje i Laboratoriju za optičke i računalne instrumente (LOCI, Sveučilište Wisconsin) (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>). Na slikama su izmjerene ukupna dužina otolita (S) te udaljenost do prvog hijalinog prstena- radijus prstena (Sn) (Slika 5.).



Slika 5. Prikaz mjerenja ukupne dužine otolita (S) i udaljenosti do prvog hijalinog prstena (Sn) u programu ImageJ.

U cilju određivanja starosti riba otoliti se koriste od 1899. godine (Reibisch citirano u Jones, 1992), a “back-calculation” metoda u cilju rekonstrukcije rasta ribe od početka dvadesetog stoljeća (Lea, 1910). Razni modeli “back-calculation” metode se naročito uspješno koriste kod određivanja rasta populacije kada nisu dostupni svi starosni razredi vrste (Francis 1990; 1995).

Mjerenjem dužine otolita i radijusa prstena moguće je izračunati ukupnu dužinu ribe u trenutku nastanka prstena koristeći jednadžbu back-claculation (Chugunova, 1963):

$$L_n = (S_n / S) * L_t$$

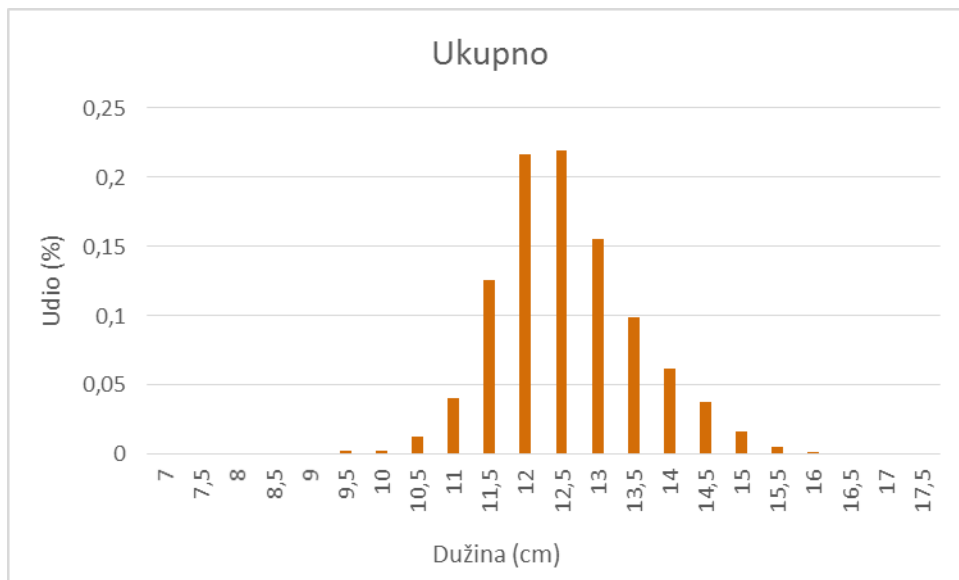
gdje je: L_n - dužina ribe pri formiranju prvog hijalinog prstena “n”, S_n - radijus hijalinog prstena “n”, S – dužina otolita u trenutku ulova ribe i L_t – dužina ribe u trenutku ulova.

Za statističku analizu korišten je program Past 3 (<https://past.en.lo4d.com/windows>). Određeni su statistički odnosi između različitih parametara ruba prstena i gonadosomatskog odonosa, kao i ruba prstena i kondicije te odnosa između dužine otolita i dužine jedinke.

3. REZULTATI I RASPRAVA

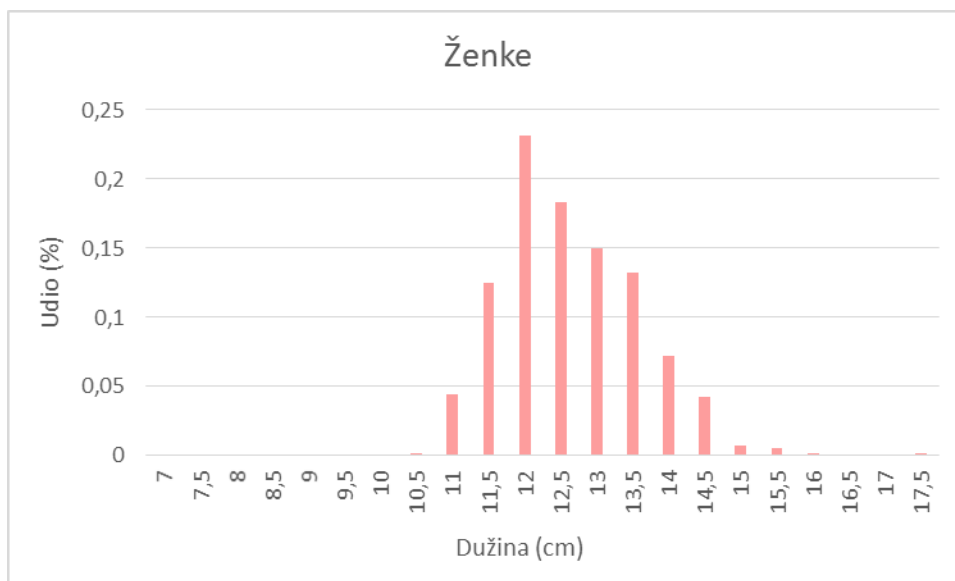
3.1 Analiza ukupne dužine tijela srdele

Za određivanje dužinske strukture populacije analizirano je ukupno 1167 jedinki srdela i to: 380 mužjaka, 514 ženki i 273 jedinke čiji spol nije bilo moguće odrediti. Ukupna dužina tijela svih jedinki bila je u rasponu od 9,1 cm do 17,5 cm. Srednja vrijednost ukupnih dužina tijela analiziranih jedinki iznosila je $12,74 \pm 0,980$ cm, dok je modalna vrijednost iznosila 12,5 cm (Slika 6.). Nizak postotak (1,28 %) zastupljenosti jedinki srdele do veličine od 10,5 cm je u skladu s minimalnom dozvoljenom lovnom dužinom od 11 cm propisanom zakonom RH (EZ 1967/2006). Zabilježen je porast vrijednosti do dužine od 12,5 cm (21,94 %) dok su jedinke duže od 16 cm zastupljene u iznosu od 0,17 %.

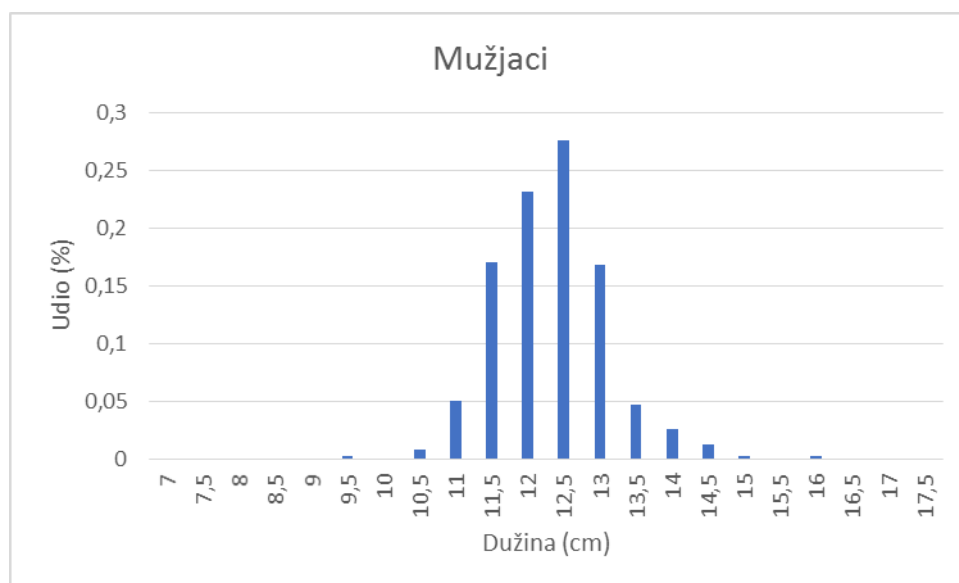


Slika 6. Dužinska raspodjela jedinki srdele, *Sardina pilchardus* u uzorku prikupljenom tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Vrijednost ukupne dužine tijela ženki (Slika 7.) iznosila je od 10,8 cm do 17,5 cm sa srednjom vrijednošću od $12,81 \pm 0,957$ cm, dok je kod mužjaka ukupna dužina bila u rasponu od 9,8 cm do 16 cm sa srednjom vrijednošću od $12,50 \pm 0,778$ cm (Slika 8.). Rasponi ukupnih dužina tijela za oba spola su gotovo jednaki, ali s razlikom u modalnoj vrijednosti koja je za ženke u dužinskom razredu od 12,0 cm, a za mužjake u dužinskom razredu od 12,5 cm.

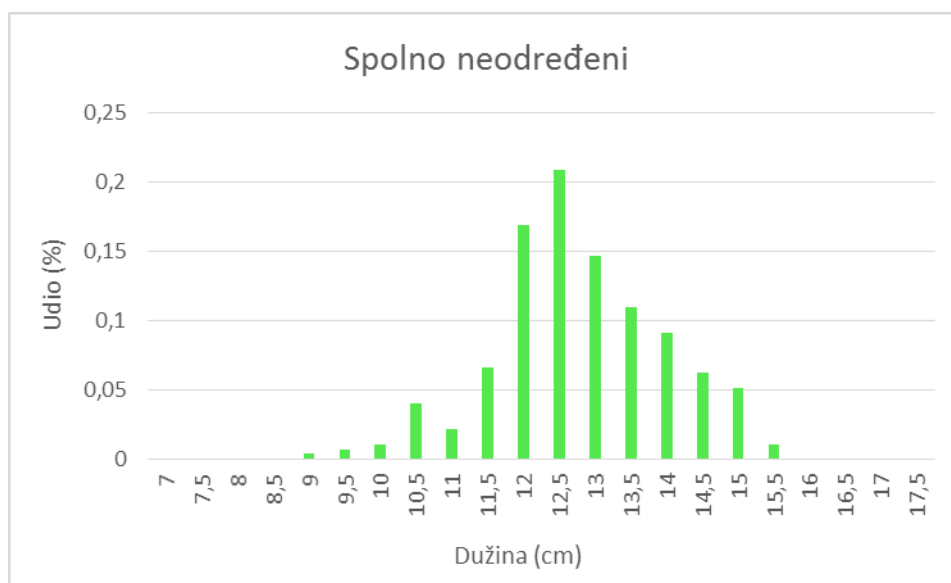


Slika 7. Dužinska raspodjela ženki srdele, *Sardina pilchardus* u uzorku prikupljenom tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.



Slika 8. Dužinska raspodjela mužjaka srdele, *Sardina pilchardus* u uzorku prikupljenom tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Osim navedenih, određenom broju jedinki (N= 273) nije bilo moguće odrediti spol te su analizirane zasebno. Vrijednost ukupne dužine tijela (Slika 9.) ovih jedinki bila je u rasponu od 9,1 cm do 15,6 cm sa srednjom vrijednošću od $12,93 \pm 1,191$ cm te istom modalnom vrijednošću kao i kod ženki odnosno u razredu od 12,5 cm.



Slika 9. Dužinska raspodjela spolno neodređenih jedinki srdele, *Sardina pilchardus* u uzorku prikupljenom tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

U okviru projekta „Monitoring pelagičkih naselja u Jadranskom moru“ provedenom na Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu je prikupljeno i analizirano 6716 jedinki srdele u razdoblju od siječnja do studenog 2010. godine (Zorica i sur., 2010). Vrijednosti ukupne dužine tijela bile su u rasponu od 6,0 cm do 20,5 cm, dok su u ovom istraživanju bile od 9,1 cm do 17,5 cm. Srednja vrijednost ukupnih dužina tijela analiziranih jedinki iz 2010. godine iznosila je $16,2 \pm 0,908$ cm s dominantnom modalnom vrijednošću od 15,0 cm što se razlikuje od ovog istraživanja u kojem je srednja vrijednost $12,74 \pm 0,980$ cm, a modalni razred 12,5 cm. Pretpostavka je da odstupanja između ova dva istraživanja proizlaze iz razlike u broju analiziranih jedinki koji je u 2010. godini iznimno velik, te u činjenici da u prethodnom istraživanju nije vrijedilo ograničenje minimalne lovne dužine. Isto tako, raspon ukupne dužine tijela i njena srednja vrijednost u istraživanju iz 2010. godine u odnosu na one iz 2021. godine može ukazivati na promijenjenu strukturu populacije srdele te to može potvrditi procjene koje ukazuju na prelovljenost srdele (WGSASP GFCM, 2022).

U razdoblju između 2002. i 2006. godine analizirano je 4521 jedinki srdele i to iz estuarija rijeke Zrmanje (n=2893) i s područja Dugog otoka (n=1628) (Sinovčić i sur.,2009). Vrijednosti ukupnih dužina tijela jedinki ulovljenih u estuariju rijeke Zrmanje bile su od 5,0 cm do 19,5 cm te između 11,5 cm i 19,5 cm za jedinke s područja Dugog Otoka.

Srdele prikupljene u estuariju rijeke Krke od listopada do veljače 2002/03, 2003/04 i 2004/05 bile su manjih veličina odnosno u granicama od 4,9 cm do 12,5 cm sa srednjom vrijednosti $8,31 \pm 1,41$ cm (Sinovčić i sur., 2008).

Mustać i Marić (2016) su od prikupljenih uzoraka ribarskih lovina sitne plave ribe ribarske zadruge „Omega3“ analizirale 1540 jedinki srdele čija je ukupna dužina bila od 11,5 cm do 17,5 cm, a srednja vrijednost ukupnih dužina iznosila je $13,93 \pm 0,90$ cm sa modalnim dužinskim razredom 14,0 cm što se među dosad navedenim istraživanjima najviše poklapa s vrijednostima u ovom istraživanju.

Ipak, uočljivo je da je srdela tijekom zadnjih desetljeća sve manje srednje dužine u cijelom Jadranu (WGSASP GFCM, 2020) što je jedan od razloga što rezultati procjene ukazuju na prelovljenost te slijedom toga uspostave planova upravljanja na nivou GFCM za cijeli Jadran.

3.2. Analiza mase tijela srdele

Vrijednosti izmjerene mase tijela svih jedinki srdele iznosile su od 4,89 g do 45,3 g, a srednja vrijednost ukupne mase tijela iznosila je $16,29 \pm 4,299$ g. Zasebno su analizirani mužjaci, ženke i jedinke kojima nije određen spol. Vrijednosti mase tijela mužjaka su u granicama od 6,84 g do 27,79 g sa srednjom vrijednošću od $14,91 \pm 2,995$ g, mase ženki u granicama od 8,31 g do 45,30 g sa srednjom vrijednošću od $16,65 \pm 4,270$ g, a mase jedinki kojima nije određen spol u granicama od 4,89 g do 34,4 g sa srednjom vrijednošću od $17,55 \pm 5,273$ g.

Analizom 245 jedinki srdele iz komercijalnog ulova plivarice iz istočnog dijela Jadrana od siječnja do prosinca 2016. godine utvrđen je raspon ukupne mase tijela jedinki od 12,09 g do 54,27 g sa srednjom vrijednošću od $25,74 \pm 7,70$ g (Zorica i sur., 2016). Rezultati se razlikuju od rezultata ovog istraživanja, posebno u srednjoj vrijednosti mase, koja je za ovo istraživanje niža i iznosi $16,29 \pm 4,299$ g. Rezultat je očekivan obzirom na brojnost većih jedinki analiziranih u prethodnom istraživanju. Naime, u istraživanju tijekom 2016. godine, dužine jedinki su bile od 7,0 do 21,0 cm, sa srednjom vrijednosti $13,98 \pm 0,78$ cm, što je širi raspon i viša srednja vrijednost nego u istraživanju 2021. godine. Dodatni razlog više srednje vrijednosti mase u istraživanju iz 2016. godine je činjenica da je to bilo istraživanje o prehrani srdele te je većina jedinki bila punih želudaca, a time i više mase tijela.

Jedinke srdele analizirane u ovom radu su značajno manjih tjelesnih dužina kao i mase u odnosu na vrijednosti ukupne mase tijela 4521 jedinke srdele prikupljene u estuariju rijeke Zrmanje i

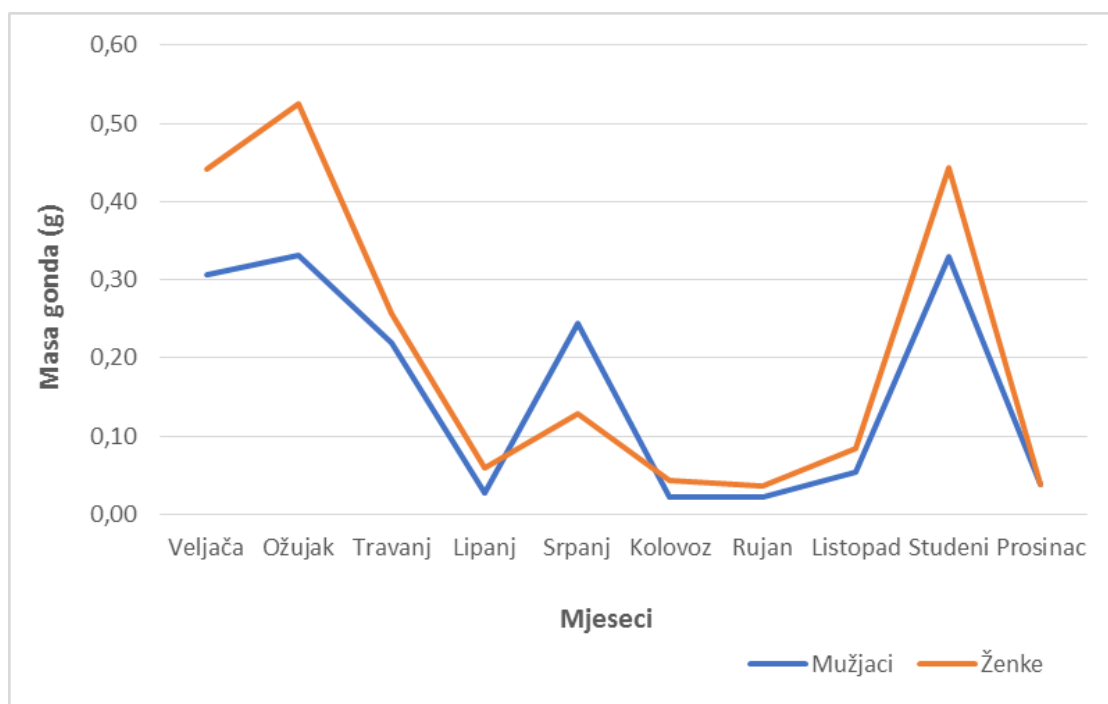
blizini Dugog otoka koje su bile od 0,69 g do 60,20 g u estuariju te od 6,18 g do 63,97 g za Dugi Otok (Sinovčić i sur., 2009). Također su vrijednosti mase tijela u ovom istraživanju niže od ukupne mase tijela 1010 analiziranih jedinki srdele s područja hrvatskog dijela istočnog Jadrana koja je bila u rasponu od 7,81 g do 45,04 g sa srednjom vrijednošću $21,74 \pm 6,375$ g (Zorica i sur., 2017). Sve ove činjenice mogu ukazivati na promjenjenu strukturu ove vrste u Jadranskom moru u zadnjim desetljećima.

3.3. Analiza mase gonada srdele

Vrijednost mase gonada kod ženki iznosila je od 0,01 g do 2,43 g sa srednjom vrijednošću od $0,18 \pm 0,263$ g, a kod mužjaka od 0,01 g do 1,19 g sa srednjom vrijednošću od $0,20 \pm 0,228$ g. Prema tablici i grafičkom prikazu rezultata (Tablica 1., Slika 10.) uočava se da su vrijednosti mase gonada ženki kroz cijelu godinu bile veće od mase gonada mužjaka osim u srpnju kada je kod ženki srednja vrijednost iznosila 0,13 g, a u mužjaka 0,24 g. Najveće vrijednosti mase gonada zabilježene su, očekivano, tijekom hladnijih mjeseci odnosno u vrijeme kada je razdoblje intenzivnog razmnožavanja ove vrste. Tijekom prosinca zabilježen je pad u masi gonada, ali zbog lovostaja koji vrijedi dio mjeseca, vremenske uvjete i ograničene količine mogućeg iskrcaja (od 2018. na snazi je ograničenje iskrcaja na razinu iz 2014. godine radi zaštite stoka) (NN 71/17) sakupljen je samo jedan uzorak i to iz područja uzobalja, a čine ga manje jedinke koje su se vjerojatno neposredno izmrijestile. Najniže vrijednosti mase gonada zabilježene su tijekom ljetnih mjeseci kod oba spola.

Tablica 1. Raspodjela mase gonada srdele po mjesecima u 2021. godini.

Mjesec	Masa gonada (g)	
	Mužjaci	Ženke
Veljača	0,31	0,44
Ožujak	0,33	0,52
Travanj	0,22	0,26
Lipanj	0,03	0,06
Srpanj	0,24	0,13
Kolovoz	0,02	0,04
Rujan	0,02	0,04
Listopad	0,05	0,09
Studeni	0,33	0,44
Prosinac	0,04	0,04



Slika 10. Mjesečne promjene mase gonada mužjaka i ženki srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Sličan trend promjene mase gonada dobiven je analizom jedinki srdele mjesečno prikupljenih u istočnom dijelu Jadranskog mora. Nakon razdoblja niskih vrijednosti od svibnja do rujna uočen je porast u listopadu kada je srednja vrijednost mase gonada iznosila 0,29 g. Maksimalna vrijednost mase je bila u studenom te je iznosila 0,80 g, a visoke vrijednosti mase počele su se snižavati od travnja (Zorica i sur., 2017).

3.4. Analiza dužinsko - masenog odnosa srdele

Odnos dužine i mase analiziran je na 1167 jedinki srdele od čega je ukupno analizirano 514 ženki, 380 mužjaka i 273 jedinki neodređena spola. Dužinsko – maseni odnos izračunat je mjerenjem dužine i mase jedinki te je izražen sljedećim funkcijama:

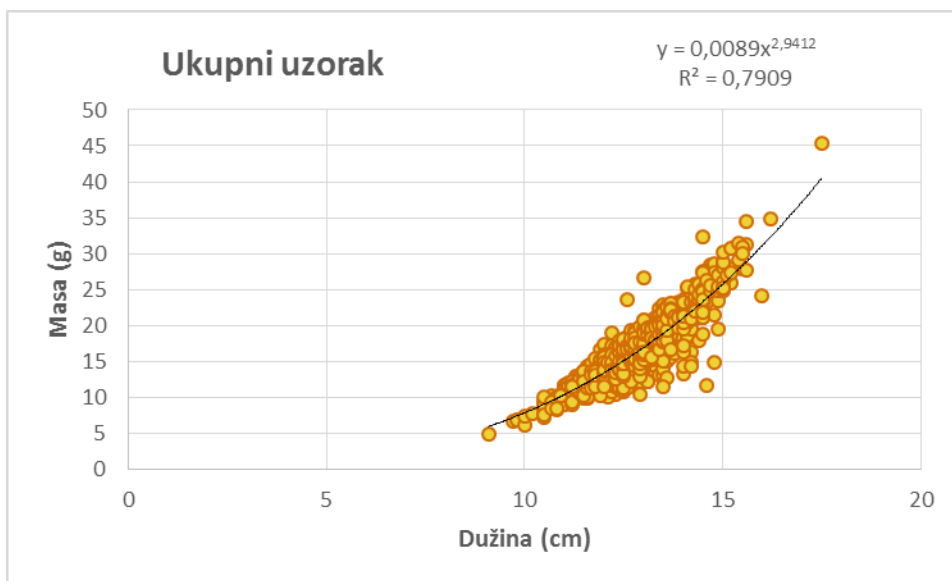
$$\text{Ukupni uzorak: } W = 0,0089 \times L_t^{2,9412}, R^2 = 0,7909$$

$$\text{Ženke: } W = 0,0132 \times L_t^{2,792}, R^2 = 0,7552$$

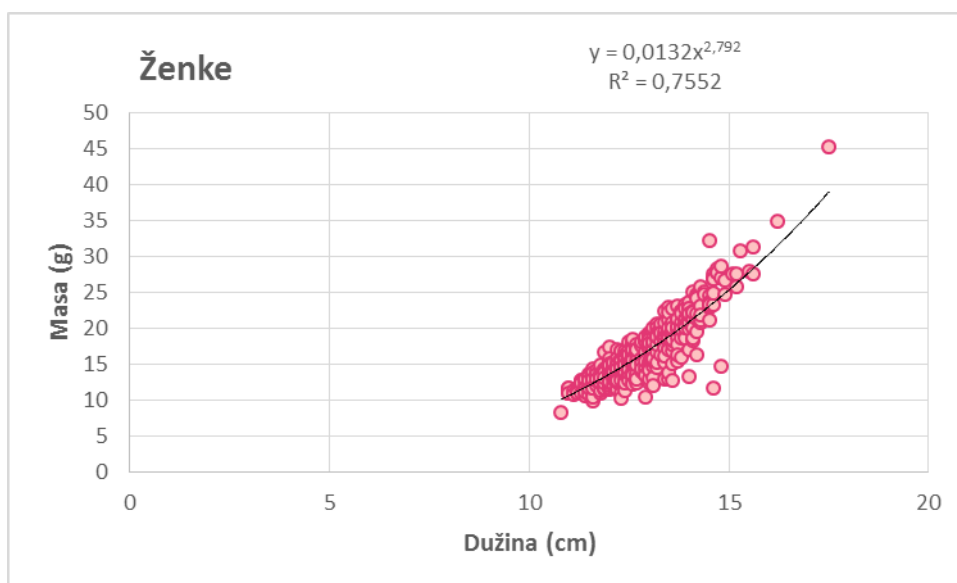
$$\text{Mužjaci: } W = 0,0192 \times L_t^{2,6295}, R^2 = 0,6856$$

$$\text{Spolno neodređeni: } W = 0,0047 \times L_t^{3,197}, R^2 = 0,8813$$

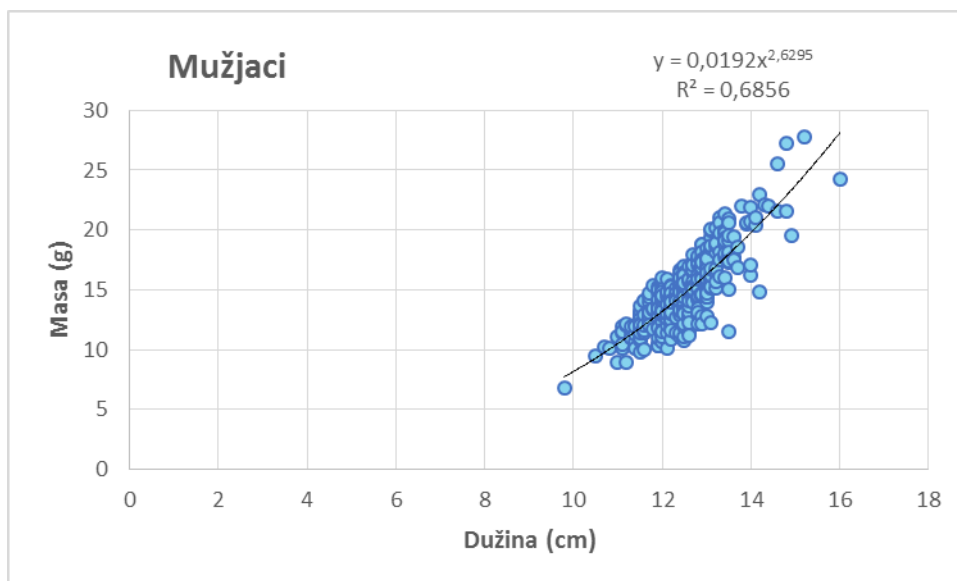
Grafički su prikazani dužinsko – maseni odnosi za ukupni uzorak (Slika 11.), ženke (Slika 12.), mužjake (Slika 13.) i jedinke kojima nije određen spol (Slika 14.). Prema dobivenoj vrijednosti alometrijskog koeficijenta b za ukupni uzorak ($b= 2,9412$) te posebno za ženke ($b= 2,792$), mužjake ($b= 2,6295$) i spolno neodređene jedinke ($b= 3,197$) može se zaključiti da je rast srdele alometrijski negativan ($b < 3$), što znači da jedinke proporcionalno brže rastu dužinski nego maseno osim za jedinke neodređenog spola koje imaju pozitivnu alometriju ($b > 3$). Nakon odrađenog statističkog t-testa (ukupni uzorak, $t= -1,00079$, $p < 0.05$; ženke, $t= -2,13288$, $p < 0.05$; mužjaci, $t= -3,33699$, $p < 0.05$), hipoteza o negativnom alometrijskom rastu populacije je prihvaćena za ukupan uzorak, ženke i mužjake, dok je za spolno neodređene ($t= 9,329449$, $p < 0.05$) potvrđena hipoteza o pozitivnom alometrijskom rastu populacije.



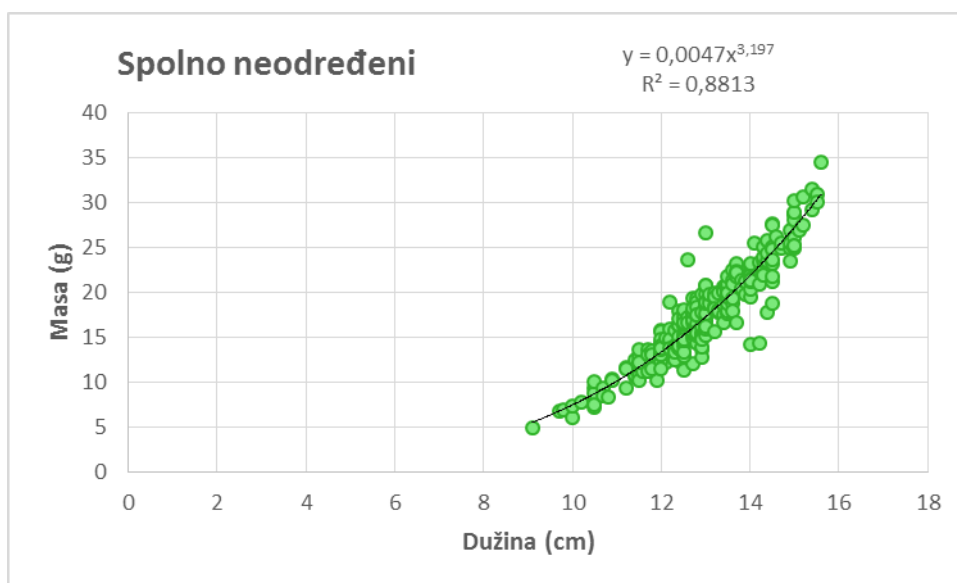
Slika 11. Dužinsko – maseni odnos ukupnog uzorka (N = 1167) jedinki srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.



Slika 12. Dužinsko – maseni odnos ženki (N = 514) srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.



Slika 13. Dužinsko – maseni odnos mužjaka (N = 380) srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.



Slika 14. Dužinsko – maseni odnos spolno neodređenih jedinki (N = 273) srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Analizom dužinsko- masenog odnosa jedinki srdele ulovljenih u istočnom dijelu Jadranskog mora tijekom 2013. godine (Zorica i sur., 2017) uočen je izometrijski rast populacije s $b = 3,063$, za razliku od ovog istraživanja u kojem je zabilježen negativni alometrijski rast ($b = 2,9412$).

U istraživanju jedinki srdele (Mustać i Sinovčić, 2010) iz obalnog (Virsko more) i otvorenog mora (Dugi otok) od ožujka 2004. do veljače 2005. godine uočen je negativni alometrijski rast, kao i u ovom istraživanju. Alometrijski faktor b za uzorak srdele iz Dugog otoka iznosio je 2.6299 dok je za one kod Virskog mora iznosio 2.5132.

Prema Sinovčić i sur. (2009) koji su analizirali 4521 jedinki srdele iz područja estuarija rijeke Zrmanje i Dugog Otoka utvrđena je pozitivna alometrija kod estuarija rijeke Zrmanje ($b = 3,3139$), a negativna na području Dugog Otoka ($b = 2,8756$). U istraživanju Zorica i suradnika (2010) zabilježen je alometrijski faktor b 3,2793, odnosno pozitivna alometrija. Kako je dužinsko maseni odnos jedan od pokazatelja promjena tijekom života jedinke, ove razlike ne moraju ukazivati na promjene u biologiji vrste nego možda su uzrokovane različitim vremenom, područjem istraživanja kao i dužinskom strukturom uzorka.

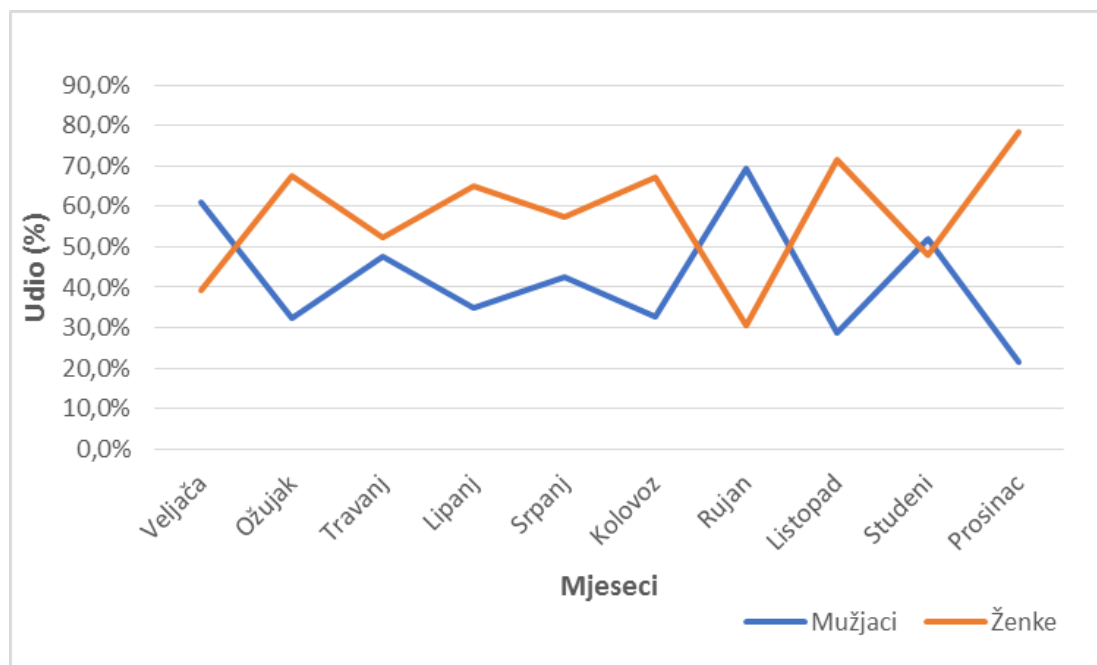
3.5. Analiza odnosa spolova srdele

Od analiziranih jedinki u ukupnom uzorku ($N = 894$) bilo je 514 ženki odnosno 57,5 % te 380 jedinki mužjaka odnosno 42,5 % (Tablica 2., Slika 15. i Slika 16.)

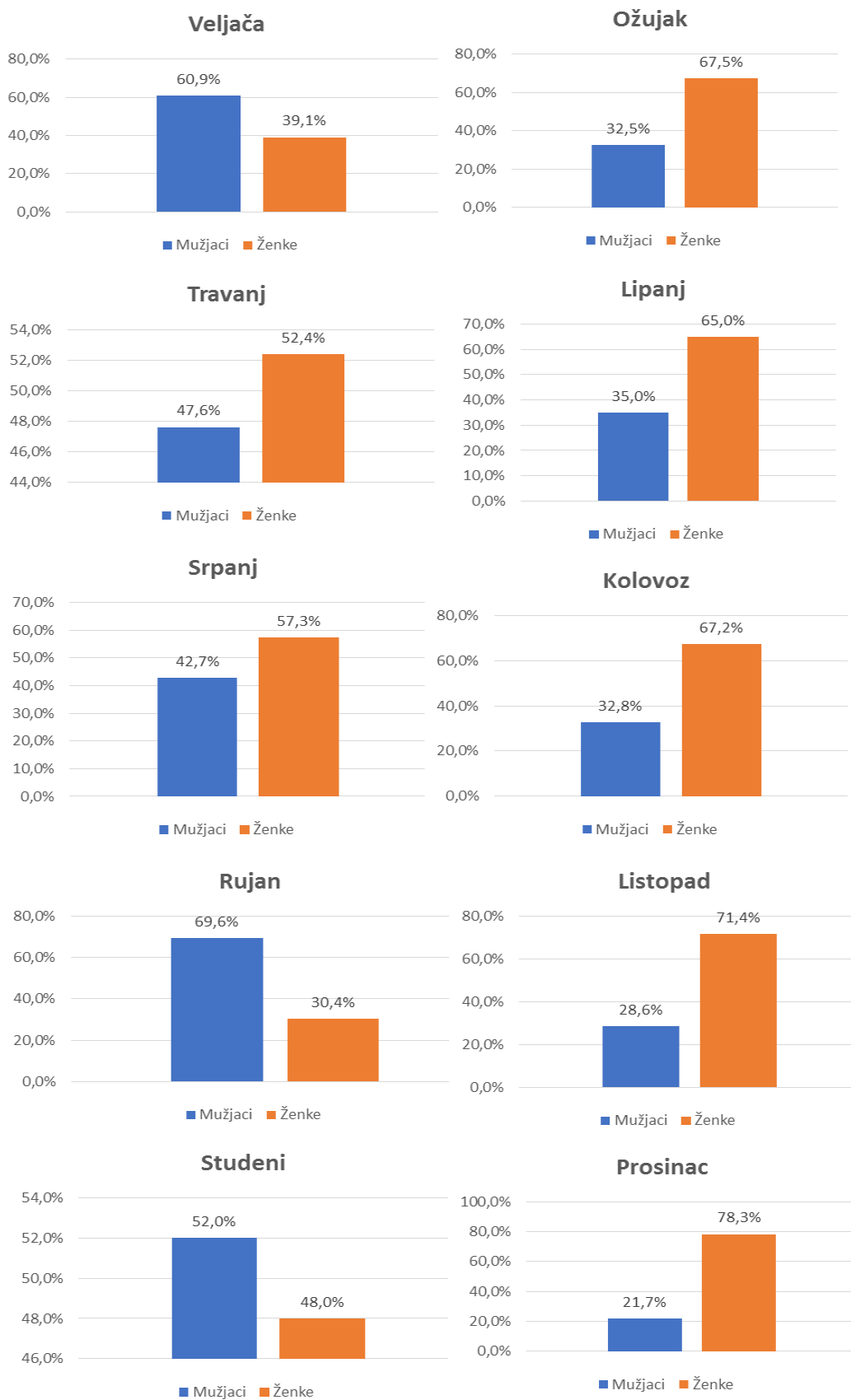
Iz grafičkih prikaza može se uočiti da ženke brojčano prevladavaju u razdoblju od ožujka do kolovoza kada su većim dijelom u fazi mirovanja u spolnom ciklusu te brojčana prevlast mužjaka u rujnu i veljači tijekom razdoblja intenzivnijeg mrijesta. Ovakve mjesečne promjene odnosa spolova srdele se mogu objasniti ponašanjem ribe koje utječe na njezinu dostupnost ribolovu u određenom dijelu godine. Mužinić (1954) je najveća odstupanja u odnosu spolova zabilježila kod lovina srdele u kasnu jesen i zimu, kao posljedicu tehnike lova koja ne dopušta ulov približno jednakog broja mužjaka i ženki u vremenu u kojem se oni drže u različitim slojevima mora (Le Gall i Priol, 1930; Andreu i Rodriques-Roda, 1952).

Tablica 2. Zastupljenost ženki i mužjaka srdele, *Sardina pilchardus* po mjesecima 2021.

Mjesec	Broj jedinki	Spol (%)	
		Mužjaci	Ženke
Veljača	110	60,9%	39,1%
Ožujak	40	32,5%	67,5%
Travanj	168	47,6%	52,4%
Lipanj	137	35,0%	65,0%
Srpanj	192	42,7%	57,3%
Kolovoz	58	32,8%	67,2%
Rujan	23	69,6%	30,4%
Listopad	56	28,6%	71,4%
Studeni	50	52,0%	48,0%
Prosinac	60	21,7%	78,3%



Slika 15. Prikaz mjesečne raspodjele odnosa spolova jedinki srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.



Slika 16. Prikaz zastupljenosti spolova jedinki srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Odnos spolova je promatran po mjesecima i u Pelmon istraživanju (Zorica i sur., 2010) u kojem je učestalost mužjaka bila u granicama od 32,2% u svibnju do 76,3% u siječnju, dok je zastupljenost ženki bila od 23,7% u siječnju do 67,8% u svibnju. Za razliku od toga, zastupljenost mužjaka u ovom istraživanju bila je od 21,7 % (prosinac) do 69,6 % (rujan), dok je zastupljenost ženki varirala od 30,4 % (rujan) do 78,3 % (prosinac).

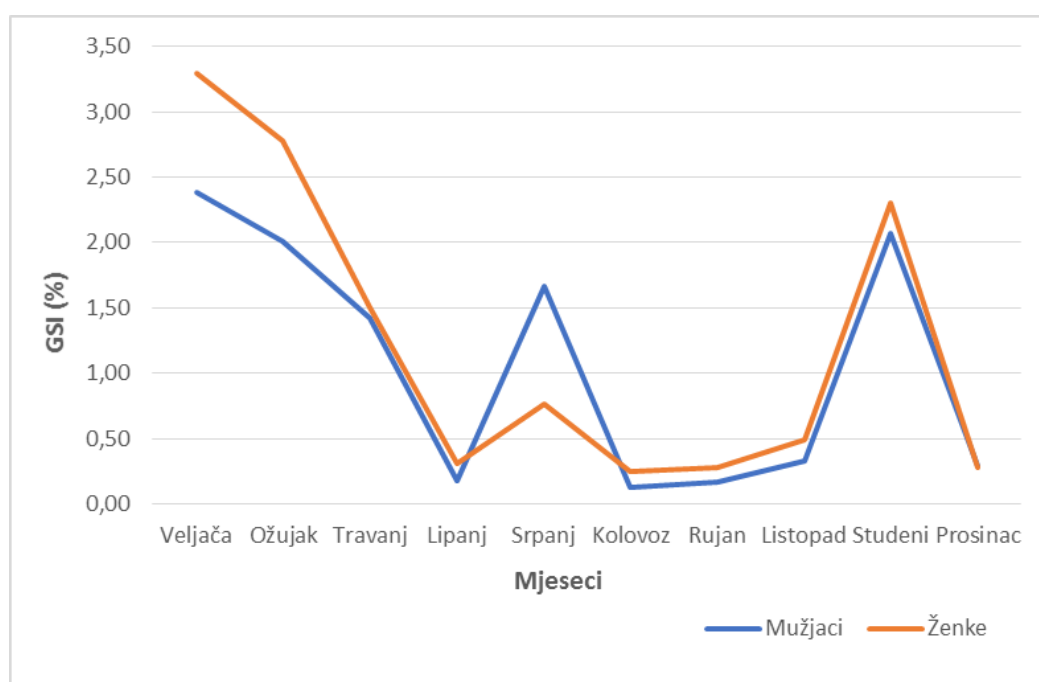
Prema Zorici i sur. (2017) od ukupno 1010 analiziranih jedinki srdele bilo je 325 mužjaka i 427 ženki, odnosno prevladavale su ženke kao i u ovom istraživanju, što je povoljno za populaciju. Prevladavanje ženki se smatra prednošću za populaciju jer je reproduktivni potencijal ribljih vrsta određen brojem zrelih ženki i njihovom sposobnošću da proizvedu održiva jaja i ličinke (Murua et al. 2003; Čikeš Keč and Zorica, 2012a).

3.6. Analiza gonadosomatskog indeksa (GSI) srdele

Gonadosomatski indeks ili GSI koji prikazuje udio mase gonada u ukupnoj masi jedinki i određen je kod 894 jedinke srdele. Vrijednosti GSI su promatrane za ženke i mužjake odvojeno (Tablica 3.). Uočava se gotovo linearan pad vrijednosti gonadosomatskog indeksa od početka istraživanja do lipnja kada je iznosio 0,2 % za mužjake i 0,3 % za ženke (Slika 17.). Nakon razdoblja pada u srpnju dolazi do povećanja vrijednosti i iznosi 1,7 % za mužjake i 0,8 % za ženke. Krivulje koje prikazuju mjesečne promjene GSI za mužjake i ženke imaju sličan tijek, ali su vrijednosti za mužjake uglavnom bile niže od ženki osim u srpnju kada je GSI mužjaka iznosio 1,7 %, dok je kod ženki iznosio 0,8 %. Po vrijednostima GSI uočljivo je da se proizvodnja spolnih produkata odvija od listopada do travnja s maksimalnom proizvodnjom ženskih i muških spolnih produkata u studenom i veljači dok je u travnju i svibnju uočeno postupno umirivanje rada gonada.

Tablica 3. Raspodjela GSI mužjaka i ženki jedinki srdele, *Sardina pilchardus* po mjesecima u 2021.

Mjesec	GSI (%)	
	Mužjaci	Ženke
Veljača	2,39	3,30
Ožujak	2,01	2,77
Travanj	1,42	1,50
Lipanj	0,18	0,31
Srpanj	1,67	0,76
Kolovoz	0,13	0,25
Rujan	0,17	0,28
Listopad	0,33	0,49
Studeni	2,07	2,31
Prosinac	0,28	0,28



Slika 17. Prikaz mjesečne promjene GSI kod mužjaka i ženki jedinki srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Zbog istraživanja reproduktivnog ciklusa i razdoblja mrijesta srdele u okviru projekta Pelmon-Vpa analizirana je i promjena gonadosomatskog indeksa u razdoblju od siječnja do studenog 2010. godine (Zorica i sur., 2010). Tijekom razdoblja od siječnja do ožujka zabilježene su visoke mjesečne vrijednosti GSI (4,12 %). Od travnja (0,83 %) do listopada su zabilježene niske vrijednosti GSI, a u studenom je zabilježena maksimalna vrijednost (4,37 %). Prethodno naveden trend promjena GSI odgovara onim u ovom istraživanju osim u maksimalnoj vrijednosti koja je zabilježena u studenom (2,31 %).

Sličan trend promjena GSI zabilježen je analizom jedinki iz hrvatskog dijela istočnog Jadrana tijekom 2017.godine, a karakteriziraju ih niske vrijednosti GSI od svibnja do rujna te rast u listopadu (1.086 %) i maksimalna vrijednost u studenom (3.241 %) (Zorica i sur., 2017).

Iako je uočen sličan trend promjena GSI kod različitih istraživanja, podaci o najintenzivnijem vremenu mrijesta lagano variraju u ovisnosti o promjenama čimbenika sredine, odnosno o dostupnosti i obilnosti hrane, temperaturi i salinitetu (Sinovčić, 1994.b, 1995.; Sinovčić i Alegria, 1997). Može se zaključiti da je kod srdele spolni ciklus u trajanju od više mjeseci tijekom hladnijeg dijela godine i da se spolni produkti ispuštaju više puta, ali je glavnina spolne aktivnosti u siječnju što je i bio razlog uspostave lovostaja u tom razdoblju u cilju zaštite spolno zrelih jedinki.

3.7. Analiza indeksa kondicije srdele

Kondicija je tjelesno stanje koje je posljedica dužinsko – masenog odnosa kod riba. Na ulovljenim uzorcima srdele (380 mužjaka, 514 ženki i 273 jedinke neodređena spola) analizirana su tri koeficijenta kondicije: kubični, alometrijski i relativni (Tablica 4.) te su uspoređeni s ukupnom dužinom tijela jedinki (Lt).

Kubični koeficijent kondicije (K) bio je u rasponu od 0,66 do 0,85 sa srednjom vrijednošću od $0,78 \pm 0,06$ za ženke te u rasponu od 0,59 do 0,82 sa srednjom vrijednošću od $0,74 \pm 0,07$ za mužjake. Kod spolno neodređenih jedinki koeficijent je bio u granicama od 0,70 do 0,82 sa srednjom vrijednošću od $0,77 \pm 0,04$. Ukupno gledajući kubični koeficijent kondicije svih jedinki bio je u rasponu od 0,71 do 0,85 sa srednjom vrijednošću od $0,77 \pm 0,05$ (Slika 18., Tablica 4.). Iz grafičkog prikaza nije uočena značajnija promjena kubičnog koeficijenta kondicije u odnosu na ukupnu dužinu srdele.

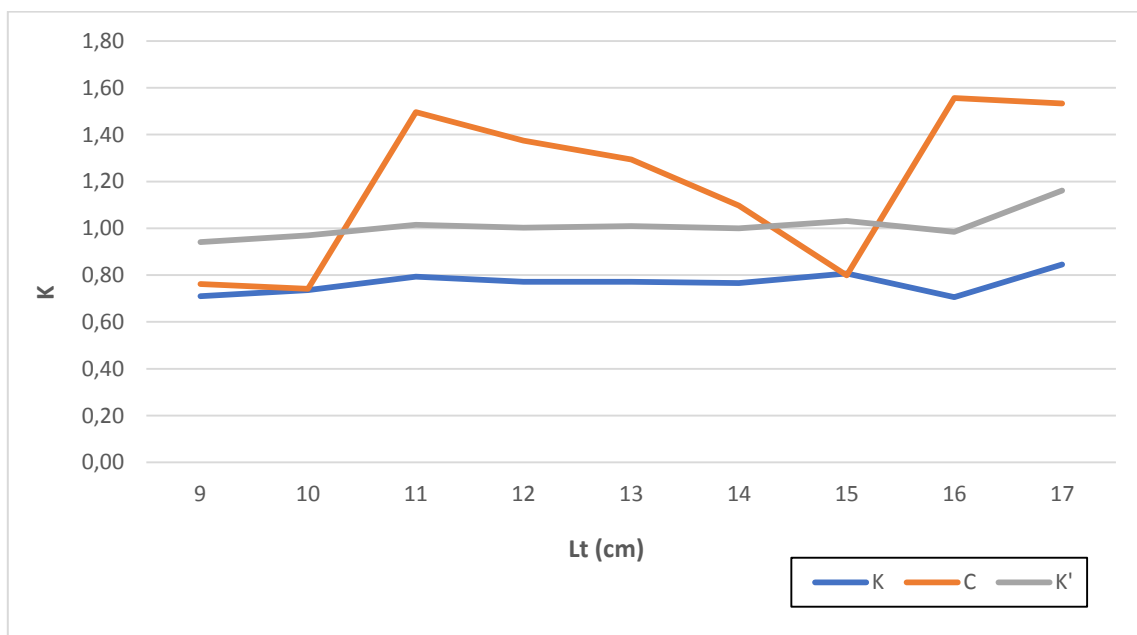
Alometrijski koeficijent kondicije (C) u odnosu na ukupnu dužinu ženki je bio u rasponu od 1,08 do 1,53 sa srednjom vrijednošću od $1,35 \pm 0,13$, a za mužjake je iznosio od 1,65 do 2,17 sa srednjom vrijednošću od $1,90 \pm 0,16$. Za spolno neodređene jedinke, vrijednosti su bile u uskom rasponu od 0,45 do 0,49, a srednja vrijednost je iznosila $0,47 \pm 0,01$. Alometrijski koeficijent kondicije ukupno analiziranog materijala bio je u rasponu od 0,74 do 1,56 sa srednjom vrijednošću od $1,18 \pm 0,34$ (Slika 19., Tablica 4.). Ženke su u svim dužinskim razredima imale manje vrijednosti od mužjaka kao i spolno neodređenih jedinki.

Tablica 4. Kolebanje srednjih vrijednosti kubičnog (K), alometrijskog (C) i relativnog (K') koeficijenta kondicije u odnosu na ukupnu dužinu tijela (Lt) ženki (♀), mužjaka (♂), spolno neodređenih jedinki (N) i ukupno analiziranog materijala (uk) srdele.

Lt	K				C				K'			
	♀	♂	N	uk	♀	♂	N	uk	♀	♂	N	uk
9,0- 9,9		0,73	0,70	0,71		1,69	0,45	0,76		0,88	0,96	0,94
10,0- 10,9	0,66	0,82	0,72	0,74	1,08	1,96	0,46	0,74	0,82	1,02	0,97	0,97
11,0- 11,9	0,81	0,79	0,77	0,79	1,34	1,95	0,47	1,50	1,02	1,02	1,01	1,01
12,0- 12,9	0,78	0,75	0,79	0,77	1,32	1,91	0,48	1,37	1,00	1,00	1,02	1,00
13,0- 13,9	0,77	0,75	0,81	0,77	1,31	1,95	0,49	1,29	0,99	1,02	1,03	1,01
14,0- 14,9	0,77	0,71	0,77	0,77	1,35	1,91	0,46	1,10	1,02	0,99	0,97	1,00
15,0- 15,9	0,78	0,79	0,82	0,81	1,38	2,17	0,48	0,80	1,05	1,13	1,02	1,03
16,0- 16,9	0,82	0,59		0,71	1,46	1,65		1,56	1,11	0,86		0,98
17,0- 17,9	0,85			0,85	1,53			1,53	1,16			1,16
Ukupno	0,78	0,74	0,77	0,77	1,35	1,90	0,47	1,18	1,02	0,99	1,00	1,01
SD	0,06	0,07	0,04	0,05	0,13	0,16	0,01	0,34	0,10	0,09	0,03	0,06

Relativni koeficijent kondicije (K') je u odnosu na ukupnu dužinu ženki bio od 0,82 do 1,16 sa srednjom vrijednošću od $1,02 \pm 0,10$, a kod mužjaka je iznosio od 0,86 do 1,13 sa srednjom vrijednošću od $0,99 \pm 0,09$. Kod spolno neodređenih jedinki je bio u granicama od 0,96 do 1,03 sa srednjom vrijednošću od $1,00 \pm 0,03$. Relativni koeficijent kondicije ukupno analiziranog materijala bio je u rasponu od 0,94 do 1,16 sa srednjom vrijednošću $1,01 \pm 0,06$ (Slika 20., Tablica 4.).

Kao i kod kubičnog koeficijenta kondicije, iz grafičkog prikaza nije uočena značajnija promjena relativnog koeficijenta kondicije u odnosu na ukupnu dužinu srdele.



Slika 20. Prikaz promjena srednjih vrijednosti kubičnog (K), alometrijskog (C) i relativnog (K') koeficijenta kondicije u odnosu na ukupnu dužinu tijela jedinki srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

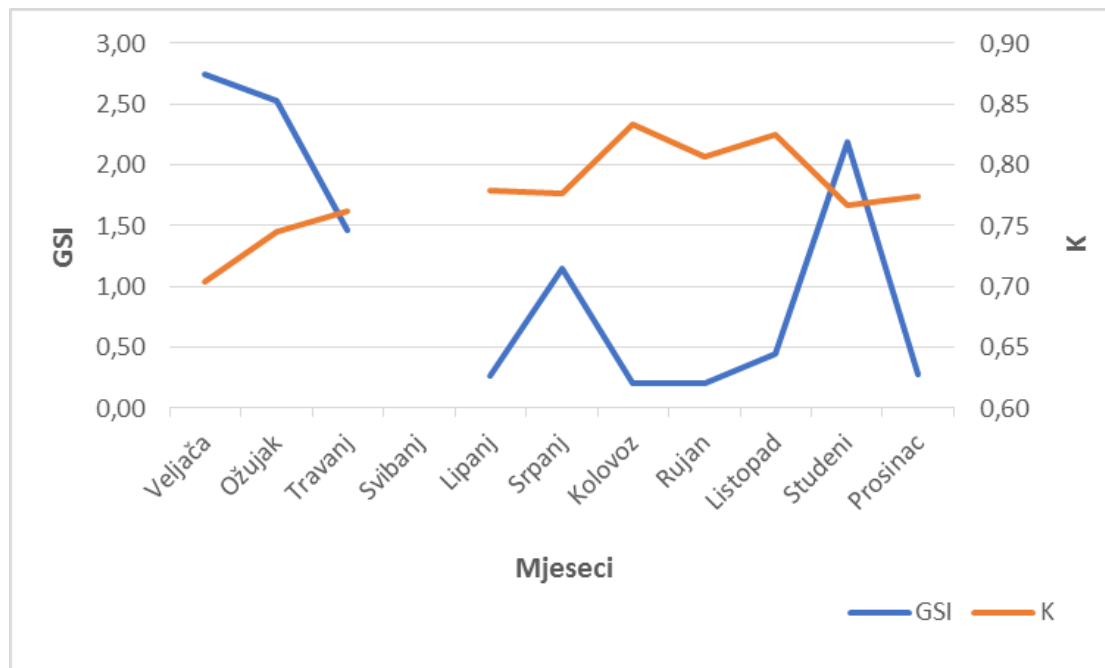
Vrijednosti alometrijskog koeficijenta kondicije (C) srdele iz komercijalnih ulova prikupljenih od veljače do studenog 2013. godine bile su u rasponu od 0,62 do 0,73 sa srednjom vrijednošću od $0,68 \pm 0,04$ (Zorica i sur., 2017) što se razlikuje od vrijednosti alometrijskog koeficijenta kondicije ukupno analiziranog materijala dobivenog u ovom istraživanju koji je bio u rasponu od 0,74 do 1,56 sa srednjom vrijednošću od $1,18 \pm 0,34$. Ovo pokazuje da su analizirane jedinke srdele iz istraživanja 2021. godine bile u boljoj kondiciji nego one iz 2017. godine.

Analizom i usporedbom alometrijskog faktora kondicije jedinki iz područja Dugog Otoka i iz estuarija rijeke Zrmanje, sakupljenih u razdoblju od 2003. do 2006. godine, utvrđeno je da su jedinke imale veću srednju vrijednost alometrijskog faktora kondicije na području Dugog otoka ($1,15 \pm 0,11$) nego u estuariju Zrmanje ($0,33 \pm 0,04$), posebice 2003. godine, što ukazuje na razlike između područja obzirom na količinu dostupne hrane i temperature (Sinovčić i sur., 2009). Mustać i Sinovčić (2010) su nakon određivanja kubičnog koeficijenta kondicije jedinki iz obalnog (Virsko more) kao i otvorenog mora (Dugi otok) uočile kako manje srdele imaju veći koeficijent kondicije od onih s većom ukupnom dužinom tijela. Veću srednju vrijednost kubičnog koeficijenta kondicije su imale jedinke obalnog mora (0,8205) nego one iz otvorenog mora (0,7317).

Gonadosomatski odnos uspoređen je sa stanjem kondicije srdele. Poznato je da ribe tijekom intenzivnog razvoja gonada većinu svoje energije troše na razvoj jaja te je očekivano njihova kondicija niža u tom razdoblju nego u razdoblju kada se energija troši samo na održavanje homeostaze (Čikeš Keč i Zorica, 2012b). Tako su dobivene vrijednosti kondicije niže su od vrijednosti gonadosomatskog indeksa u zimskim mjesecima odnosno u razdoblju intenzivnog mrijesta (Tablica 5.) (Slika 21.). Za vrijeme ljetnih mjeseci kada je razdoblje smanjenog rada gonada, uočeno je povećanje faktora kondicije u odnosu na vrijednosti gonadosomatskog indeksa.

Tablica 5. Vrijednosti gonadosomatskog indeksa (GSI) i kubičnog koeficijenta kondicije (K) srdele, *Sardina pilchardus* po mjesecima u 2021.

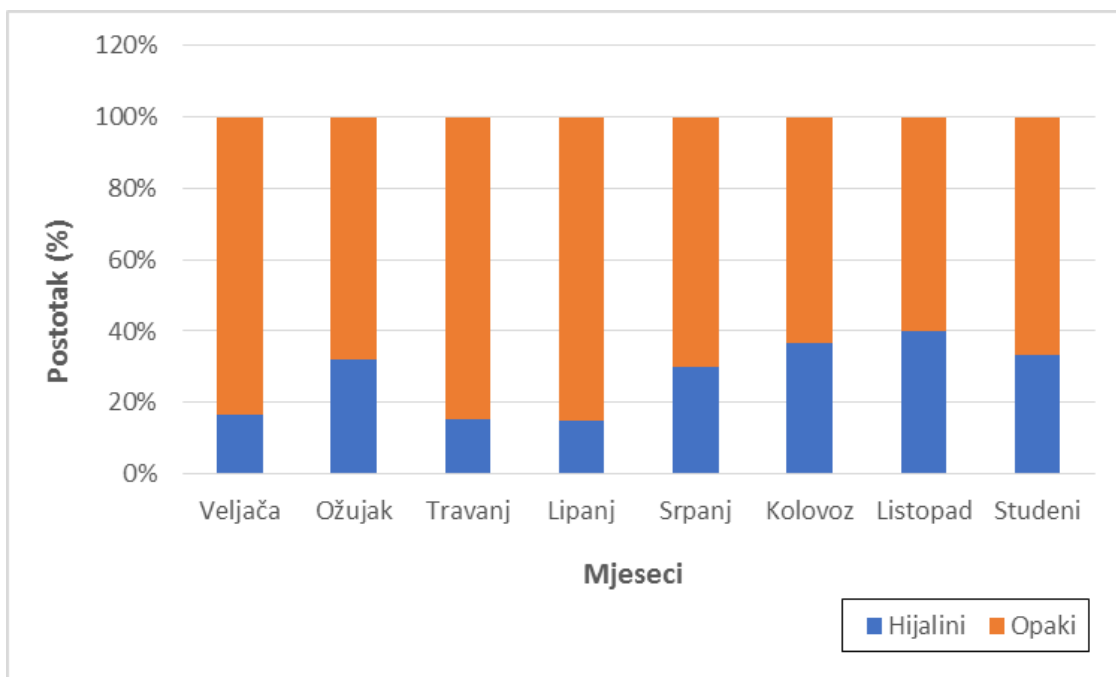
Mjesec	GSI	K
Veljača	2,74	0,70
Ožujak	2,52	0,75
Travanj	1,46	0,76
Svibanj		
Lipanj	0,26	0,78
Srpanj	1,15	0,78
Kolovoz	0,21	0,83
Rujan	0,20	0,81
Listopad	0,45	0,82
Studen	2,18	0,77
Prosinac	0,28	0,77



Slika 21. Prikaz mjesečnih promjena vrijednosti GSI i stanja kondicije jedinki srdele *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

3.8. Analiza otolita srdele

Od 293 analizirana otolita hijalini rub je određen kod 78, a opaki rub kod 215 jedinki. U svakom mjesecu veći broj jedinki imao je opaki rub nego hijalini (Slika 22). Analizirajući postotak broja jedinki s hijalnim rubom uočava se da se vrijednost od ožujka (32%) do lipnja (15%) smanjuje i dostiže minimum. Nakon ljetnih mjeseci započinje razdoblje porasta s vrhuncem u listopadu (40%), pa se potvrdila pretpostavka pretpostavlja da se formiranje hijaline zone odvija u zimskim mjesecima. Mogući razlog većinskog udjela opakog ruba otolita je velik postotak vrlo mladih jedinki srdela u uzorku čija je analiza otežana.



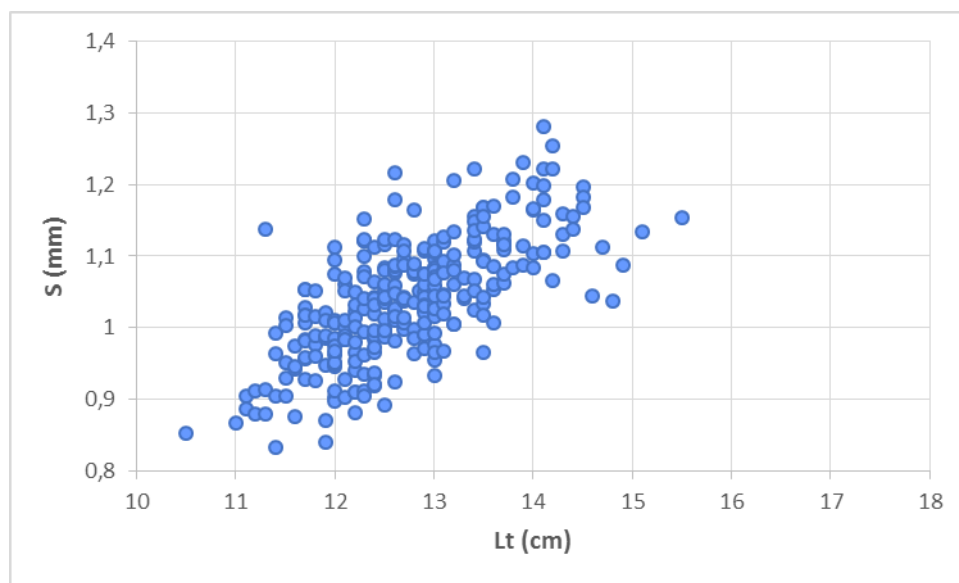
Slika 22. Prikaz odnosa otolita s hijalnim i opakim rubom jedinki srdele, *Sardina pilchardus* u hrvatskom dijelu Jadranskog mora od veljače do prosinca 2021. godine (siječanj, rujanj i prosinac nisu prikazani zbog nedostatka uzoraka).

Točan razlog nastanka hijalnog prstena još uvijek nije poznat te se najčešće događa preko zime (Blacher, 1974). Na nastanak može utjecati smanjenje stope rasta (Kimura i Sakagama, 1972), mrijest (Reshetnikov i Claro, 1976), niske temperature (Liew, 1974), promjena prehrambenih navika (Gambell i Messtorff, 1964) ili generalno smanjenje stanja tijela- kondicije (Botha, 1971). Dakle za svako stanje koje utječe na metabolizam tijela može se pretpostaviti da će se očitovati i u promjeni metabolizma proteina (Casselman, 1974). Metoda koja se odnosi na frekvencije opakih i hijalnih krajeva je uspješna za određivanje generalnih trendova, ali ne pokazuje broj formiranih prstena na godišnjoj bazi te je često subjektivna iako je tijekom ovog istraživanja ukazala na neke zakonitosti razvoja otolita.

U ovom istraživanju duljine otolita u trenutku kada je uhvaćena riba (S) su bile u granicama od 0,83 mm do 1,28 mm sa srednjom vrijednošću od $1,04 \pm 0,08$ mm. Usporedbom duljina otolita (S) s ukupnom dužinom tijela srdele (Lt) uočava se porast veličina otolita sa porašću ukupne dužine tijela ribe (Tablica 6., Slika 23.). T-testom je utvrđen statistički značajan odnos između te dvije veličine, odnosno porastom dužine ribe je i dužina otolita veća ($t = 0,68662$, $p < 0,05$).

Tablica 6. Prikaz srednjih vrijednosti dužina otolita (S) srdele, *Sardina pilchardus* po dužinskim razredima (Lt).

Lt (cm)	S (mm)
10,0- 10,9	0,85
11,0- 11,9	0,96
12,0- 12,9	1,02
13,0- 13,9	1,08
14,0- 14,9	1,15
15,0- 15,9	1,14
Ukupno	1,04
SD	0,08



Slika 23. Prikaz odnosa srednjih vrijednosti ukupne dužine tijela (Lt) i dužine otolita (S) jedinki srdele, *Sardina pilchardus* tijekom 2021. godine u hrvatskom dijelu Jadranskog mora.

Otoliti i njihova građa imaju značajnu ulogu u rekonstrukciji povijesti razvoja jedinke. Varijabilnost ekosustava utječe na razvoj otolita jer je uočena promjena uzorka rasta pri različitim uvjetima staništa. Prema dosadašnjim istraživanjima temperatura je jedan od ključnih

faktora koji utječu na veličinu otolita. Prema Fey (2006) i Elliot (1982) jedinke pri višoj temperaturi imaju veće otolite pri istoj ukupnoj duljini te one što rastu brže imaju manje otolite pri istoj ukupnoj duljini, ali povišenjem temperature iznad optimuma povećava se metabolizam i smanjuje somatski rast jedinke. Smatra se da sporije rastuće vrste često imaju veće otolite pri određenoj ukupnoj duljini (Reznick i sur., 1989; Secor i sur., 1989; Molony i Choat, 1990; Francis i sur., 1993).

Uvrštavanjem vrijednosti u back-calculation jednadžbu dobivene su vrijednosti ukupnih duljina srdele pri formiranju hijalinog prstena "n" odnosno prvog hijalinog prstena te su se rezultati bili u granicama od 5,77 cm do 13,10 cm sa srednjom vrijednošću od $9,35 \pm 1,26$ cm.

Obzirom da je dobiven velik raspon dužina pri kojima nastaje hijalini prsten, ova metoda zahtjeva još dodatnih analiza na većem broju jedinki da bi se točnije odredilo pri kojoj dužini nastaje prvi prsten. Kako back-calculation metoda pretpostavlja da je odnos između radijusa otolita i ukupne dužine tijela ribe konstantan odnosno linearan, zbog čega je pouzdan kod analize mlađih jedinki neke vrste (Thomas, 1983) očekivana je njezina mogućnost korištenja kod populacije srdele.

Statistički je ispitana korelacija između ruba otolita i gonadosomatskog indeksa odnosno kondicije iste jedinke. Dobiveni rezultati ANOVA testom ukazuju na statistički značajnu korelaciju između ovih parametara – $F=5.308$, $df=299.2$, $p=0.02191$ za odnos ruba otolita i gonadosomatskog indeksa, te $F=355.7$, $df=313.1$, $p=1.532E-53$ za odnos ruba otolita i kondicije jedinke.

4. ZAKLJUČAK

- Ukupna dužina tijela analiziranih jedinki srdele iznosila je od 9,1 cm do 17,5 cm sa srednjom vrijednosti $12,74 \pm 0,980$ cm. Modalni dužinski razred bio je 12,5 cm. Ukupne dužine tijela ženki su bile od 10,8 cm do 17,5 cm sa srednjom vrijednošću od $12,81 \pm 0,957$ cm, dok je kod mužjaka ukupna dužina iznosila od 9,8 cm do 16,0 cm sa srednjom vrijednošću od $12,50 \pm 0,778$ cm. Kod spolno neodređenih jedinki ukupna dužina tijela bila je od 9,1 cm do 15,6 cm sa srednjom vrijednošću od $12,94 \pm 1,191$ cm.
- Masa tijela jedinki srdele je u razdoblju istraživanja bila između 4,89 g i 45,3 g, a srednja vrijednost ukupne mase tijela iznosila je $16,29 \pm 4,299$ g. Mase tijela mužjaka bile su u granicama od 6,84 g do 27,79 g sa srednjom vrijednošću od $14,91 \pm 2,995$ g, a mase tijela ženki u granicama od 8,31 g do 45,30 g sa srednjom vrijednošću od $16,65 \pm 4,270$ g. Mase spolno neodređenih jedinki bile su u granicama od 4,89 g do 34,4 g sa srednjom vrijednošću od $17,55 \pm 5,273$ g. Ženke, mužjaci, spolno neodređene jedinice su s porastom ukupne dužine tijela pokazivali porast i u masi tijela.
- Vrijednost mase gonada kod ženki iznosila je od 0,01 g do 2,43 g sa srednjom vrijednošću od $0,18 \pm 0,263$ g, dok je kod mužjaka masa gonada iznosila od 0,01 g do 1,19 g sa srednjom vrijednošću od $0,20 \pm 0,228$ g. Tijekom cjelokupnog istraživanja ženke su imale veće vrijednosti masa gonada osim u srpnju.
- Dužinsko – maseni odnos je iznosio za ukupan uzorak $W = 0,0089 \times Lt^{2,9412}$, $R^2 = 0,7909$, za ženke $W = 0,0132 \times Lt^{2,792}$, $R^2 = 0,7552$, za mužjake $W = 0,0192 \times Lt^{2,6295}$, $R^2 = 0,6856$ te za spolno neodređene jedinice $W = 0,0047 \times Lt^{3,197}$, $R^2 = 0,8813$. Vrijednosti alometrijskog koeficijenta b za ukupni uzorak te posebno ženke i mužjake ukazuje na negativan alometrijski rast kod srdele, što znači da jedinice proporcionalno brže rastu dužinski nego maseno, osim za spolno neodređene jedinice koje su imale pozitivnu alometriju ($b > 3$) odnosno brži rast u masu nego u dužinu.
- Od 894 analiziranih jedinki u ukupnom uzorku bilo je 514 ženki odnosno 57,5 %, te 380 mužjaka odnosno 42,5 %. Ženke su prevladavale u razdoblju kada su jedinice u fazi mirovanja u spolnom ciklusu odnosno od ožujka do kolovoza, a mužjaci su prevladavali u rujnu i veljači tijekom razdoblja intenzivnog mrijesta.
- Vrijednosti gonadosomatskih indeksa mužjaka bile su manje od onih kod ženki, osim u srpnju, jer ovise o masi gonada. Iz vrijednosti GSI uočeno je da se proizvodnja spolnih

produkata odvija od listopada do travnja s maksimalnom proizvodnjom ženskih i muških spolnih stanica u studenom i veljači.

- Srednje vrijednosti kubičnog koeficijenta kondicije (K) bile su za ukupni uzorak $0,77 \pm 0,05$, za ženke $0,78 \pm 0,06$, za mužjake $0,74 \pm 0,07$ i za spolno neodređene jedinke $0,77 \pm 0,04$. Srednje vrijednosti alometrijskog koeficijenta kondicije (C) bile su za ukupni uzorak $1,18 \pm 0,34$, za ženke $1,35 \pm 0,13$, za mužjake $1,90 \pm 0,16$ i za spolno neodređene $0,47 \pm 0,01$. Srednje vrijednosti relativnog koeficijenta kondicije (K') bile su za ukupni uzorak $1,01 \pm 0,06$, za ženke $1,02 \pm 0,10$, za mužjake $0,99 \pm 0,09$ i za spolno neodređene $1,00 \pm 0,03$. Nije uočena značajnija promjena kubičnog i relativnog koeficijenta kondicije u odnosu na ukupnu dužinu tijela, dok su se vrijednosti alometrijskog koeficijenta kondicije mijenjale s porastom ukupne dužine.
- Hijalini rub je određen kod 78, a opaki rub kod 215 jedinki. Postotak jedinki s hijalnim rubom se povećava u zimskom razdoblju s vrhuncem u listopadu (40%) što ukazuje da se formiranje hijaline zone odvija upravo u zimskim mjesecima.
- Duljine otolita u trenutku kada je uhvaćena riba su bile u granicama od 0,83 mm do 1,28 mm sa srednjom vrijednošću od $1,04 \pm 0,08$ mm. T-testom je utvrđen statistički značajan odnos između ukupne dužine ribe i dužine otolita, odnosno porastom dužine ribe je i dužina otolita veća ($t= 0,68662$, $p<0,05$).
- Back-calculation jednadžbom dobivene su vrijednosti ukupnih dužina tijela srdele pri formiranju prvog hijalinog prstena i iznosile su od 5,77 cm do 13,10 cm sa srednjom vrijednošću od $9,35 \pm 1,26$ cm.
- ANOVA test ukazuje na statistički značajnu korelaciju između ($F=5.308$, $df=299.2$, $p=0.02191$) odnosa ruba otolita i gonadosomatskog indeksa, te ($F=355.7$, $df=313.1$, $p=1.532E-53$) odnosa ruba otolita i kondicije jedinke.

5. LITERATURA

- Andreu, B., Rodriguez-Roda, J. (1952). Considération sur la proportion des sexes dans la pêche de poissons pélagiques dans la Méditerranée et leur signification statistique. Vie et Milieu. Supplement, 2, 271-281.
- Barber, B.J., Blake, N.J. (2006). Reproductive physiology. In: S. E. Shumway G. J. Parsons, editors. Scallops: biology, ecology and aquaculture. Developments in Aquaculture and Fisheries Science 35. New York: Elsevier Sciences. pp. 357–416.
- Bartlett, J.R., Randerson, P.F., Williams, R., Ellis, D.M. (1984). The use of analysis of covariance in the back- calculation of growth in fish. J. Fish Biol., 24: 201-213.
- Blacker, R.W. (1974). Recent advances in otolith studics. In Sea Fisheries Research. Harden Jones, F.R. (Ed.). London; Paul Elek: 67-90.
- Botha, L. (1971). Growth and otolith morphology of the Cape hakes *Maluccills capensis* Cast. and *M. paradoxlls* Franca. Invest/ Rep. Div. Sea Fish. S. Afr. 97: 32 pp.
- Brooks, S., Tyler, C.R., Sumpter, J.P. (1997). Egg quality in fish: What makes a good egg? Rev. Fish Biol. Fish. 7, 387-416.
- Casselman, J.M. (1974). Analysis of hard tissue of pike *Essos lucius* L. with special reference to age and growth. Ageing of Fish. Bagenal, T.B. (Ed.). Old Woking, England; Unwin Brothers: 13-27.
- Chugunova, N.I. (1963). Age and growth studies in fish. National Science Foundation, Washington D.C., pp: 132.
- Čikeš Keč, V., Zorica, B. (2012a). The Reproductive Traits of *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1782) in the Eastern Adriatic Sea // Journal of applied ichthyology, 28 (2012), 1; 15-21 doi:10.1111/j.1439-0426.2011.01893.x
- Čikeš Keč, V., Zorica, B. (2012b). Mesenteric fat and condition of chub mackerel, *Scomber colias* in Adriatic Sea // Ribarstvo : znanstveno-stručni časopis za ribarstvo, 70 (2012), 1; 19-30.
- Čikeš Keč, V., Zorica, B. (2020). Istraživanja pelagičkih riba- svake godine više, bolje, hrabrije // Institut za oceanografiju i ribarstvo - 90 godina otkrivanja tajni Jadrana / Vidjak, O.,

- Vrgoč, N., Žuljević, A., Dulčić, J., Šolić, M., Grbec, B., Kušpilić, G., Ninčević Gladan, Ž., Grubišić, L., Matic-Skoko, S. (ur.), Split: Institut za oceanografiju i ribarstvo, 2020. str. 94-102.
- Duncan, K.W. (1980). On the back-calculation of fish lengths; modifications and extensions to the Frasier-Lee equation. *J. Fish Biol.*, 16: 725-730.
- Elliot, J. M. (1982). The effects of temperature and ration size on the growth and energetics of salmonids in captivity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 73B, 81–91.
- Fey, D.P. (2006). The effect of temperature and somatic growth on otolith growth: The discrepancy between two clupeid species from a similar environment *J. Fish Biol.*, 69 (2006), pp. 794-806.
- Francis, R.I.C.C. (1990). Back-calculation of fish length: a critical review. *J Fish Biol* 36:883–902.
- Francis, R.I.C.C. (1995). The analysis of otolith data. A mathematician's perspective (what, precisely, is your model?). In: Secor DH, Dean JM, Campana SE (Eds) Recent developments in fish otolith research. University of South Carolina Press, Columbia, SC.
- Francis, M.P., Williams, M.W., Pryce, A.C., Pollard, S., Scott, S.G. (1993). Uncoupling of otolith and somatic growth in *Pagrus auratus* (Sparidae). *Fishery Bulletin* 91, 159–164.
- Fujita, T., Hamaura, W., Takemura, A., Takano, K. (1997). Histological observations of annual reproductive cycle and tidal spawning rhythm in the female porcupine fish *Diodon holochantus*. *Fisch. Sci.* 63, 715-720.
- Gambell, R., Messtorff, J. (1964). Age determination in the whiting (*Merlangius merlangus* L.) by means of the otoliths . *J. Cons. perm. ill. Explor. Mer* 28(3): 393-404.
- Hille, R. (1936). Age and growth of the cisco *Leuciscus artedi* (Le Suer) in the lakes of the north-eastern highlands. *Wisconsin, Bull U. S. Bur Fish* 48: 211-317.
- Jones, C.M. (1992). Development and application of the otolith increment technique. In *Otolith microstructure examination and analysis*. Edited by D.K. Stevenson and S.E. Campana. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. No.* 117: 1-11.

- Kimura, M., Sakagawa, G.T. (1972). Observations on scale patterns and growth of the Pacific sardine reared in the Laboratory (1972), Fishery Bulletin (1972 vol. 70 n° 3), pp. 1043-1052.
- Koya, Y., Itazu, T., Inoue, M. (1998). Annual reproductive cycle based on histological changes in the ovary of the female mosquitofish, *Gambusia affinis*, in central Japan. Ichthyol. Res. 45, 241-248.
- Lea, E. (1910). On the methods used in the herring investigations. Publ Circ Cons Perm Int Explor Mer 53:7–25.
- Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J. Animal Ecol 20: 201-219.
- Le Gall, J., Priol, E.-P. (1933). "Observations sur la Ponte de la Sardine du Nord du Golfe de Gascogne et de la Manche." Rev. Trav. Office des Peches Mark: Tome VI, Fasc. 3. Paris, 1933.
- Liew, P.K.L. (1974). Age determination of American eels based on the structure of their otoliths. In Ageing of Fish. Bagenal, T.B. (Ed.). Old Woking, England; Unwin Brothers: 124-136.
- Mandić, M. (2011). Seasonal Aspects of Ichthyoplankton Diversity in the Boka Kotorska Bay (PhD Thesis). University of Belgrade. 169 p.
- Miller, G.L., Nelson, R. (1974). Goldeye, *Hiodon alosoides*, in Lake Oahe: abundance, age, growth, maturity, food and the fishery, 1963-69. Technical papers os the U. S. Fish and wildlife service. United States Department of The Interior Fish and wildlife Service, Washington, pp:13.
- Molony, B.W., Choat, J.H. (1990). Otolith increment widths and somatic growth rate: the presence of a time-lag. Journal of Fish Biology 37, 541–551.
- Morello Betulla, E., Arneri, E., (2009). Anchovy and Sardine in the Adriatic Sea — An Ecological Review. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 47, 209-256.
- Murua, H., Saborido-Rey, F. (2003). Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. J Northw Atli Fish Sci 33, 23-31.

- Mustać, B., Sinovčić, G. (2010). Morfometrijska i meristička obilježja srdele (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792.) iz Zadarskog ribolovnog područja. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 1 (68): 27-43.
- Mustać, B., Marić, L. (2016). Gospodarenje sitnom plavom ribom analizom uzoraka ribarskih lovina istočnog dijela Jadranskog mora. *Pomorski zbornik, Posebno izdanje* (1): 245-252.
- Mužinić, R. (1954). Contribution à l'étude de l'écologie de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) dans l'Adriatique orientale (Contribution to the study of the sardine (*Sardina pilchardus* Walb.) ecology in the eastern Adriatic). *Acta Adriat.*, 5: 1-219.
- Mužinić, R. (1960). On the schooling and feeding habits of sardine (*Sardina pilchardus* Walb) in aquarium (preliminary observations). *Proc World scientific meeting on the biology of sardines and related species, Rome 1959, Exper pap* 3(17): 1119-1123.
- Mužinić, R. (1963). Further observations on schooling and aggregating behavior of sardines (*Sardina pilchardus* Walb). *Proc Gen Fish Counc Mediterr* 7: 319-323.
- Mužinić, R. (1964). Neka opažanja o reagiranju srdele (*Sardina pilchardus* Walb) na svjetlo u eksperimentalnim uvjetima. *Acta Adriat* 11(30): 219-226.
- Mužinić, R. (1973). Migrations of adult sardines in the central adriatic, *Netherlands Journal of Sea Research* (7):19-30.
- Mužinić, R. (1977). On the shoaling behaviour of sardines (*Sardina pilchardus*) in aquaria. *ICES Journal of Marine Science*, 37 (2): 147-155.
- Mužinić, S. (1936). Ekološka ispitivanja na jadranskoj srdeli (*Clupea pilchardus*,Walb.), III p., Beograd.
- Nelson, W.R. (1974). Age, growth and maturity of thirteen species of fish from Lake Oahe during the early years of impoundment, 1963-68. *Technical papers of the U. S. Fish and wildlife service. United States Department of The Interior Fish and wildlife Service Washington*, pp:30.
- Pešić, A., Đurović, M., Joksimović, A., Regner, S., Simonović, P. i Glamuzina, B. (2010). Some reproductive patterns of the sardine, *Sardina pilchardus* (Walb, 1792), in Boka Kotorska Bay (Montenegro, southern Adriatic Sea). *Acta Adriatica: international journal of Marine Sciences*, 51(2): 159 – 168.

- Ramsay, K., Witthames, P. (1996). Using oocyte size to assess seasonal ovarian development in *Solea solea* (L.). *J. Sea Res.* 36, 275-283.
- Reshetnikov, Y.S., CLARO, R.M. (1976). Time of formation of the annual ring in the Lutjanidae. *Cidrobiol. Zh.* 12(3): 30-35.
- Reznick, D., Lindbeck, E., Bryga, H. (1989). Slower growth results in larger otoliths: an experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46, 108–112.
- Ricker, W.E. (1975). Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Board Can. Bull.*, 119: 1-300.
- Secor, D. H., Dean, J.M., Baldevarona, R.B. (1989). Comparison of otolith growth and somatic growth in larval and juvenile fishes based on otolith length/fish length relationships. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 191, 431–438.
- Sinovčić, G. (1983). The fecundity-age relationship of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) in the Central Adriatic. *Rapp. Comm. int. Mer. Méditerran.*, 28: 31-32.
- Sinovčić, G. (1984). Summary of biological parameters of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.), from the Central Adriatic. *FAO Fish. Rep.*, 290: 147-148.
- Sinovčić, G. (1990). Stock size assessment of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) in the middle Adriatic, *Acta Adriat.*, 32(2):869-884.
- Sinovčić, G. (1994b). Značaj poznavanja ciklusa mriještenja, vremena i načina iskorišćivanja pelagičkih vrsta riba u svrhu njihove zaštite. *Morsko ribarstvo*, 46(3-4): 65-69.
- Sinovčić, G. (1995). Dugoročno promatranje utjecaja čimbenika okoliša na abundanciju i veličinu srdele, *Sardina pilchardus* (Walb.) u istočnom dijelu Jadrana. *Morsko ribarstvo*, 47 (2) : 33-38.
- Sinovčić, G. (2000). Responsible exploitation of the sardine *Sardina pilchardus* (Walb.), population in the coastal region of the Adriatic Sea. *Period. biol.*, 102: 47-54.
- Sinovčić, G. (2001a). Biotic and abiotic factors influencing sardine *Sardina pilchardus* (Walb.) abundance in the Croatian part of the eastern Adriatic. In: P. Mannini, F. Massa & N. Milone (Editors). *Priority Topics to Small Pelagic Fishery Resources of the Adriatic*

- Sea. FAO-MiPAF Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea, GCP/RER/ITA/TD-03, Termoli, AdriaMed Techn. Doc., pp. 82-86.
- Sinovčić, G. (2001b). Small pelagic fish from the Croatian fishing grounds. In: Mannini, P., F. Massa & N. Milone (Eds), Priority Topics to Small Pelagic Fishery Resources of the Adriatic Sea. FAO-MiPAF Scientific Cooperation to Support Responsible Fisheries in the Adriatic Sea. GCP/RER/ITA/TD-03, Mannini, P., Massa, F. i Milone, N. (eds.). Termoli, AdriaMed Technical documents pp. 53-58.
- Sinovčić, G., Alegria, V., Jardas, I. (1991). Biološka osnova pelagijskog i priobalnog ribolova Jugoslavije. The biological potential of Yugoslav pelagic and coastal fisheries (in Croatian, English summary). Pomorski zbornik, 29 : 383 - 408.
- Sinovčić, G., Alegria, V. (1997). Variations in abundance and size of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb.) in the Eastern Adriatic. *Oceanol Acta*, 20: 201-206.
- Sinovčić, G., Zorica, B., Čikeš Keč, V. (2003). First sexual maturity of sardine, *Sardina pilchardus*, Walb., in the eastern Adriatic Sea. *Periodicum biologorum*, 105, 401-404.
- Sinovčić, G., Čikeš Keč, V., Zorica, B. (2008). Population structure, size at maturity and condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792), in the nursery ground of the eastern Adriatic Sea (Krka River Estuary, Croatia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 4 (76): 739-744.
- Sinovčić, G., Zorica, B., Čikeš Keč, V., Mustač, B. (2009). Inter-annual fluctuations of the population structure, condition, lengthweight relationship and abundance of sardine, *Sardina pilchardus* (Walb., 1792), in the nursery and spawning ground (coastal and open sea waters) of the eastern Adriatic Sea (Croatia). *Acta Adriat.*, 50(1): 11-21.
- Starostka, V.J., Nelson, W.R. (1974). Age, growth, sexual maturity, and food of channel catfish in central Lake Oahe, 1968-69. Technical papers of the U. S. Fish and wildlife service. United States Department of The Interior Fish and wildlife Service Washington.
- Tanyolac, J. (1979). Age and growth of carp, *Cyprinus carpio* L., in Lake Eymir, Ankara. *Communications de la Faculte des Sciences de l' Universite d' Ankara*, Tome 23, Serie, C3:zoologie, pp:12.
- Thomas, R.M. (1983). Back-calculation of time of hyaline ring formation in the otoliths of the pilchard off South West Africa. *South African Journal of Marine Science* 1, 3-18.

- Tratnik, M., Radinović, S., Pedišić, P. (2007). Upravljanje fondom srdele u Hrvatskom dijelu Jadranskog mora. *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 1 (69): 53-62.
- Whitehead, J.P.P. (1985). VOL. 7 Clupeoid fishes of the world (Suborder clupeioidi). U: *FAO species catalogue. United Nations development programme, Food and agriculture organization of the United Nations*, Rim: 56.
- Zimmermann, M. (1997). Maturity and fecundity of arrowtooth flounder, *Atheresthes stomias*, from the gulf of Alaska. *Fish. Bull.* 95, 598-611.
- Zorica, B., Sinovčić, G., Čikeš Keč, V., Šaškorić, I. (2010). Monitoring pelagičkih naselja u Jadranskom moru (PELMON-VPA, 2010). Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, str. 1- 27 (izvještaj).
- Zorica, B., Čikeš Keč, V., Brzulja, G., Kraljević, V. (2015). Spatial distribution of sardine and anchovy early life stages along the eastern Adriatic Sea. *XV European Congress of Ichthyology Abstract Book*, pp.181-182.
- Zorica, B., Čikeš Keč, V., Vidjak, O., Mladineo, I., Ezgeta-Balić, D. (2016). Feeding habits and helminth parasites of sardine (*S. pilchardus*) and anchovy (*E. encrasicolus*) in the Adriatic Sea. *Mediterranean Marine Science*, 17(1), 216–229. <https://doi.org/10.12681/mms.1467>.
- Zorica, B., Čikeš Keč, V., Vidjak, O., Kraljević, V., Brzulja, G. (2017). Seasonal pattern of population dynamics, spawning activities, and diet composition of sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum) in the eastern Adriatic Sea. *Turkish Journal of Zoology*. 892- 900. doi: 10.3906/zoo-1609-27.
- Zorica, B., Anđelić, I., Čikeš Keč, V. (2019). Sardine (*Sardina pilchardus*) spawning in the light of fat content analysis. *Sci. Mar.* 83 (3): 207-213. <https://doi.org/10.3989/scimar.04898.07A> .
- Zorica, B., Ezgeta-Balić, D., Vidjak, O., Vuletin, V., Šestanović, M., Isajlović, I., Čikeš Keč, V., Vrgoč, N., Harrod, C. (2021). Diet Composition and Isotopic Analysis of Nine Important Fisheries Resources in the Eastern Adriatic Sea (Mediterranean). *Frontiers in marine science*, 8 (2021).

Mrežne stranice:

Državni zavod za statistiku (2021).
(https://web.dzs.hr/PXWeb/Menu.aspx?px_language=hr&px_type=PX&px_db=Poljoprivreda%2c+lov%2c+%u0161umarstvo+i+ribarstvo).

GFCM (2019 i 2020). Benchmark session for the assessment of sardine and anchovy in GSAs 17-18,
(<https://gfcmlib.sharepoint.com/CoC/Decisions%20Texts/Forms/AllItems.aspx?id=%2FCoC%2FDecisions%20Texts%2FREC%2ECM%5FGFCM%5F44%5F2021%5F20%2De%2Epdf&parent=%2FCoC%2FDecisions%20Texts&p=true&ga=1>).

ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>).

Past 3 (<https://past.en.lo4d.com/windows>).

Plan upravljanja ribolovom male plave ribe okružujućom mrežom plivaricom „srdelarom“ (2017).
(<https://ribarstvo.mps.hr/UserDocsImages/Plan%20upravljanja.srdelara.2017.pdf>).

Pravilnik o ribolovnim mogućnostima u gospodarskom ribolovu na moru okružujućom mrežom plivaricom – srdelarom, Narodne novine, br. 62/17, 130/17 i 14/19, (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_02_23_291.html).

Uredba vijeća (EZ) br. 1967/2006, o mjerama upravljanja za održivo iskorištavanje ribolovnih resursa u Sredozemnom moru, o izmjeni Uredbe (EEZ) br. 2847/93 te stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1626/94, (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006R1967&from=HR>).

WGSASP GFCM (2022). Session on the assessment of European anchovy and sardine in the Adriatic Sea, (<https://www.fao.org/gfcm/technical-meetings/detail/zh/c/1542569/>).

WGSASP GFCM (2020).
(<https://gfcmlib.sharepoint.com/EG/Report%20v2/Forms/AllItems.aspx?id=%2FEG%2FReport%20v2%2F2020%2FWGSASP%2FANEPIL%5F17%2D18%2FGFCM%5FGSASP%5FGSA17%2D18%5F2020%5Freport%2Epdf&parent=%2FEG%2FReport%20v2%2F2020%2FWGSASP%2FANEPIL%5F17%2D18&p=true&ga=1>).

METODIČKI DIO

Ime i prezime učitelja	Predmet	Razred
Andrea Stamenković	Priroda	5.
Nastavna tema		Datum
Prilagodbe organizama koji žive u vodi		

Cilj nastavne teme	
Cilj ove nastavne teme je stjecanje znanja o različitim svojstvima i načinu kretanja organizama u vodi.	
Ključni pojmovi	Temeljni koncepti
Škrge, peraje, plivači mjehur, plivaće kožice, otoliti	Vodeni organizmi su se različitim načinima prilagodili životu u vodi. Kako bi mogli uzimati kisik otopljen u vodi potreban za život vodeni organizmi posjeduju različite organe koji im omogućuju život u vodi. Većina vodenih životinja diše škragama. Osim disanju prilagodili su se i kretanju u vodi. Većina životinja u vodi se kreće plivanjem i pri tom im pomažu vretenasti i spljošteni oblik tijela, sluzava koža te snažni mišići i peraje. Osim navedenih prilagodbi, kretanju u vodi pomaže i plivači mjehur koji ima sposobnost punjenja plinom te tako podizanja ribe prema gore u vodenom stupcu i suprotno. Neki ostali kralježnjaci povezani životom uz vodu razvili su plivaće kožice kao pomoć pri kretanju.
Kontekst poučavanja koncepta	
PowerPoint prezentacija sadrži slike i videa pomoću kojih će učenicima lakše objasniti prilagodbe organizama na život u vodi. Kao izvornu stvarnost donijet će srdele koje će učenici secirati i time doći do zaključka o prilagodbama koje su potrebne za njihovo kretanje i život u vodi, te otolite koje će promatrati pod lupom.	

Odgojno-obrazovni ishodi	
OŠ PRI B.5.2.	Učenik objašnjava međudnose životnih uvjeta i živih bića.
OŠ PRI D.5.1.	Učenik tumači uočene pojave, procese i međudnose na temelju opažanja prirode i jednostavnih istraživanja.

Očekivanja međupredmetnih tema.	
uku C.2.2. 2.	Učenik iskazuje pozitivna i visoka očekivanja i vjeruje u svoj uspjeh u učenju.
odr A.2.2.	Uočava da u prirodi postoji međudjelovanje i međuovisnost.
odr A.2.3.	Prepoznaje važnost očuvanja okoliša za opću dobrobit.
osr A.2.4.	Razvija radne navike.

Br. ishoda u razradi(RI/IA)	Razrada ishoda Ishodi aktivnosti	Zadatak/ primjer pitanja za provjeru	KR	PU
OŠ PRI B.5.2.1.	Objašnjava prilagodbe živih bića u različitim uvjetima u prirodi na temelju promatranja,	B.5.2.1.1. Objasni ulogu plivaćeg mjehura.	R1	+
		B.5.2.1.2. Opiši način kretanja organizama u vodi.	R1	+

	<p>reproducirati kratak i informativan videozapis „Kako ribe dišu?“. Naposljetku ću ispuniti određena polja u tablici na ploči, a učenici u svojim bilježnicama. Isti način analize (identifikacija dijelova ribe pomoću izvorne stvarnosti, rasprava o ulozi tih dijelova te ispunjavanje tablice) ponoviti ću i za ostale prilagobe životinja na život u vodi kao što su oblik tijela i koža, peraje i plivači mjehur. Nakon dovršene analize na uzorcima srdele postavljam uzorak otolita ribe pod lupu. Pozivam učenike da pažljivo jedan po jedan pogledaju sliku te ih pitam (Opiši sliku koju si vidio pod lupom., Kakve građe je predmet na slici? Što su otoliti?). Zatražit ću od učenika da skiciraju prethodno promatranu sliku otolita u svoje bilježnice. Nakon što uoče prstenastu građu otolita otkrit ću im kako postoje hijalina i opaka zona na otolitu te da one označavaju godišnji rast. Nakon te spoznaje zamolit ću učenika da ponovno pogleda sliku na lupi i pokuša odrediti starost ribe. Naposljetku ću se dotaknuti života na dnu vode pitanjem mogu li se sve životinje kretati u vodi i plivati?. Pitat ću učenike da se prisjete nekih organizama koji žive na dnu i koja je važnost morskih cvjetnica za život u vodi?</p>	<p>OŠ PRI B.5. 2.1.</p>	<p>V</p>	<p>D PR</p>	
<p>PONAVLJ ANJE</p>	<p>Učenicima ću podijeliti radni listić za ponavljanje. Nakon što završe s rješavanjem zajedno ćemo ga pregledati. Što ne stignu riješiti, učenici će dovršiti za domaću zadaću.</p>		<p>RL</p>	<p>T</p>	<p>I F 5 min</p>
<p>Nositelji aktivnosti: N – nastavnik, U – učenici (dodati i mijenjati uloge ukoliko je potrebno uz svaku aktivnost) Koristiti u izvedbi: RL – radni listić za učenike, UDŽ – udžbenik, RB – radna bilježnica, P – ploča, PM – prirodni materijal, E – pokus/eksperiment, MD – model, AP – aplikacija, PP – projekcija prezentacije, VL – video lekcija, APP – digitalni alat, P/SU – platforma/sustav učenja na daljinu, V – video zapis, A – animacija, I – igra, IU – igranje uloga, RS – računalna simulacija, M – mikroskop, L – lupa, F – fleks kamera, T – tablet, MO – mobitel, OP – organizator pažnje, AL – anketni listić TM – tekstualni materijali (dodati prema potrebi) Metode: PR – praktični radovi, D – demonstracija, C – crtanje, I – usmeno izlaganje, R – razgovor, T – rad na tekstu i pisanje Oblici rada: I – individualno, P – rad u paru, G – grupni rad, F – frontalno</p>					

Materijalna priprema

Nastavna sredstva: udžbenik, PowerPoint prezentacija, video zapis, izvorna stvarnost (srdele i otoliti), živa riječ nastavnika

Nastavna pomagala: kreda, ploča, pokazivač, projektor, računalo, lupa

Plan učeničkog zapisa

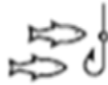
Prilagodbe organizama koji žive u vodi

Disanje	Kretanje
Škrge	<p>Vretenasto tijelo</p> <p>Sluzava koža</p> <p>Snažni mišići</p> <p>Peraje</p> <p>Plivači mjehur</p>

Vrednovanje		
Vrednovanje za učenje	Vrednovanje kao učenje	Vrednovanje naučenog
Učitelj vrednuje rad učenika, dobiva povratnu informaciju o usvojenosti znanja učenika te o ostvarenosti ciljeva i ishoda.	Učenik se samovrednuje, kritički promišlja o usvojenosti nastavne jedinice. Daje povratnu informaciju nastavniku i sebi: razumio sam ili nisam razumio	Provjeravanje ishoda učenja, rezultira ocjenom. Provjeravanje pismenim ili usmenim putem. Vrednuje se usvojenost znanja, rješavanje problema, učenički radovi i projekti.

Prilozi
Na kraju dokumenta

Literatura.
<p>Za učenike: Agić, B., Banović T., Groš Lopac, A. (2019.), priroda 5, udžbenik iz prirode za 5. razred osnovne škole, Profil Klett, Zagreb</p> <p>Korištena za pripremu: Agić, B., Banović T., Groš Lopac, A. (2019.), priroda 5, udžbenik iz prirode za 5. razred osnovne škole, Profil Klett, Zagreb</p>



IME I PREZIME:	
DATUM:	

Pitanja za ponavljanje

1. Zaokruži točan odgovor.

Koji organ imaju ribe za kretanje gore i dolje kroz vodu?

- a) Peraje
- b) Plivači mjehur
- c) Škrge
- d) Pluća

2. Objasni što je anomalija vode i koja je njena važnost.

3. Zaokruži netočan odgovor.

Koje prilagodbe imaju životinje za kretanje u vodi?

- a) Vretenasto tijelo
- b) Plivaće kožice
- c) Peraje
- d) Plivači mjehur
- e) Snažne udove

4. Označi na slici: prsne peraje, repna peraja, trbušne peraje, leđna peraja, podrepna peraja, škržni poklopac.

