

Morfometrijska obilježja srdele *Sardina pilchardus* (Walb., 1792.) u razdoblju spolnog mirovanja

Lerga, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:866537>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-02**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Diplomski studij Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Matea Lerga

**Morfometrijska obilježja srdele *Sardina pilchardus* (Walb., 1792.)
u razdoblju spolnog mirovanja**

Diplomski rad

Zadar, 2022.

Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Diplomski studij Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

**Morfometrijska obilježja srdele *Sardina pilchardus* (Walb., 1792.)
u razdoblju spolnog mirovanja**

Diplomski rad

Student/ica:

Matea Lerga

Mentor/ica:

Izv.prof.dr.sc. Lav Bavčević

Komentor/ica:

prof.dr.sc. Bosiljka Mustać

Zadar, 2022.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Matea Lerga**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom Morfometrijska obilježja srdele *Sardina pilchardus* (Walb., 1792.) u razdoblju spolnog mirovanja rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Zadar, 19. srpnja 2022.

ZAHVALA

Veliku zahvalu želim iskazati svom mentoru izv. prof. dr. sc. Lavu Bavčeviću i komentorici prof. dr. sc. Bosiljki Mustać na ukazanom povjerenju i pruženoj prilici, te na mnogobrojnim savjetima i pomoći, ne samo pri izradi ovog diplomskog rada već i tijekom cijelog razdoblja studiranja.

Ujedno se želim zahvaliti svojoj obitelji i prijateljima, a ponajviše tetki Saški, baki Danici, zaručniku Martinu, rođici Lauri i Oliveri što su vjerovali u mene i moj uspjeh kad ni sama nisam. Hvala vam na bezgraničnoj ljubavi i strpljenju.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. <i>Biologija i ekologija srdele</i>	2
1.2. <i>Cilj i svrha rada</i>	3
2. PREGLED LITERATURE	4
3. MATERIJALI I METODE	8
3.1. <i>Prikupljanje uzoraka</i>	8
3.2. <i>Analiza uzoraka</i>	9
3.3. <i>Duljinsko – maseni odnos</i>	10
3.4. <i>Koeficijenti kondicije</i>	10
3.5. <i>Odnos duljine, širine i visine</i>	10
3.6. <i>Statistička obrada podataka</i>	11
4. REZULTATI	12
5. RASPRAVA	28
6. ZAKLJUČAK	31
7. POPIS LITERATURE	32
7.1. <i>Internetski navodi</i>	36
8. PRILOZI	37

SAŽETAK

Morfometrijska obilježja srdele *Sardina pilchardus* (Walb., 1792.) u razdoblju spolnog mirovanja

Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792.) se ubraja u sitnu plavu ribu, pelagična je i migratorna vrsta, a ujedno je i najzastupljenija vrsta u ribarskim lovinama RH, te je hrana mnogobrojnim ribama i drugim morskim organizmima i kao takva vrlo važan čimbenik hranidbenog lanca u moru. U ovom su radu prikazana morfometrijska obilježja srdele za vrijeme samog kraja mrijesta, te u mjesecima spolnog mirovanja iz različitih područja ulova, zona (podzone) B (b2 i b3), E (e5 i e7) i F (f2) Jadranskog mora. Analizirano je ukupno 800 jedinki srdele u razdoblju od 09. ožujka do 30. rujna 2021. godine. Pratio se duljinski razred, duljinsko - maseni odnos, odnos visine i širine te koeficijent kondicije ribe. Analiza duljinsko-masenog odnosa ukazala je na ukupan pozitivan alometrijski rast ($b = 3,4333$) uz snažnu korelaciju između totalne duljine i mase ($R^2 = 0,9468$, $p < 0,001$). Pozitivna alometrija je dobivena i kod regresijske analize odnosa vilične duljine i mase ($b = 3,2276$) ($R^2 = 0,8808$, $p < 0,001$). Prosječni Fultonov koeficijent kondicije analiziranih srdela iznosio je $K = 0,70 \pm 0,03$ ($K \pm SD$). Testom ANOVA se pokazalo da se koeficijenti kondicije signifikantno razlikuju, a testiranjem pojedinačnih razlika Post Hoc analizom (Unequal N HSD) se pokazalo da se gotovo svi uzorci međusobno signifikantno razlikuju jedan od drugog.

Ključne riječi: srdela, Jadransko more, morfometrijska obilježja, koeficijent kondicije, pozitivna alometrija

SUMMARY

Morphometric characteristics of the sardine *Sardina pilchardus* (Walb. , 1792) in the period of sexual dormancy

Sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) belongs to a small pelagic fish, it is a migratory species and it is also the most represented species in fisheries catches in the Republic of Croatia, as well as food for numerous fish and other marine organisms and as such is a very important factor food chain in the marine ecosystem. In this paper morphometric characteristics of sardines during the end of spawning and during the inactive phase of sexual cycle from different fisheries catch areas, zones (subzones) B (b2 and b3), E (e5 and e7) and F (f2) of the Adriatic Sea are shown. A total of 800 sardine individuals were analyzed in the period from March 9 to September 30, 2021. Length distribution, length-weight relationship, height-width ratio and fish condition coefficient were monitored. Analysis of the length-weight relationship indicated a total positive allometric growth ($b = 3.4333$) with a strong correlation between total length and weight ($R^2 = 0.9468$, $p < 0.001$). Positive allometry was also obtained in the regression analysis of the relationship between jaw length and weight ($b = 3.2276$) ($R^2 = 0.8808$, $p < 0.001$). The average Fulton's coefficient of condition of the analyzed sardines was $K = 0.70 \pm 0.03$ ($K \pm SD$). The ANOVA test showed that the condition coefficients are significantly different, and the testing of individual differences with the Post Hoc analysis (Unequal N HSD) showed that almost all samples differ significantly from each other.

Key words: sardines, Adriatic sea, morphometric characteristics, coefficient of condition, positive allometry

1. UVOD

Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792.), najbrojnija je i ekonomski vrlo značajna vrsta ribe za Republiku Hrvatsku (Mustać i Sinovčić, 2010.). Rasprostranjena je po Mramornom moru, Mediteranu, Crnom moru, sjeveroistočnom Atlantiku te Sjevernom moru (Whitehead, 1985.).

Ubraja se u sitnu plavu ribu, pelagična je i migratorna vrsta koja može živjeti u većim ili manjim jatima (Mustać i Sinovčić, 2010.). Najzastupljenija je vrsta u ribarskim lovinama, hrana je mnogobrojnim ribama grabežljivicama, dupinima, lignjama te je kao takva vrlo važan čimbenik hranidbenog lanca u moru.

Upravljanje ribolovom u Jadranskom moru kojem je srdela ciljana lovina je uređeno propisima na razini Europske unije i preporukama Generalne komisije za ribarstvo Sredozemlja (GFCM) (fao.org). Uredba vijeća EU 1967/2006 uređuje minimalnu lovnu duljinu srdele (11 cm), maksimalnu veličinu okružujuće mreže plivarice, dubinu polaganja mreže (50 m), minimalnu udaljenost od obale za vrijeme obavljanje ribolova (300 metara) i minimalnu veličina oka mreže (14 – 16 mm). Okružujuća mreža plivarica ne smije se upotrebljavati na dubinama manjima od 70 % ukupne visine okružujuće mreže plivarice izmjerene u skladu s Prilogom II. u Uredbi vijeća EU 1967/2006 koji glasi "visina mreža definira se kao zbroj visine oka mreže (uključujući čvorove) kad su mokri i rastegnuti okomito u odnosu na plutnju". (eur-lex.eu). Zakon o morskom ribarstvu (NN 62/17, 130/17, 14/19) je prenio europske propise na državnu razinu i dodatno uredio ribolov u Hrvatskoj kroz obaveze ministra da donese pravilnike i plan upravljanja. Ograničen je broj povlastica koje mogu dobiti odobrenje za ribolov (NN 69/2022 Pravilnik o izdavanju odobrenja za obavljanje gospodarskog ribolova na moru okružujućom mrežom plivaricom – srdelarom) (narodne-novine.nn.hr).

Pravilnikom o ribolovnim mogućnostima u gospodarskom ribolovu na moru okružujućom mrežom plivaricom-srdelarom (NN 23/2022) navedeno je razdoblje redovite zabrane ribolova plivaricom – srdelarom, u cijelom ribolovnom moru Republike Hrvatske tijekom razdoblja najintenzivnijeg mrijesta srdele, od 24. prosinca u 12:00 sati do 16. siječnja u 24:00 sata te u razdoblju od 16. veljače u 00:00 sati do 28. veljače u 12:00 sati. Razdoblje privremene obustave ribolova za plovila koja obavljaju ribolov okružujućom mrežom plivaricom – srdelarom je u razdoblju od 17. siječnja u 00:00 sati do 15. veljače u 24:00 sata te u razdoblju od 1. svibnja u 00:00 sati do 30. svibnja u 24:00 sata (narodne-novine.nn.hr).

Duljinsko-maseni odnos i kondicija su veoma važni pokazatelji stanja populacije (Richter i sur., 2000.), a pojedinim statističkim postupcima iz dobivenih vrijednosti se mogu saznati važne informacije o stanju pojedine riblje populacije, primjerice, može se utvrditi procjena i predviđanje njihovog budućeg razvoja i sl. (Thompson 1917.; Le Cren, 1951).

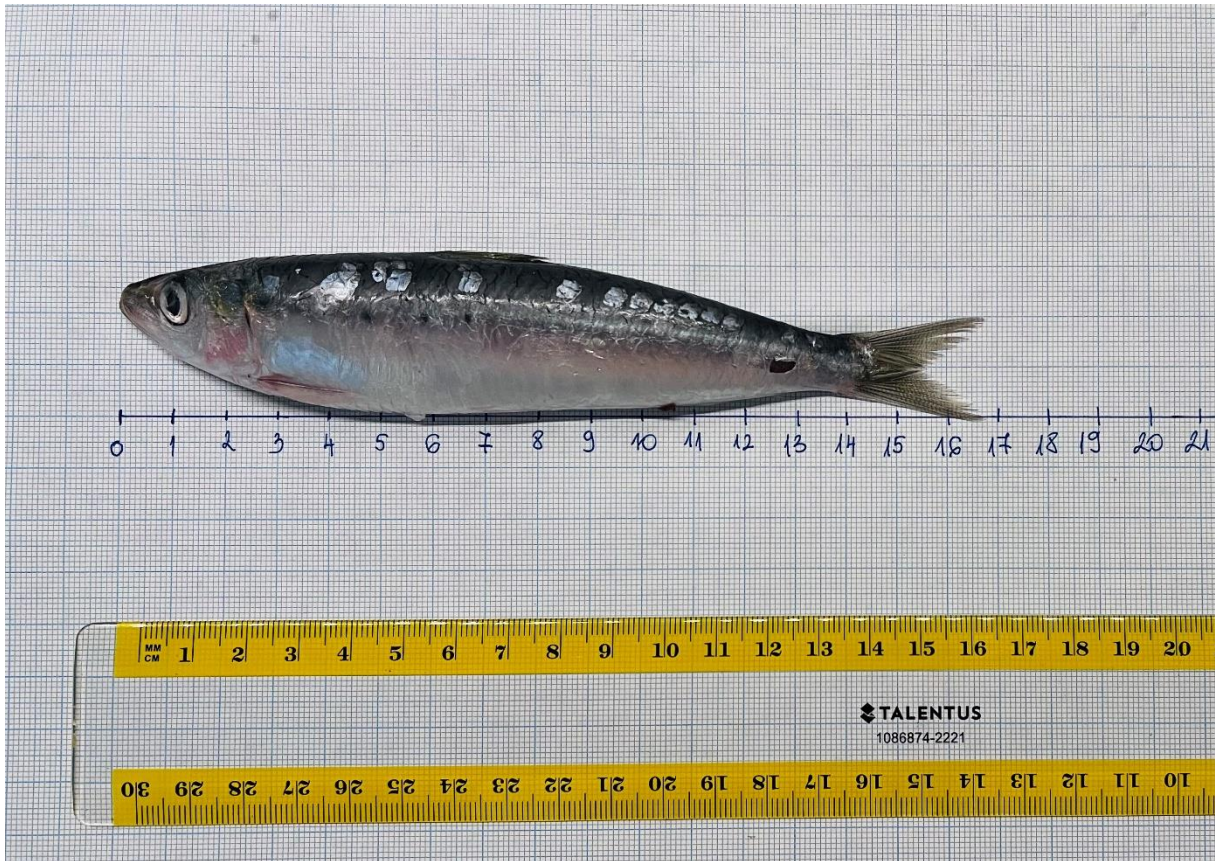
Sukladno navedenom, u ovom su radu praćena morfometrijska obilježja, tjelesna masa i koeficijent kondicije srdele u razdoblju spolnog mirovanja iz uzoraka lovina različitih ribolovnih zona (podzona) Jadranskog mora.

Na temelju analize uzoraka izračunat je duljinsko-maseni odnos pomoću nelinearne regresije, a koeficijent kondicije pomoću kubičnog ili Fultonovog koeficijenta koji izražava masu ribe u kubiku njezine duljine te relativnog kondicijskog koeficijenta (Treer, 2008., Zorica i sur., 2017.).

1.1. Biologija i ekologija srdele

Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), je najbrojnija i ekonomski najvažnija riba u Jadranskom moru (Slika 1.). Pripada razredu zrakoperki (Actinopterygii), redu koštunjača (Clupeiformes), porodici srdjelki (Clupeidae) i rodu sardina (*Sardina*). Živi u Istočnom Atlantiku od 15° do 66°N i od 23° do 42°E uključujući i cijeli Mediteranski bazen (Mustać i Sinovčić, 2010.).

Srdela je, uz incuna *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758.), glavni predstavnik sitne plave ribe. Pelagična je i migratorna vrsta koja se za vrijeme migracije kreće brzinom od 14 cm/sek. Glavni razlozi za migriranje srdele su hranjenje i mrijest. Tijekom jesenskih, a posebice zimskih mjeseci, srdela da bi se mrijestila, migrira prema otvorenim vodama Jadranskom mora, a u proljeće, jato se vraća u pliće, obalne vode (Mustać i Sinovčić, 2010.). U Jadranskom moru se obično mrijesti početkom listopada do kraja travnja. Mrijest najviše ovisi o okolišnim čimbenicima poput temperature (optimalno od 11-16°C). Sukladno navedenom, vrhunac mrijesta se odvija između studenog i veljače (Zorica i sur., 2020.). Sinovčić i sur. (2001.) navode kako srdela prvu spolnu zrelost postiže potkraj prve godine života, sa oko 12 cm totalne duljine, što ovisi o ekološkim uvjetima kao što su dostupnost hrane i temperatura te samim time nije specifično, a Zorica i sur. (2010.) bilježi prve jedinice s najnaprednijim stadijima zrelosti gonada pri totalnoj duljini tijela od 7,1 cm (stadiji V i VI). Porastom totalne duljine tijela povećavao se i postotak spolno zrelih jedinki srdele. Srdela se razmnožava vanjskom oplodnjom, ne brine o potomstvu i ima veliku plodnost (Sinovčić, 1983.-1984.).



Slika 1. Srdela, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792.) (Izvor: Lerga M., rujna 2021.)

1.2. Cilj i svrha rada

Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi morfometrijska obilježja srdele *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792.) pri kraju mrijesta, odnosno za vrijeme spolnog mirovanja u razdoblju od 09. ožujka 2021. do 30. rujna 2021. godine.

Svrha rada je proširiti ihtiološka saznanja istraživanjem populacija srdele na području Srednjeg i Sjevernog Jadrana iz više ribolovnih zona (podzona) B(b2 i b3), E(e5 i e7) i F(f2).

2. PREGLED LITERATURE

Bolger i Connolly (1989.) u svom radu navode kako se proučavanje stanja jedinki riba u ribarskoj ekologiji obično temelji na analizi podataka duljine i mase ribe. Autori vjeruju kako je teža riba u boljem stanju nego lakša riba iste duljine te da je to dobar pokazatelj kondicije ribe. Navode kako je kondicija dobar pokazatelj stanja ribe kod monospecifične populacije koje žive u naizgled sličnim staništima sa jednakim vremenskim uvjetima (klimom) i jednakom dostupnošću hrane. Autori ističu kako se ukupni energetske rast teoretski može dogoditi neovisno o promjeni tjelesne mase te napominju kako je u praksi potreban znatan oprez pri tumačenju promjena stanja mjerenih koeficijentima koji se temelje isključivo na duljinsko-masnim podacima.

Rast ribe može biti alometrijski ili izometrijski. Alometrijski rast znači da pojedini dijelovi tijela mogu rasti različitom brzinom od rasta cijelog tijela (Bogin, 1999.) dok kod izometrijskog rasta svi dijelovi tijela rastu ujednačenom brzinom. Alometrijski odnosno izometrijski rast se može procijeniti nelinearnom regresijom odnos duljine i mase ribe:

$$W = a L^b \quad (1.)$$

Gdje je W -masa ribe; L -duljina ribe, a -konstanta i b -potencija odnosno alometrijski koeficijent. Koeficijent regresije je omjer logaritma rasta u odnosu duljine i mase te se kreće oko 3 ali može doći do znatnih odstupanja koja daju informacije o prirodi rasta ribe (Treer i Piria, 2019.). Ako govorimo o izometrijskom rastu, tada ribe napreduju podjednako u masi i duljini i tad je $b = 3$. Ako je $b > 3$, to nam govori kako ribe napreduju nešto više u masi i upućuje na pozitivni alometrijski rast. Negativni alometrijski rast manifestira u slučaju kada je $b < 3$ te ribe tada dobivaju više na duljini.

Intenzitet hranjenja varira ovisno o sezoni, zrelosti i veličine srdele. Intenzitet ishrane izrazito je sezonski. Zapravo, srdele se aktivnije hrane ljeti što ukazuje na povoljne trofičke uvjete tijekom ljetne sezone. Dostupnost hrane može imati veliki utjecaj na količinu hrane u želucu srdele te koeficijent punoće želuca (FI) može biti pokazatelj trofičkih uvjeta nekog područja. Nadalje, intenzitet hranjenja manji je zimi, a umjeren u proljeće i jesen (Ouakka i sur., 2017.). Prema Nikolskom (1963.), opskrba hranom se mijenja tijekom godine i sezonske oscilacije u prehrani srdele usko su povezane s tim promjenama do vrlo značajnog stupnja. Srdela se hrani intenzivnije od završetka mrijesta što se može pripisati tome da je za vrijeme ovog razdoblja srdela potrošila cijelu akumuliranu zalihu energije za reproduktivnu aktivnost, a nezrele ili zrele ribe troše energiju za rast i razvoj. S povećanjem veličine srdele, postupno dolazi do smanjenja

unosna hrane u organizam (Nikolski, 1963., Ouakka i sur. 2017.). Odum i Odum (1959.) navode kako starije ribe imaju usporeniji metabolizam što nam govori da postoji obrnuti odnos između veličine ribe i metabolizma. Kada metabolička aktivnost opada s veličinom ribe to postaje korisnije za velike jedinke jer dobiju veću masu uz minimalne troškove energije (Zeuthen, 1953.).

Punoća želuca usko je povezana s razvojnim stadijem srdele. Mlade primjerke karakterizira intenzivna punoća želuca u usporedbi s odraslima što bi se pripisalo povećanim fiziološkim zahtjevima za rast ribe. Iako, Pillay (1952.) objašnjava kako razina punoće želuca može biti ovisna o metodi uzorkovanja jer riba može povratiti ili progutati hranu tijekom ulova. Svakako, energija koju srdela akumulira ljeti, potrošit će se za reproduktivnu aktivnost i manju dostupnost hrane tijekom zime (Makaoui i sur, 2005.; Benazzouz i sur., 2014).

Hure i Mustać (2020.) su analizirale prehrane navike srdele uzimajući u obzir trofodinamiku ostalih suprisutnih malih plavih riba (incun, lokarda i dr.). Postotak uzoraka srdele koje su imale hranu u želucu je iznosio 78,15%. Sezonske oscilacije indeksa punoće želuca (FI) najveće vrijednosti bilježio je u proljeće i jesen. Veći FI i veću raznolikost plijena su pokazali uzorci srdele iz obalnog djela nego iz pučinskog djela Istočnog Jadrana ali ne značajno ($r = 0,039$; $p > 0,05$). Analizom sadržaja želuca srdele iz Istočnog Jadrana potvrdili su starija istraživanja kako su kopepode, jajašca kopepoda i ličinke dekapoda najčešći plijen srdele.

U proljeće su se kao važan plijen pojavile mizide za sve duljinske razrede, zajedno s amfipodama koje su se nalazile u jedinkama većih duljinskih razreda. U ljetnom periodu važan plijen srdeli pokazao se kril, a jesenska ishrana se uglavnom sastojala od kopepoda, jajašca kopepoda, a posebno kod većih jedinki i ličinke dekapoda. Statistička analiza općenito nije pokazala značajnu razliku u sastavu prehrane srdele tijekom izmjene godišnjih doba ($r = 0,038$; $p > 0,05$), no najizraženija je razlika u prehrani srdele bilježena između zimskog i proljetnog razdoblja ($r = 0,107$; $p = 0,003$) kao i između proljetnog i jesenskog razdoblja ($r = 0,122$; $p = 0,003$) (Hure i Mustać, 2020.).

Srdela se, kao i druge srdjelke, višestruko mrijesti proizvodeći nekoliko serija oocita unutar reprodukcijskog perioda. U skladu sa zapažanjima većine istraživača koji su proučavali trajanje mrijesta srdele, gonadosomatski indeks (GSI) vrhunac postiže u periodu od prosinca do ožujka pri najnižim godišnjim vrijednostima temperature mora (Mustać i Sinovčić, 2010.). Ouakka i sur. (2017.) istražili su intenzitet hranjenja i kondiciju srdele. Rezultati dobiveni u ovom radu pokazuju kako su koeficijent punoće želuca (FI) i koeficijent kondicije (K) imali gotovo sličnu fluktuaciju s tim da je FI dosegao vrhunac mjesec dana ranije nego K. Sezonske oscilacije

koeficijenta kondicije (K) i koeficijent punoće želuca (FI) na ispitanim primjercima srdele iz Istočnog Jadrana ukazuju na najbolje stanje srdele tijekom jeseni, prije početka mrijesta (Zorica i sur., 2017), što su i ranije utvrdile Mustač i Sinovčić (2010.) gdje je srdela za vrijeme faze spolnog mirovanja bila u boljem kondicijskom stanju ($K=0,8234$) nego riba ulovljena u sezoni mrijesta ($K=0,7409$).

Analiza sadržaja želuca pokazuje kako je 267 od 289 (92,4%) pregledanih jedinki srdele imalo hranu u želucu tokom godine. Analiza želučanog sadržaja srdele pokazuje kako su konzumirale uglavnom životinjsku hranu, iako je bila prisutna i biljna komponenta. Indeks punoće želuca (FI) varirao je od 0,04% (TL = 15,2 cm, W = 24,30 g) do 2,75% (TL = 14,3 cm, W = 19,99 g). Tijekom godišnjih doba, postotak praznih želuca ili Indeks praznine želuca (%V) bio je najveći u jesen (%V = 21,67%), a najmanji u proljeće (%V = 0,0%). Aktivnost hranjenja također je varirala tijekom godine (Zorica i sur., 2017.).

Uočene sezonske promjene alometrijskog stanja, koeficijenta kondicije (K) i Indeksa punoće želuca (FI) dodatno su potvrdile kako je srdela bila u najboljoj kondiciji na početku sezone mrijesta, odnosno srdele se pred mrijest intenzivnije hrane što dovodi do većeg skladištenja energije (Zorica i sur., 2017.).

U istraživanju spolnog ciklusa srdele utvrđene su sezonske promjene srednjih mjesečnih vrijednosti gonadosomatskih indeksa (GSI) i mase gonada (Wg). Obje vrijednosti (GSI, Wg) pokazale su isti trend. Naime, blagi porast obje vrijednosti bilježio se u listopadu (GSI= 1,086, Wg = 0,29 g), nakon vrlo niskih vrijednosti tijekom razdoblja od svibnja do rujna, a vrhunac je utvrđen u studenom (GSI = 3,241, Wg = 0,80 g) te ostaje na tim visokim vrijednostima do travnja. Pri završetku mjeseca travnja, GSI i Wg su naglo opadaju (Zorica i sur., 2017.).

U radu Huertas i sur. (2022.) relativni kondicijski koeficijent (Kr) nije značajno varirao u razvojnim fazama srdele, ali jest po mjesecima uzrokovanja. Vrijeme mrijesta srdele u Tršćanskom zaljevu počinje u mjesecu rujnu i traje do ožujka. Najniže vrijednosti Kr zabilježene su od prosinca 2019. do svibnja 2020. godine u oba spola, prateći trend rasta prema 2021. godini (Huertas i sur., 2022.). Relativni kondicijski koeficijent (Kr) i Gonadosomatski indeks (GSI) nisu bili značajno povezani, iako Kr jest u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem tkiva i mezenteričnog masnog tkiva a bio je i u pozitivnoj korelaciji s dostupnošću klorofila.

Morfometrijska obilježja mogu biti različita u različitim geografskim područjima. Tako je na primjer Silva (2003.) utvrdila da su srdele iz Sjeveroistočnog Atlantika i Zapadnog Mediterana, Azora i Sjeverozapadnog Mediterana, uzorkovane u istom vremenskom periodu imale signifikantno različiti oblik tijela. Nastavno, Mustač i Sinovčić (2010.), u razdoblju od 2004. do 2005. godine, su u svom istraživanju utvrdile kako je Fultonov koeficijent kondicije

pokazao veće vrijednosti srdele iz priobalnih voda (Virsko more) gdje je $K=0,8205$ od onih iz pučinskog podmorja (Dugi otok) s $K=0,7317$.

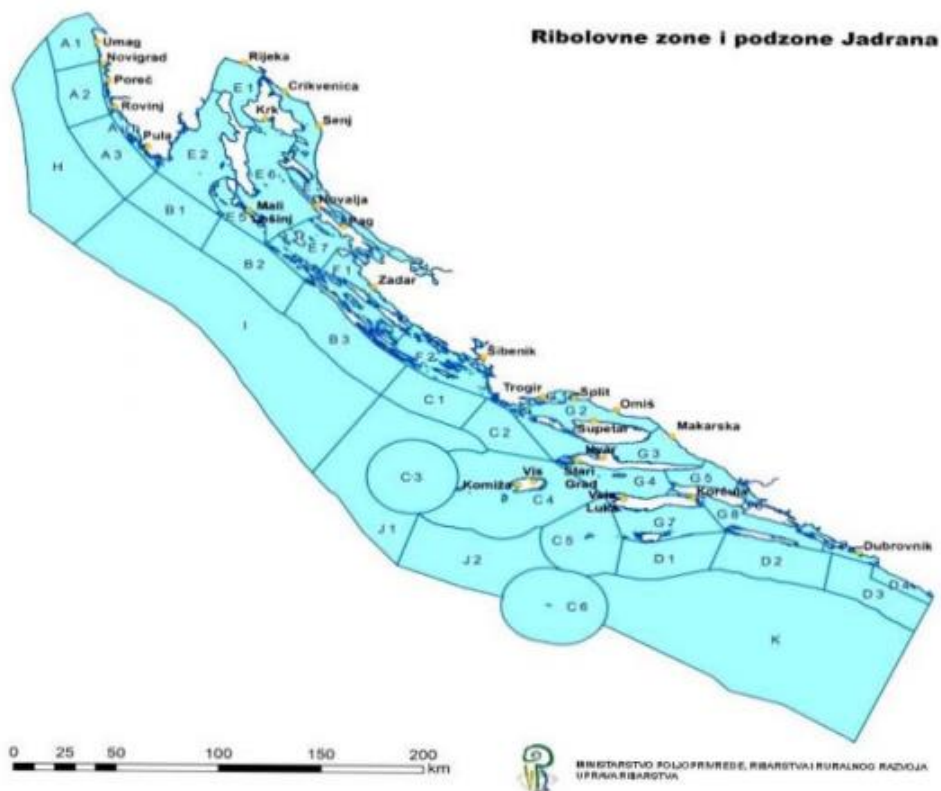
U različitim istraživanjima srdele u Jadranskom moru nalazimo sva tri obilježja promjene oblika tijekom rasta. Tako su Sinovčić i sur. (2004.) za srdele prikupljene u razdoblju 1998. - 2003. utvrdili pozitivnu alometriju gdje je $b = 3.22$ ($R^2 = 0.9810$, $p= 0.3311$). Negativnu alometriju ($b= 2,653$) srdele u Jadranskom moru nalaze Sinovčić i sur. (2009.) u istraživanju provedenom na ušću rijeke Zrmanje (Novigradsko more) i na području Dugog otoka u periodu od 2002. do 2006. godine. Zorica i sur. (2017.) u istraživanjima provedenim 2013. u istočnom djelu Jadrana nalaze izometrijski ($b=3,063 \approx 3$) odnos duljine i težine, a Zorica i sur. (2019.) na području Istočnog Jadrana u periodu od 2017. do 2018. u svom radu ukazuju na pozitivan alometrijski rast uz snažnu korelaciju ($b=3,3573$, $R^2=0,948$).

3. MATERIJALI I METODE

3.1. Prikupljanje uzoraka

Uzorke srdele korištene za ovaj rad ustupila nam je tvrtka MM Mišlov d.o.o. sa sjedištem u Poslovnoj zoni "Grabi" u Poličniku. Lovili su na različitim lokacijama srednjeg i sjevernog Jadrana u zonama (podzonama) lova B(b2 i b3), E(e5 i e7) i F(f 2) (Slika 2.). Srdela je ulovljena brodovima plivaričarima u vlasništvu tvrtke u vremenskom periodu od 09. ožujka 2021. do 30.09.2021. godine tijekom tzv. "mraka" kada je očekivan sam kraj mrijesta, odnosno spolno mirovanje srdele (Mustać i Sinovčić, 2010.).

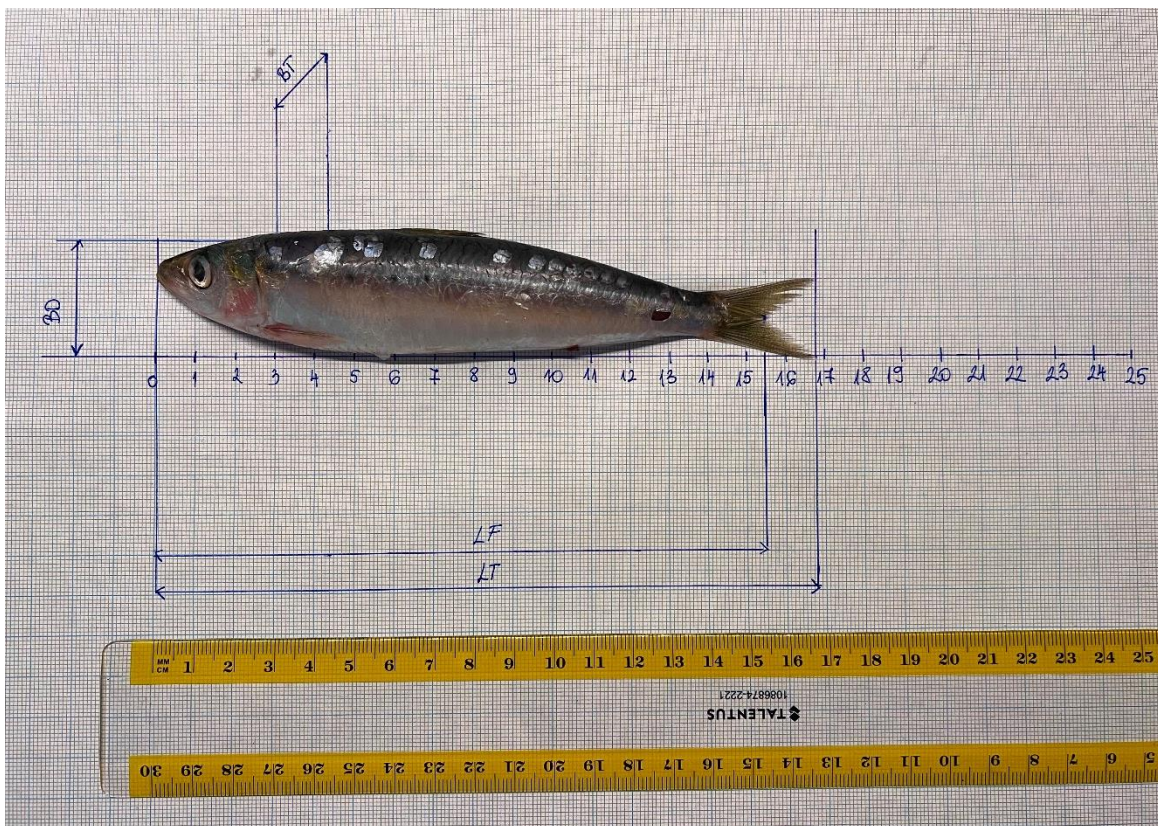
Od ukupnog ulova s brodova obrađeno je osam uzoraka, svaki po 100 jedinki (ukupno 800 jedinki srdele). Uzorci su se uzimali nasumično jednom do dva put mjesečno (09.03., 19.03., 16.04., 18.06., 16.07., 06.08., 28.09., 30.09.2021. godine).



Slika 2. Ribolovne zone (podzone) Jadranskog mora (Izvor: Ministarstvo poljoprivrede)

3.2. Analiza uzoraka

Biometrijska mjerenja na prikupljenim uzorcima su napravljena u pogonu za preradu sitne plave ribe tvrtke MM Mišlov d.o.o. Prvo je utvrđena pecatura srdele kako bismo znali koji je broj komada u jednom kilogramu i kojoj klasi pripada ista. Na uzorcima je napravljena biometrija (slika 3.). Pomoću ihtiometra ($\pm 0,5\text{mm}$), srdelama je izmjerena totalna duljina (LT), vilična duljina (LF). Masa je izmjerena (W) pomoću elektroničke vage (digitron di skala JWP) ($\pm 0,1\text{g}$). Najveća visina (BD) i najveća širina (BP) svake pojedine ribe su izmjerene pomoću pomične mjerke uz preciznost očitavanja 0,05 mm. Spolni ciklus nije analiziran u ovom istraživanju.



Slika 3. Biometrija srdele; LT-totalna duljina tijela, LF – vilična duljina tijela, BD- visina tijela, BT-širina tijela srdele (Izvor: Lerga M., rujun 2021.)

3.3. Duljinsko – maseni odnos

Odnos između duljine (LT, LF) i mase tijela srdele procijenjen je pomoću nelinearne regresije (Ricker, 1975., Le Cren, 1951., Bogin, 1999.):

$$W = a L^b \quad (1.)$$

a =regresijska konstanta, b =koeficijent regresije, W = masa tijela, L = duljina tijela ribe.

3.4. Koeficijenti kondicije

Indeks kondicije (K) srdela, izračunat je dva načina:

- na temelju kubičnog ili Fultonovg koeficijenta:

$$K=100 W/ L^3 \quad (2.)$$

K =koeficijent kondicije, W = masa tijela, L = duljina tijela (Zorica i sur., 2017.).

- Relativni kondicijski koeficijent

$$K_r=W/W_n \quad (3.)$$

K_n =relativni kondicijski koeficijent, W = masa ribe , W_n =očekivana masa ribe iste duljine (Le Cren, 1951.)

$$W_r = aW_n^b \quad (4.)$$

a -konstanta, b -alometrijski koeficijent

Očekivana masa se procjenjuje na temelju parametara regresijske analize duljinsko-masenog odnosa prikazanom u izrazu (1.).

3.5. Odnos duljine, širine i visine

Odnos duljine, širine i visine, utvrđen je pomoću linearne regresije:

$$Y=aX^b \quad (5.)$$

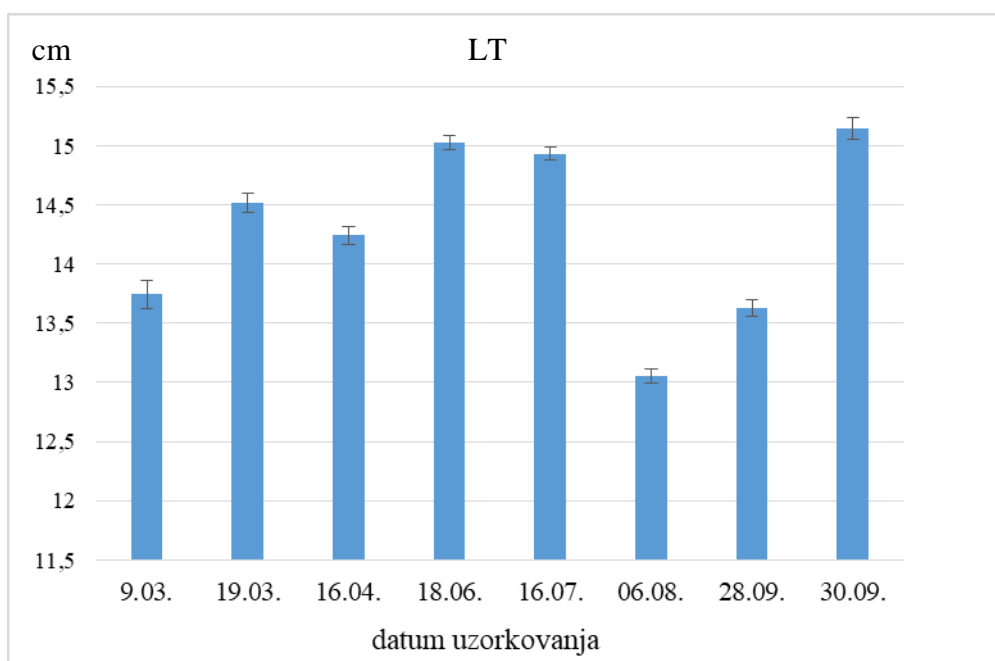
Y =varijabla koju se procjenjuje, X =varijabla na temelju koje se provodi procjena, a i b = konstante.

3.6. Statistička obrada podataka

Deskriptivna statistika kao i regresijska analiza su napravljene u programu MS Office Excel (2013.) dok je testiranje razlika između indeksa kondicije napravljeno u statističkom softveru TIBCO Statistica® verzije 13.5.0.17. (tibco.com).

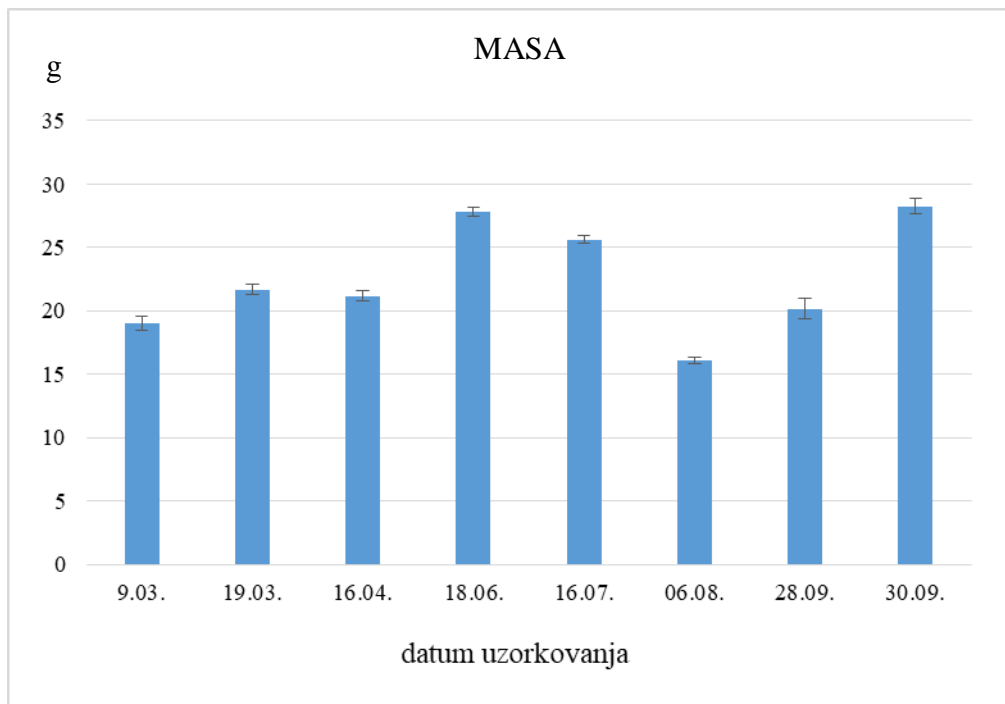
4. REZULTATI

Prosječne vrijednosti ukupne duljine (LT) uzoraka koji su prikupljeni od ožujka do rujna 2021., odnosno od samog kraja mrijesta, te u razdoblju spolnog mirovanja srdele su prikazane na slici 4.



Slika 4. Prosječne vrijednosti totalne duljine (LT) srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

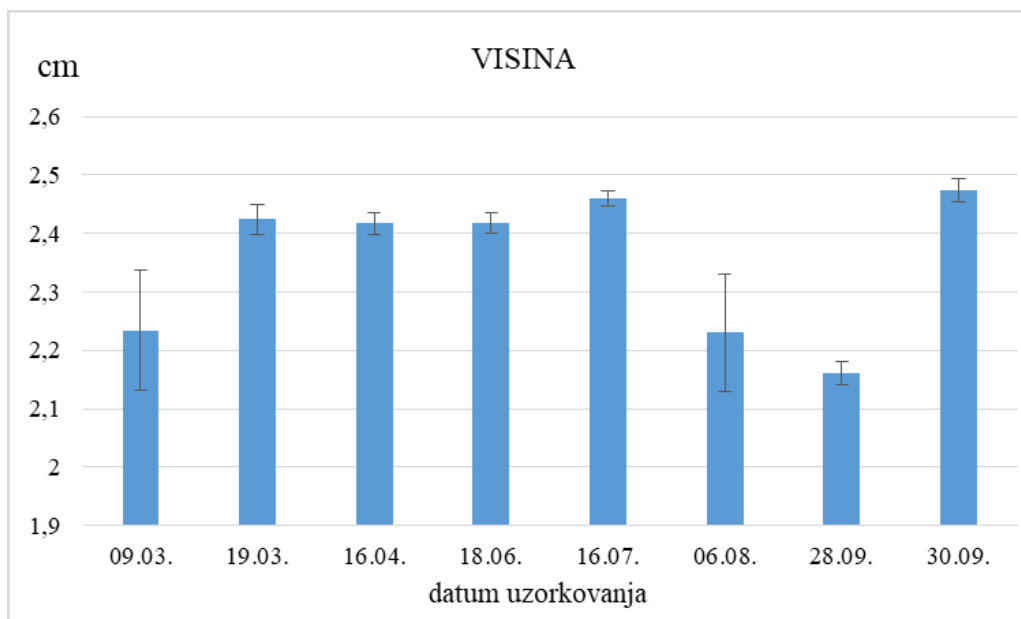
Prosječna vrijednost totalnih duljina (LT) tijela srdele kretala se između $14,29 \text{ cm} \pm 0,78 \text{ (SD)}$ varirajući kroz period mjerenja od 11,00 cm do 17,50 cm (slika 4.), a prosječna vrijednost vilične duljine tijela srdele kretala se između $13,08 \text{ cm} \pm 0,72 \text{ (SD)}$ varirajući od 10,04 cm do 16,10 cm. Najveću totalnu duljinu tijela imao primjerak ulovljen u zoni E5 30. rujna 2021., a iznosio je $LT=17,50 \text{ cm}$, a najmanju primjerak ulovljen u zoni B3 09. ožujka 2021. sa $LT=11,30 \text{ cm}$. Prosječne vrijednosti mase (LT) srdele su prikazane na slici 5.



Slika 5. Prosječne vrijednosti mase (W) srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

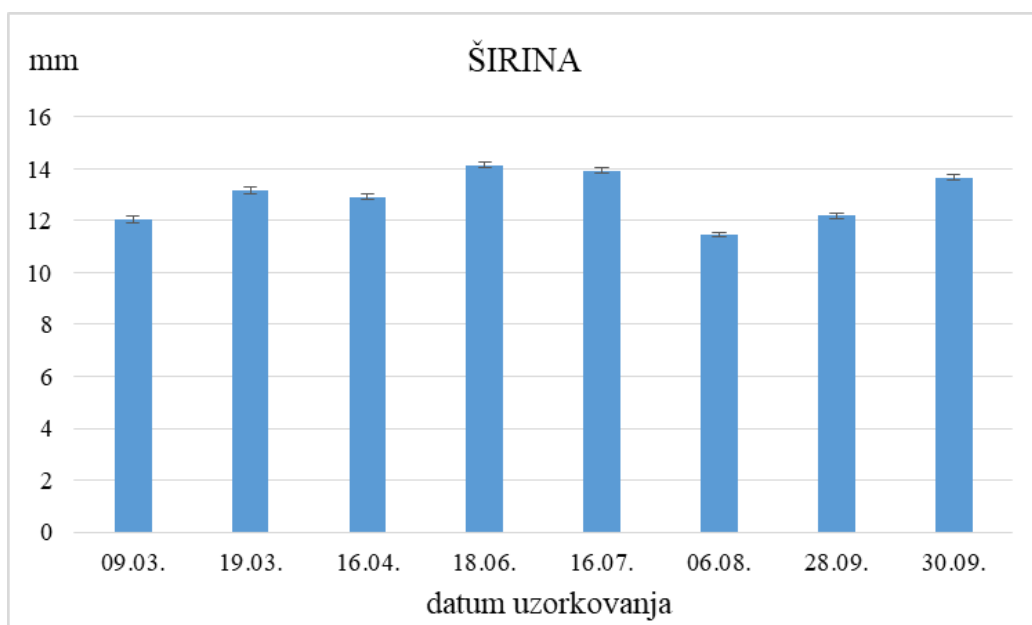
Prosječna masa srdele je bila $22,47\text{g} \pm 4,01$ (SD) varirajući od 8,00 g do 44,00 g (slika 5.). Najmanju individualnu masu imala je jedinka ulovljena u zoni B3 09. ožujka 2021. s $W= 8$ g, a najveću individualnu masu jedinka ulovljena u zoni E5 30. rujna 2021. s $W= 44\text{g}$.

Na slici 6. prikazane su prosječne vrijednosti visine (BD) srdele u uzorcima.



Slika 6. Prosječne vrijednosti visine srdele (BD) u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

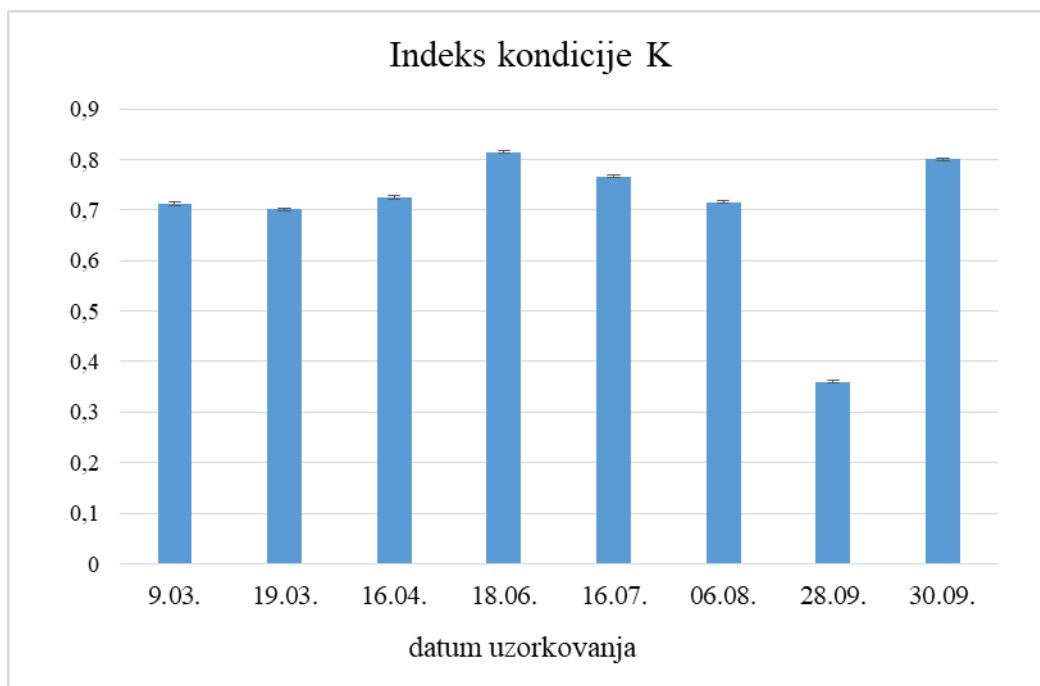
Prosječna visina BD je bila $2,35 \text{ cm} \pm 0,40$ (SD) varirajući od 1,50 cm do 3,10 cm, a širina (BT) $12,94 \text{ mm} \pm 1,12$ (SD) varirajući od 9,00 mm do 17,00 mm, a (Slika 7.).



Slika 7. Prosječne vrijednosti širine srdele (BT) u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

Prosječna vrijednost Fultonovog koeficijenta kondicije srdele (K) je iznosila $0,70 \pm 0,03$ (SD) varirajući od 0,55 do 0,81. Najniži K je bio 28. rujna 2021. kada je uzorak imao i najmanju prosječnu masu (W) i totalnu duljinu (LT) (slika 8.).

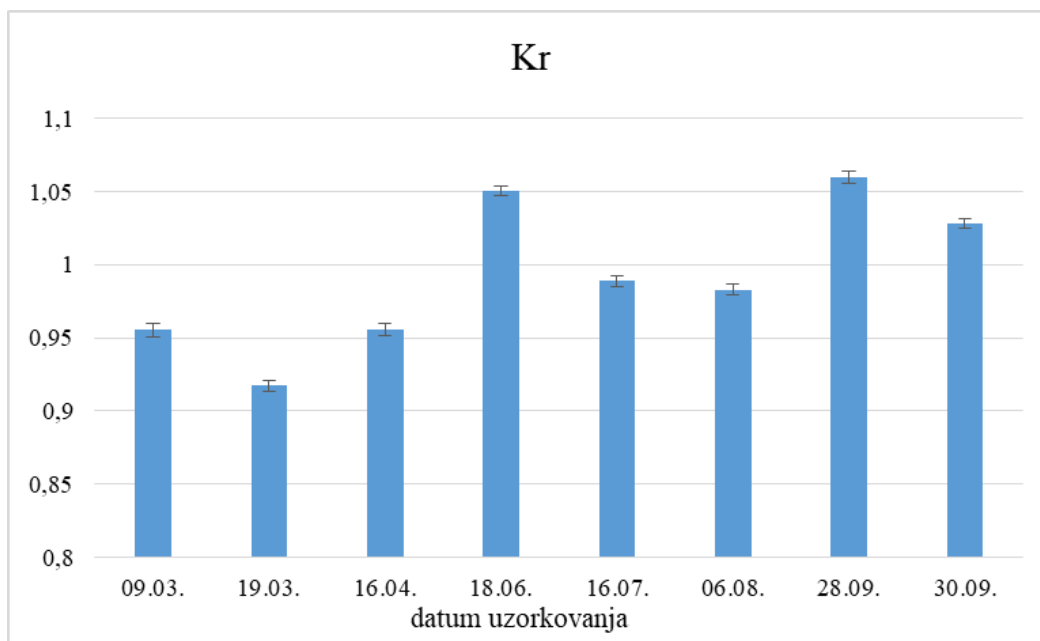
Najmanji individualni K imala je jedinka ulovljena 09.03.2021. u zoni B3 s $K=0,55$, a najveće jedinke ulovljene 18.lipnja i 16. srpnja 2021. u istoj zoni B3 s $K_{18.06.,16.07.}=0,81$.



Slika 8. Prosječne vrijednosti koeficijenta kondicije (K) srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

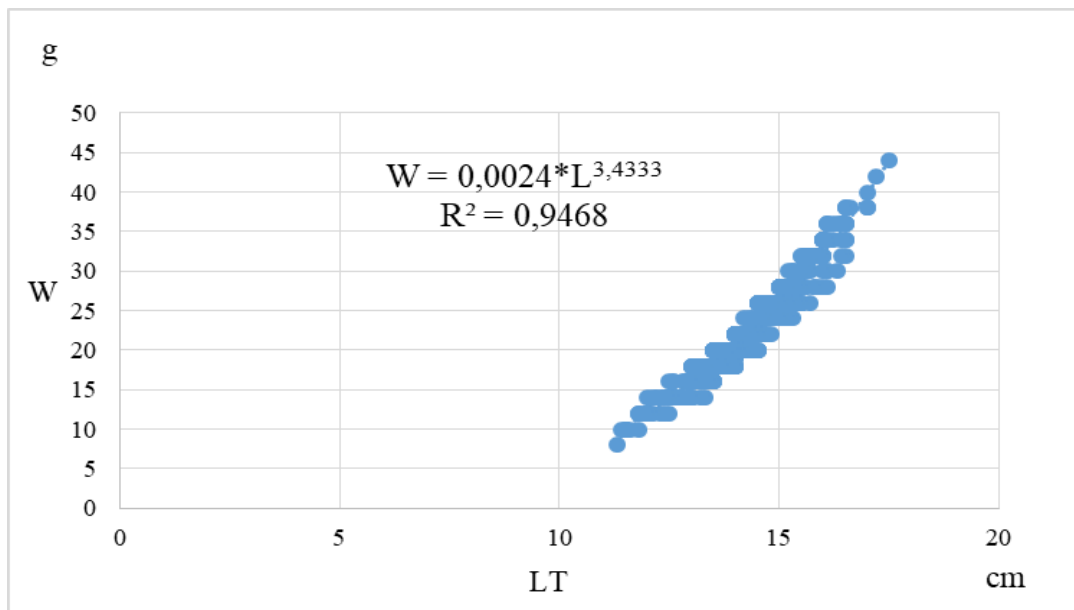
Prosječna vrijednost relativnog koeficijenta kondicije srdele (K_r) je iznosila 0,99 varirajući od 0,92 do 1,06, a najniža vrijednost K_r zabilježena je 19. ožujka 2021. (Slika 9.).

Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka srdele u periodu od 9. ožujka 2021. do 30. rujna 2021. godine detaljnije su prikazani u priložima.



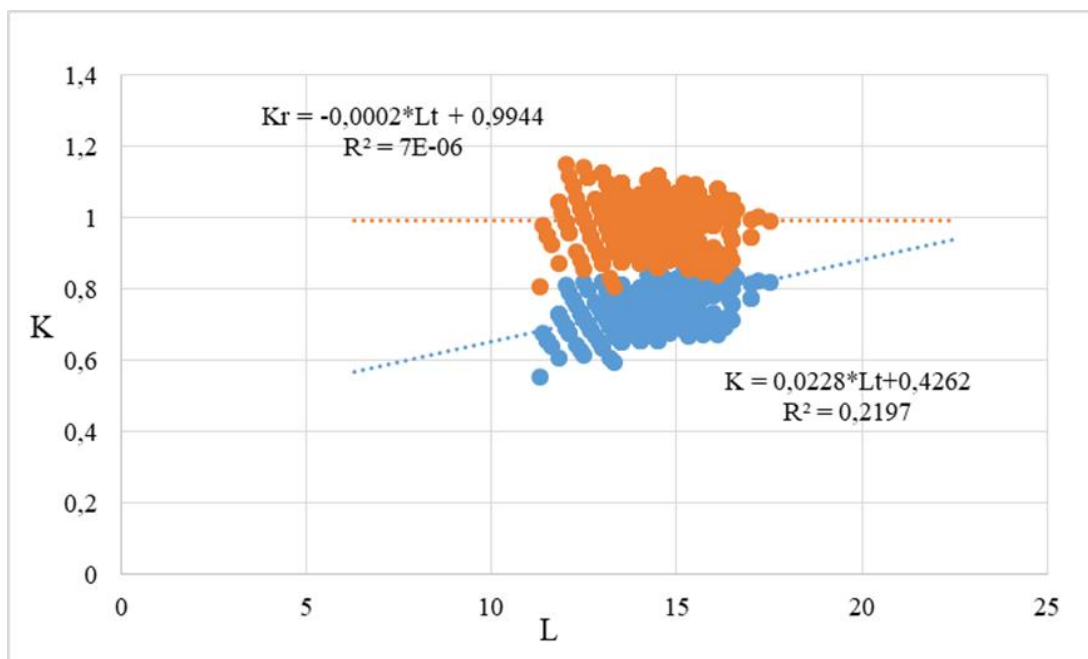
Slika 9. Prosječne vrijednosti relativnog koeficijenta kondicije (Kr) srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

Duljinsko-maseni odnos za ukupnu duljinu (LT) srdela je prikazan na slici 10. Rezultat provedene analize ukazuje na pozitivni alometrijski rast ($b = 3,4333$) uz snažnu korelaciju između totalne duljine i mase ($R^2 = 0,9468$, $p < 0,001$). Pozitivna alometrija je dobivena i kod regresijske analize odnosa vilične duljine i mase (Slika 13.) ($b = 3,2276$) ($R^2 = 0,8808$, $p < 0,001$). Ovaj rezultat je korišten za izračun relativnog indeksa kondicije (Kr).



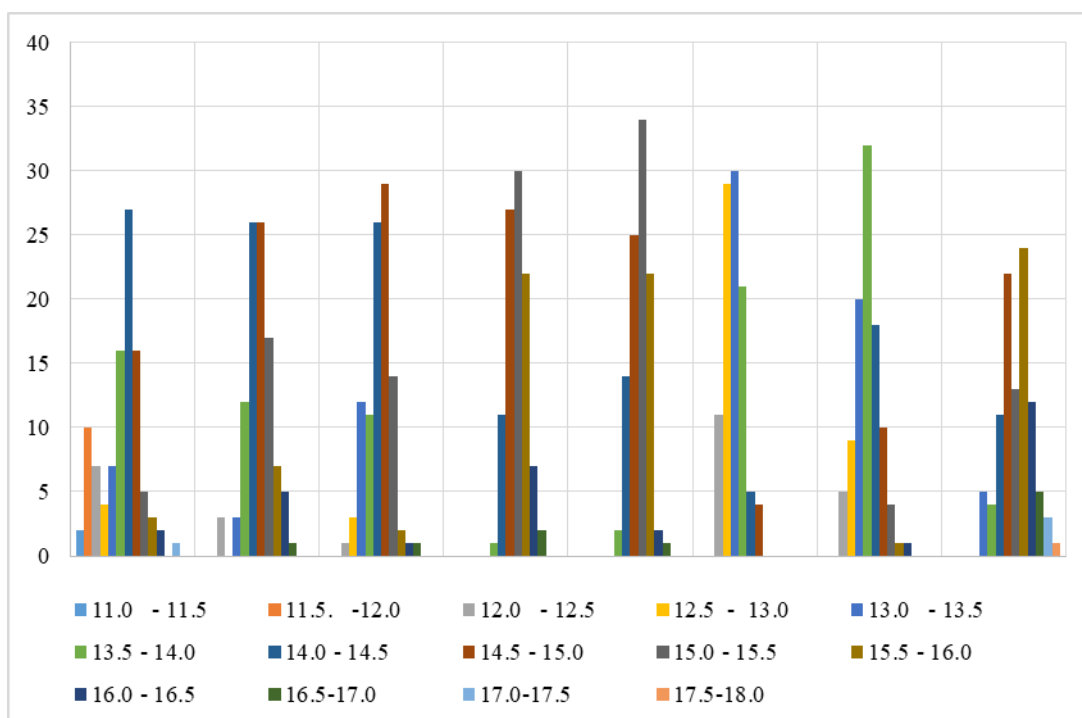
Slika 10. Nelinearna regresija za funkciju potencije kojom je procijenjen duljinsko (LT)-maseni (W) odnos svih srdela u uzorcima prikupljenim u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine (n=800).

Radi boljeg razumijevanja kretanja Fultonovog indeksa kondicije napravljena je i regresijska analiza odnosa duljine svih izmjerenih srdela s Fultonovim (K) i relativnim indeksom kondicije (Kr) (Slika 11.). Parametri za izračunavanje Kr su uzeti iz maseno-duljinskog odnosa srdele koji je utvrđen u ovom radu (slika 13.). S obzirom na alometrijski odnos duljine i mase dobiven je pozitivan trend za odnos L i K, dok kod Kr nema trenda promjene. Treba naglasiti da navedene analizirane relacije vrlo slabo koreliraju.



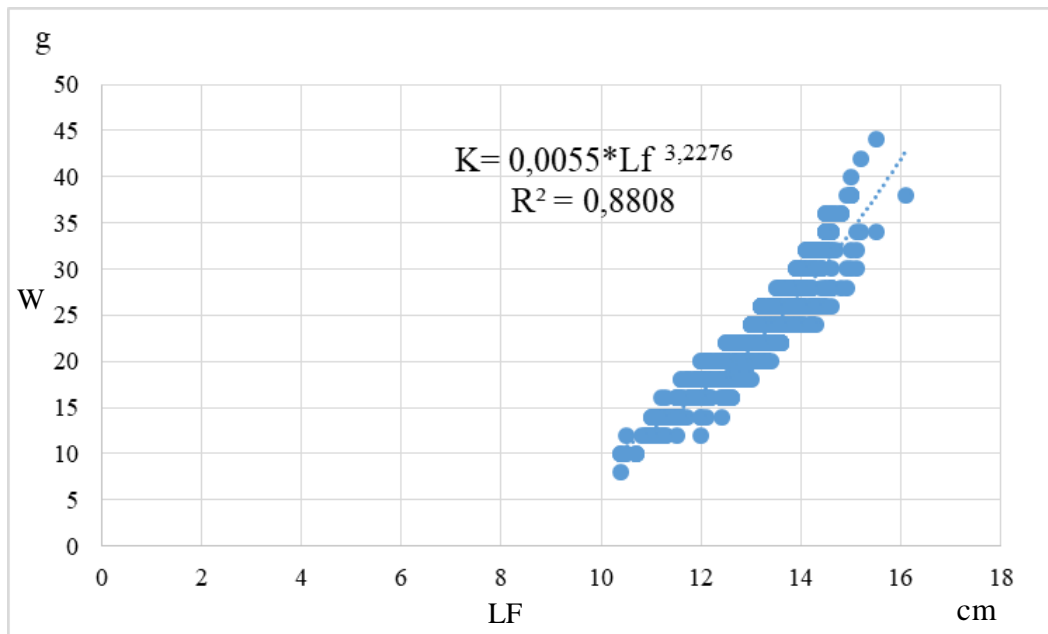
Slika 11. Odnos Fultonovog koeficijenta kondicije (K) i Relativnog kondicijskog koeficijenta (Kr).

Na slici 12., dan je prikaz duljinskih frekvencija srdela u analiziranim uzorcima. Najučestaliji duljinski razredi (LT) su bili 14,00 -14,50 cm i 14,50-15,00 cm. Ova analiza je poslužila da se izaberu razredi kojima u kojima su testirane razlike indeksa kondicije (K).



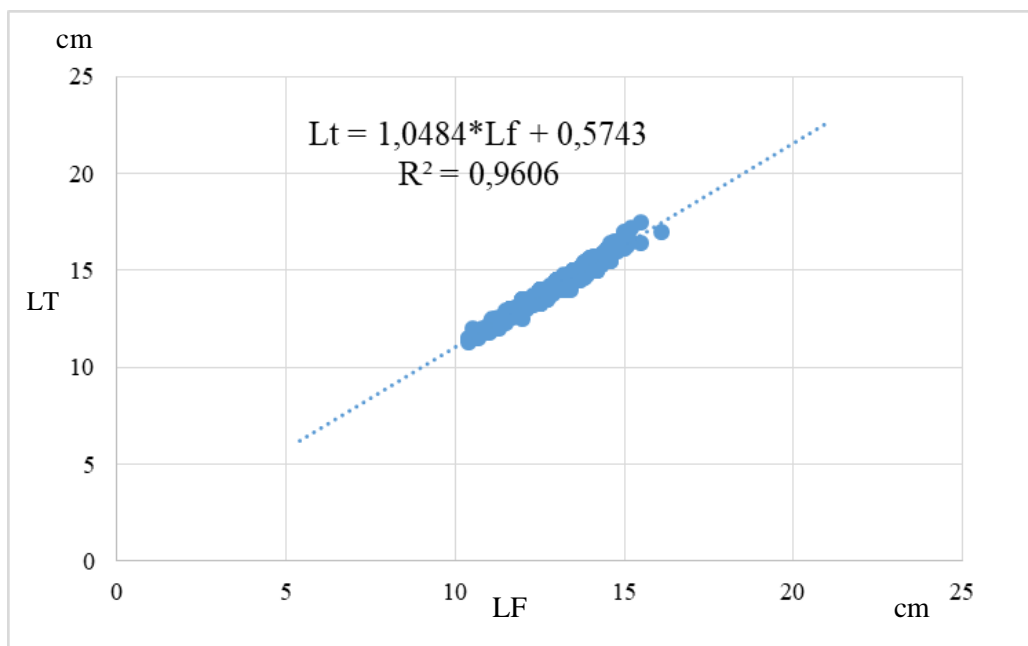
Slika 12. Duljinske (LT) frekvencije srdela po mjesecima uzorkovanja u 2021.god.

Prikaz duljinsko-masenog odnosa vilične duljine i mase, dobiven nelinearnom regresijom (Slika 13.), ukazuje na pozitivni alometrijski rast ($b=3,2276$) uz snažnu korelaciju ($R^2=0,8808$).



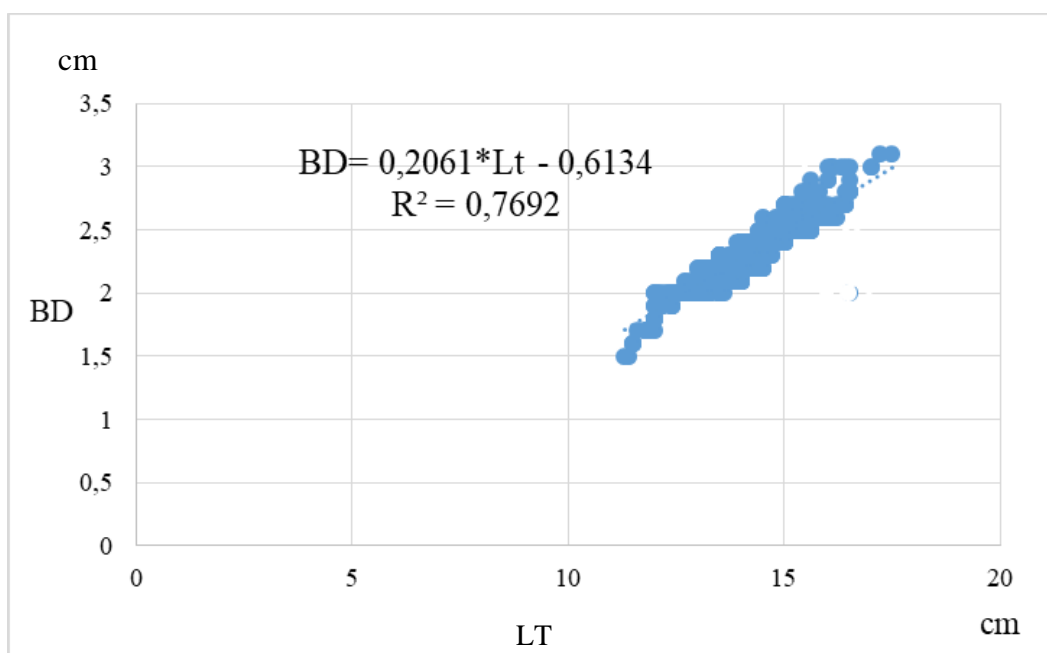
Slika 13. Nelinearna regresija za funkciju potencije kojom je procijenjen duljinsko (LF)-maseni (W) odnos svih srdela u uzorcima ukupnog broja od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine ($n=800$).

Linearna regresija odnosa totalne i vilične duljine tijela ukupnog broja analiziranih jedinki srdela u ovom radu uz snažnu korelaciju ($R^2 = 0,9606$, $p < 0,001$) (Slika 14.) ukazuje na dobru mogućnost procjene LT na temelju LF.



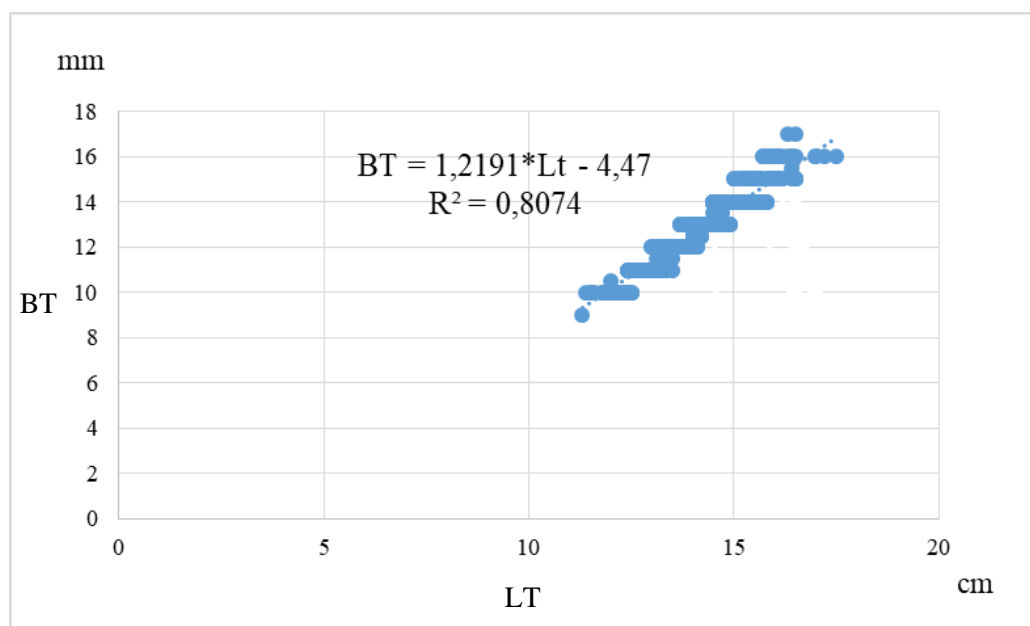
Slika 14. Odnos totalne duljine (LT) i vilične duljine (LF) tijela srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

Korelacija linearnog odnosa između LT i BD ($R^2 = 0,7692$, $p < 0,001$) je umjerena (slika 15.) što ukazuje na dobru mogućnost procjene visine srdele na temelju njezine duljine.

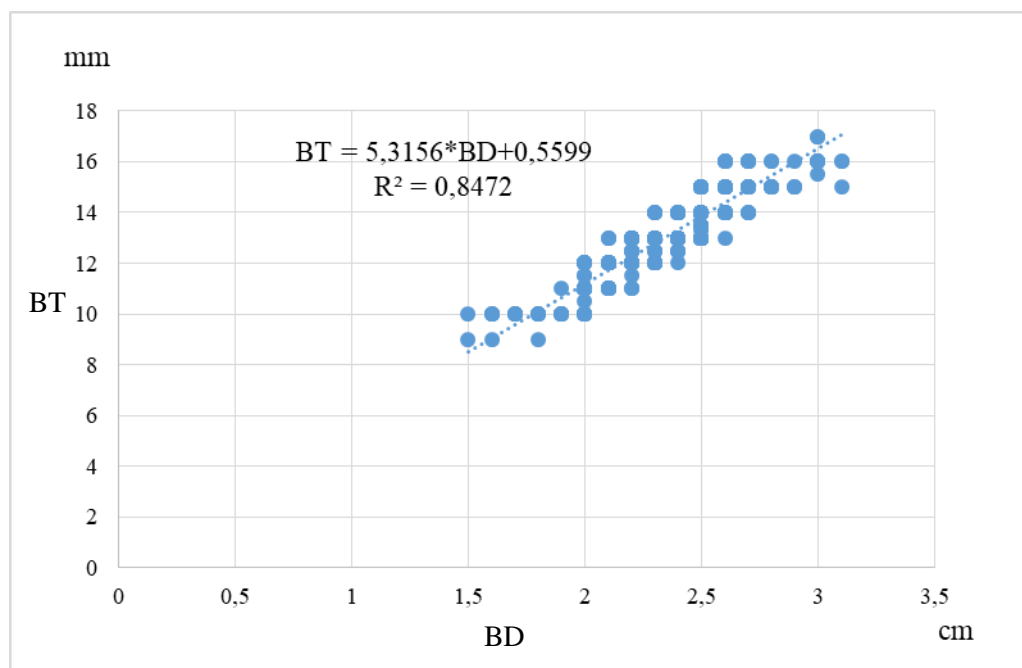


Slika 15. Odnos duljine (LT) i visine (BD) srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

Rezultati regresijske analize odnosa LT i BT ($R^2 = 0,8074$, $p < 0,001$) (Slika 16.) su pokazali da analizirane relacije snažno koreliraju kao i između BD i BT ($R^2 = 0,8472$, $p < 0,001$) (Slika 17.).

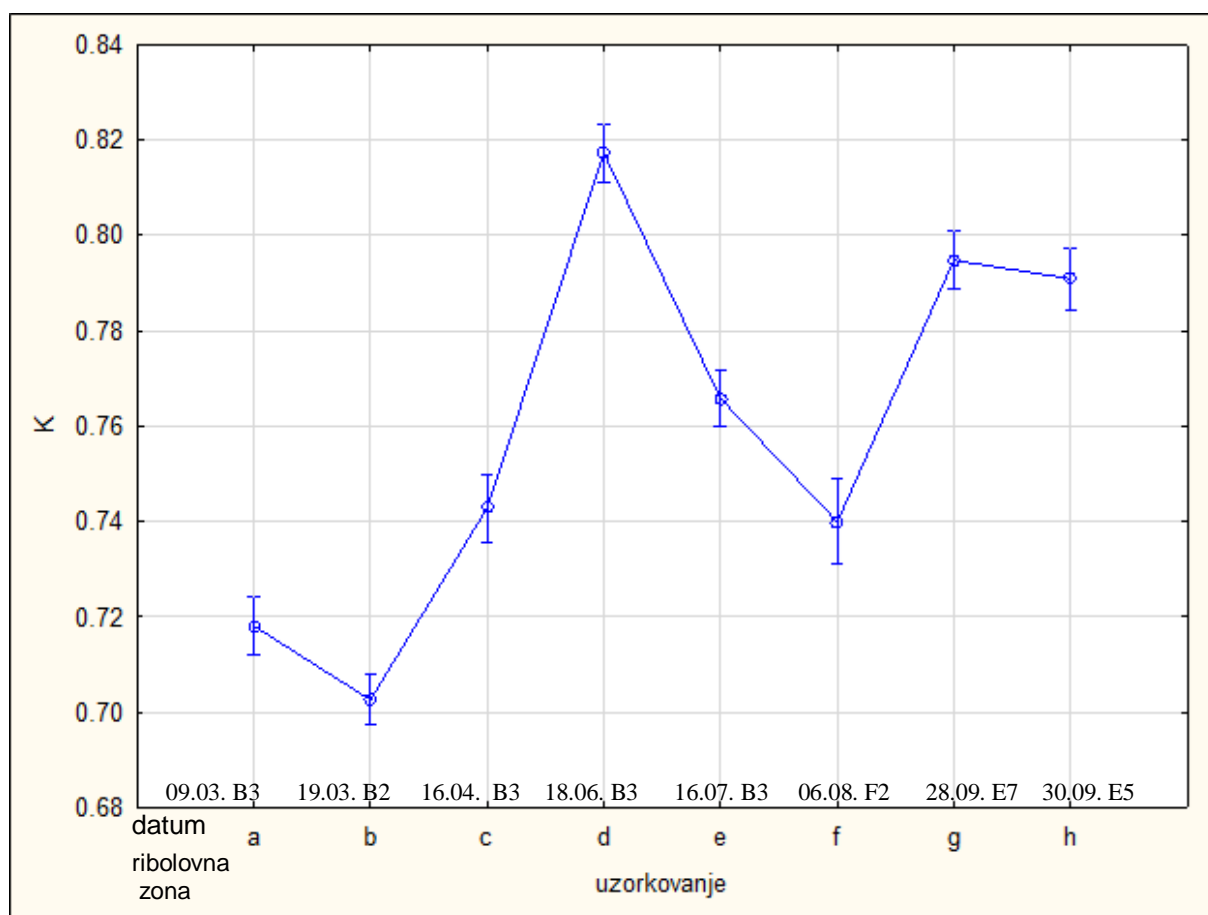


Slika 16. Odnos totalne duljine (LT) i širine (BT) tijela srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.



Slika 17. Odnos visine tijela (BD) i širine (BT) srdele u razdoblju od 9. ožujka do 30. rujna 2021. godine.

Značajnost razlika između K (Slike 6. i 18.) kroz godinu je testirana testom analize varijance (ANOVA) (Tablica 1.). Test ANOVE pokazuje da se koeficijenti kondicije signifikantno razlikuju, a testiranjem pojedinačnih razlika Post Hoc analizom (Unequal N HSD) se pokazalo da se gotovo svi uzorci međusobno signifikantno razlikuju jedan od drugog izuzev uzoraka c i f te g i h. Kako bismo isključili utjecaj razlika u veličini srdela u različitim uzorcima, na indeks kondicije, testirali smo iste, najučestalije, duljinske razrede (LT) u uzorcima što smo prikazali na slikama 19 i 20.

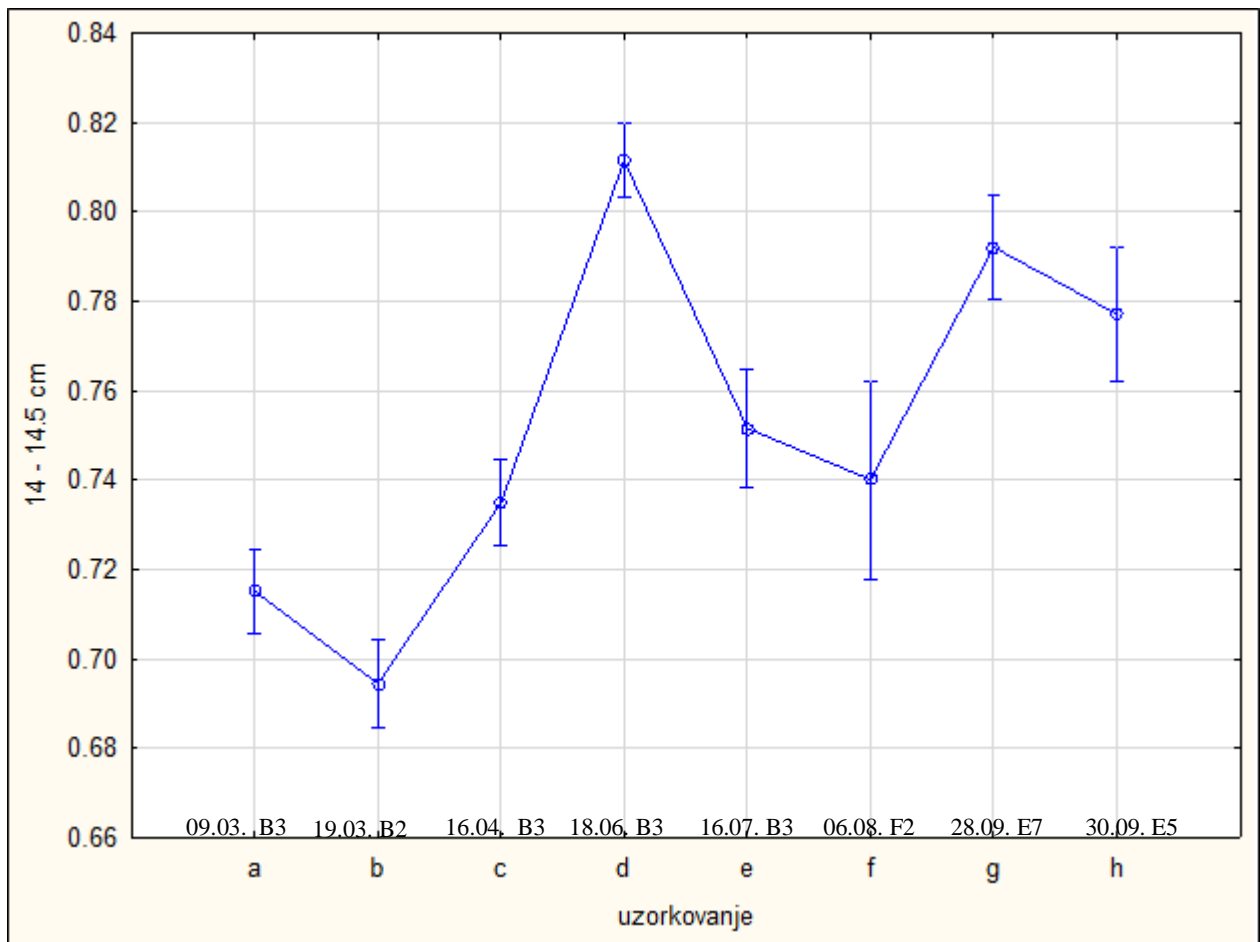


Slika 18. Kretanje koeficijenta kondicije K kroz 2021.godinu u uzorcima koji su mjereni u ovom radu. Trake pogreške označavaju područje pouzdanosti ($p < 0,05$) procjene za prosječne vrijednosti K.

Tablica 1. Rezultati dobiveni Post Hoc analizom (Unequal N HSD) u statističkom softveru TIBCO Statistica® verzije 13.5.0.17.

	SS	stupanj	MS	F	p				
presjek	256,1936	1	256,1936	416163,2	0,00				
uzorkovanje	0,7739	7	0,1106	179,6	0,00				
pogreška	0,2943	478	0,0006						
	uzorkovanje po mjesecima	a	b	c	d	e	f	g	h
1	09.03.2021. a		0,009678	0,000064	0,000032	0,000032	0,015244	0,000032	0,000032
2	19.03.2021. b	0,009678		0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032
3	16.04.2021. c	0,000064	0,000032		0,000032	0,000216	0,999802	0,000032	0,000032
4	18.06.2021. d	0,000032	0,000032	0,000032		0,000032	0,000032	0,000038	0,000032
5	16.07.2021. e	0,000032	0,000032	0,000216	0,000032		0,001348	0,000032	0,000033
6	06.08.2021. f	0,015244	0,000032	0,999802	0,000032	0,001348		0,000032	0,000032
7	28.09.2021. g	0,000032	0,000032	0,000032	0,000038	0,000032	0,000032		0,991108
8	30.09.2021. h	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000033	0,000032	0,991108	

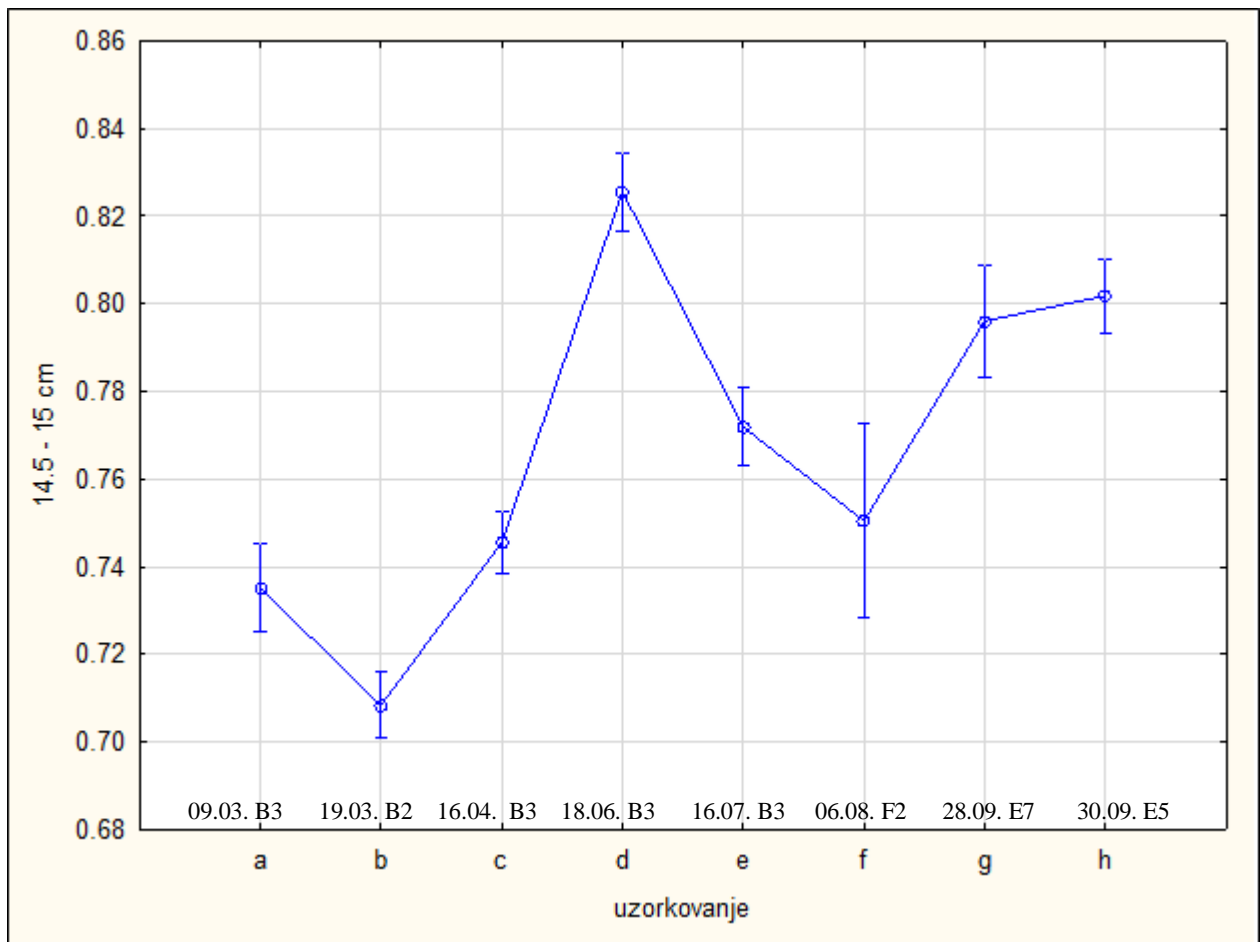
Kretanje koeficijenta kondicije (K) za razred totalne tjelesne duljine (LT) 14,00-14,50 cm prikazan je na slici 19., a za drugi razred totalne tjelesne duljine 14,50-15,00 cm na slici 20. Navedeni duljinski razredi (LT) testiranjem su pretežito pokazali signifikantnu razliku među K jedinki (Tablica 2. i 3.).



Slika 19. Rezultati testiranja razlika među koeficijentima kondicije (K) duljinskih razreda (LT) 14,00-14,50 cm u statističkom softveru TIBCO Statistica® verzije 13.5.0.17.. Trake pogreške označavaju područje pouzdanosti ($p < 0,05$) procjene za prosječne vrijednosti K.

Tablica 2. Rezultati testiranja razlika među koeficijentima kondicije (K) duljinskih razreda (LT) 14,00-14,50 cm Post Hoc analizom (Unequal N HSD) u statističkom softveru TIBCO Statistica® verzije 13.5.0.17.

	SS	stupanj	MS	F	p				
uzorkovanje	92,01248	8	11,50156	18256,96	0,00				
pogreška	0,09702	154	0,00063						
Unequal N HSD; variable Razred 1 (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Betw									
	uzorkovanje po mjesecima	a	b	c	d	e	f	g	h
1	09.03.2021. a		0,060926	0,081015	0,000032	0,003012	0,765544	0,000032	0,000032
2	19.03.2021. b	0,060926		0,000032	0,000032	0,000032	0,077892	0,000032	0,000032
3	16.04.2021. c	0,081015	0,000032		0,000032	0,654602	0,999983	0,000032	0,002100
4	18.06.2021. d	0,000032	0,000032	0,000032		0,000032	0,000210	0,287981	0,029516
5	16.07.2021. e	0,003012	0,000032	0,654602	0,000032		0,996300	0,000531	0,247005
6	06.08.2021. f	0,765544	0,077892	0,999983	0,000210	0,996300		0,023346	0,274648
7	28.09.2021. g	0,000032	0,000032	0,000032	0,287981	0,000531	0,023346		0,858392
8	30.09.2021. h	0,000032	0,000032	0,002100	0,029516	0,247005	0,274648	0,858392	



Slika 20. Rezultati testiranja razlika među koeficijentima kondicije (K) duljinskih razreda (LT) 14,50-15,00 cm u statističkom softveru TIBCO Statistica® verzije 13.5.0.17.. Trake pogreške označavaju područje pouzdanosti ($p < 0,05$) procjene za prosječne vrijednosti K.

Tablica 3. Rezultati testiranja razlika među koeficijentima kondicije (K) duljinskih razreda (LT) 14,50-15,00 cm Post Hoc analizom (Unequal N HSD) u statističkom softveru TIBCO Statistica® verzije 13.5.0.17.

	SS	stupanj	MS	F	p				
uzorkovanje	109,2988	8	13,66235	27031,86	0,00				
pogreška	0,0905	179	0,00051						
	uzorkovanje po mjesecima	a	b	c	d	e	f	g	h
1	09.03.2021. a		0,005897	0,846460	0,000032	0,000043	0,979544	0,000032	0,000032
2	19.03.2021. b	0,005897		0,000032	0,000032	0,000032	0,139265	0,000032	0,000032
3	16.04.2021. c	0,846460	0,000032		0,000032	0,000893	0,999987	0,000033	0,000032
4	18.06.2021. d	0,000032	0,000032	0,000032		0,000032	0,000089	0,028464	0,004699
5	16.07.2021. e	0,000043	0,000032	0,000893	0,000032		0,879538	0,143367	0,000094
6	06.08.2021. f	0,979544	0,139265	0,999987	0,000089	0,879538		0,078479	0,026765
7	28.09.2021. g	0,000032	0,000032	0,000033	0,028464	0,143367	0,078479		0,998479
8	30.09.2021. h	0,000032	0,000032	0,000032	0,004699	0,000094	0,026765	0,998479	

5. RASPRAVA

Veličina srdele u uzorcima u ovom radu (Slike 4. i 12.) je u rasponima koji su uobičajeni u ovakvim istraživanjima što daje mogućnost usporedbe dobivenih rezultata s navodima u literaturi. Slične dobivene vrijednosti totalne duljine tijela srdele ($LT \pm SD$, $14,29 \text{ cm} \pm 0,78$) za vrijeme spolnog mirovanja mogu se usporediti sa rezultatima istraživanja Zorice i sur. (2017.) gdje je zabilježen prosjek ($LT \pm SD$) $13,9 \text{ cm} \pm 1,28 \text{ cm}$. Nešto veće vrijednosti navodi Silva (2003.) za uzorke s područja Mediterana i Keltskog mora kod kojih je prosjek LT 15 cm , a kod Atlantsko-Iberskog stoka $17,90 \text{ cm}$. Niže vrijednosti prosječne duljine su karakteristične za srdele iz Novigradskog mora gdje su Sinovčić i sur., (2009.). utvrdili prosječnu duljinu od $13,87 \text{ cm} \pm 1,102 \text{ cm}$.

Među-duljinski odnosi ($LF-LT$, $LT-LS$, $LF-LS$) u radu Sinovčić i sur. (2003.) pokazuju snažnu korelaciju s $R^2=0,9961$ što je podudarno rezultatima i u ovom radu (Slike 10 i 13.) ($LT-LF$, $R^2=0,9606$). Visina i širina ribe mjerene su pomičnom mjerkom što može ribu više odnosno manje stisnuti, a samim time se može utjecati na preciznost mjerenja. To može uzrokovati veće rasipanje podataka u regresijskoj analizi. Nastavno, rasap mjerenja nije samo nužno svojstvo populacije srdele već je dodatno uzrokovan i greškom prilikom mjerenja. Promjena ovih odnosa može biti važna kod sortiranja ribe ako je kriterij za sortiranje širina odnosno visina ribe. Svakako, dobiveni rezultati otvaraju mogućnosti za nova istraživanja te je u budućnosti potrebno napraviti kompleksnije istraživanje kako bi se mogao utvrditi razlog ovakvom rezultatu.

U radu Silva (2003.) možemo vidjeti kako morfometrijska obilježja variraju ovisno o zoni (podzoni) ulova i periodu ulova što je i očekivano s obzirom da jedinke izvan reproduktivne faze imaju bolju kondiciju u odnosu na jedinke u sezoni mrijesta. I u drugim istraživanjima je bilježeno kako se u obalnim vodama nalazi veći broj zooplanktona, koji je ključni obrok srdeli, u usporedbi sa otvorenim vodama Jadranskom mora što svakako rezultira i većim vrijednostima Fultonovog koeficijenta kondicije (Ouakka i sur., 2017.).

Fultonova metoda za izračun koeficijenta kondicije može prikazati opće stanje ribe jednako kao i promjene koje se događaju ovisno o lokaciji i fiziološkim ciklusima u životu riba (Treer i Piria, 2019.) Relativni koeficijent kondicije (K_r) daje nam jasnu sliku o gojidbenom statusu ribe ako je uzrok alometrije strukturna promjena oblika ribe koja nije vezana uz promjenu gojidbenog statusa što je zapravo uzrokovano pravom alometrijom. Ako srdela ima izometrijski rast, a alometrija dobivena regresijom je posljedica boljeg gojidbenog stanja većih riba tada

promjene K ukazuju na promjenu gojidbenog stanja. Primjena relativnog koeficijenta kondicije (Kr) u tom slučaju bi izjednačio učinak gojidbenog stanje i ne bi omogućio razlikovanje bolje ugojene ribe od slabije uhranjene ribe. Vrijedi i obrnuto, ako srdela ima zaista alometrijski rast tada primjena Kr daje mogućnost procjene stanja uhranjenosti. Na slici (11.) se vidi kako primjena različite metode procjene kondicije srdele može uputiti na različite zaključke o odnosu duljine i kondicije srdele.

U ovom radu je utvrđen pozitivni alometrijski odnos duljine i mase srdele ($b=3,23$) (Slika 13.) što je vrlo slično procijeni koju su napravili Sinovčić i sur. (2004.) ($b=3,22$). Pozitivni alometrijski rast srdele ($b=3,3573$, $R^2=0,948$) potvrđuju i Zorica i sur. (2019.) čije su jedinice srdele prikupljene iz istočnog Jadrana. Međutim Zorica i sur. (2017.) kod srdele koja je uzorkovana tijekom 2013. godine isto u istočnom djelu Jadrana bilježe izometrijski ($b=3,063 \approx 3$) odnos duljine i težine. Osim pozitivne alometrije i izometrijskog rasta srdele postoje literaturni navodi negativnog alometrijskog rasta (Izmirski zaljev, Turska, $b=2,79$) (Şenbahar i sur., 2020.). U radu Sinovčić i sur. (2009.) koriste relativni indeks kondicije i nalaze značajne godišnje fluktuacije.

Iako je pozitivna alometrija kod srdele češća u literaturi, iz navedenih rezultata i literaturnih navoda se ne može sa sigurnošću tvrditi da li kod srdele s rastom duljine dolazi do promjene brzine rasta pojedinih djelova tijela ili je alometrija rezultat odnos veličine i stanja uhranjenosti srdele.

Totalna duljina srdele u ovom srdele radu bilježila je manju vrijednost u zonama (podzonama) F (f2) i E (e7) nego u zonama (podzonama) B (b2 i b3) i E (e5). Nije bilo očekivano da će najmanje jedinice u uzorcima biti u kolovozu i rujnu, no pretpostavlja se da je razlog tomu taj što su te jedinice ulovljene u različitim zonama (podzonama) F (f 2), E (e7) \neq B (b2,b3) , E (e5) kao što se slično može vidjeti i u radu Sinovčić i sur. (2009.). Prema Şenbahar i sur.,(2020.) mogući razlog niskih odnosno nižih zabilježenih parametara sezonski ribolovni pritisak.

Kondicija je dobar pokazatelj stanja ribe kod monospecifične populacije koje žive u naizgled sličnim staništima sa jednakim vremenskim uvjetima (klimom) i jednakom dostupnošću hrane. No, srdela je migratorna vrsta ribe koja učestalo mijenja zone prebivališta (različiti trofički status), a i aktivnost hranjenja varira tijekom godine jer je utvrđeno kako se srdele pred mrijest intenzivnije hrane što sve rezultira promjeni K kroz godinu. Sukladno navedenom, testirali smo razlike koeficijenta kondicije (K) koji su se pokazali različitim (Slike 8. i 18.), no nije bilo utvrđeno je li taj rezultat uzrok alometrije ili gojidbenog stanja srdele. Kako bismo ustanovili pravi razlog dobivenim razlikama između K testirane su razlike K za najučestalije duljinske razrede (Slike 19. i 20.) kako bismo utvrdili utjecaj alometrijskog odnosa na promjene K.

Rezultati su pokazali kako razlike između K uistinu postoje te da su uzrok tomu vjerojatno različite zone (podzone) ulova jedinki srdele gdje dostupnost hrane oscilira po mjesecima uzorkovanja a samim time i K.

Nastavno, prosječna vrijednost koeficijenta kondicije (K) za vrijeme spolnog mirovanja srdele, iznosila je ($K \pm SD$) $0,70 \pm 0,03$ što je približno vrijednostima K iz pučinskog podmorja (Dugi otok, $K=0,7317$). Rast istih vrijednosti može se uočiti u iz uzoraka priobalnih voda (Virsko more, $K=0,8205$) (Mustać i Marić, 2010.). U radu Ouakke i sur. (2017.) vrhunac K ($K=0,85$) bilježio se ljeti, posebice u rujnu 2002. i kolovozu 2003. uz signifikantnu razliku K između mužjaka i ženki srdele ($p < 0.05$).

Podaci o vremenu mrijesta srdele se mijenjaju iz godine u godinu ovisno o dostupnosti i obilnosti hrane, temperaturi (optimalno od $11-16^{\circ}\text{C}$) i salinitetu a samim time nije specifično (Sinovčić i Alegria, 1997., Sinovčić i sur., 2001.). Srdela se u Jadranskom moru obično mrijesti početkom listopada do kraja travnja. U ovom radu je obuhvaćen i ožujak, odnosno razdoblje kraja mrijesta srdele, kada su vrijednosti koeficijenta kondicije bile niže nego u travnju i lipnju, a najbolje je kondicijsko stanje srdele utvrđeno krajem rujna, odnosno pri kraju spolnog mirovanja srdele. Nastavno, brojna istraživanja navode kako je srdela pred mrijest u najboljoj kondiciji, sukladno navedenom, razdoblje početka spolnog mirovanja odgovara dobivenim podacima u ovom radu gdje je, kako je već spomenuto, utvrđeno slabije kondicijsko stanje, zabilježeno u ožujku. Prema dobivenim podacima možemo pretpostaviti kako je mrijest završen sredinom mjeseca ožujka, no to ne možemo tvrditi jer se u ovom istraživanju nije pratio spolni ciklus srdele, odnosno gonosomatički odnos (GSI), te analizirani uzorci nisu bili iz istih zona ulova. Na lokacijama poput Kvarnera, Dugog otoka i dr. zabilježen je u istraživanju veći broj jajašaca i ličinki srdele što može ukazivati na lokacije gdje se odvija mrijest (Zorica i sur., 2020.).

Vrijeme mrijesta srdele u Tršćanskom zaljevu počinje u mjesecu rujnu i traje do ožujka. U radu Huertas i sur. (2022.) relativni kondicijski koeficijent (K_r) varirao je po mjesecima uzorkovanja. Najniže vrijednosti K_r zabilježene su od prosinca 2019. do svibnja 2020. godine u oba spola, prateći trend rasta prema 2021. godini što je slučaj i u ovom radu (Slika 9.) isključno u mjesecu kolovoz čiji je mogući razlog ovom osciliranju naveden u tekstu gore.

6. ZAKLJUČAK

Srdela kao najbrojnija riba Jadranskog mora ima važnu ekonomsku i ekološku ulogu na našim prostorima, odnosno u morskom ekosustavu. Ova migratorna, pelagična sitna plava riba živi u većim ili manjim jatima i uvijek je u pokretu.

Rezultat provedene analize ukazao je na pozitivan alometrijski rast ($b = 3,4333$) uz snažnu korelaciju između totalne duljine i mase ($R^2 = 0,9468$, $p < 0,001$). Duljinski razredi (LT) testiranjem su pretežito pokazali signifikantnu razliku među K jedinki. Pozitivna alometrija je dobivena i kod regresijske analize odnosa vilične duljine i mase ($b = 3,2276$) ($R^2 = 0,8808$, $p < 0,001$). Rezultati regresijske analize odnosa LT i BT ($R^2 = 0,8074$, $p < 0,001$) kao i između BD i BT ($R^2 = 0,8472$, $p < 0,001$) pokazali da analizirane relacije snažno koreliraju. Iako je pozitivan alometrijski rast češći rezultat u radovima kod srdele, nije posve jasno da li je to posljedica veće uhranjenosti duljih riba ili zaista kod srdele različiti dijelovi tijela kroz životni ciklus rastu različitom brzinom.

Testom ANOVE se pokazalo da se koeficijenti kondicije signifikantno razlikuju, a testiranjem pojedinačnih razlika Post Hoc analizom (Unequal N HSD) se pokazalo da se gotovo svi uzorci međusobno signifikantno razlikuju jedan od drugog izuzev ponekih uzoraka navedenih u rezultatima.

Linearna regresija odnosa totalne i vilične duljine tijela ukupnog broja analiziranih jedinki srdela u ovom radu uz snažnu korelaciju ($R^2 = 0,9606$, $p < 0,001$) ukazuje na dobru mogućnost procjene LT na temelju LF. Korelacija linearnog odnosa između LT i BD ($R^2 = 0,7692$, $p < 0,001$) je umjerena što ukazuje na dobru mogućnost procjene visine srdele na temelju njezine duljine.

Usporedno rezultatima ovog istraživanja s ranije provedenim istraživanjima drugih autora utvrdili smo sličnosti među dobivenim vrijednostima, dobiveni podaci u ovom radu mogu poslužiti u daljnjim istraživanjima i upravljanju populacijama *S. pilchardus* u Jadranskom moru.

Za utvrđivanje gojidbenog stanja u budućnosti treba napraviti cjelokupno istraživanje koje podrazumijeva kemijski sastav ribe i anatomske promjene uz praćenje rasta pojedinih dijelova tijela.

7. POPIS LITERATURE

1. Bavcevic, L., Franicevic, V., Andric, V., Bosnic, N., Segaric, D., Babic, M., Pericic, S., (n.d.), *Program razvoja sektora ribarstva Zadarske županije (2013- 2015)*. ZADRA d.o.o., Zadar.
2. Benazzouz A., Mordane S., Orbi A., Chagdali M., Hilmi K., Atillah A., Pelegri J. L., Demarcq H., (2014), *An improved coastal upwelling index from sea surface temperature using satellite-based approach- the case of the Canary Current upwelling system*. Continental Shelf Research 81:38-54.
3. Bogin, B., (1999), *Patterns of Human Growth*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. engleski: allometry
4. Bolger, T., & Connolly, P. L., (1989), *The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition*. Journal of Fish Biology, 34(2), 171–182.
5. Caballero-Huertas, M., Frigola-Tepe, X., Viñas, J., Muñoz, M., (2022), *Somatic Condition and Reproductive Potential as a Tandem in European Sardines: An Analysis with an Environmental Perspective in the Northern Adriatic (Gulf of Trieste)*. Fishes 7, 105.
6. Hartmut Richter, Christian Lückstädt, Ulfert L. Focken, Klaus Becker, (2000), *An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships*. Institute for Animal Production in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.
7. Hure, M., & Mustac, B., (2020), *Feeding ecology of *Sardina pilchardus* considering co-occurring small pelagic fish in the eastern Adriatic Sea*. Marine Biodiversity, 50(3).

8. Le Cren, E.D., (1951), *The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (Perca fluviatilis)*. Journal of Animal Ecology 2 (20): 201-219.
9. Makaoui A., Orbi A., Hilmi K., Zizah S., Larissi J., Talbi M., (2005), *L'upwelling de la côte Atlantique du Maroc entre 1994 et 1998*. Comptes Rendus Géoscience 337(16):1518-1524.
10. Mustac B. & Sinovcic, G., (2010), *Reproduction, length-weight relationship and condition of sardine, Sardina pilchardus (Walbaum, 1792), in the eastern Middle Adriatic Sea (Croatia)*. Periodicum biologorum, 112 (2), 133-138.
11. Nikolsky G. V., (1963), *The ecology of Fishes*, Academic Press, London.
12. Odum E. P. & Odum H. T., (1959), *Fundamentals of ecology. 2 nd edition*, W. B. Saunders, Philadelphia.
13. Ouakka, K., Yahyaoui, A., Mesfioui, A., Elayoubi, S., (2017), *Stomach fullness index and condition factor of European sardine (Sardina pilchardus) in the south Moroccan Atlantic coast*. Aacl Bioflux, 10, 56-63.
14. Pillay T. V. R., (1952), *A critique of the methods of study of food of fishes*. Journal of Zoological Society of India 4:185-200.
15. Ricker, W.E., (1975), *Handbook of computations for biological statistics of fish populations*. Fish. Res. Board Can. Bull., 119: 1-300.
16. Şenbahar, A. M., Güleç, Ö., Tosunoğlu, Z., Özaydın, O., (2020), *Length-weight relationship of the most landed pelagic fish species European pilchard (Sardina pilchardus Walbaum, 1792) and European anchovy (Engraulis encrasicolus Linnaeus, 1758) in the Izmir Bay (Aegean Sea, Turkey) purse seine fishery*. Marine Science and Technology Bulletin, 9 (1): 32-37

17. Silva, A., (2003), *Morphometric variation among sardine (Sardina pilchardus) populations from the northeastern Atlantic and the western Mediterranean.* e ICES Journal of Marine Science, 60: 1352e1360.
18. Sinovcic, G. & Alegria, V., (1997), *Variations in abundance and size of sardine, Sardina pilchardus (Walb.) in the Eastern Adriatic.* Oceanol Acta, 20: 201-206.
19. Sinovcic, G. (1983–84). *Fecundity of sardine, Sardina pilchardus (Walb.) in the Central Adriatic.* Nova Thalassia 6: 351–363
20. Sinovcic, G., (2001), “*Biotic and abiotic factors influencing sardine Sardina pilchardus (Walb.) abundance in the croatian part of Eastern adriatic*” FAO Adriamed paper
21. Sinovcic, G., Franičević, M., Zorica, B., Cikes-Kec, V., (2004), *Length-weight and length-length relationships for 10 pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia).* Journal of Applied Ichthyology, 20(2), 156–158.
22. Sinovcic, G., Cikes Kec, 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.
23. Sinovcic, G., Zorica, B., Cikes Kec, V. i Mustac, B., (2009), *Inter-annual fluctuations of the population structure, condition, length-weight relationship and abundance of sardine, Sardina pilchardus (Walb., 1792), in the nursery and spawning ground (coastal and open sea waters) of the estern Adriatic Sea (Croatia).* Acta Adriatica, 50 (1), 11-21.
24. Treer, T., (2008), *Ihtiologija 2. Procjena ribljeg stoka.* Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb. 35.
25. Treer, T. & Piria, M., (2019), *Osnove primijenjene ihtiologije.* Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

26. 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
27. Zeuthen E., (1953), *Oxygen uptake as related to body size in organisms*. Quarterly Review of Biology 28:1-12.
28. Zorica, B., Sinovcic, G., Cikes Kec, V., Saskor, I., (2010), *Monitoring pelagičkih naselja u Jadranskom moru (PELMON-VPA, 2010)*. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, str. 1- 27.
29. Zorica, B., Cikes Kec, V., Vidjak, O., Kraljevic, 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: Vol. 41: No. 5, Article 12.
30. Zorica B., Andelic, I., Cikes Kec, V., (2019), *Sardine (Sardina pilchardus) spawning in the light of fat content analysis*. Scientia Marina, 83, 3; 207-213.
31. Zorica, B., Cikes Kec, V., Vrgoc, N., Isajlovic, I., Piccinetti, C., Mandic, M., Marceta i B., Pesic, A., (2020), *A review of reproduction biology and spawning/ nursery grounds of the most important Adriatic commercial fish species in the last two decades*. Acta Adriatica, 61 (1), 89 – 100.

7.1. Internetski navodi

1. General Fisheries Commission for the Mediterranean – GFCM <<https://www.fao.org/gfcm/en/>> [pristupljeno 10. rujna, 2022.]
2. Pravilnik o prostornom i vremenskom ograničenju obavljanja gospodarskog ribolova na moru <www.ribarstvo.mps.hr> [pristupljeno 03. rujna, 2022.]
3. Pravilnik o ribolovnim mogućnostima u gospodarskom ribolovu na moru okružujućom mrežom plivaricom-srdelarom (NN 23/2022) <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2022_02_23_291.html> [pristupljeno 30. rujna, 2022.]
4. TIBCO Statistica® <www.tibco.com> [pristupljeno 25. rujna, 2022.]
5. Uredba vijeća EU 1967/2006. EUR-LEX <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1967>> [pristupljeno 30. rujna, 2022.]
6. Zakon o morskom ribarstvu (NN 62/17, 130/17, 14/19) <https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_81_1702.html> [pristupljeno 30. rujna, 2022.]

8. PRILOZI

Tablica 1. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka 09.03.2021.
(n=100, zona B3)

	<i>LT(cm)</i>	<i>LF (cm)</i>	<i>ŠIRINA (mm)</i>	<i>VISINA (cm)</i>	<i>TEŽINA (g)</i>	<i>IK</i>
Mean	13,743	12,6495	12,045	2,234	19,01	0,711965
Standard Error	0,120673656	0,114078422	0,140901678	0,102644035	0,531340025	0,003648
Median	14	12,7	12	2,1	20	0,715576
Mode	14	13,5	13	2,1	20	0,728863
Standard Deviatio	1,206736563	1,14078422	1,409016779	1,026440353	5,313400251	0,036484
Sample Variance	1,456213131	1,301388636	1,985328283	1,053579798	28,23222222	0,001331
Range	5,7	5,7	6,5	10,5	30	0,228179
Minimum	11,3	10,4	9	1,5	8	0,55444
Maximum	17	16,1	15,5	12	38	0,78262
Count	100	100	100	100	100	100

Tablica 2. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka 19.03.2021.
(n=100, zona B2)

<i>19.03.</i>	<i>LTcm</i>	<i>LFcm</i>	<i>Širina mm</i>	<i>Visina cm</i>	<i>Težina g</i>	<i>IK</i>
Mean	14,518	13,467	13,168	2,424	21,69	0,700932748
Standard Error	0,080858775	0,078535265	0,131432511	0,025271056	0,394839182	0,002936025
Median	14,5	13,4	13	2,45	22	0,706909981
Mode	14	13,3	13	2,5	20	0,721636803
Standard Deviation	0,808587745	0,785352652	1,314325114	0,252710558	3,948391822	0,029360246
Sample Variance	0,653814141	0,616778788	1,727450505	0,063862626	15,58979798	0,000862024
Range	4,4	3,9	7	1,1	22	0,161803167
Minimum	12,1	11,3	10	1,9	12	0,595076929
Maximum	16,5	15,2	17	3	34	0,756880096
Count	100	100	100	100	100	100

Tablica 3. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka 16.04.2021.
(n=100, zona B3)

	<i>LT cm</i>	<i>LF cm</i>	<i>ŠIRINA mm</i>	<i>VISINA cm</i>	<i>TEŽINA g</i>	<i>IK</i>
Mean	14,243	13,333	12,925	2,417	21,18	0,724224554
Standard Error	0,073488197	0,066500627	0,117717132	0,019543011	0,385698893	0,003682077
Median	14,4	13,4	13	2,4	22	0,728862974
Mode	14	13,6	13	2,5	22	0,728862974
Standard Deviation	0,734881974	0,665006266	1,177171323	0,195430114	3,856988934	0,036820767
Sample Variance	0,540051515	0,442233333	1,385732323	0,038192929	14,87636364	0,001355769
Range	4,5	3,7	6	1	20	0,187349271
Minimum	12	11,3	10	2	12	0,6144
Maximum	16,5	15	16	3	32	0,801749271
Count	100	100	100	100	100	100

Tablica 4. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka
18.06.2021.(n=100, zona B3)

	<i>LT cm</i>	<i>LF cm</i>	<i>ŠIRINA mm</i>	<i>Visina cm</i>	<i>Težina g</i>	<i>IK</i>
Mean	15,027	13,688	14,13	2,418	27,82	0,814645711
Standard Error	0,062874816	0,057247999	0,105078134	0,016476491	0,387788342	0,002760715
Median	15	13,6	14	2,5	28	0,818505013
Mode	15	13,5	14	2,5	26	0,82962963
Standard Deviation	0,628748155	0,572479985	1,050781335	0,164764908	3,877883417	0,027607146
Sample Variance	0,395324242	0,327733333	1,104141414	0,027147475	15,0379798	0,000762154
Range	3,1	2,7	6	1	18	0,130456955
Minimum	13,5	12,3	11	2	20	0,728862974
Maximum	16,6	15	17	3	38	0,859319929
Count	100	100	100	100	100	100

Tablica 5. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka 16.07.2021.
(n=100, zona B3)

	<i>LT cm</i>	<i>LF - cm</i>	<i>ŠIRINA - mm</i>	<i>VISINA - cm</i>	<i>TEŽINA - g</i>	<i>IK</i>
Mean	14,933	13,678	13,94	2,46	25,62	0,766113856
Standard Error	0,055542413	0,050981874	0,083870993	0,013180947	0,300430667	0,002426051
Median	15	13,7	14	2,5	26	0,77037037
Mode	15	14	14	2,5	24	0,77037037
Standard Deviation	0,555424126	0,509818744	0,838709928	0,131809474	3,004306673	0,024260512
Sample Variance	0,30849596	0,259915152	0,703434343	0,017373737	9,025858586	0,000588572
Range	3	2,6	4	0,7	14	0,101773104
Minimum	13,5	12,5	12	2,1	20	0,711111111
Maximum	16,5	15,1	16	2,8	34	0,812884215
Count	100	100	100	100	100	100

Tablica 6. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka 06.08.2021.
n=100, zona B3)

	<i>LT cm</i>	<i>LF - cm</i>	<i>ŠIRINA - mm</i>	<i>VISINA - cm</i>	<i>TEŽINA - g</i>	<i>IK</i>
Mean	13,058	11,846	11,46	2,23	16,06	0,715271964
Standard Error	0,059461897	0,055766831	0,088100035	0,100839907	0,261240243	0,002933496
Median	13	11,9	11	2,1	16	0,719218402
Mode	13	12	11	2	14	0,731595793
Standard Deviation	0,594618968	0,557668306	0,88100035	1,008399071	2,612402432	0,029334958
Sample Variance	0,353571717	0,310993939	0,776161616	1,016868687	6,824646465	0,00086054
Range	2,6	2,8	5	10,5	12	0,150007559
Minimum	12	10,5	9	1,6	12	0,63723259
Maximum	14,6	13,3	14	12,1	24	0,787240149
Count	100	100	100	100	100	100

Tablica 7. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka 28.09.2021.
(n=100, zona B3)

	<i>LT cm</i>	<i>LF cm</i>	<i>VISINA- cm</i>	<i>ŠIRINA - mm</i>	<i>TEŽINA - g</i>	<i>IK</i>
Mean	13,629	12,309	2,161	12,2	20,16	0,788114155
Standard Error	0,074036505	0,069777352	0,018957422	0,113707049	0,360336543	0,00300457
Median	13,5	12,4	2,1	12	20	0,797467049
Mode	13,5	12,5	2,1	12	20	0,812884215
Standard Deviation	0,740365048	0,697773515	0,189574217	1,137070487	3,60336543	0,030045702
Sample Variance	0,548140404	0,486887879	0,035938384	1,292929293	12,98424242	0,000902744
Range	4	3,7	1,3	6	20	0,158399051
Minimum	12	10,8	1,8	9	12	0,694444444
Maximum	16	14,5	3,1	15	32	0,852843495
Count	100	100	100	100	100	100

Tablica 8. Rezultati statističke obrade podataka provedeni na mjerenjima uzoraka
30.09.2021.(n=100, zona B3)

	<i>LT cm</i>	<i>LF cm</i>	<i>VISINA- cm</i>	<i>ŠIRINA - mm</i>	<i>TEŽINA - g</i>	<i>IK</i>
Mean	15,147	13,666	2,474	13,665	28,24	0,799984201
Standard Error	0,094787961	0,081540967	0,020578502	0,113719263	0,588289766	0,003117546
Median	15,1	13,7	2,5	14	28	0,801749271
Mode	14,5	13,5	2,5	14	26	0,787240149
Standard Deviation	0,947879611	0,81540967	0,205785021	1,137192627	5,882897657	0,031175461
Sample Variance	0,898475758	0,664892929	0,042347475	1,293207071	34,60848485	0,000971909
Range	4,5	3,6	1,1	5	28	0,162610053
Minimum	13	11,9	2	11	16	0,700020573
Maximum	17,5	15,5	3,1	16	44	0,862630626
Count	100	100	100	100	100	100