

Procjena maksimalnog dnevnog obroka brancina (*Dicentrarchus labrax*) u kaveznom uzgoju

Števanja, Toni

Master's thesis / Diplomski rad

2025

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:162:995811>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-09**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu

Sveučilišni diplomski studij

Održivo upravljanje vodenim ekosustavima



Toni Števanja

**Procjena maksimalnog dnevnog obroka brancina
(*Dicentrarchus labrax*) u kaveznom uzgoju**

Diplomski rad

Zadar, 2025.

Sveučilište u Zadru
Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu
Sveučilišni diplomski studij
Održivo upravljanje vodenim ekosustavima

Procjena maksimalnog dnevnog obroka brancina (*Dicentrarchus labrax*) u kaveznom uzgoju

Diplomski rad

Student/ica:
Toni Števanja

Mentor/ica:
Izv.prof.dr.sc. Lav Bavčević

Komentor/ica:
Doc.dr.sc. Slavica Čolak

Zadar, 2024.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Toni Števanja**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Procjena maksimalnog dnevnog obroka brancina (*Dicentrarchus labrax*) u kaveznom uzgoju** 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, 15. ožujka 2024.

SADRŽAJ

1. UVOD	8
2. PREGLED LITERATURE	9
2.1. BIOLOGIJA ISTRAŽIVANE VRSTE	9
2.2. TEHNOLOGIJA UZGOJA BRANCINA	11
2.3. HRANIDBA BRANCINA	12
2.5. PROCJENA MAKSIMALNOG OBROKA	15
2.6. PROCJENA PRIRASTA I EFIKASNOST HRANIDBE	16
3. CILJEVI I SVRHA RADA	18
4. MATERIJALI I METODE	19
4.1. POSTAVLJANJE POKUSA	19
4.2. PROCJENA MAKSIMALNOG OBROKA	21
4.3. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	22
5. REZULTATI	23
6. PROCJENA MAKSIMALNOG OBROKA	25
6.1. PROCJENA PROSJEČNE MASE NA DAN MJERENJA MAKSIMALNOG OBROKA	25
6.1.1. PROCJENA PROSJEČNE MASE NA DAN MJERENJA MAKSIMALNOG OBROKA	25
6.2. VALIDACIJA MODELA	30
6.3. PRIRAST I KONVERZIJA HRANE	32
7. RASPRAVA	33
8. ZAKLJUČAK	36
9. LITERATURA	37

SAŽETAK

Procjena maksimalnog dnevnog obroka brancina (*Dicentrarchus labrax*) u kaveznom uzgoju

Akvakultura je jedna od najbrže rastućih industrija proizvodnje hrane. Za uspješan uzgoj potrebno je osigurati uvjete koji će omogućiti normalne životne funkcije uzgajanih organizama. Brancin (*Dicentrarchus labrax*) je vrsta koja je uz podlanicu (*Sparus aurata*) jedna od najčešće uzgajanih vrsta na Mediteranu. Kavezni uzgoj se sastoji od mnogo tehnoloških procesa, od kojih hranidba spada pod najzahtjevnije. Za kvalitetnu hranidbu potrebno je pratiti zdravstveno stanje ribe, zoohigijenske uvjete, procjenjivati biomasu ribe da bi se utvrdila optimalna hranidba. Procjena maksimalnog obroka bitna je za utvrđivanje optimalnog obroka koji osigurava maksimalne proizvodne rezultate. Cilj ovog rada je procjena maksimalnog dnevnog obroka u kaveznom uzgoju brancina. Istraživanje je provedeno na pokusnom uzgajalištu, formirana su četiri kaveza u kojima je riba hranjena sa dvije vrste hrane godinu dana. Jedanput tjedno je riba hranjena do sita i zatim je sljedećih šest dana količina hrane smanjena za 20%. Jednom mjesečno su uzimani uzorci ribe iz svakog kaveza za potrebe prikupljanja biometrijskih podataka. Procjena maksimalnog obroka je provedena sa dva postojeća modela za procjenu dnevnog obroka. Pouzdanost Modela 1 u procijeni parametara je bila značajna za parametar q_s i α i statistički neznčajna za parametar T_f . Pouzdanost Modela 2 u procijeni parametara je bila statistički značajna za sve parametre. Uz dobru procjenu maksimalnog dnevnog obroka i dnevnim obrokom koji je 70% -80% od maksimalnog dnevnog obroka dobio bi se najviši prirast ribe.

Ključne riječi: akvakultura, brancin, hranidba, procjena maksimalnog obroka

ABSTRACT

Estimation of the maximum daily ration of seabass (*Dicentrarchus labrax*) in cage culture

Aquaculture is one of the fastest growing branches among the food producing industries. It is necessary to ensure favorable conditions for successful farming. European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) is one of the most farmed species in the Mediterranean, as well as gilthead seabream (*Sparus aurata*). Cage farming consists of many technological processes, but feeding is among the most demanding. It is necessary to keep track of the health conditions, zoohygienic conditions, as well as estimating biomass of the fish, all to determine the optimal feeding. Assessing of the maximal ration is necessary for determining the optimal ration that ensures the maximal results of the production. Goal of this paper is to estimate maximal daily ration in farming production. The research is done on the experimental farm where four cages were formed. Fish was given two types of food for a one year period. Once a week fish was feeded to satiety and then, in the next six days the amount of food was cut for 20%. Once in a month fish samples were taken from each cage for gathering biometric information. Estimation of the maximal ration was done by using two existing feeding models. Reliability of the Model 1 in determination of parameters was important for 'qs' and 'a' parameters, but it was also statistically unimportant for 'Tf' parameter. Reliability of Model 2 in determination of the parameters was statistically important for all parameters

Key words: aquaculture, sea bass, feeding, estimation of the maximum ration

Zahvala

Veliko hvala mentoru izv.prof.dr.sc. Lavu Bavčeviću i komentorici doc.dr.sc. Slavici Čolak na pomoći pri pisanju diplomskog rada. Hvala za pomoć, strpljenje i vremenu koje je uloženo za vrijeme pisanja diplomskog rada.

Veliko hvala tvrtki Cromaris d.d. na ustupanju svih potrebnih podataka koji su bili potrebni za izradu diplomskog rada.

1. UVOD

Smanjenje prirodnih stokova ribe daje sve veći značaj kvalitetnom proizvodu iz akvakulture (Béné i sur., 2015.). Akvakultura je uzgoj vodenih organizama korištenjem tehnikam namijenjenih povećanju proizvodnje organizama iznad prirodnog kapaciteta okoliša. Tim načinom uzgojeni organizmi ostaju u vlasništvu fizičke ili pravne osobe od početka uzgoja do završetka izlovnog ciklusa. Marikultura je dio akvakulture te uključuje uzgoj vodenih organizama u okolišu gdje salinitet nije ispod 20 ‰ (Ministarstvo poljoprivrede, 2014.). Marikultura u Hrvatskoj ima dugogodišnju tradiciju. Najzastupljenije vrste u uzgoju su plava riba (plavoperajna tuna), bijela riba (brancin i podlanica), te školjkaši (kamenica i dagnja) (Milošević i sur., 2024.). U Europi 2021.godine proizvedeno je približno 100 000 t brancina u plutajućim kavezima (Eumofa, 2024.). Uzgoj brancina (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758.) je započeo u lagunama gdje je hranidba bila oslonjena na visoku produktivnost uzgojne sredine (Vandeputte i sur., 2019.). Uzgoj u lagunama je prostorno ograničen, zbog čega prilikom uzgoja može doći do ugrožavanja staništa, eutrofikacije i onečišćenja voda (Macintosh, 1994.). Navedeni problemi potaknuli su daljnji razvoj uzgoja ribe u otvorenim vodama, odnosno korištenje plutajućih kaveza. Uzgoj u plutajućim kavezima je omogućio rast proizvodnje koji je osigurao potrebe povećane potražnje proizvoda za prehranu ljudi akvatičkog porijekla (Cardia, i sur., 2015.). Prva primjena plutajućih kaveza u Japanu služila je za tov nedoraslih jedinki gofa (*Seriola quinqueradiata*). Nedorasle jedinice držane su u kavezima i hranjene prilivom iz ribolova do konzumne veličine (Bavčević i sur., 2016.). U 20–om stoljeću dolazi do naglog rasta uzgoja lososa u plutajućim kavezima kojeg su pratile inovacije u opremi i hranidbi. Opsežna istraživanja omogućila su razvoj kompletnih formulacija hrane za ostale vrste ribe. Jednako tako tehnologija uzgoja salmonida prenesena je na uzgoj niza novih vrsta u uzgoju (Bavčević, 2014.). Kavezni uzgoj riba podrazumijeva držanje određene vrste ribe u „zatočeništvu“ te je uzgajivač odgovoran za osiguravanje kvalitetnih životnih uvjeta za organizme u uzgoju. Ribe su heterotrofni organizmi što znači da trebaju energiju koju dobivaju konzumiranjem hrane, odnosno ne mogu sami proizvoditi hranu. Hrana ima veliki ekonomski udio u ukupnim troškovima uzgoja (Bavčević i sur., 2016.).

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Biologija istraživane vrste

Brancin (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) pripada skupini Moronidae, ima vretenasto tijelo, gornji dio ribe je olovno-sive boje dok je donji dio srebrno-bijele boje, krupne je glave, izdužene i snažne repne peraje koja mu omogućava brzo plivanje pri hvatanju plijena. Kod mlađi je vidljiva bočna pruga te svjetlucave pjegice koje rastom ribe postepeno nestaju (Luša, 2016.). Uobičajeno se zadržava uz obalu, često se nalazi u bočatim vodama odnosno ušćima rijeka, ali rijetko u rijekama. Uglavnom obitava na dubinama do 20 m, a malo kad se nalazi na dubinama većim od 100 m (Jadras, 1996.). Geografski raspon vrste je širok, obitava u istočnom Atlantiku od Norveške do Senegala, Sredozemnom te Crnom moru, u Jadranu je rasprostranjen duž cijele obale (Jardas, 1996.) (Slika 1.).



Slika 1. Rasprostranjenost *Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758.

(Izvor: https://www.aquamaps.org/receive.php?type_of_map=regular&map=cached)

Ovaj široki geografski raspon povezan je sa fiziološkim prilagodbama vrste. Brancin obitava u temperaturnom režimu 8 °C – 24 °C (Vázquez i sur., 2014.). Temperature izvan optimalnog utječu na metabolizam i ponašanje riba. Bégout i Lagardère (1998.) navode da ispod 12 °C i iznad 22 °C

riba smanjuje svoju aktivnost, te to može imati za posljedicu smanjeno hranjenje i migracije. Pad temperature ispod 10 °C može uzrokovati smrtnost, zbog čega je rasprostranjenost ograničena na toplija područja. Optimalni salinitet za bracina iznosi iznad 30 ‰ (Vázquez i sur., 2014.). Salinitet je važan za preživljavanje, kod saliniteta 15 ‰ preživljavanje u mlađim dobnim kategorijama je više nego kod saliniteta 37 ‰ (Vázquez i sur., 2014.). Istraživan je i utjecaj saliniteta na spolnu diferencijaciju te je utvrđeno da ne postoji utjecaj na omjer spolova (Vázquez i sur., 2014.). Otopljeni kisik je jedan od bitnih okolišnih faktora koji određuje ekološku nišu vrste. Brancin podnosi niske razine otopljenosti kisika, minimalna granica mu je 2 mg/L. Kod smanjene razine otopljenosti kisika povećava se rizik od uginuća, dolazi do smanjenog apetita, smanjenog rasta, te povećanje varijacije u veličini tijela (Vandeputte i sur., 2019.).

Brancin je gonohoristična vrsta. U Sredozemnom moru se mrijesti od prosinca do ožujka, a u Atlantskom oceanu sve do lipnja. Mužjaci spolno sazrijevaju sa dvije do tri godine starosti, a ženke sa tri do četiri godine starosti (Vandeputte i sur., 2019.). Ženke su produktivne te se procjenjuje da je fekunditet 200 000 jaja po kg ženke. Ikra brancina je pelagična. Omjer spolova u prirodi ide u korist ženki, dok u akvakulturi ide u korist mužjaka što se smatra nepovoljnim jer su mužjaci manji od ženki (Vázquez i sur., 2014.).



Slika 2. Brancin (*Dicentrarchus labrax*)

(Izvor: <https://badangling.com/sea-fish-species/bass/>)

2.2. Tehnologija uzgoja brancina

Cilj uzgoja je osigurati maksimalni rast ribe sa što nižom cijenom koštanja, odnosno sa što boljim proizvodnim rezultatima. Izbor tehnologije uzgoja ovisi o mnogo čimbenika pri čemu je način korištenja uzgojnog medija vrlo bitan. Uzgoj se može odvijati u bazenima s potpunom recirkulacijom, djelomičnom recirkulacijom i bez recirkulacije vode (protočni sustav), te uzgoj u kaveznim jedinicama koje su u otvorenom kontaktu sa okolišem (Bavčević i sur., 2016.). Prema kontroli hranidbe dijelimo ju na: ekstenzivni, intenzivni i polu-intenzivni. Kod ekstenzivnog uzgoja hranidba se vrši isključivo putem prirodne produkcije hrane zbog čega je gustoća nasada mala. U polu-intenzivnom uzgoju se uz prirodnu hranidbu dodaju krmiva i riba se nasađuje gušće od ekstenzivnog uzgoja (Bavčević i sur., 2016.). Intenzivni uzgoj predviđa popunu kontrolu hranidbe od strane uzgajivača i provodi se najčešće uz gusti nasad ribe. Pri uzgoju ličinki hranjenje je intenzivno, ličinke se hrane živom hranom dok ne narastu dovoljno da mogu jesti pelet. Hranidba brancina na uzgajalištu je bazirana na potpunim krmnim smjesama sa maksimalno 10% vlage (Bavčević i sur., 2016.).

U Europi je brancin jedna od prvih vrsta koje su uzgajane modernim tehnologijama uzgoja u moru. Uzgoj je započeo u lagunama i koristio je prirodnu migraciju riba u lagunu, riba je zadržavana do konzumne veličine i nakon toga izlovljavana. Povećanje proizvodnje je bilo ograničeno samim obalnim staništima te je mogućnost povećanja provedena u otvorenom moru korištenjem plutajućih kaveza (Bavčević i sur., 2016.). Plutajući kavezi koji se koriste obuhvaćaju potopne ili položene strukture od mreža koje odjeljuju ribu od okoliša (Bavčević, 2014.).

Plutajući kavezi izrađeni od PEHD (High-density polyethylene) cijevi visoke gustoće koriste se na područjima gdje su visine valova relativno male. Prednost ovih kaveza je to što su relativno jeftini i jednostavno je održavanje te što mogu biti izloženi vremenskim neprilikama kao što su jak vjetar i valovi (Cardia i sur., 2015.).

Potopni kavezi koriste se na područjima gdje su visine valova značajne i mogu dovesti do štete. Potapaju se na dubinama gdje ne može biti štete od valova. Prednosti ovih kaveza je minimalni vizualni učinak, izbjegavanje vremenskih neprilika, izbjegavanje pomorskih nesreća. Nedostaci su komplicirano rukovanje, relativno visoki troškovi, skupo održavanje i servisiranje kaveza (Scott i sur., 2000.).

Bazenski uzgoj se odvija na dva načina, protočni i recirkulacijski. Koncentracija kisika je glavni ograničavajući faktor kod ovog načina uzgoja. Nedostatak kisika se nadoknađuje uglavnom mehaničkim aeratorima u vidu mehaničkih lopatica. Osim kisika vrlo je važno kontrolirati temperaturu, gdje se osim stabilnosti trebaju osigurati temperaturni uvjeti za optimalni rast. Zato se često uzgoj u bazenima provodi u blizini postrojenja koji koriste vode za hlađenje kao nuklearne elektrane i slično (Kalayda i Dementiev, 2019.). Problem kod ovog načina uzgoja je to što u voda koja izlazi iz ribogojilišta odlazi nepročišćena, sa povišenim razinama dušika, fosfora, nepojedene hrane i sl. (Tahar i sur., 2018.). Recirkulacijski sustav (Recirculation aquaculture systems (RAS)) je sustav u kojem se voda iz bazena pročišćava i ulazi ponovno u sustav. Na taj način se maksimalno smanjuje potreba za izmjenom vode i smanjuju se troškovi grijanja ili hlađenja. U RAS-u postoji rizik od pojave bolesti koja može brzo zahvatiti sve ribe u bazenima te se mora provoditi stroga kontrola parametara kvalitete vode i zoohigijene. Zbog toga u recirkulacijskim sustavima ključnu ulogu imaju dobra mehanička i biološka filtracija kojom se uklanjaju organske čestice i amonijak. Tehnologija uzgoja riba u recirkulaciji zahtjeva manje vode od tradicionalnih bazenskih ribogojilišta. Sustav se može prilagoditi po potrebama vrste koja se uzgaja, na taj način se smanjuje uzgojni ciklus i postiže bolja konverzija hrane. Tokom cirkulacije stvaraju se male količine otpadne vode koje se mogu relativno jeftino preraditi (Helfrich, i sur., 1991.).

2.3. Hranidba brancina

Hranidba je jedan od zahtjevnijih postupaka pri uzgoju i predstavlja 40-60 % ukupnog troška u proizvodnji (Bavčević, 2014.). Preduvjet je dobrog zdravstvenog stanja ribe, visokog prirasta i reprodukcije. Hranidba utječe na sastav ribe i određuje kvalitetu završnog proizvoda (Zarate i sur., 1999.). Uspješan uzgoj ovisi o kvaliteti hrane i fiziologiji vrste. To podrazumijeva uravnotežen sastav aminokiselina, masnih kiselina, vitamina, minerala i energetske vrijednosti. Uz sve to hrana mora biti primamljivog mirisa i bez štetnih tvari. Za dobro određivanje krmne smjese potrebno je poznavati građu i funkciju probavnog sustava pojedine vrste riba (Bavčević i sur., 2016.). Brancini su mesojedi, u divljini se hrane malim ribama i beskralješnjacima (Abbate i sur., 2012.) što primarno određuje njegove nutritivne potrebe. Sirovinski sastav hrane koja se koristi u uzgoju u osnovi se sastoji od ribljeg ulja, ribljeg brašna kojeg zbog ograničene dostupnosti sve više

zamjenjuju alternativnim izvorima bjelančevina. Ugljikohidrati dolaze od žitarica i osim nutritivne uloge imaju važnu ulogu u formiranju industrijske hrane (Hussain i sur., 2024.).

Optimalna hrana za uzgoj brancina mora imati minimalni energetska sadržaj 21-24 MJ/kg. (Bavčević, 2012.). Hrana za brancina može sadržavati i do 30% sirove masti. Visokoenergetska hrana, odnosno hrana bogata sirovim mastima, smanjuje udio bjelančevina, a i time i izlučivanje fosfora. Uz tako visokoenergetsku hranu potrebno je manje korištenje ribljeg brašna. Ukoliko je količina masti u hrani prekomjerna može dovesti do taloženja masti u visceralnom i jetrenom tkivu, ali bez štetnih učinaka (Boujard i sur., 2004.). Sastav hrane i veličina obroka prilagođava se starosti ribe kao i o fiziološkom stanju uzgajanih riba. Metoda koja se najčešće koristi za određivanje veličine obroka je bilanciranje ulaznih i izlaznih pokazatelja. Ulazni pokazatelji su ukupna količina hrane u obroku, količina određenih organskih tvari u hrani, energetska vrijednost pojedinih organskih tvari u hrani. Izlazni pokazatelji hranidbene bilance su ukupni prirast, prirast pojedinih organskih tvari u biomasi, energetska prirast u biomasi, metabolički gubitci energije u tvari (Bavčević i sur., 2016.). Efikasnost hranidbe procjenjuje se faktorom konverzije hrane (FCR) koji je definiran kao količina potrebne hrane koja je potrebna da bi se dobila određeni prirast mase ribe. FCR je osnova za određivanje cijene koštanja ribe (Novriadi, 2017.).

Važan parametar za određivanje dnevnog obroka jest utvrđivanje biomase u uzgojnoj jedinici. Biomasa se utvrđuje procjenom broja jedinki riba u kaveznoj jedinici i njihovoj prosječnoj masi. Broj jedinki u kavezu se utvrđuje na način da se od nasadne količine oduzima broj uginule ribe. Prosječna masa se utvrđuje periodičnim uzorkovanjima. Na osnovu dobivenih podataka utvrđuje se dnevni obrok. Uzgajivači se koriste uputama proizvođača hrane ili optimiziraju hranjenje na osnovu probnih hranidbi koje služe za procjenu maksimalnog obroka (Seginer, 2016.). Utvrđivanje optimalnog dnevnog obroka dovodi do optimiziranja troškova hranidbe i dobrog zdravstvenog stanja ribe. Usporedba izračunatog i ostvarenog obroka služi za procjenu ukupne biomase u kaveznoj jedinici. Optimalna hranidba ostvaruje maksimalni rast i dobre proizvodne rezultate. Bitno je procijeniti rezultate rasta za određeni period i utvrditi da li odgovara planiranom. Procjena rasta se može provesti kroz procjenu rasta u duljinu, rasta mase, indeksa kondicije i konverzije hrane (Bavčević i sur., 2016.).

Ukoliko hrana ili hranidba nisu prikladni može dovesti do zdravstvenih problema ili reproduktivnih problema (Fijan, 2006.). Za rast, razmnožavanje i druge aktivnosti, ribi trebaju iste hranjive tvari kao i toplokrvnim životinjama. Razlike u metabolizmu su odraz medija u kojem se

ribe nalaze i mehanizma regulacije tjelesne temperature. Tjelesna temperatura ribe ovisi o temperaturi mora u kojoj obitavaju. Ribe za razliku od toplokrvnih životinja trebaju manje energije za sintezu tjelesnih tkiva, isto tako ribe troše manje energije u stanju mirovanja (Bavčević i sur., 2016.). Unos hrane u organizam, njezino preoblikovanje, ugradnja u tkiva, razgradnja radi oslobađanja potencijalne energije te naposljetku izlučivanje u okoliš naziva se izmjena tvari i energije sa okolišem (Bogut i Bavčević, 2016.). Metabolički produkti razgradnje hrane su amonijak i CO₂. Neprobavljena hrana u okolišu je podložna bakterijskoj razgradnji koja rezultira emisijom amonijaka, nitrita, sumporovodika i sl. Ako dolazi do rasapa hrane dolazi do dodatnog stvaranja organskih čestica na dnu uzgajališta. Uz disanje riba produkti razgradnje izmeta, oksidacija neprobavljene hrane i oksidacija amonijaka mogu pogodovati i hipoksiji. Hipoksija kao i prisutnost toksičnih tvari mogu utjecati na zdravlje riba, što rezultira stresom i smanjenim prirastom. Produkti metabolizma podržavaju eutrofikaciju medija u kojem se riba uzgaja, što može imati neželjen utjecaj na okoliš (Yusoff i sur., 2024.).

Na hranjenje mogu utjecati brojni abiotički i biotički čimbenici kao što su fotoperiod, temperatura, intenzitet svjetlosti, spektar svjetlosti. Fotoperiod je najvažniji pri uspostavljanju ritma hranjenja, te određuje vrijeme obroka. Svjetlost utječe na proizvodnju i izlučivanje hormona rasta, steroidnih i hormona štitnjače (Houlihan i sur., 2001.). Temperatura je izravno ili ne izravno povezana sa potražnjom hrane i aktivnošću hranjenja. Unos hrane kod riba se povećava pri porastu temperature, zatim pri višim temperaturama unos hrane opada kada je koncentracija kisika i unos hrane ograničavajući faktor (Ruyet i sur., 2004.). Različite dobne kategorije imaju različite mogućnosti prilagodbe na temperature okoliša. Mlađ ima najbolji rast pri temperaturi 22-25 °C, prestaje rasti na temperaturi 11-15°C, a temperatura pri kojoj nastaje smrtnost je ispod 2-3 °C ili iznad 30- 32 °C (Vandeputte i sur., 2019.). Ruyet i sur. (2004.) navode da mlađ brancina ima najbolji prirast pri temperaturi od 26 °C, najveći pad prirasta se zabilježio na temperaturi od 13 °C, dok na temperaturi od 29 °C primijećen je samo nešto manji prirast nago na temperaturi od 26 °C. Mlađ brancina prestaje rasti kad temperatura mora padne ispod 11 °C, a počinje opet rasti kad temperatura mora bude oko 19 °C. Istraživanje je provedeno u uvali Veli Bok kod otoka Cresa i najniža zabilježena temperatura tokom istraživanja bila je 10,25 °C u ožujku 2018., a najveća zabilježena temperatura je bila 24,73 °C izmjerena u srpnju 2017. godine (Novosel, 2019.). Prirast pri temperaturi od 13-16 °C dovodi samo do povećanja masti u tijelu (Ruyet i sur., 2004.). Niže temperature vode mogu značajno utjecati na probavljivost hrane kod riba, smanjujući učinkovitost

probave. To se događa smanjenjem brzine probave i povećanjem vremena prolaska hrane kroz crijeva. Temperatura također utječe na različite aspekte probavnog procesa, uključujući aktivnost izlučivanja probavnih sokova, unos hrane, motilitet probavnog trakta, aktivnost probavnih enzima te stope probave i apsorpcije hranjivih tvari. Svaka od ovih funkcija je osjetljiva na temperaturne promjene, što može utjecati na opće zdravlje i rast ribe. Aktivnost probavnih enzima specifična je za vrstu ribe, a optimalna temperatura za njihovu aktivnost obično je unutar temperaturnog raspona koji odgovara prirodnom staništu ribe. Na primjer, kod subtropskih i tropskih vrsta kao što je brancin, koji je mesojed, optimalna temperatura za aktivnost enzima varira: α -amilaza i lipaza imaju najveću aktivnost na 23°C, dok tripsin najaktivniji na 17°C (Volkoff i sur., 2020.).

Koncentracija kisika je ograničavajući faktor koji osobito pri višim temperatura kada može doći do hipoksije. Kao biotički faktori spominje se uzgojna gustoća. Visoka gustoća može rezultirati sa manjim rastom ribe i može utjecati na fiziološke procese, pri visokim gustoćama može doći i do kanibalizma. Prisustvo predatora može smanjiti unos hrane kod riba, ali kod vrsta koje žive u jatima, smanjenje hranjenja nije toliko izraženo, jer veći broj jedinki smanjuje individualni rizik od napada predatora. Ljudski faktor je značajni biotički faktor jer prilikom odrađivanja biometrija ili prebačaja s uzgajališta na uzgajalište hranjenje može biti smanjeno od nekoliko sati do nekoliko dana nakon manipulacije. Privremene smetnje kao što su buka i pokreti nemaju veliki utjecaj na hranjenje jer se riba nakon tih smetnji uglavnom nakon nekoliko minuta vraća hranjenju (Houlihan i sur. 2001.).

2.5. Procjena maksimalnog obroka

Maksimalan dnevni obrok se može opisati kao količina hrane koju riba pojede u određenom broju obroka tijekom dana. Obrok se određuje prema sastavu hrane, veličini ribe i biomasi. Kvaliteta hranjenja ponajviše ovisi o kemijskom i energetsom sastavu hrane za određenu vrstu ribe. Hranidba se mora prilagoditi fiziološkim potrebama riba koje se uzgajaju i sastavu hrane koja se koristi u hranidbi (Seginer, 2016.). Maksimalni obrok procjenjuje se pomoću modela koji uključuju prosječnu masu ribe i temperaturu okoliša (Lupatsch, 2005; Seginer, 2016).

Procjena maksimalnog obroka je važna u ponudnim modelima za procjenu metabolizma u organizmima jer služi kao polazište za procjenu maksimalne dnevne metaboličke aktivnosti (Van Der Meer, 2006.). Tako se kod maksimalnog obroka postiže i maksimalni rast (Seginer, 2016.).

Procjena dnevnog obroka za brancina prema Lupatsch (2005.):

$$\text{Obrok (g/riba/dan)} = 0,0216 \times \text{BW (g)}^{0,588} \times e^{0,063 \times \text{Temp}}$$

gdje je BW – masa ribe izražena u gramima, Temp. – temperatura mora, ostali podatci u formuli su konstante. Ovaj model je prilagođen masi ribe i temperaturi mora.

2.6. Procjena prirasta i efikasnost hranidbe

Procjena prirasta pomoću modela u načelu se dijeli na empiričke i procesne modele. Svaki od ovih modela ima različit pristup. Empirički model se koristi kao funkcija koja se provlači za sličnu ribu i slične uzgojne uvjete. U empiričkom modelu se koriste parametri kao što su rast i potreba za hranidbom ribe određenog uzrasta. Procesni modeli za razliku od empiričkih predviđaju hranidbu i rast. Procesni modeli zbog tog svojstva su znatno prikladniji za predviđanja u uzgoju (Bavčević i sur., 2016.)

Po osnovnoj funkciji modeli se dijele na ponudne i potražne modele. Razlika između ova dva modela je što ponudni modeli predviđaju rast ribe ovisno o okolišnim uvjetima odnosno npr. hrana i temperatura. Potražni modeli su ranije razvijeni pa se tako koriste tradicionalno u akvakulturi. Empirički potražni model bio je uspješan jer su krmiva koja su korištena u tradicionalnom uzgoju bila standardizirana, a empirički potražni model se sastojao od obrade biometrijskih podataka i utroška hrane. Podatci za statističku obradu najčešće su prikupljeni u uvjetima hranidbe do blizu sita (Bavčević i sur., 2016.).

Primjer ponudnog modela je Davis-Warenov model, taj model ima nedostatke koji su uzrokovani zanemarivanjem važnih procesa poput smanjenja efikasnosti asimilacije energije i promjene metabolizma kao funkcije dostupnosti hrane. Davis-Warenov model temelji se na ukupnom budžetu energije.

$$P = C - (F + U) - R \quad (3)$$

gdje je P - prirast, C – razlika između unesene energije, F- energija izgubljena u izmetu, U – energija izgubljena u izlučivanju, R – energija potrebna za održavanje metabolizma (Seginer, 2016.).

SGR (specific growth rate) se u akvakulturi koristi za određivanje specifične brzine rasta, pri čemu viši SGR, u jednakim uvjetima, označava brži rast.

$$SGR=(\ln W2-\ln W1)/t \times 100$$

gdje je SGR koeficijent specifične brzine rasta, W1 početna masa, W2 završna masa, t vremenski period rasta (Azzaydi i sur. 1999.). U radu (Lupatsch i sur. 2001.) spominje se kako za dobru procjenu rasta nije dovoljno znanje samo o SGR-u. Lupatsch (2005.) koristi slijedeći izraz za procjenu prirasta:

$$Y=0,64 \times BW(\text{kg})^{0,857} \times \exp^{0,07 \times T} \text{ Lupatsch (2005.)}$$

gdje je BW – masa u kilogramima, T – temperature, a ostali podatci su konstante.

Efikasnost hranidbe se najčešće procjenjuje pomoću faktora konverzije (FCR), gdje je:

$$FCR = \text{pojedena hrana (g) / prirast mase ribe (g) (Novriadi, 2017.)}$$

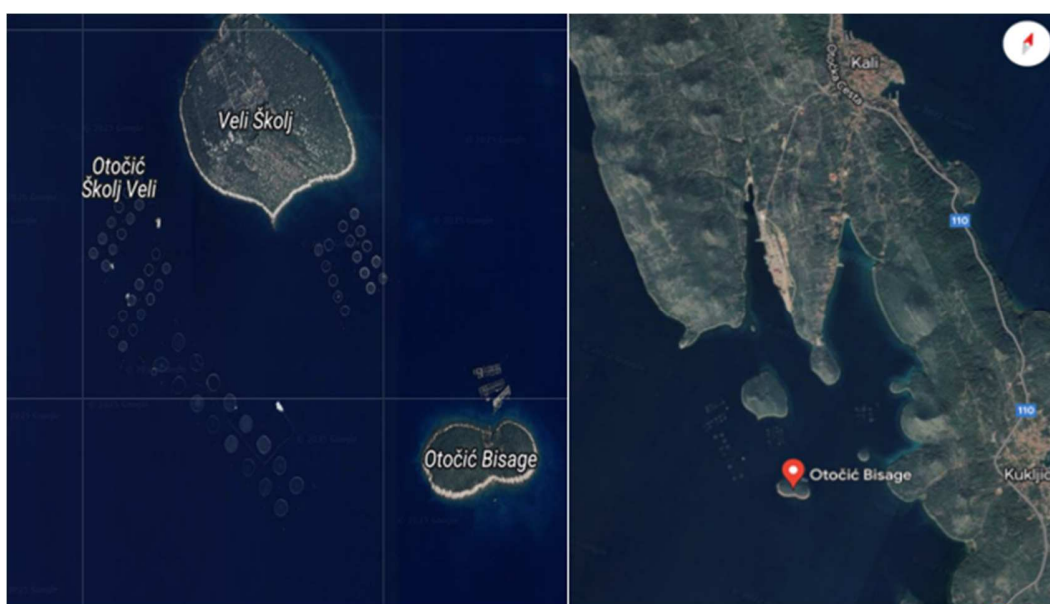
3. CILJEVI I SVRHA RADA

Hranjenje u idealnim uvjetima daje najbolji rezultat kada se riba hrani približno do sitosti. Kontrola hranidbe uvelike doprinosi što boljem prirastu ribe, smanjenju utjecaja na okoliš i najviše na cijenu koštanja ribe jer je hrana 40-60% ukupnog troška pri uzgoju ribe.

Osnovni cilj ovog rada je procijeniti maksimalni dnevni obrok brancina, izraditi model i usporediti model sa postojećim modelima. Svrha izrade modela je bolja procjena optimalnog obroka korištenjem modela i mjerenja maksimalnog obroka. Primjena modela može unaprijediti kontrolu hranidbe i doprinijeti boljem prirastu ribe, smanjenju utjecaja na okoliš i kontroli cijene koštanja hrane u proizvodnom procesu uzgoja brancina.

4. MATERIJALI I METODE

Pokus se provodio na uzgajalištu tvrtke Cromaris d.d, kod otočića Bisage na poziciji 44°01'23.6"N 15°13'09.5"E. Uzgajalište se nalazi na otoku Ugljanu u uvali Mala Lamjana. Ugljan je smješten u Zadarskom području. Otok Ugljan od kopna je odijeljen Zadarskim kanalom, a srednjim kanalom odvojen je od otoka Iža.



Slika 3. Kartografski prikaz otočića Bisage
(Izvor: (<https://www.google.com/maps>)

4.1. Postavljanje pokusa

Za provođenje pokusa formirana su 4 mrežna kaveza dimenzije 9 x 5 x 5 m, odnosno volumena 225 m³. U kaveze je nasaden brancin generacije 2018., kavezi su označeni MK1-MK4. Riba je bila istog porijekla i starosti. Početna masa svakog kaveza je prikazana u Tablici 2., analizom homogenosti varijance utvrđeno je da je varijanca homogena te je provedena analiza razlika

prosječne mase riba u kavezima i utvrđeno da ne postoje razlike između kaveza. Pokus je započeo 9.8.2018. godine i duljina trajanja pokusa je bila 12 mjeseci. Za vrijeme trajanja pokusa, svakodnevno su mjerene temperatura mora i otopljenost kisika unutar kaveza. Temperatura je mjerena živinim termometrom na dubini od 2.5 m. Kisik je mjereno YSI oksimetrom na dubini 2 m.

MK1 i MK2 su hranjeni sa komercijalnom hranama za brancina proizvođača A. MK3 i MK4 hranjeni su hranom za brancina proizvođača B. Nutritivni sastav hrana prikazan je u Tablici 1. Riba je hranjena ručno. Radi procjene maksimalnog obroka riba je u svim kavezima hranjena jedanput tjedno do sita, nakon toga je dnevna količina hrane za sljedećih 6 dana bila smanjena na 80% od maksimalnog obroka. Dnevno je bilo 3-5 obroka hrane, ovisno o prosječnoj masi ribe i temperaturi mora. Za procjenu maksimalnog obroka uzeti su podaci o količini hrane pojedene na dan hranjenja do sita i prosječna temperatura mora 3 dana prije hranjenja do sita.

Jednom mjesečno su uzimani uzorci ribe iz svakog kaveza za potrebe prikupljanja biometrijskih podataka. Iz svakog kaveza uzimano je 100 primjeraka. Svakoj ribi je izmjerena ukupna masa (W) u gramima i ukupna duljina (Lt) u centimetrima. Duljina jedinki mjerena je pomoću ihtimetra, masa je mjerena digitalnom vagom proizvođača Sartorius preciznosti 0.01 g. Za procjenu kondicije izračunat je indeks kondicije (IK) po formuli:

$$K = 100 \times W/Lt^3$$

gdje je K- vrijednost indeksa kondicije, W- masa ribe u gramima, Lt^3 – ukupna duljina ribe u centimetrima (Bogut i sur., 2016.).

Na dan prikupljanja biometrijskih podataka izračunata je i biomasa svakog kaveza po formuli:

Biomasa = broj komada u kavezu x prosječna masa

Uginula riba se prikupljala i evidentirala dnevno.

Tablica 1. Nutritivni sastav hrane, MK1, MK2 hranjeni su hranom A, MK3, MK4 hranjeni su hranom B

Hrana	A	B
Protein (%)	40-42	43
Lipid (%)	20-22	20
Sirova energija	21,5-23,5	22
Probavljiva energija	18,4	18
DP/DE g/MJ	20,5	21

*DP/DE odnos probavljivih bjelančevina i probavljive energije

4.2. Procjena maksimalnog obroka

Kavezi MK1 i MK2 su korišteni za izradu modela, a MK3 i MK4 korišteni su za validaciju istog. Procjena maksimalnog dnevnog obroka za brancina je provedena pomoću dva modela procjena maksimalnog obroka za podlanicu koji je za podlanicu upotrijebio Seginer (2016.) i modela koji je korišten za brancina Lupatsch (2005.).

Masa ribe koja se koristila za potrebe modela procijenjena je korištenjem duljine i indeksa kondicije (IK). Prosječna duljina i IK na dan kada je izmjeren maksimalni obrok izračunati su pomoću linearne interpolacije između dvije biometrije.

Duljina ribe na dan mjerenja maksimalnog obroka (L_p) procijenjena je linearnom interpolacijom između početne i završne biometrijske točke, prema izrazu:

$$L_p = L_1 + \frac{L_2 - L_1}{N} \times N_i$$

gdje L_1 predstavlja duljinu ribe na početku odabranog razdoblja, L_2 duljinu ribe na kraju razdoblja, N broj dana između dviju biometrija, N_i broj dana od prve biometrije do dana kad je izmjeren maksimalni obrok.

Indeks kondicije ribe na dan mjerenja maksimalnog obroka (IK_p) također je procijenjen linearnom interpolacijom između početnih i završnih biometrijskih podataka, prema sljedećem izrazu:

$$IK_p = \frac{(IK_2 - IK_1)}{N} \times N_i$$

gdje IK1 označava indeks kondicije na početku razdoblja, IK2 indeks kondicije na kraju razdoblja, N broj dana između dviju biometrija, a Ni broj dana od prve točke do dana kada je izmjeren maksimalni obrok.

Za svaki dan hranjenja do sitosti, prosječna masa ribe (W_p) procijenjena je na temelju interpoliranih vrijednosti duljine i indeksa kondicije, koristeći sljedećem izrazu:

$$W_p = \frac{IK_p \times L_p^3}{100}$$

gdje W_p predstavlja procijenjenu masu ribe, IK_p je procijenjeni indeks kondicije, L_p je procijenjena duljina ribe.

Procjena maksimalnog dnevnog obroka je napravljena pomoću dva modela:

Model 1:

Maksimalni dnevni obrok (g/riba/dan) = $q_s (T - T_f) W^\alpha$ (Seginer, 2016.),

Gdje su q_s i α su konstante, T je temperatura dok je T_f temperatura na kojoj riba prestaje jesti, a W je masa ribe.

Model 2:

Maksimalni dnevni obrok (g/riba/dan) = $a \cdot W^b \cdot e^{(c \cdot T)}$ (Lupatsch, 2005.),

U kojem su a, b i c konstante, W je masa ribe u gramima, a T temperatura.

Za izradu modela procjene maksimalnog obroka uzeta je prosječna temperatura mora 3 dana prije hranjenja do sita, dnevne temperature mora su prikazane na Slici 4.

4.3. Statistička obrada podataka

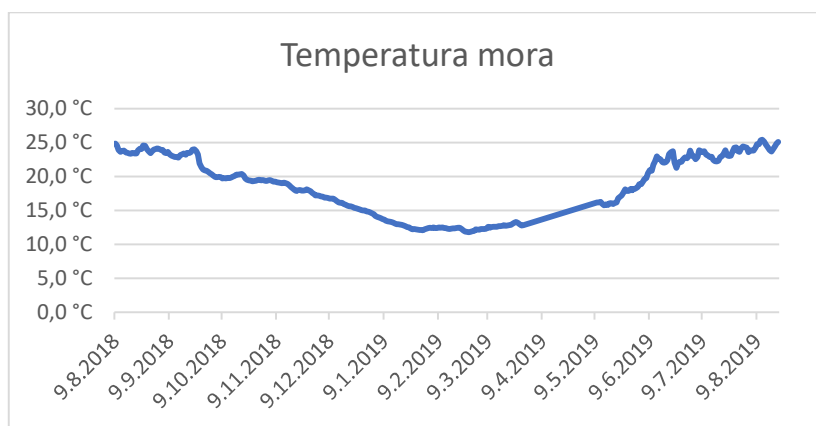
Deskriptivna statistika, procjene duljine, mase, indeksa kondicije, procjena mase (W_p), grafički prikazi, validacija modela pomoću linearne regresije i kvadratni korijen srednje kvadratne pogreške ($RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n}$) napravljeni su pomoću programa Excel. Parametri u modelima procjene maksimalnog obroka su procijenjeni nelinearnom korelacijom pomoću programa *TIBCO Statistica*, v. 14.3.0.0, TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA, USA; 1984-2020. Isti program je korišten za testiranje razlika prosječne mase brancina, u kavezima MK1-MK4, na početku i na kraju pokusa.

Validacija parametriziranog modela napravljena je na rezultatima mjerenja hranidbe do sita koja su provedena na kavezima MK3 i MK4. Procijenjena masa ribe na dan mjerenja maksimalnog

obroka procijenjena je jednakom metodom kao i kod procjene koja je provedena na kavezima MK1 i MK2.

5. REZULTATI

Dnevne temperature mora za period istraživanja prikazane su na Slici 4. Najniža temperatura je bila 11,8°C. na dan hranjenja 25.2.2018., a 12.8.2019. izmjerena je najviša temperatura koja je iznosila 25,4°C. Prosječna temperatura tijekom istraživanja iznosila je 18,7 °C.



Slika 4. Dnevne temperature mora u razdoblju trajanja pokusa

Prosječna masa ribe na početku i na završetku pokusa, broj komada na početku i kraju i biomasa na početku i kraju prikazani su u Tablici 2. Najveća završna prosječna masa je bila u MK3 i iznosila je 408,05 g, najmanja u MK4 i iznosila je 377,60 g. Nakon testiranja homogenosti varijance (Levenov test) razlike između prosječne mase brancina u kavezima (MK1-MK4), na početku i na kraju pokusa, su testirane pomoću (jednosmjerne) analize varijance (ANOVA). Prosječne mase brancina između kaveza, na početku i na kraju pokusa, nisu bile značajno različite ($p < 0,05$).

Tablica 2. Prikaz osnovnih ulaznih i završnih podataka prosječne mase i broja komada i biomase u kavezima MK1—MK4

Kavez	Datum postavljanja pokusa	Početna masa (g)±STDEV	Završna masa (g)±STDEV	Količina početak pokusa (kom)	Količina kraj pokusa (kom)	Biomasa početak pokusa (kg)	Biomasa kraj pokusa (kg)
MK1	8/9/2018	46,46±8,31	404,2± 86,94	8513	8422	395,5	3538,9
MK2	8/9/2018	44,98±7,34	397,90±82,01	8171	8095	367,5	3221
MK3	8/9/2018	45,26±8,35	408,05±75,85	8267	8180	374,2	3337,8
MK4	8/9/2018	48,43±9,21	377,60±81,57	8303	8222	402,1	3104,6

U Tablici 3. su prikazane procijenjene prosječne mase u kavezima MK1 i MK2, na dan mjerenja maksimalnog obroka.

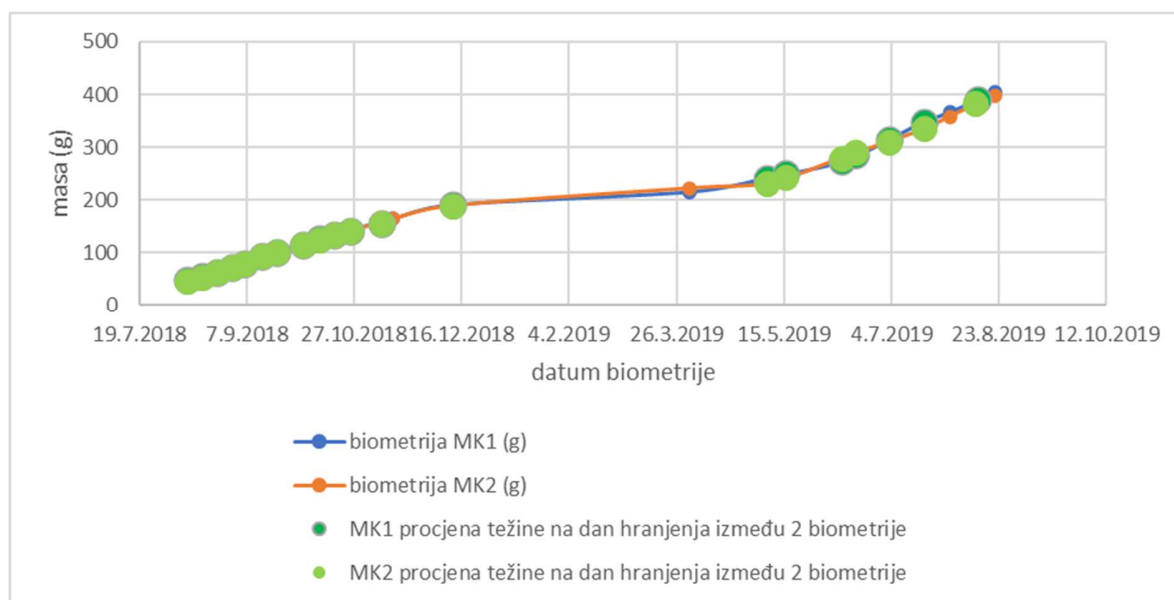
Tablica 3. Procijenjena prosječna masa ribe na datum hranjenja do sita i prosječna masa ribe na dan biometrije za kaveze MK1 i MK2

Datum hranjenja do sita	MK1 procijenjena masa (g)	MK2 procijenjena masa (g)	Datum biometrije	MK1 prosječna masa (g) (g)±STDEV	MK2 prosječna masa (g) (g)±STDEV
10.8.2018	47,47	46,01	9.8.2018	46,46±8,31	44,98±7,34
17.8.2018	55,00	53,71	12.9.2018	89,9±13,48	90,15±17,54
24.8.2018	63,28	62,25	10.10.2018	12,2±22,93	124,1±24,79
31.8.2018	72,36	71,70	14.11.2018	164,05±27	164,15±26,93
6.9.2018	79,36	79,03	11.12.2018	190,3±34,63	189,2±31,48
14.9.2018	92,14	92,32	1.4.2019	215,1±39,57	222,38±43,07
21.9.2018	100,30	100,21	8.5.2019	242,45±49,66	231,95±39,37
3.10.2018	115,54	114,86	13.6.2019	276,09±56,52	283,02±58,23
11.10.2018	126,21	125,13	17.7.2019	344,15±65,02	330,9±66,69
18.10.2018	133,45	132,55	31.7.2019	366,6±67,89	357,75±65,54
25.10.2018	140,96	140,28	21.8.2019	404,2±86,94	397,9±82,01
9.11.2018	155,69	155,49			
12.12.2018	190,52	189,49			
7.5.2019	241,68	231,69			
16.5.2019	249,68	242,65			
11.6.2019	273,18	278,47			
17.6.2019	285,50	289,78			
3.7.2019	314,96	310,64			
19.7.2019	347,29	334,65			
13.8.2019	389,60	382,26			

6. Procjena maksimalnog obroka

6.1. Procjena prosječne mase na dan mjerenja maksimalnog obroka

Slika 5. prikazuje prirast brancina u MK1 i MK2 i prosječne mase na dan biometrije. Osim toga prikazana je procjena mase ribe na dan hranjenja do sita po modelu maksimalnog dnevnog obroka po Modelu 2. Na slici se vidi da nema velikih odstupanja kod procjene i napravljenih biometrije na dan hranjenja do sita.



Slika 5. Prikaz prosječne mase na dan biometrije i procijenjenih prosječnih masa na dan hranjenja do sita odrađenih na datum hranjenja do sita i procjena težine na dan hranjenja do sita

6.1.1. Procjena prosječne mase na dan mjerenja maksimalnog obroka

Rezultati procjene parametara za Model 1, dobiveni pomoću nelinearne regresije, prikazani su u Tablici 4. Parametri q_s i α su procijenjeni uz malu vjerojatnost pogreške ($p < 0,05$), dok je procjena parametra T_f statistički nepouzdana ($p = 0,78$). Na slici 6. je dan grafički prikaz procjene

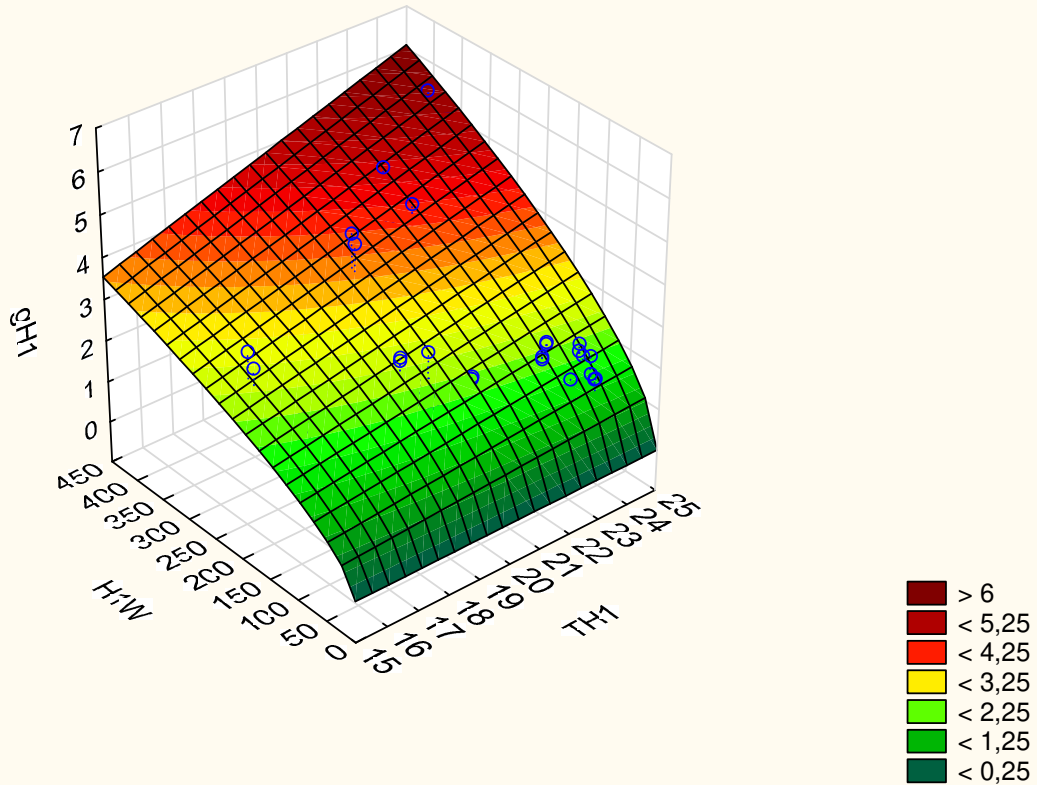
maksimalnog obroka za brancina, pomoću Modela 1, u odnosu na prosječnu masu i na temperaturu mora.

Tablica 4. Procjena parametara modela Modela 1 koji je upotrijebljen za procjenu maksimalnog obroka brancina

Fs (g/riba)= q _s (T – Tf) W ^α				
Parametar	Procijenjena vrijednost	Stand.dev	t-vrijednost	p
q _s	0,006947	0,002177	3,19128	0,003104
Tf	1,118255	3,966156	0,28195	0,779743
α	0,589637	0,042431	13,89651	0,000000

Procjena maksimalnog obroka pomoću Modela 1 u relaciji sa prosječnom masom ribe i temperaturom mora za period od početka do kraja pokusa prikazana je na Slici 6.

Model: $V3 = \text{param1} * (V2 - \text{param2}) * V1^{\text{param3}}$
 $gH1 = (0,00694727) * (TH1 - (1,11812)) * H1W^{(0,589638)}$

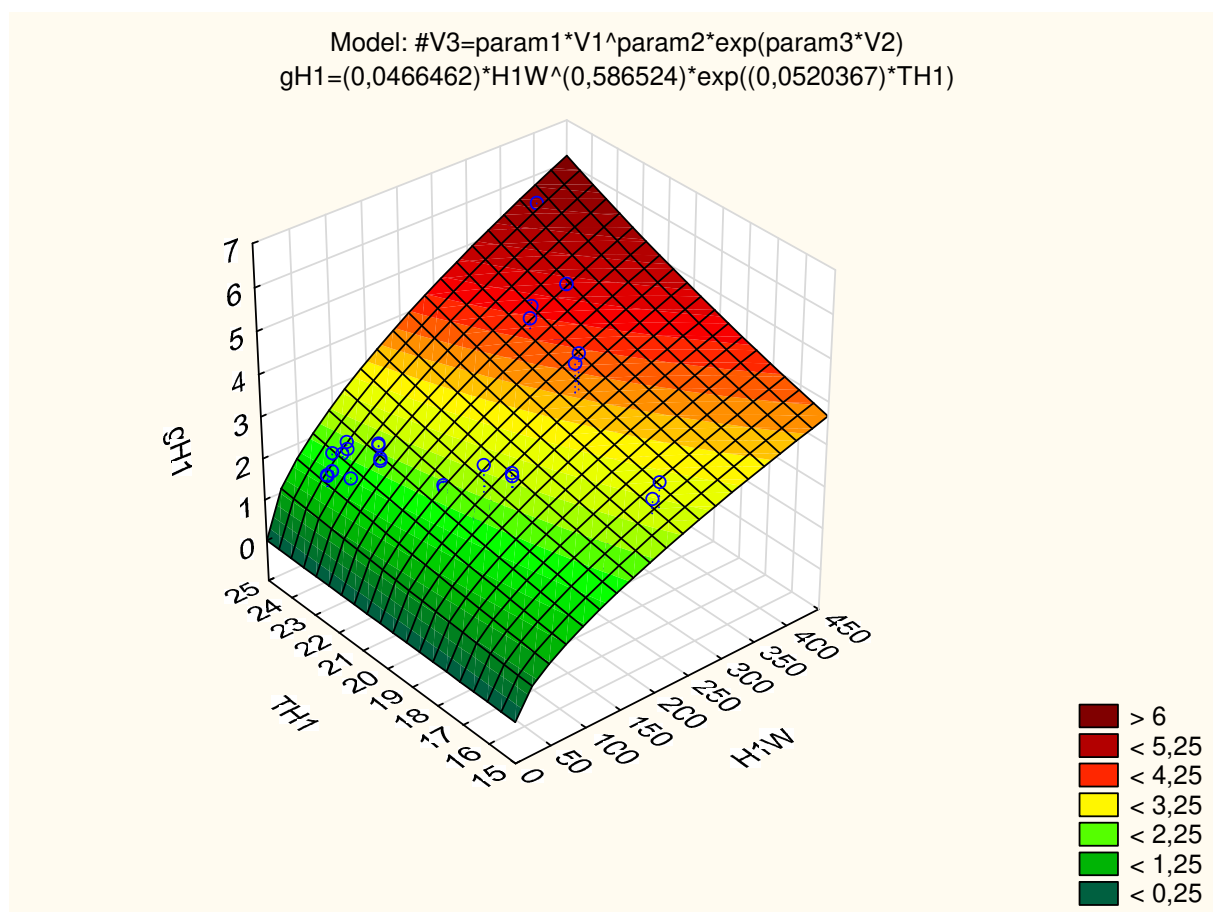


Slika 6. Prikaz procjene maksimalnog obroka pomoću Modela 1 u odnosu na prosječnu masu i na temperaturu mora. Kružići plave boje predstavljaju rezultate mjerenja.
 (gH1-dnevni obrok grama po ribi; H1W-masa ribe u gramima; TH1- temperatura mora °C)

Rezultati procjene parametara za Model 2, pomoću nelinearne regresije prikazani su u Tablici 5. Pouzdanost procjene parametara modela je statistički značajna ($p < 0,05$). Na slici 7. je dan grafički prikaz procjene maksimalnog obroka za brancina, pomoću Modela 2, u odnosu na prosječnu masu i na temperaturu mora. Zbog veće pouzdanosti procjene maksimalnog obroka, daljnje analize i validacija procjene su provedene samo za Model 2.

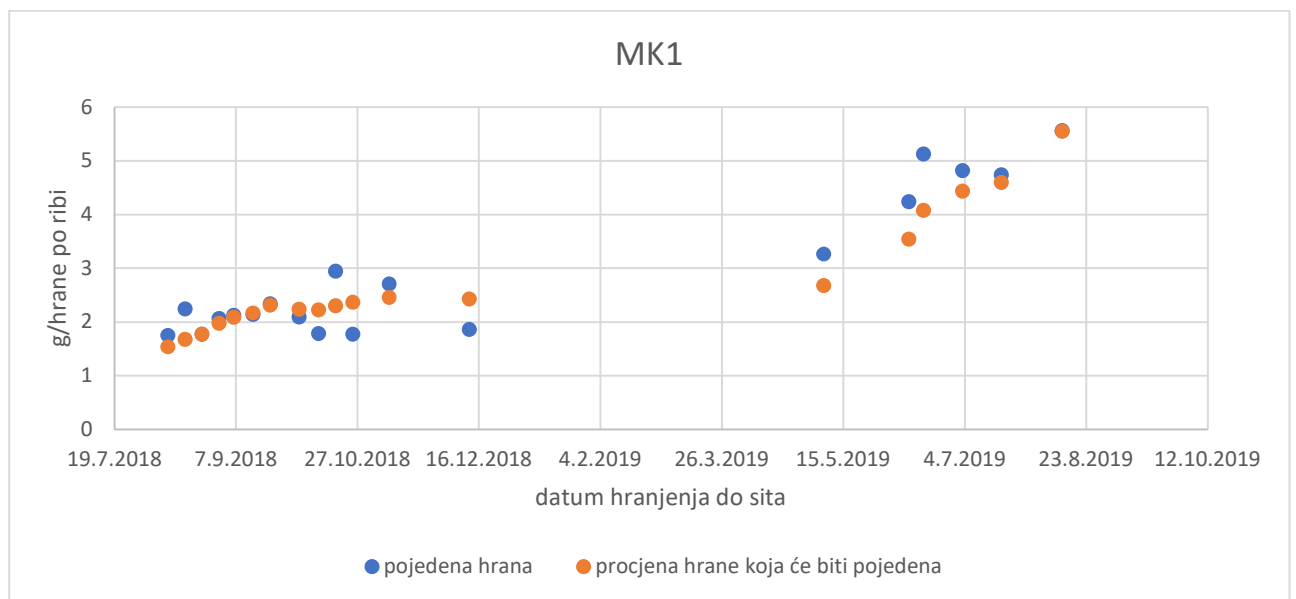
Tablica 5. Procjena maksimalnog dnevnog obroka brancina po modelu koji je donijela Lupatsch (2005.)

Maks. dnevni obrok (g/riba/dan)= $a \cdot W(g)^b \cdot e^{(c \cdot T)}$				
Parametar	Procijenjena vrijednost	Stand.dev	t-vrijednost	P
A	0,046647	0,014206	3,28358	0,002430
Parametar b	0,586519	0,042313	13,86145	0,000000
Parametar c	0,052038	0,010622	4,89910	0,000025

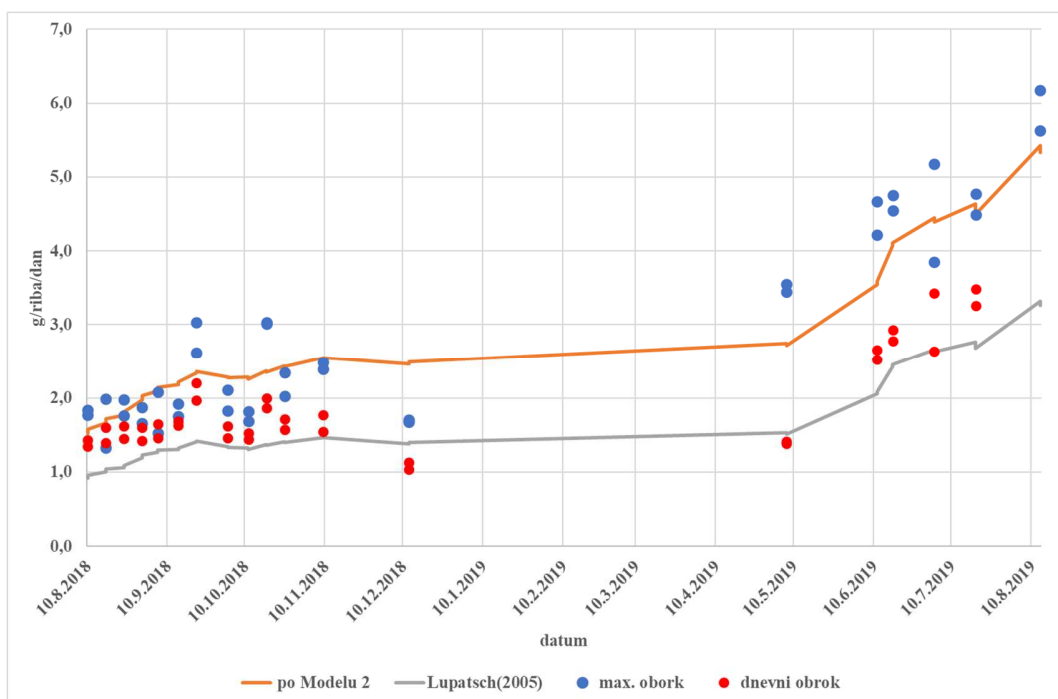


Slika 7. Prikaz procjene maksimalnog obroka pomoću Modela 2 u odnosu na prosječnu masu i na temperaturu mora. Kružići plave boje predstavljaju rezultate mjerenja. (gH1-dnevni obrok grama po ribi; H1W-masa ribe u gramima; TH1- temperatura mora °C).

Slike 8. i 9. prikazuju usporedbu mjerenja maksimalnog dnevnog obroka za brancine u kavezima MK1-MK2 s procjenom koja je izračunata pomoću dobivenog modela (Model 2). Iz prikaza je vidljiva dobra podudarnost procjene i mjerenja.



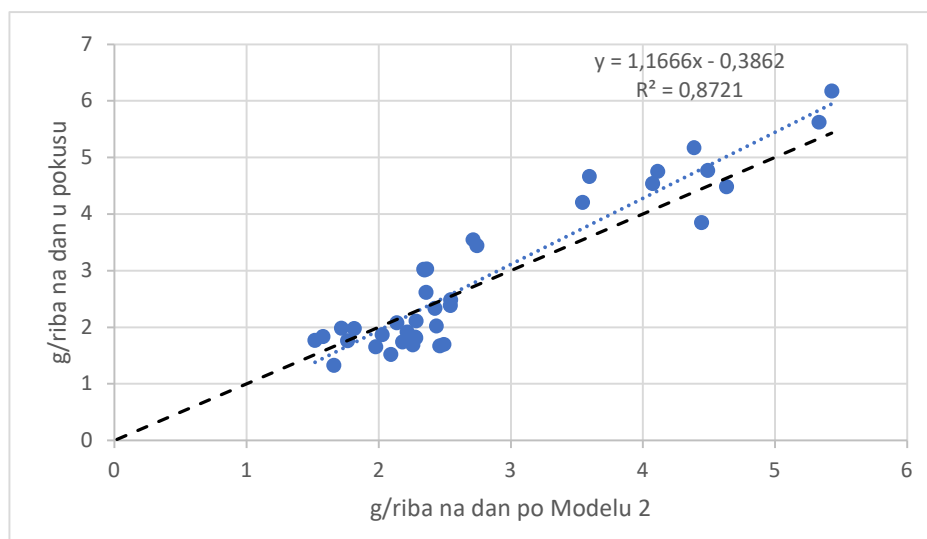
Slika 8. Usporedba hranjenja do sita i procjena hranjenja do sita po modelu za MK1



Slika 10. Usporedba hranjenja do sita, hranjenja do sita po Modelu 2, dnevnog obroka po modelu $(g/ribe/dan) = 0,0216 \times BW (g)^{0,588} \times e^{(0,063 \times Temp)}$ (Lupatsch 2005.) i prosječnog dnevnog obroka tijekom pokusnog razdoblja.

Validacija modela napravljena pomoću mjerenja maksimalnog obroka na kavezima MK3 i MK4. Zbog veće pouzdanosti procjene parametara modela validiran je Model 2 (Slika 10.). Validacija je napravljena pomoću linearne regresije između procjene dobivene Modelom 2 i mjerenjima maksimalnog obroka na kavezima MK3 i MK4. Linearna regresija ukazuje na snažnu korelaciju ($R^2 = 0,87$) između opažanja i procijene.

Slika 11. prikazuje validaciju modela procjene maksimalnog dnevnog obroka brancina linearnom regresijom odnosa između procjene modelom i opažanjem (hrana koja je pojedena) za svaki pojedini dan kada je odrađeno hranjenje do sitosti. Korijen srednje kvadratne pogreške (RMSE) u ovoj procjeni je 0,51.



Slika 11. Validacija Modela 2 za procjenu maksimalnog dnevnog obroka, pomoću mjerenja maksimalnog obroka na kavezima MK3,4. RMSE = 0,51

6.3. Prirast i konverzija hrane

Radi boljeg razumijevanja dobivenih procjena, za kaveze MK1 - MK4, izračunati su osnovni parametri prirasta kao i konverzije hrane (Tablica 7.). Iz tablice se vidi da riba koja je nasađena istog dana i držana u podjednakim uvjetima evidencijski se razlikuje u konverziji hrane. Kavezi su na izlazu bili podjednakog indeksa kondicije

Tablica 7. Prikaz osnovnih biometrijskih podataka, preživljavanje, faktora konverzije MK1-4

KAVEZ	POČETNA MASA (g)	ZAVRŠNA MASA (g)	POČETNA DULJINA (cm)	ZAVRŠNA DULJINA (cm)	PREŽIVLJAVANJE (%)	FCR	POČETNI IK	ZAVRŠNI IK
MK1	46,46	404,20	15,86	31,81	98,93	1,40	1,16	1,26
MK2	44,98	397,90	15,72	31,64	99,06	1,32	1,16	1,26
MK3	45,26	408,05	15,65	32,34	97,5	1,35	1,18	1,21
MK4	48,43	377,60	15,93	31,88	97,2	1,57	1,20	1,17

7. RASPRAVA

Temperatura kao abiotički faktor ima velik utjecaj na rast brancina. Slika 4. prikazuje dnevne temperature tokom trajanja pokusa na uzgajalištu tvrtke Cromaris d.d. kod otočića Bisage. Najniža temperatura iznosila je 11,8 °C, a najviše temperatura iznosila je 25,4 °C. Prosječna temperatura mora iznosila je 18,7 °C. Temperaturni raspon tokom pokusa odgovarao je pogodnim temperaturama za rast brancina (Vázquez i sur. 2014.). Kavezi MK1 i MK2 hranjeni su hranom A, a MK3 MK4 hranjeni su hranom B specifikacija hrane (Tablica 1.). U pokusu su korištene komercijalne hrane dva proizvođača hrane u kojima je nutritivni sastav prilagođen potrebama brancina. Specifikacija hrane koja je korištena na pokusu, slična je konvencionalnoj hrani za uzgoj brancina koju navodi Ayoola, (2010.). Uzgojni ciklus brancina koji je korišten u navedenom pokusu iznosio je 19. mj. Vázquez i sur. (2014. navode kako uzgojni ciklus traje 18.-24. mjeseci u uzgojnim uvjetima pri korištenju komercijalnih hrana. U ovom istraživanju brancin je postigao konzumnu veličinu (350-400 g) u 17 mjeseci. Na početku je imao 46,28 g i bio je star 5 mjeseci. Prosječan IK brancina u pokusu iznosio je 1,24. U uzgoju se smatra da je brancin indeksa kondicije 1,1 pothranjen, a indeksa kondicije 1,25 ugojen (Bavčević, 2014.). Najniži indeks kondicije zamijećen je pri nasadu i iznosio je 1,15, nizak indeks kondicije pri nasadu je uobičajen i posljedica je protokola cijepljenja i sortiranja ribe pri cijepljenju, koji je prethodio ovom pokusu pri kojem je riba bila na gladovanju. Viši indeks kondicije postignut je tokom toplijeg razdoblja, a najviši indeks kondicije bio je u 12. mj. prve godine uzgoja i iznosio je 1,33, što pokazuje da je brancin tokom trajanja pokusa bio ugojen. Prema Lupatsch (2005.) riba od 300 g koja je hranjena hranom sa 18 MJ/kg probavljive energije trebala bi imati FCR 1,38. Razlike u indeksu kondicije mogu biti odraz razlika u morfologiji populaciji te ih je teško uspoređivati (Arechavala-Lopez i sur., 2012.). U pokusu MK1-4 hranjeni su hranom sa 18 MJ/kg probavljive energije i imaju završnu prosječnu završnu biometriju 396 g. i prosječni završni FCR 1,43 iz čega se može zaključiti da riba u ovom pokusu, uz malu razliku FCR-a, ima veći rast od 36% koji navodi Lupatsch (2005.) u svom istraživanju.

Prema procjeni dnevnog obroka koji preporuča Lupatsch (2005.) $(g/riba/dan) = 0,0216 \times BW (g)^{0,588} \times e^{(0,063 \times Temp)}$ riba iz pokusa bi trebala imati prosječni FCR 0,78 što značajno odstupa od rezultata iste autorice i od uzgojne prakse. Kada bi FCR bio 1,38 razlika između ovog pokusa i

navedenog istraživanja bi iznosila 6% ukupne hrane koji bi se mogao pripisati rasapu tijekom pokusa.

Kako je očekivano brancin ima bolji prirast u toplijem dijelu godine, u ovom pokusu zamijeti se da je do bržeg rasta došlo kad bi temperatura mora prešla 20 °C. U pokusu pri većim temperaturama zabilježena je i veća potrošnja hrane kod maksimalnog obroka. Prema Boujard i sur. (1996.) brancin ima najveći prirast pri temperaturi od 22 °C, a pri temperaturama 13°C - 16°C prirast je najmanji. FCR u pokusu iznosio je 1,32 – 1,57 i to je niži FCR nego u radu Hossu i sur. (2005.) koji je rađen u uvjetima proizvodnje, zbog toga što je ovaj pokus započeo kad je riba imala 45 – 48 g.

Model koji je koristila Lupatsch (2005.) dao je pouzdaniju procjenu maksimalnog obroka od modela po Segineru u (Tablice 4. i 5.) gdje je u Modelu 1 najniža temperatura pri kojoj brancin uzima hranu procijenjena s niskom razinom pouzdanosti ($p=0,78$). Pored toga procijenjena temperature pri kojoj riba prestaje uzimati hranu od 1,1°C ne odgovara provedenim istraživanjima (Vandeputte i sur., 2019.). Zbog toga je u ovom radu validacija modela napravljena samo za Model 2.

Validacija Modela 2 na rezultatima mjerenja na brancinima u kavezima MK3 i MK4 pokazuje dobru podudarnost mjerenja i modela koji je parametriziran u ovom radu. Kod većih dnevnih obroka riba je u validiranim kavezima pojela nešto više hrane što može biti posljedica kvalitete hrane (Van Der Meer, 2006.). To se međutim ne može pripisati gustoći energije u hrani (Tablica 1.) niti brzini rasta (Tablica 2.) jer nije bilo značajne razlike u početnoj i završnoj masi ribe. Osim energije i klasične kemijske analize u kvalitetu hrane ulaze i osobine kao što su atraktanti i sl. (Halver i Hardy, 2013.).

Hranidba do sitosti prosječni dnevni obrok na pokusu tvrtke Cromaris d.d su uspoređeni s rezultatima Modela 2 i s rezultatima primjene modela koji je za brancina predložila Lupatsch (2005.) (Slika 10). Procjena obroka prema Lupatsch (2005.) približno odgovara prosječnom dnevnom obroku koji je ostvaren u ovom pokusu. Prosječni dnevni obrok u pokusu je na razini od 70% od procjene maksimalnog dnevnog obroka pomoću Modela 2, iako je ciljano smanjenja bilo na 80%.

U istraživanju Lupatsch (2001.) podatci se odnose na ribu mase 64,3 g. koja je jela 0,68 g/ hrane na dan. Iz radova Lupatsch (2001; 2005.) može se zaključiti da hranjenje do sitosti na pokusu

tvrtke Cromaris d.d. bilo intenzivnije nego na pokusima Lupatsch (2001; 2005.), moguća dva razloga veće potrošnje hrane su rasap i različiti uzgojni uvjeti u uzgoju.

8. ZAKLJUČAK

Procjena maksimalnog dnevnog obroka je korisna za optimiziranje dnevnog obroka i za korekcije biomase u kavezu tijekom uzgoja, jer je maksimalni dnevni obrok u korelaciji sa optimalnim dnevnim obrokom za određen uzrast i hranu.

Maksimalni dnevni obrok za brancina u literaturi nije procijenjen. Procjena koju nalazimo u literaturi približno odgovara procijeni dnevnog obroka.

Uzgojni uvjeti i stanje okoliša moraju biti što sličniji uzgojnim uvjetima u proizvodnji i uvjetima kod korištenja parametriziranog modela, što je veća razlika uzgojnih uvjeta i stanja okoliša biti će i veće odstupanje u procjeni hranidbe.

U budućim istraživanjima trebali bi konačnu procjenu i validaciju preporuke dnevnog obroka u odnosu na maksimalni procijenjeni obrok procijeniti u proizvodnom pokusu gdje bi hranjenje trebalo provesti na razinama od 70-80% od procijenjenog maksimalnog obroka i na taj način uvesti mjeru maksimalnog obroka u tehnološki postupak procjene dnevnog obroka. Prednost toga je što se maksimalni obrok uvijek može testirati tijekom proizvodnog ciklusa što je korisno za korekcije procjene biomase u kavezima.

9. LITERATURA

1. Abbate, F., Guerrera M.C., Montalbano, G., De Carlos, F., Suárez, A.Á., Ciriaco E, Germanà, A. (2012) Morphology of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) tongue. *Microsc Res Tech.*;75(5):643-9. doi: 10.1002/jemt.21105. Epub 2011 Nov 7. PMID: 22505185.
2. Arechavala-Lopez, P., Sanchez-Jerez, P., Bayle-Sempere, J., Sfakianakis, D., Somarakis, S. (2012.) Morphological differences between wild and farmed Mediterranean fish. *Hydrobiologia* 679: 217–231
3. Azzaydi, M., Martinez, F. J., Zamora, S., Sánchez-Vázquez, F. J., Madrid, J. A. (1999.). Effect of meal size modulation on growth performance and feeding rhythms in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Aquaculture*, 170 (3-4), 253-266.
4. Ayoola, A. (2010.). Replacement of Fishmeal with Alternative Protein Sources in Aquaculture Diets.
5. Boujard, T., Gelineau, A., Coves, D., Corraze, G., Dutto, G., Gasset, E., Kaushik. S. (2004.). Regulation of feed intake, growth, nutrient and energy utilisation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed high fat diets. *Aquaculture*, 231(1-4), 529-545.
6. Boujard, T., Jourdan, M., Kentouri, M., Divanach, P. (1996.) Diel feeding activity and the effect of time-restricted self-feeding on growth and feed conversion in European sea bass. *Aquaculture* 139, 117 – 127.
7. Bogut, I., Bavčević, L., Stević, I, Adámek, Z., Franičević, V., Galović, D., Gjurčević, E., Klanjšček, T., Luzzana, U., Mareš, J., Mišlov-Jelavić, K., Pavličević, J., Plištić, S., Šterbić, I., Tibaldi, E., Župan, B. (2016.) Hranidba riba. Mostar Str. (35,47-57,[9,12,43,218](#),236-237)
8. Bavčević, L., Z., Franičević, J., Mišlov-Jelavić, B. (2016.) Hranidba riba. Mostar, Str. 485.
9. Bavčević, L. (2014.). Priručnik i vodič za dobru proizvođačku praksu Kavezni uzgoj lubina i komarče, Savjetodavna služba.
10. Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R. (2015.) Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Sec.* 7, 261–274.
11. Cardia, F., Lovatelli, A. (2015.). Aquaculture operations in floating HDPE cages “A field handbook FAO Fisheries and aquaculture Technical Paper 1,593.

12. D'Agaro, E., & Lanari, D. (2003.). Effects of dietary energy content on the voluntary feed intake and blood parameters of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Italian Journal of Animal Science*, 2 (3), 181-189.
13. European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products <https://eumofa.eu/aquaculture>
14. Fijan N. (2006.) Zaštita zdravlja riba, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
15. Halver, J.E., Hardy, R.W. (2013.). Fish nutrition, 3ed, Elsevier
16. Houlihan, D., Boujard, T., & Jobling, M. (Eds.). (2001.). *Food intake in fish*. Blackwell Publishing.
17. Helfrich, L. A., Libey, G. S. (1991.). Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Virginia Cooperative Extension.
18. Hussain, S. M., Bano, A. A., Ali, S., Rizwan, M., Adrees, M., Zahoor, A. F., ... & Naeem, A. (2024.). Substitution of fishmeal: Highlights of potential plant protein sources for aquaculture sustainability. *Heliyon*.
19. Hossu, B., Korkut, A.Y., Salnur, S. (2005.). Investigation on feeding tables for sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) in net-cage (Pinar Marine Company) culture. Ege University, Faculty of Fisheries, Turkey.
20. Ministarstvo poljoprivrede (2014.): Nacionalni strateški plan razvoja akvakulture za razdoblje 2014.-2020. Godine. Dostupno na: <https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=14>
21. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva (2007.) : Proizvodnja konzumne ribe u šaranskim ribnjacima. Dostupno na: <https://www.savjetodavna.hr/2007/page/18/?print=print-search>
22. M L Kalayda and D S Dementiev (2019.) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 288 012047
23. Macintosh, D. J. (1994.). Aquaculture in coastal lagoons. In *Elsevier Oceanography Series* Vol. 60, pp. 401-442). Elsevier.
24. Jardas, I. (1996.). Jadranska Ihtiofauna. Zagreb: Školska knjiga.
25. Luša, L. (2016.). Važnost bijele ribe u prehrani čovjeka. Veleučilište u Šibeniku, završni rad, Šibenik.
26. Lupatsch, I. (2005.). Protein and energy requirements in Mediterranean species. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 63 (63), 9-18.

27. Lupatsch, I., Kissil, G. W., Sklan, D. (2001.). Optimization of feeding regimes for European sea bass *Dicentrarchus labrax*: a factorial approach. *Aquaculture*, 202(3-4), 289-302.
28. Novosel, B. (2019.). Utjecaj vremena nasadivanja mlade orade, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) i lubina, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758.) na rast i konverziju hrane u kaveznom sustavu. Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, znanstveni rad, Pula.
29. Novriadi, R. (2017.) "A Meta-analysis approach toward fish meal replacement with fermented soybean meal: effects on fish growth performance and feed conversion ratio." *Asian Fisheries Science* 30.4: 227-244.
30. My Data Science Notes (2020.). dostupno na: <https://bookdown.org/mpfoley1973/data-sci/model-validation.html>
31. Milošević, R., Šarić, T., Bavčević, L., Datković, A., Čolak, S., Župan, I. (2024.). Stanje marikulture u Hrvatskoj: analiza prostorne raspodjele uzgajališta riba i školjkaša. U L. Bavčević, L., Čolak, S., Župan, I. (Eds.), *Knjiga sažetaka I. znanstveno-stručnog skupa s međunarodnim sudjelovanjem posvećenog marikulturi u Jadranskom moru - Adriatic Mariculture* (str. 38). Zadar: Sveučilište u Zadru.
32. Ruyet, J., Mahé, K., Bayon, N., Delliou, H. (2004.). Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*. 237. 269-280. 10.1016/j.aquaculture.2004.04.021.
33. Tahar, A., Kennedy, A., Fitzgerald, R.D., Clifford, E., Rowan, N. (2018.) Full Water Quality Monitoring of a Traditional Flow-Through Rainbow Trout Farm. *Fishes*. 3, 28. <https://doi.org/10.3390/fishes3030028>
34. Seginer, I. (2016.). Growth models of ghlthead sea bream (*Sparus aurata* L.) for aquaculture. Haifa, Israel.
35. Scott, D. C. B., Muir, J. F. (2000.). Offshore cage systems: A practical overview. *Option Mediterraneennes-International Centre for Advanced Mediterranean Agronomic Studies*, 79-89.
36. Vázquez, F.J.S., Muñoz-Cueto, J.A. (Eds.). (2014.). *Biology of European Sea Bass* (1st ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/b16043_str.391

37. Vandeputte, M., Gagnaire, PA., Allal, F. (2019.) The European sea bass: a key marine fish model in the wild and in aquaculture. *Anim Genet.* 2019 Jun;50(3):195-206. doi: 10.1111/age.12779. Epub 2019 Mar 18. PMID: 30883830; PMCID: PMC6593706.)
38. Volkoff, H., Rønnestad, I. (2020.). Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature*, 7(4), 307–320. <https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1765950>
39. Yusoff, F. M., Umi, W. A., Ramli, N. M., Harun, R. (2024.). Water quality management in aquaculture. *Cambridge Prisms: Water*, 2, e8.
40. Van Der Meer, J. (2006.). An introduction to Dynamic Energy Budget (DEB) models with special emphasis on parameter estimation. *Journal of sea research*, 56(2), 85-102.
41. Zarate, Lovell, Payne. (1999.). Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture Nutrition*, 5(1), 17-22.