

Biologija oblića rod Anisakis

Zagorec, Marko

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:256143>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno–matematički fakultet
Biološki odsjek

Marko Zagorec

Biologija oblića - rod *Anisakis*

Završni rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Marko Zagorec

Biology of nematodes - genus *Anisakis*

Bachelor thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa Znanosti o okolišu na zoologijskom zavodu biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Marka Miliše.

ZAHVALE

Volio bih zahvaliti svojem mentoru, prof. dr. sc. Marku Miliši na ukazanom smjeru za odabir teme i strpljenju prilikom odabira iste, odgovorima na sva moja pitanja i pomoći prilikom izrade završnog rada.

Također, hvala svim profesorima koji su me vodili kroz tri godine preddiplomskog studija, na svom prenesenom znanju, savjetima, strpljenju i trudu da se što bolje pripremim za buduće obrazovanje, ali i život uopće.

Veliko hvala i svim mojim prijateljima i kolegama koji su uvijek bili uz mene, činili studiranje lakšim, pomagali mi u teškim trenucima i dodatno uljepšavali one lijepe.

Za kraj, najviše zahvaljujem svojoj obitelji koja mi je uvijek podrška i oslonac, koja me uvijek potiče i gura dalje u onome što radim i volim, podiže kad je teško i bez koje se ne mogu zamisliti.

Neizmjereno sam zahvalan svima navedenima i bez ijednoga od Vas ovo ne bih mogao postići!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Završni rad

Biologija oblića - rod *Anisakis*

Marko Zagorec

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Oblići roda *Anisakis*, nametnici su koji primarno parazitiraju na morskim sisavcima. U životnom ciklusu, međutim, parazitiraju i čitavi niz manjih organizama. U svim ovim (među)domadarima uzrokuju konstantni gubitak energije što utječe na njihovo ponašanje i fiziologiju, a intenzitet ovisi o količini oblića i naravno, životnom stadiju (starosti) domadara. Cilj ovog završnog rada je proučiti i iznijeti svojstva oblića roda *Anisakis* - njihovog izgleda, tj. morfologije, životnog ciklusa, prisutnosti u području hrvatskog dijela Jadrana te utjecaja na ljude, ponajprije kroz bolest – anisakijazu – koju uzrokuju ako dospiju do ljudi (unosom zaražene, sirove ili termički nedovoljno obrađene hrane morskog porijekla poput, primjerice, nedovoljno kuhanih lignja, sirovih fileta ribe ili sirovih škampa). Zabrinjavajuće je da se van znanstvenih krugova, ne zna mnogo o problematici ovih oblića i ne poduzima se u svim zemljama dovoljno mjera opreza, a to se posebice odnosi na zemlje gdje su poznata jela pravljen od sirove ribe ili škampa. U ljudima se ličinka ne može razviti do odraslog stadija koji proizvodi jajašca (tj. ne može završiti životni ciklus). Ljudi nisu ciljano određeni ovog nametnika već slučajni domadar. Čak i ako se zanemari bolest kao problem, jasno se vidi da oblič parazitira u mnogim gospodarski važnim i tržišno dostupnim ribama poput tune, oslića ili šaruna što čini problem u danas još važnijoj gospodarskoj djelatnosti – ribarstvu.

Ključne riječi: nametništvo, nametnik, domadar, anisakijaza
(37 stranica, 15 slika, 5 tablica, 25 literaturna navoda, jezik: hrvatski)
Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Mentor: prof. dr. sc. Marko Miliša

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Bachelor thesis

Biology of nematodes - genus *Anisakis*

Marko Zagorec

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Nematodes of the genus *Anisakis* are parasites that primarily invade marine mammals. In the life cycle, however, they also parasitize a lot of different, smaller organisms. In all these hosts, they cause a constant loss of energy, which affects their behavior and physiology, and the intensity depends on the amount of nematodes and, of course, the life stage (age) of the hosts. The aim of this bachelor thesis is to study and present the characteristics of the species from the genus *Anisakis* - their appearance, i.e. morphology, life cycle, presence in the Croatian part of the Adriatic sea and their impact on humans, primarily through the disease - anisakiasis - which they cause if they reach humans (through intake of infected, raw or insufficiently thermally processed seafood such as, for example, undercooked squid, raw fish fillets or raw shrimp). It is worrying that outside scientific circles, not much is known about the problem of these nematodes and in many countries, not enough precautions are taken. This especially applies to countries with famous dishes made from raw fish or shrimps. In humans, the larva cannot develop to the adult, egg-producing stage (i.e. it cannot complete the life cycle). Humans are not the target destination of this parasite, but an accidental host. Even if the disease is ignored as a problem, it is clearly seen that the nematode parasitizes many economically important and marketable fish such as tuna, hake or sea bream, which creates a problem in today's even more important economic activity – fishery.

Keywords: parasitism, parasite, host, anisakiasis
(37 pages, 15 figures, 5 tables, 25 references, original in: croatian)
Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: prof. dr. sc. Marko Miliša

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. SISTEMATIKA I SVOJSTVA RODA <i>Anisakis</i>	3
3. MORFOLOGIJA I ŽIVOTNI CIKLUS	5
3.1. RAZVOJNI STADIJI OBLIĆA RODA <i>Anisakis</i>	8
4. GEOGRAFSKA RASPROSTRANJENOST	16
5. VRSTE RODA <i>Anisakis</i> U PODRUČJU JADRANSKOG MORA REPUBLIKE HRVATSKE	22
6. OPASNOST ZA LJUDE – ANISAKIJAZA	27
7. ZAKLJUČAK.....	33
8. POPIS LITERATURE.....	35

1. UVOD

Oblici su blastocelomatni¹ organizmi koji žive kao nametnici, ali i kao slobodni nenametnički oblici, diljem biosfere. Slobodnoživući nastanjuju more, slatke vode i kopnena staništa. Pripadaju bilateralno simetričnim životinjama s elementima radijalne simetrije u vanjskoj i unutarnjoj građi. Tijelo im je crvoliko, a na poprečnom presjeku okruglo (grč. *nema* – nit, konac). Veličina tijela može jako varirati, od onih najmanjih oblika veličine manje od 1 mm pa sve do dužine preko 1 m (zabilježene su vrste dugačke čak 8 m). Mužjake od ženki može se razlikovati s obzirom na broj otvora s trbušne strane – ženke imaju ekskrecijski, analni i spolni otvor dok mužjaci imaju jedan otvor manje. Kod mužjaka se s trbušne strane nalaze ekskrecijski otvor i kloaka (u otvor kloake se otvaraju crijevo i spolni sustav koji završava kopulatornim četinama).

Pokrovni sustav oblića izuzetno je važan, posebice u nametničkih oblika. Višeslojna, bjelančevinasta (95 %), elastična kutikula osim što tijelu daje mehaničku potporu, pruža i zaštitu od nepovoljnih uvjeta. Kutikula je na površini naborana pa se često može zapaziti njen prstenast izgled, nalik na metameriju². Ovdje se, međutim radi o pojavi lažne kolutićavosti tzv. pseudometamerije.

Ispod kutikule nalazi se epiderma, a ispod nje, u uzdužne su pruge raspoređene mišićne stanice koje čine četiri kvadranta mišića. Kontraksije uzdužnih mišića i, suprotno tome, relaksacije ostalih mišića osnova su za pokretanje tijela savijanjem. Dodatni oslonac daje hidroskelet kojeg čini tekućina u blastocelu (slika 1). Mišićne stanice inerviraju postrani živčani nastavci koji proizlaze iz uzdužnih živčanih vrpca (slika 1). One su zajedno s prstenom oko ždrijela osnova živčanog sustava. Upravo u tom području (okoždrijelnog prstena) su najgušće smještene osjetila u nenametničkih oblika.

Slobodnoživući, nenametnički oblici često su karnivori (hrane se drugim manjim mnogostaničnim organizmima) ili fitofagi (hrane se algama kremenjašicama, gljivicama i bakterijama), a neki kopneni oblici hrane se čak stanicama korijenja biljaka.

¹ blastocel - pseudocel, pseudocelom; lažna tjelesna šupljina ispunjena tekućinom nastala u razvojnoj fazi blastule,; u embriološkom smislu to je primarna tjelesna šupljina

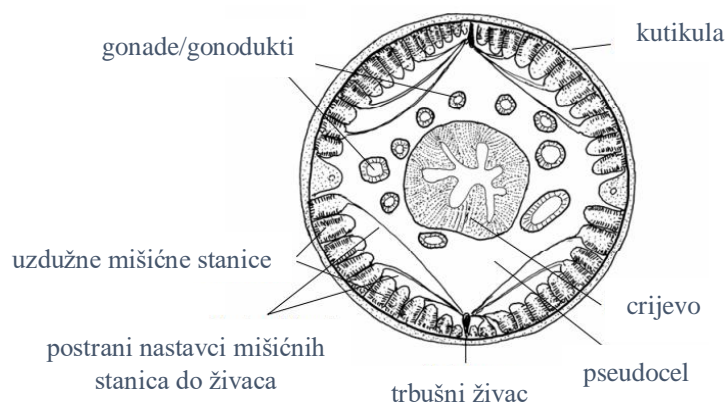
² *zool.* segmentna građa tijela; kolutićavost; segmenti se ponavljaju jedan za drugim duž osovine tijela

Ipak, mnogi slatkovodni, morski i kopneni oblici pripadaju saprofagima hraneći se organskim detritusom bilo biljnog ili životinjskog porijekla. Probavilo je kod ovih životinja prohodno. Građa same usne šupljine uvelike ovisi o načinu prehrane – primjerice karnivorni oblici često imaju jedan ili nekoliko zubića kojim savladavaju plijen dok neki oblici koji se hrane tako da isisavaju sok iz bilja, u usnoj šupljini imaju bodežić.

Za disanje, oblici nemaju specijalizirane organe. Kod nenametničkih, aerobnih vrsta koji nastanjuju mora i slatke vode, kisik difundira kroz tjelesnu stijenku do unutarnjih organa pri čemu, smatra se, hemoglobin u mišićnim stanicama pospješuje prolaz.

Ekskretornu i osmoregulatornu ulogu preuzeli su ekskrecijski organi, tjelesna stijenka i crijevo - reguliraju količinu vode, koncentraciju iona i ekskreciju produkata metabolizma. Dušikovi ostaci metabolizma izlučuju se, kod većine vrsta, u obliku amonijaka kroz pokrovni sustav i preko crijeva dok ekskretorni organi (žljezdaste strukture zvane renete i cjevasti H-organi) reguliraju sadržaj vode i koncentraciju iona.

Oblici su najčešće odvojenog spola. Mužjaci su obično manji od ženki i zavijenog stražnjeg kraja tijela. Ženke često proizvode feromone kako bi privukle mužjake. Nakon oplodnje, jaje obavije oplodna membrana koja otvrdne. Kasnije na njoj stanice maternice izgrade vanjsku membranu. Oblik i skulpturiranost površine vanjske ovojnice jaja specifični su za svaku vrstu i time su postali glavno obilježje determinacije vrsta – to je posebice važno pri određivanju nametničkih oblika (Habdija i sur., 2011.).



Slika 1 – Shematski transverzalni presjek oblića (preuzeto i prilagođeno iz: Berland, 2006.)

2. SISTEMATIKA I SVOJSTVA RODA *Anisakis*

Koljeno *Nematoda* uključuje više od 250 porodica i više od 40 000 poznatih vrsta. Osim slobodnoživućih oblića u slatkovodnim, morskim i kopnenim staništima, postoje i nametnički oblići koji koriste biljke, životinje i ljude kao domadare na globalnoj razini. Upravo s antropocentričnog pogleda, u fokusu su više nametničke vrste, poznate kao važni patogeni. Neki od njih prirodno nastanjuju morski okoliš gdje su široko rasprostranjeni kroz niz različitih domadara. Tijekom evolucije, nametnički su se oblići prvo razvijali u kopnenim domadarima, a vodeni okoliš mogli su početi nastanjivati tek kasnije, s razvojem heteroksenije (upotreba više posrednih domadara za završetak životnog ciklusa) i parateneze (upotreba transportnih domadara). Srednji domadari pospješuju rast i razvoj ličinki do stadija u kojem je oblič sposoban zaraziti svog konačnog domadara. Svi domadari prije onog konačnog sudjeluju i u vremenskom i u prostornom širenju nametnika, čime se povećava vjerojatnost prijenosa do konačnog domadara (Klimpel. i Palm, 2011.).

Poznato je da gastrointestinalni nametnički oblići uzrokuju širok raspon bolesti i posljedica na zdravlje ljudi i životinja (Klimpel i Palm, 2011.). Dobar primjer su oblići predstavnici roda *Anisakis* čija je sistematska klasifikacija navedena u tablici 1. Bolesti izazvane nametnicima općenito se nazivaju zoonoze.

Zoonoze³ koje se prenose hranom preko vodenih životinja najčešće su povezane s oblicima porodice Anisakidae iz rodova *Anisakis* (Dujardin, 1845.), *Contracaecum* (Railliet i Henry, 1912.), i *Pseudoterranova* (Mozgovoi, 1951.). Oni se obično nalaze u probavnom traktu morskih sisavaca, a od međudomadara zaraze vodene beskralježnjake i kralježnjake (Klimpel i Palm, 2011).

³ zoonoze – (grč. *zoon* – životinja i *nosos* – bolest) skupina zaraznih bolesti koje su zajedničke ljudima i životinjama; koje se mogu prenositi sa životinja na ljude i obratno; izvori širenja zoonoza mogu biti i domaće i divlje životinje; ljudi se mogu inficirati direktno preko živih životinja (kontakt sa slinom, izmetom, mokraćom te ugrizom ili ogrebotinom) ili nakon konzumiranja onečišćene/nedovoljno termički obrađene hrane životinjskog porijekla; težina simptoma oboljenja u ljudi može varirati

Tablica 1 – Sistematska podjela oblića roda *Anisakis* (World Register of Marine Species, 2021.)

Nadcarstvo (domena)	Eukarya (eukarioti)
Carstvo	Animalia
Koljeno	Nematoda
Razred	Chromadorea
Red	Rhabditida
Porodica	Anisakidae
Rod	<i>Anisakis</i>

Unutar filogenetskog stabla roda *Anisakis* postoje dva klastera. Genetska diferencijacija i filogenetski odnosi izvedeni iz 20 enzimskih lokusa i mitohondrijskih biljega revidirani su i uspoređeni. Dvije genetske analize su podudarne u prikazivanju njihovih filogenetskih odnosa. Pokazalo se da postoje dva glavna klastera u dobivenim stablima, tip I koji obuhvaća vrste *A. pegreffii*, *A. simplex s.s.*, *A. simplex C*, *A. typica*, *A. ziphidarum* i *Anisakis sp.*; i tip II koji uključuje *A. physeteris*, *A. brevispiculata* i *A. paggiae*. Postojanje dvaju klastera također je podržano njihovom diferencijacijom u morfologiji odraslih i ličinki, vidljivo na slici 4 (Mattiucci i Nascetti, 2006.).

Oblici iz porodice Anisakidae su najvjerojatnije prvi put prepoznati u ribama koje su međudomadari još u 13. stoljeću, a kod morskih sisavaca tek početkom 18. stoljeća. Godine 1867. uočeno je da povremeno uzrokuju oboljenja ljudi, a kao učestali uzrok infekcije utvrđeni su 1950-ih i 1960-ih (Myers, 1976.). Zato je važno njihovo istraživanje.

3. MORFOLOGIJA I ŽIVOTNI CIKLUS

Morfologija odraslih jedinki igrala je važnu ulogu u taksonomiji roda *Anisakis* spp. Tako su primarni čimbenici duljina i oblik ventrikulusa⁴, duljina i oblik muških spikula⁵ te raspored muških kaudalnih papila. Kod ličinka, morfološke značajke bile su duljina ventrikula i prisutnost/odsutnost kaudalne kralježnice – tako se mogu razlikovati *Anisakis* tip I i *Anisakis* tip II (Karović, 2022.). Trenutno se identifikacija članova cijele porodice provodi korištenjem molekularnih testova (Ángeles-Hernández i sur., 2020.). Primjerice, u stadiju kada jedinke inficiraju ribu izgledaju poput opruga – sklupčano i namotano (slika 2) dok u konačnom domadaru (morski sisavci, npr. kitovi) postaju deblji i čvršći kako bi što bolje podnosili izazovne uvjete crijeva sisavaca (slika 3).



Slika 2 – ličinke L3 stadija nametnika u osliću (*Merluccius merluccius*); snimljeno u laboratoriju Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu (preuzeto iz: Nonković, 2021.)



Slika 3 – odrasle jedinke *Anisakis physeteris* pronađene u utrobi nasukanog kita ulješure, pomiješane s kljunovima lignji te ostacima hrane (preuzeto iz: Institute of Marine Research, 2022.)

⁴ žljezdani dio jednjaka; želudac

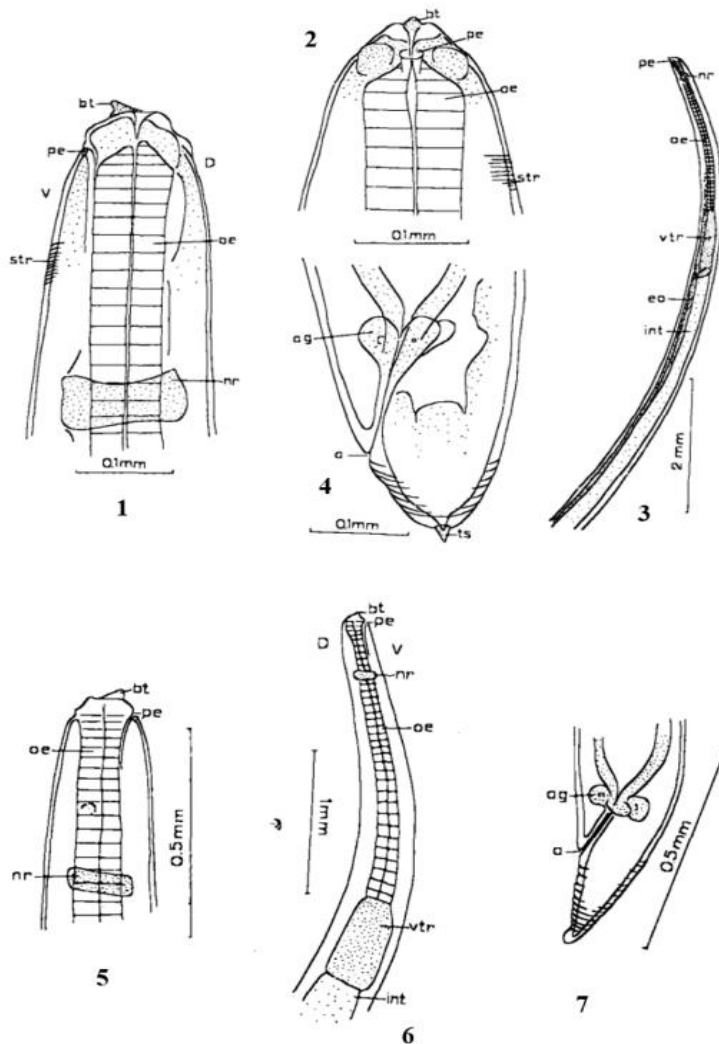
⁵ tvorbe koje pomažu proširiti spolnicu ženke i unijeti spermije

Smatra se da ličinke u prirodnim uvjetima, unutar ribe (stadij L3), vjerojatno održavaju svoju vitalnost još i duže živeći u anabiozi⁶ sve dok ne stignu i prodru u probavni trakt svog konačnog domadara ili točnije - do svoje 4. faze. U eksperimentalnim uvjetima, ličinke ostavljene u fiziološkoj otopini natrijevog-klorida na 2°C, preživjele su i do 8,5 mjeseci, a pretpostavka je da u prirodnim uvjetima preživljavaju čak i duže nego što je utvrđeno eksperimentom (Grabda, 1976.).

Rod *Anisakis* karakteriziraju neke općenite značajke svih oblića kao što su crvoliko tijelo okruglog presjeka, anteriorno smještena usta te nedostatak segmentacije. Tjelesnu šupljinu čini, ranije spomenuti, blastocel. Baš kao i kod ostalih nametnika s vrlo složenim životnim ciklusom koji uključuje više domadara, morfologija jedinke ovisi o stadiju života jer je svaki stadij maksimalno prilagođen tako da odgovara tjelesnim, tj. životnim potrebama. Morfološke osobine su zabilježene izučavanjem jedinki in vitro uzgoja - Grabde je opisala sve razvojne stadije (1976.) nametnika roda *Anisakis* (Blažeković, 2013.).

Imaju duguljasto tanko tijelo, mliječno-bijele do biserno-bijele boje. Spiralno namotani parazitiraju ispod serozne ovojnice visceralnih organa. Duljina ovisi o starosti ličinke, a kreće se uglavnom od 19 do 27 mm, širine 0,3 do 0,5 mm. Na glavi se nalazi zubić veličine do 10 µm. On služi kao alat za probijanje jajne ovojnice te stijenki crijeva tijekom njihove migracije, a ujedno je i osnovna struktura za identifikaciju nametnika (Karović, 2022.).

⁶ *biol.* prividna smrt zbog nepovoljnih uvjeta života (npr. zimski san u životinja)



Slika 4: 1-4 ličinka tipa I.:

1 - lateralna strana glave (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, str - brazde, nr – živčani prsten, oe – ždrijelo)

2 - ventralna strana glave (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, oe – ždrijelo, str - brazde)

3 - lateralna strana anteriornog kraja (pe – ekskretorna pora, nr – živčani prsten, oe – ždrijelo, vetr – ventrikul (želudac), eo – ekskretorni organ, int – crijevo)

4 - rep (ag – analne žlijezde, a – anus, ts – repna bodlja)

5-7 ličika tipa II.:

5 - lateralna strana glave (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, oe – ždrijelo, nr – živčani prsten)

6 - lateralna strana anteriornog kraja (bt – zub za bušenje, pe – ekskretorna pora, nr – živčani prsten, oe – ždrijelo, vetr - ventrikul, int – crijevo)

7 - rep (ag – analne žlijezde, a – anus) (preuzeto iz: Metić, 2020.)

3.1. RAZVOJNI STADIJI OBLIĆA RODA *Anisakis*

JAJAŠCA – Mogu biti ovalna ili okrugla, prosječne veličine $41 \times 42 \mu\text{m}$; s glatkom, tankom i prozirnom ljuskom. Nakon 2-5 dana vidljive su smotane i pokretne ličinke L1.

LIČINKA L1 - Razvija se u jajašcima.

LIČINKA L2 - Ličinka se u jajašcu, nakon faze L1, prvi put presvlači prelazeći u stadij L2. Plašt kutikule ostaje obavijen oko tijela (karakteristika ove skupine) i formira dugi šiljasti rep (važan u identifikaciji) unutar kojeg se nalazi kraći, obli rep. Tijelo ličinke je najdeblje u prednjem dijelu (20-23 μm) s postepenim sužavanjem prema kraju. Blago asimetrično, na vrhu glave nalazi se zubić za bušenje. Dok unutarnji organi još nisu diferencirani, probavilo se sastoji od jednjaka (kao tanki kanalić) i slabo razvijenog crijeva. Ličinke su s kutikulom duge 297-351 μm , a bez kutikule 281-293 μm ; kutikulu odbacuju tek nakon što ih pojede prvi intermedijarni domadar.

LIČINKA L3 - Bijele su boje; a dužina varira 19-28 mm s tijelom širine 0,30-0,50 mm. Pojavljuju se u tjelesnim šupljinama (najčešće crijevima i trbušnoj šupljini) parateničnih domadara. Obično su savijene u spirale, obavijene cistama ili se nalaze ispod peritonealne membrane (ovojnice); mogu se naći i izvan ovojnice potpuno okružene mišićima ili da se prednjim dijelom uhvate za želučani mišić dok zadnji dio ostaje slobodan u trbušnoj šupljini.

Osnova identifikacije jesu zubić za bušenje jajne ovojnice i tri slabo razvijene usne; ispod potonjih smještena je ekskretorna pora - otvor kanalića jednostanične žlijezde za izlučivanje. Spomenuta se žlijezda proteže uz trbušnu stranu, uz jednjak, želudac i prednji dio crijeva, a može se vidjeti kao tamna pruga kod živih ličinki. Probavna se cijev nastavlja iz usnog otvora u mišićni jednjak koji je kanal debelih stijenki (dužina ovisi o veličini jedinke) građenih od naizmjenično, kružno posloženih mišića i žljezdastih stanica te okružen ganglijskim prstenom. Žljezdani dio jednjaka naziva se želudac (ventrikulus) također građen od velikih žljezdastih stanica i direktno je povezan s crijevom – dakle probavnu cijev čine jednjak, želudac i crijevo. U ovom stadiju ličinke se ne hrane pa je probavni kanal sužen i bez čestica hrane, a crijevo prazno i ne ispunjava čitav prostor pseudocela. Probavni kanal završava rektumom (kratki kanal s debelim slojem kutikule; oko rektuma su smještene tri analne žlijezde koje se ulijevaju u njega) i anusom. Tek nakon presvlačenja, kada započinje stadij L4, mijenja se stanje epitela!

LIČINKA L4 - Stadij započinje presvlačenjem i prvim unosom hrane iz probavnog sustava konačnog domadara (dakle u ovom stadiju crijevo postaje aktivno). Dužina varira 25-31 mm, a debljina 0,45-0,70 mm. Ličinke u ovom stadiju više nisu bijele boje jer čestice hrane ispunjavaju probavilo – sada su žute do svjetlo smeđe. Vrlo slično usnama odraslih, na glavi se nalaze 3 dobro razvijene usne no više nemaju zubić za bušenje jajne ovojnice. Stražnji dio tijela je kratak i zaobljen, s čvorićem umjesto repića (mukrona). Izostanak potonjeg, baš kao i zubića za bušenje, posljedica je presvlačenja, tj. odbacivanja kutikule na kojoj su obje strukture prethodno bile učvršćene. Jednjak je nešto duži nego u stadiju L3, a ganglijski se prsten nalazi malo dalje od vrha glave. Lumen crijeva je dobro vidljiv kao kanal ispunjen sadržajem. Rektum je kratak i presvučen debelim slojem kutikule, a završava u anusu. Uz rektum su smještene tri jednostanične analne žlijezde, dvije leđno i jedna trbušno. Epitelne stanice razvijaju se velikom brzinom.

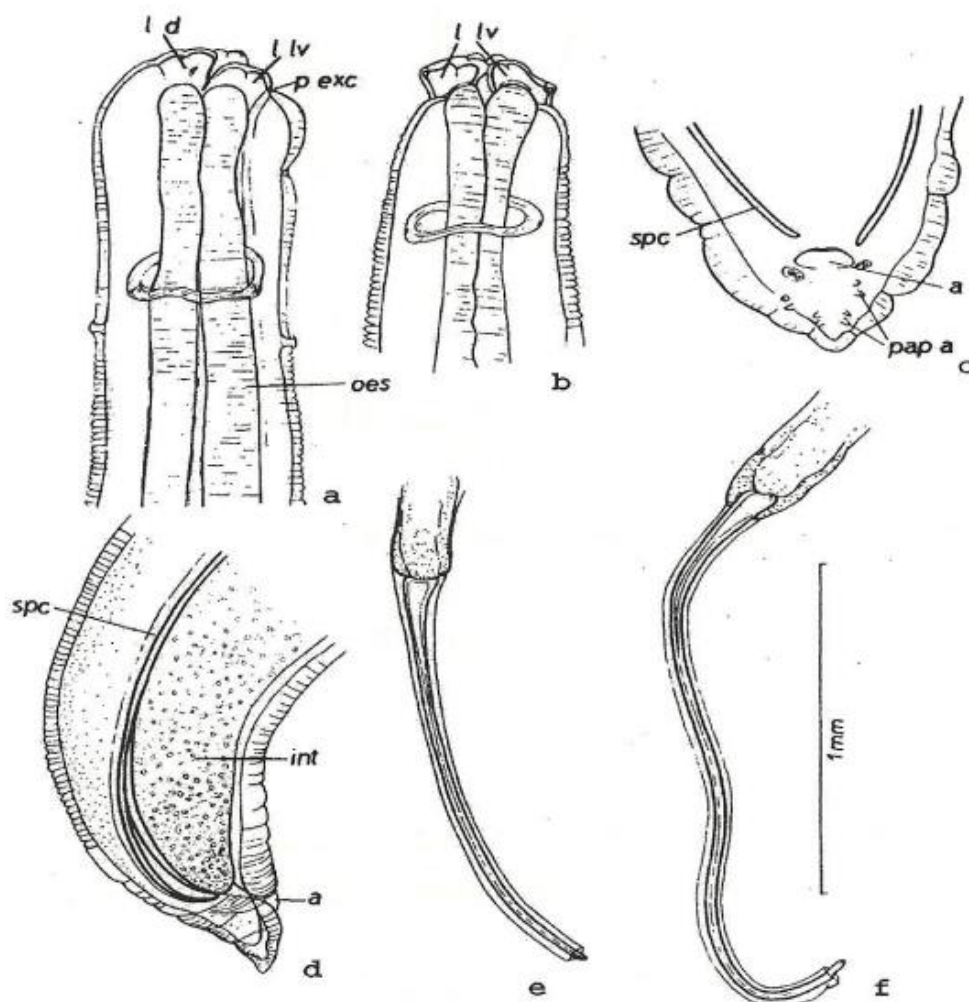
ODRASLA JEDINKA - Dužina tijela varira – ovisi o vrsti i veličini konačnog domadara u kojem nametnik sazrijeva (kroz vrijednosti srednje dužine, zabilježeno je da što je veći konačni domadar, to je duže tijelo nametnika). Oko usta nalaze se jedna velika leđna usna i dvije manje, trbušno-postrane (između njih nalazi se izlaz ekskretorne žlijezde). Jednjak je dugačak, s izduženim želudcem cilindričnog ili S oblika spojenim s crijevom. Za razliku od drugih sličnih rodova, niti želudac niti crijevo nemaju privjeske. Rektum je tanak, kratak, a završava u anusu. Rep je kratak i stožast (čunjast). Kutikula je u odraslih jedinki višeslojna, debela i vrlo čvrsta. Specifičnost roda čine dužina ventrikulusa (želudca), dužina spikula⁷ te njihov međuodnos u brojnosti i položaju prema postanalnim bradavicama kod mužjaka (Grabda, 1976.).

Kod većine mužjaka, stražnji je kraj tijela zavijen prema trbušnoj strani. U blizini ventrikulusa nalazi se ekskretorna žlijezda. Crijevo mužjaka ispunjeno je sadržajem i ne razlikuje se od L4 stadija. Spolni sustav čine jedan sjemenik i sjemenovod koji se preko trbušnog ejakulatornog kanala otvara u kloaku. Uz leđnu stijenku kloake nalaze se kopulatorne spikule koje su različite dužine, a čija veličina ovisi o dužini jedinke.

⁷ mužjaci u kloaki (nečisnici) imaju dvije spikule kojima se prihvate za ženku te prošire spolnicu kako bi u tijelo ženke unijeli spermije

Za razliku od mužjaka, tijelo ženki cilindričnog je oblika i duguljasto, sa stožastim repom dok je građa usana i želudca ista. Spolni se sustav sastoji od stidnice (smještena tik prije polovice tijela), rodnice (usmjerena anteriorno), dvije paralelne maternice (u obliku slova Y; rogovi maternice se također protežu anteriorno), jajovoda (maternica prelazi u jajovode) te jajnika (formirani u brojne petlje). Crijevo je vrlo razvijeno, proširenog lumena i ispunjeno česticama hrane.

(opis svih razvojnih stadija oblića roda *Anisakis* preuzet iz: Blažeković, 2013. i Metić, 2020.)



Slika 5 – morfologija odrasle muške jedinice vrste *Anisakis simplex*;

a) prednji dio tijela s desne strane: l d - leđna usna, l v - trbušno-postrana usna, p exc - otvor ekskretornog kanalića, oes - jednjak; b) prednji dio tijela s trbušne strane: l v - trbušne usne; c) stražnji dio mužjaka s trbušne strane: spc - desna spikula, a - anus, pap a - bradavice; d) stražnji dio tijela s desne strane: spc – desna spikula, int - crijevo, a - anus; e) desna spikula; f) lijeva spikula (preuzeto iz: Grabda, 1976.)

Oblici porodice Anisakidae imaju sposobnost infekcije širokog spektra, uglavnom, morskih⁸ organizama tijekom različitih razvojnih stadija – od jaja pa sve do odrasle jedinke sposobne za reprodukciju. Dok ličinke nastanjuju ribe, odrasli se stadiji promatraju kod konačnih domadara kao što su ptice – pelikani, pingvini i čaplje ili morski sisavci – dupini, kitovi, morski medvjedi i tuljani. Takva prilagodba za infestaciju raznih organizama koji su dio različitih trofičkih veza morskih ekosustava, primjerice od *Nyctiphanes couchii* (Euphausiacea⁹) ili *Sapa fusiformis* (Salpidae¹⁰) pa sve do spomenutih morskih sisavaca, ključna je stavka uspjeha porodice Anisakidae. Za potpuno razumijevanje životnog ciklusa ovih nametnika, potrebno je naglasiti da postoje ukupno četiri stadija ličinke – nazvane L1 (Larva 1), L2, L3 i L4. Tek u stadiju L4 moguće je razlikovati mužjake od ženki. Potonje su sposobne proizvesti čak do 1,5 milijuna jajašaca (Ángeles-Hernández i sur., 2020.).

Odrasle jedinke roda *Anisakis* borave u želudcu morskih sisavaca i obično žive u nakupinama, ugrađene u sluznicu (slika 6; A - prikazuje ličinački stadij L3 u ribama, ali princip nakupina je isti). Odrasle ženke proizvode jajašca koja se otpuštaju u crijeva ovih konačnih domadara te se fecesom dalje eliminiraju iz tijela. Ovim se putem jajašca prenose u vodeni medij gdje započinje razvoj ličinke. U probavnom traktu ne dolazi do izlijevanja jer je temperatura unutar crijeva prevelika. Razvoju ličinki iz jajašaca pogoduje niža temperatura, (viši) salinitet te prisutnost kisika – sve prisutno u moru. Tako će se u jajašcima razviti L1, a zatim i L2 ličinka (Ángeles-Hernández i sur., 2020.).

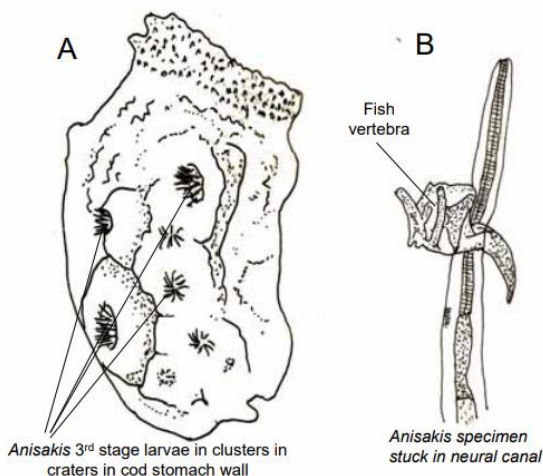
Jajašca ili L1 stupanj imaju glatku, prozirnu ljusku, ovalna su ili okrugla i prosječne veličine 40 x 50 µm. Kako bi izašli iz jajašaca nakon završenog embrionalnog razvoja, ličinkama L2 stupnja potrebno je 4-8 dana na 13-18 °C ili 20-27 dana na 5-7 °C, a prosječna duljina izvaljenog *Anisakis* spp. je 355 µm s ovojnicom i 230 µm bez ovojnice. U morskoj su vodi vrlo aktivni i mogu preživjeti 3-4 tjedna na 13-18 °C te 6-7 tjedana na 5-7 °C (Karović, 2022.).

⁸ širenje slobodno plivajućih ličinki *Anisakis simplex* u estuarije ili rijeke nije vjerojatna zbog vrlo kratkog vremena preživljavanja u slatkoj vodi (slanost 0). Nasuprot tome, *Pseudoterranova decipiens* može tolerirati niže stope saliniteta od *Anisakis simplex* (Højgaard, Dánjal Petur, 1998.) – dakle rod *Anisakis* bolje preživljava u okolini većih stopa saliniteta stoga ih nalazimo u morima

⁹ Euphausiacea – red malih, isključivo morskih rakova (kril; nor. „mala riba“)

¹⁰ Salpidae – salpe (red); jednostavne, male morske životinje, s tijelom prekrivenim plaštom od tunicina (svitkovci)

Ličinke koje slobodno plivaju progutaju planktonski račići, prvi intermedijarni domadari (ponekad su to i ribe), tada se razvijaju u ličinke 3. stadija, odnosno L3 i migriraju iz crijeva u tkiva, unutar peritonealne (potrbušne) šupljine. Kada morske ribe ili glavonošci (npr. lignje) konzumiraju domadara (račiće), oni djeluju kao paratenični¹¹ domadar – nositelji L3 stadija.



Slika 6 – A. Nakupine ličinki roda *Anisakis* u stijenci želuca velikog bakalara. B. Uzorak *Anisakisa* iz želuca kita, zaglavljen u neuralni kanal ribljeg kralješka (preuzeto iz: Berland, 2006.)

Postoji i mogućnost da rakovi ne uspiju progutati L2 ličinke. U tom slučaju, one se dalje razvijaju u L3 i opet su (im) dostupne kao plijen. U oba slučaja, kada ličinke L3 dospiju do riba ili liganja, one bivaju zarobljene u gastrointestinalnom traktu, kroz čije stijenke migriraju prema celomskoj šupljini i, kako su sad slobodne, cistiraju u unutarnjim tkivima (jetra, bubrezi, epiaksijalni¹² mišići) ili prijanjaju na serozu¹³ istih čime uzrokuju upalni odgovor, gubitak energije i ponekada promjenu ponašanja domadara¹⁴. Važno je za napomenuti kako se L3 ličinke ne mogu razvijati do stadija L4 u riba i ljudi stoga je onemogućeno razmnožavanje nametnika. Za potpuni ciklus, ovi nametnici moraju doći do konačnog domadara. Unatoč tome, ličinke L3 u ribama i lignjama zarazne su za ljude i morske sisavce. Ljudi mogu doživjeti gastrointestinalne bolove* ili alergijske reakcije kao posljedicu imunološkog odgovora na nametnika.

¹¹ paratenični – međudomadar, nositelj stadija; domadar u kojem nametnik obitava, ali ne završava svoj ciklus; organizam u kojem se razvojni oblik ne mijenja već preživljava u prvobitnom obliku; nije neophodan za završetak životnog ciklusa nametnika, ali služi kao transportni domadar da nametnik stigne do svog konačnog domadara

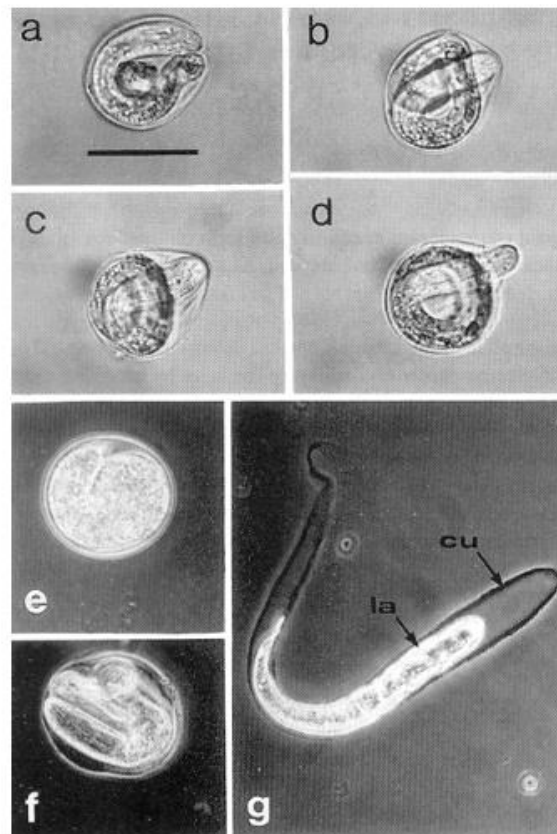
¹² epiaksijalni mišići – mišići koji leže dorzalno u odnosu na horizontalni septum kralješka (mišići povezani s kralješcima, rebrima i bazom lubanje)

¹³ seroza – anat. vanjski sloj organa smještenih u seroznim šupljinama; serozne šupljine – tjelesne šupljine obložene seroznim ovojcama

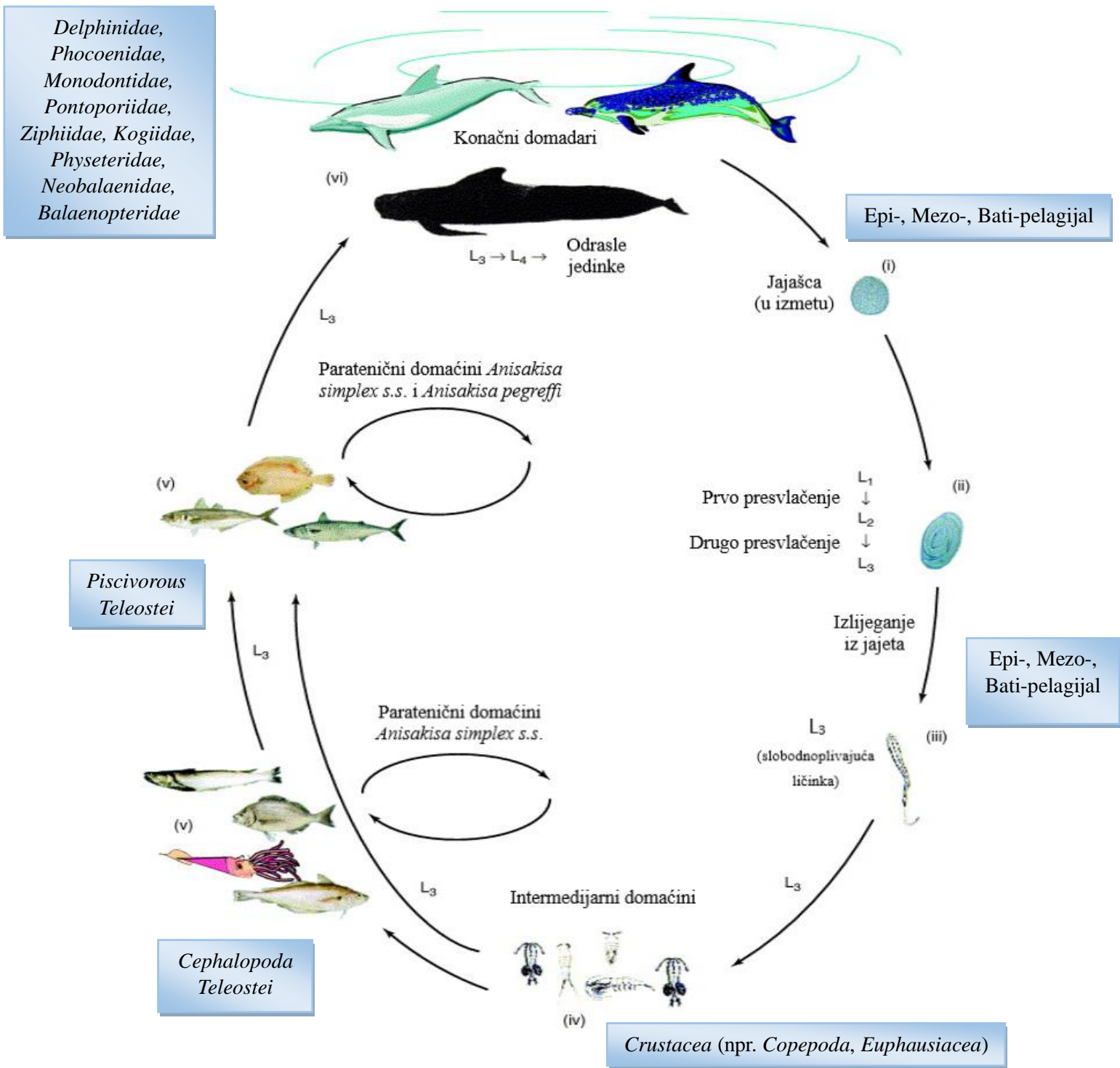
¹⁴ intenzitet navedenih simptoma ovisi o količini nametnika te zdravlju i starosti domadara

Ako zaraženu ribu progutaju ljudi ili neki drugi kopneni sisavci (npr. mačke koje obitavaju blizu ribarnica) životni ciklus ovih nametnika je zapravo prekinut jer se L3 ličinke ne mogu razviti u L4 i konačno, u odrasli oblik i samim time ne mogu proizvoditi jajašca (Nieuwenhuizen, 2016.). Ljudi se zaraze jedući sirovu ili nedovoljno kuhanu, zaraženu „morsku hranu“. Nakon gutanja, ličinke prodiru u želučanu i crijevnu sluznicu, uzrokujući ranije spomenute simptome*.

Nasuprot tome, životni je ciklus nametnika završen kada morski sisavci konzumiraju kril/ribu/lignju zaražene s L3 ličinkama. Ličinke su tada dospjele do svog konačnog domadara, probijaju želučanu sluznicu, ulaze u probavni sustav i tada se mogu potpuno razviti do L4 i odraslog oblika. Odrasle ženke polažu jajašca i time se ciklus pokreće ponovno. Postoji i mogućnost da ptica pojede zaraženu ribu (slika 9). U tom se slučaju, L3 ličinka oslobađa kroz proces probave i nametnik postaje slobodan da izvrši posljednju promjenu, u L4, i ponovi ciklus (Ángeles-Hernández i sur., 2020.).



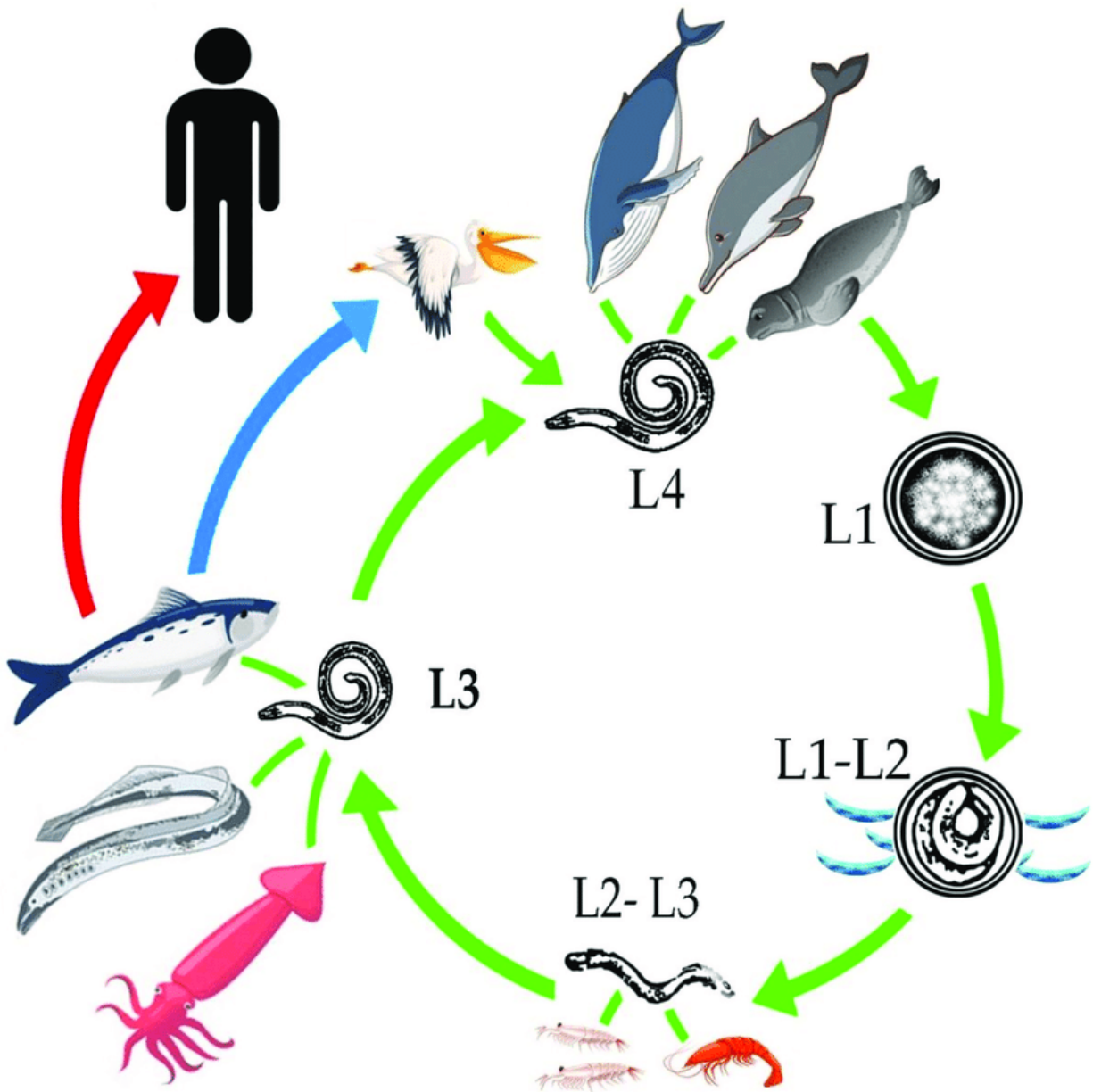
Slika 7 – izlijeganje i razvoj *Anisakis simplex* ličinke u različitim stadijima. A-C ‘guranje’. D. ‘probijanje’. E-G (s faznim kontrastom): od ‘punoglavca’ (e) do nove ličinke (g); cu: kutikula, L2 ličinka (drugog stadija); la: L3 ličinka; skala (a) = 40 μm (preuzeto iz: Højgaard, 1998.)



Slika 8 – Prikaz pelagičnog*, heteroksenkog** životnog ciklusa oblića roda *Anisakis* koji uključuje četiri stadija ličinke (L1–L4) kroz različite međudomadare (beskralježnjake i kralježnjake koji se prenose morskim prehranbenim lancem) te odrasle jedinice u konačnom domadaru reda *Cetacea* (preuzeto iz: Metić, 2020.)

* pelagičan – koji pripada otvorenom moru; oceanski, morski

** heteroksenki način života – organizam zarazi više od jedne vrste domadara; zahtijevaju najmanje dvije vrste domadara da završe životni ciklus; ugl. kod nametnika



Slika 9 – Općeniti životni ciklus porodice Anisakidae (preuzeto iz: Ángeles-Hernández i sur., 2020.)

4. GEOGRAFSKA RASPROSTRANJENOST

Zbog infestacije širokog spektra (među)domadara različitih preferenci na životne uvjete i prilagodbi na njih, za očekivati je da je geografska rasprostranjenost ovih nametnika kozmopolitska. Međutim, nasuprot iskorištavanja biološke raznolikosti kako bi došli do konačnih domadara (što povećava šanse za nastavak vrste), postoje drugi faktori, točnije oni abiotički – salinitet, temperatura, svjetlost – koji ograničavaju njihovo postojanje, a geografski su različito raspoređeni.

Razlike u vremenu izlijevanja jajašaca zbog različitih temperatura su značajne. Vrijeme od početka izlijevanja jajašaca je 3 dana na 21 °C pa sve do 21 dan na 5 °C (Tablica 3; Højgaard, 1998.). U istom se istraživanju spominje i utjecaj saliniteta te količine svjetlosti. Primjerice, konačni udjeli jajašaca koja su se izlegla pri salinitetu 0 bili su posebno niski (0,03-0,08) u usporedbi sa salinitetom 10-28 (0,21-0,34). Također, očigledno je da izloženost svjetlosti utječe na vrijeme izlijevanja u pokusima provedenim na 13°C. Tablica 3 prikazuje vrijeme izlijevanja od 4-5 dana za uzorke izložene svjetlu te 5-6 dana za one koji nisu bili izloženi svjetlu. Također, pokazuje da su te razlike značajne što ukazuje na pozitivan svjetlosni učinak. Doduše, rezultat se temelji samo na jednom skupu eksperimenata isključivo sa ili bez izlaganja svjetlu stoga ga treba uzeti s rezervom. Uz navedeno, utvrđeno je da se preživljavanje ličinki povećava sa salinitetom, ali opada s temperaturom (slika 10). Na 13 °C nisu viđene preživjele ličinke.

Tablica 3 – Vrijeme (u danima) do početka izlijevanja jaja *Anisakis simplex*, inkubiranih na različitim temperaturama i salinitetu. Svjetlo – 16 h svjetla, 8 h tame; sva ostala jaja su držana u mraku, osim tijekom pregledavanja; ispitivanja. Korištene su dvije replike. Jedna vrijednost znači isti rezultat za dva ponavljanja, u protivnom su prikazane dvije različite vrijednosti (Højgaard, 1998.)

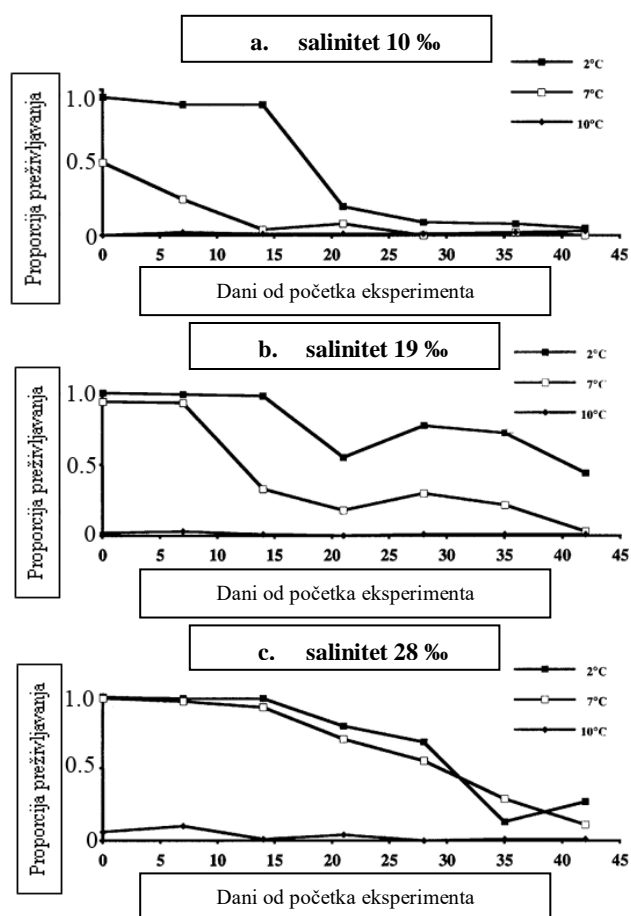
Temperatura						
	5 °C	7 °C	11 °C	13 °C	21 °C	
Salinitet	Tama	Tama	Tama	Svjetlo	Tama	Tama
0	21-22	15	9	5	5-6	3
10	21-22	15	9	4	5	3
19	21	14-15	9	4	5	3
28	21	14	9	4	5	3

Tablica 4 – Dvofaktorska ANOVA vremena izlijeganja jaja *Anisakis simplex* na salinitetu 0, 10, 19, 28, pri temperaturama 5, 7, 11, 13, 21 °C i sa svjetlom (16 h, 8 h mraka) ili bez svjetla izloženosti na temperaturi 13 °C (*: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; n.s.: nije značajno) (Højgaard, 1998.)

	df	F	Fcrit	P
salinitet	3	3.3	3.1	0.04 *
temperatura	4	4398	2.9	E-29 **
interakcija	12	1.04	2.3	0.45 n.s.

sa ili bez svjetla

salinitet	3	9	4.1	0.006**
svjetlost	1	49	5.3	0.0001**
interakcija	3	1	4.1	0.440 n.s.



Slika 10 – Udio ličinki *Anisakis simplex* koje su preživjele na temperaturama 2, 7 i 10 °C i salinitetu 10, 19 i 28. Pokusi su započeli 95 dana nakon inkubacije (preuzeto iz: Højgaard, 1998.)

Unutar porodice Anisakidae, vrste roda *Anisakis* i *Pseudoterranova* široko su rasprostranjene u morskom okolišu, ali većina izvješća je sa sjeverne hemisfere i vjerojatno odražava istraživački interes. Sa sigurnošću se može pretpostaviti da se rodovi i *Anisakis* i *Pseudoterranova* mogu pronaći svugdje gdje žive odgovarajući domadari i gdje to dopuštaju povoljni okolišni uvjeti (Measures, 2014.).

Širenje nametnika odvija se uglavnom morskim sisavcima, koji su konačni domadari jedinki porodice Anisakidae. Zbog svojih prehrambenih navika nalaze se u blizini ribolovnih područja gdje konzumiraju posrednog domadara, tj. međudomara (ribe, lignje...). Najčešća područja rasprostranjenosti porodice Anisakidae ranije su prijavljena u mediteranskoj regiji, u blizini Japana, Sjeverne Amerike i regiji Sjevernog Atlantskog oceana, budući da su to ribolovna područja od gospodarske važnosti. Namjerno ili slučajno odbacivanje ribe ili iznutrica tijekom ribolovnih aktivnosti može poslužiti širenju nametnika. Čimbenici koji pogoduju distribuciji porodice Anisakidae uključuju i povećanje temperature uslijed globalnog zatopljenja, što je rezultiralo promjenama geografske širine, promjenama oceanografskih uvjeta, kao i cirkulacije vode i postotaka saliniteta. Drugi čimbenici također povezani s rasprostranjenosti nametnika iz porodice Anisakidae u odnosu nametnik-domadar su: kopnene udaljenosti, temperatura na površini oceana i dubina na kojoj se nalaze domadari (Ángeles-Hernández i sur., 2020.).

Domadari trpe toplinski stres koji posljedično potiče njihovu migraciju, a u najgorem slučaju ovaj toplinski utjecaj može uzrokovati smrtnost različitih morskih vrsta koje se nisu mogle prilagoditi promjenama temperature. Ove klimatske promjene uzrokovale su također migraciju i promjenu distribucije različitih vrsta morskih životinja u oceanima, što je za posljedicu imalo lociranje nekih vrsta u novim zemljopisnim područjima gdje obično nisu bile prijavljene. To uzrokuje širenje invazivnog nametnika u nove vodene ekosustave i infestaciju novih domadara, osobito utječući na lokalne vrste određenog područja. Osim navedenog, utječe i na prezentaciju povećane prevalencije¹⁵ nametnika te prezentaciju nametničkih koinfekcija. S druge strane, povećana prevalencija i gustoća nametnika kod parateničnih domadara uzrokuje negativne učinke na debljanje, primjerice kao kod bakalara (*Gadus morrhua*) zbog širenja porodice Anisakidae sivim tuljanom (*Halichoerus grypus*) (Ángeles-Hernández i sur., 2020.).

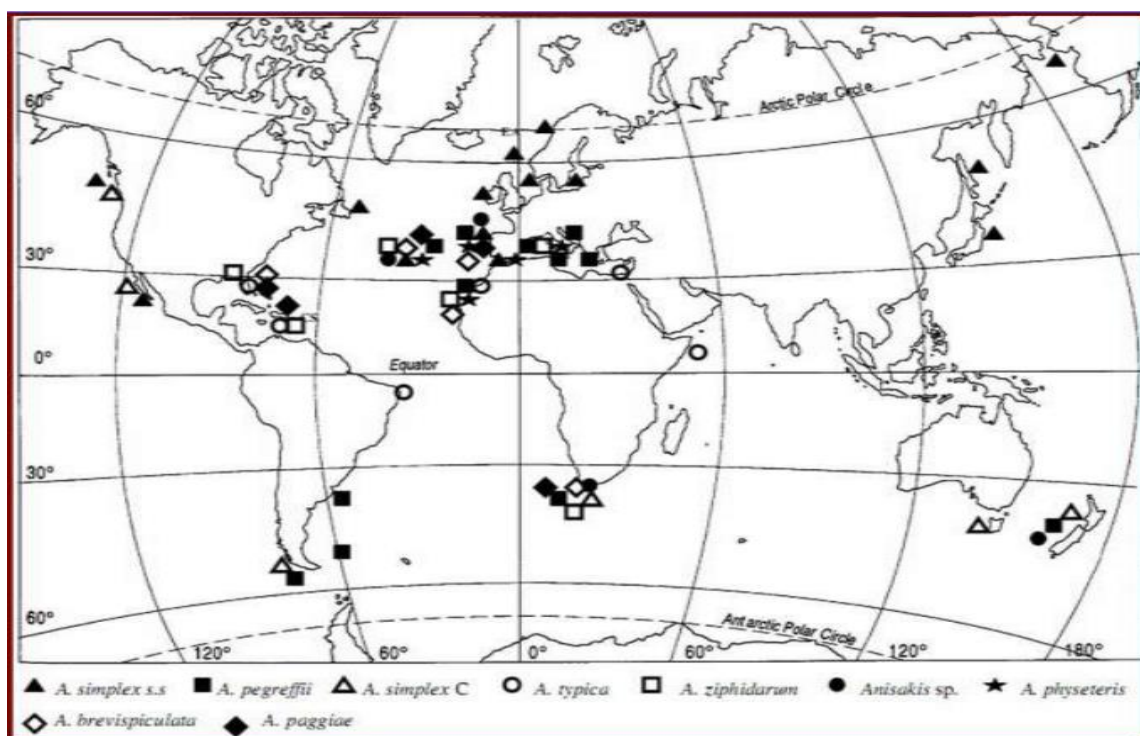
¹⁵ broj svih slučajeva pojedinih bolesti kod određenog stanovništva u određenom periodu; najčešće se izražava postotkom ili stopom

Na rod *Anisakis*, unutar porodice Anisakidae, djeluje kombinacija četiri faktora koja mu omogućuju da se nastani u sva morska staništa – od obalnih i plitkih pa sve do otvorenih i dubokih mora. Dakle, ti su faktori:

1. Distribucija krajnjeg domadara
2. Specifičnost intermedijarnih i krajnjih domadara
3. Migracijsko ponašanje intermedijarnih domadara
4. Životni ciklus

(Klimpel i Palm, 2011.). Potpuni pregled rasprostranjenosti roda *Anisakis* nalazi se u tablici 5 i 6.

Do danas je molekularnim metodama potvrđeno 35 morskih sisavaca i više od 75 različitih vrsta prečnoustih¹⁶ riba te riba koštunjača¹⁷ koji su potencijalni domadari za *Anisakis* spp. Nekolicina studija dokazala je da se vrste roda *Anisakis* međusobno razlikuju po svojoj ekologiji i afinitetu konačnog domadara, a filogenetski bliže vrste pokazuju slične obrasce rasprostranjenosti upravo zbog velike podudarnosti ekologije i preferencije (konačnog) domadara (Khun i sur., 2011.).



Slika 11 – Karta svijeta s geografskim položajem nametnika iz roda *Anisakis*, prikupljeno od različitih domadara (preuzeto iz: Mattiucci i Nascetti, 2006.)

¹⁶ prečnouste – *Elasmobranchii*; podrazred (razred *Chondrichthyes* - hrskavičnjače; nadrazred *Gnathostomata* - čeljustouste)

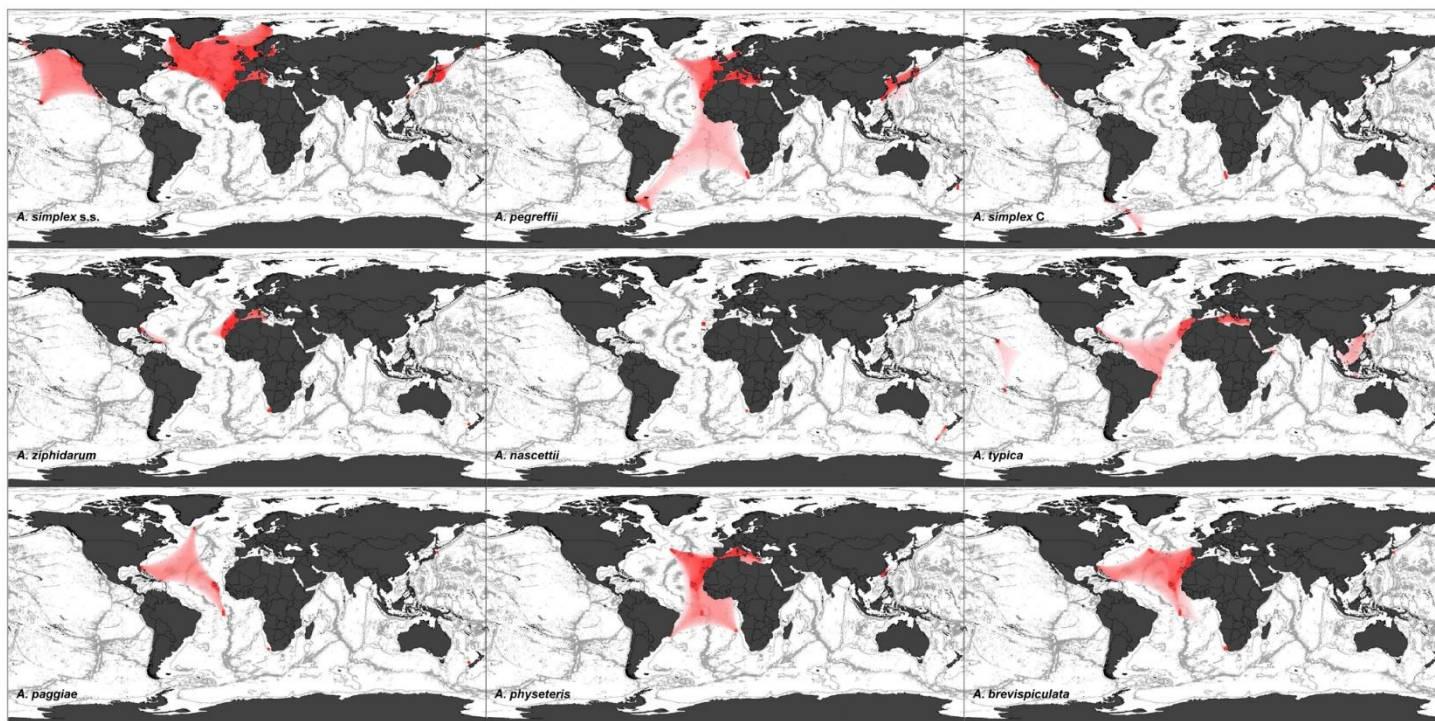
¹⁷ koštunjače – *Osteichthyes*; razred (nadrazred *Gnathostomata* – čeljustouste)

Tablica 5 – pregled vrsta tipa I, geografske rasprostranjenosti i (među)domadara (podaci iz Mattiucci i sur., 2008.)

Anisakis tip I		
VRSTA	PODRUČJE	(MEĐU)DOMADAR
<i>Anisakis simplex</i>	Atlantik, istočni i zapadni Pacifik, vode zapadnog Sredozemlja	porodica <i>Dolphinsidae</i> (oceanski dupini); genetski određen u devet vrsta kitova; utvrđena i nekolicina vrsta lignji i riba s ovim ličinkama
<i>Anisakis pegreffii</i>	Jadransko i Sredozemno more, istočni Atlantik, vode oko Japana i Kine, Australaska regija između 30° sjeverno i 55° južno	sve vrste riba; porodica <i>Dolphinsidae</i> ; patuljasti glatki kit
<i>Anisakis berlendi</i>	isprekidani raspon duž kanadske i čileanske obale Pacifika, vode Novog Zelanda i uz južnoafričku obalu Atlantika, katkad nađen u sub-Antarktičkom području i vodama sjeveroistočnog Tihog oceana	odrasle jedinke u kitovima; zajedno s <i>A. pegreffii</i> se u ličinačkom stadiju javlja u nekih vrsta riba
<i>Anisakis typica</i>	tropske i subtropske vode Atlantika između 35° sjeverno i 30° južno, istočno Sredozemlje	kao ličinke u nekolicini vrsta riba i odrasle jedinke u nekim vrstama dupina; identificiran u prugastom dupinu <i>Stenella coeruleoalba</i>
<i>Anisakis ziphidarum</i> (sestrinska vrsta je <i>Anisakis nascettii</i> > podudaraju im se distribucije)	istočni Atlantik u blizini Madeire i obale Maroka, centralni Mediteran, zapadni Pacifik između Novog Zelanda i južne Australije, uz južnu Afriku	porodica <i>Ziphiidae</i> (kljunasti kitov, npr. <i>Mesoplodon layardii</i> , <i>Ziphius cavirostris</i> , <i>Mesoplodon mirus</i> , <i>Mesoplodon grayi</i> , <i>Mesoplodon sp.</i> , <i>Z. cavirostris</i>); također neke ribe (npr. <i>Merluccius merluccius</i> (oslić) ili <i>Aphanopus carbo</i>)
<i>Anisakis sp.</i>	južnoafričke i novozelandske vode, Tasmansko more	porodica <i>Ziphiidae</i> (kljunasti kitovi); lignja <i>Moroteuthopsis ingens</i>

Tablica 6 – pregled vrsta tipa II, njihove geografske distribucije i (među)domadara (podaci iz Mattiucci i sur., 2008.)

Anisakis tip II		
VRSTA	PODRUČJE	(MEĐU)DOMADAR
<i>Anisakis physeteris</i>	Atlantik, mediteranske vode	osim <i>Xiphias gladius</i> (sabljarka) svega nekoliko vrsta riba; <i>Physeter macrocephalus</i> (kit ulješura)
<i>Anisakis brevispiculata</i>	južna Afrika, sjeveroistok Atlantika, uz iberijsku obalu	rijetki nametnici u osliću i sabljarki; <i>Kogia breviceps</i> (mala ulješura)
<i>Anisakis paggiae</i>	uz obalu Floride i južnoafričku obalu Atlantika	vrlo malo ličinki je utvrđeno u ribama Atlantika, uz iznimke oslića i sabljarke; <i>Kogia breviceps</i> (mala ulješura), <i>Kogia simus</i> (patuljasta ulješura)



Slika 12 – modelirani raspon svakog opisanog *Anisakis* spp. (svake opisane vrste roda *Anisakis*). Intenzitet boje odražava vjerojatnost pojave *Anisakisa*. Tamnocrvene nijanse označavaju molekularno dokazane *Anisakis* zapise. Prvi red s lijeva na desno: *A. simplex* (s.s.), *A. pegreffii*, *A. simplex* C; drugi red s lijeva na desno: *A. ziphida. zidarum*, *A. nascetti*, *A. typica*; treći red s desna na lijevo: *A. paggiae*, *A. physeteris*, *A. brevispiculata* (preuzeto iz: Kuhn i sur., 2011.)

5. VRSTE RODA *Anisakis* U PODRUČJU JADRANSKOG MORA REPUBLIKE HRVATSKE

Jadransko more od iznimne je važnosti za Republiku Hrvatsku pružajući pregršt turističkog potencijala i djelatnosti kao što su pomorski prijevoz ili ribarstvo. Potonje ima ogromni ekonomski značaj (npr. tuna iz uzgoja pretežno se izvozi zaleđena na japansko tržište, dok se manji dio prerađuje u tvornicama konzervi (Žilić i Mladineo, 2006.)). Kao izvozna država ribe, ali i kao samostalni konzumenti iste, važno je da je riba zdrava i dobre kvalitete.

Vrste roda *Anisakis* u Jadranskom su moru prvi puta genetski identificirane za potrebe utvrđivanja biozaliha šaruna (*Trachurus trachurus*) u njihovom području rasprostranjivanja. U uzorku je utvrđena vrsta *Anisakis pegreffii* (Mattiucci i sur., 2008.).

Anisakis simplex nametnik je u brojnim gospodarski značajnim vrstama morskih riba, među kojima je plavoperajna tuna (*Thunnus thynnus*), važan izvozni proizvod. Iz tog su razloga, podaci o distribuciji značajni zbog zdravstvenih, ali i ekonomskih razloga. Pojavnost i brojnost ličinki invazivnog stadija (III. stupanj) nametnika ispitivana je na ukupno 179 plavoperajnih tuna pribavljenih na uzgajalištima srednjeg Jadrana u periodu od tri godine. Tako su ličinke pronađene u 39 uzoraka ribe, a iznos prevalencije iznosio je 21,78 %. Posljednjih se godina u Jadranskom moru intenzivno lovi plavoperajna tuna s ciljem dugoročnog uzgoja (Žilić i Mladineo, 2006.).

Svježa, sitna, plava riba poput – srdela, incuna, skuša, papalina ili smrznute srdele i haringe (uglavnom uvozne) te do 10 % glavonožaca, sastavni su dio ishrane tune. Ukoliko je takva riba zaražena ovim nametnikom, mogućnost infestacije tune oblicem *Anisakis* vrlo je vjerojatna. S druge strane, čak i da sitna, plava riba bude infestirana, životni se ciklus ovog nametnika uspješno može prekinuti ukoliko se riba zamrzava na temperaturi nižoj od -20°C. Takvim dubokim smrzavanjem postiže se učinak sitne kristalizacije što pomaže u očuvanju kakvoće hrane tijekom skladištenja i dopreme, ali i sprječava infestaciju uzgojne ribe (u ovom slučaju plavoperajne tune) i prirodne sredine nametnika (Žilić i Mladineo, 2006.).

Kroz tri godine istraživanja, nametnik *Anisakis simplex* izoliran je iz 25 % uzorkovanih primjeraka tune, prilikom čega se broj nametnika po uzorku tune kretao od samo jedne jedinice pa sve do 130 nametnika. Pojavnost ličinki u ribama bila je najveća kada su se plavoperajne tune uzorkovale mjesec dana nakon njihovog uvođenja u kavezni uzgoj, što ukazuje da je invazija nametnikom uslijedila u slobodnoj vodi (Žilić i Mladineo, 2006.).

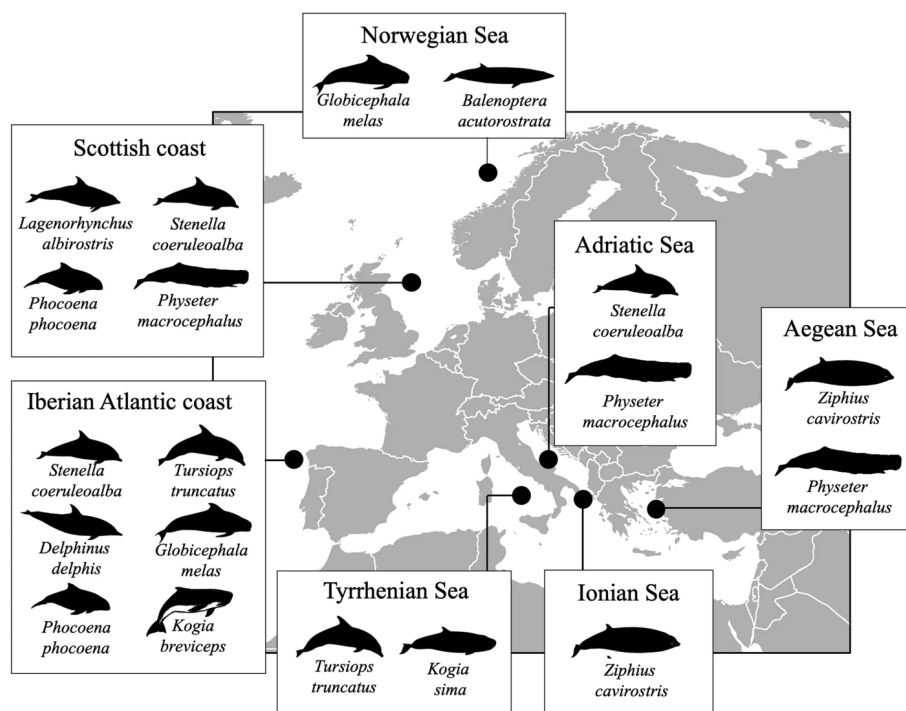
Mnoge studije proučavale su pojavu ličinki *Anisakis simplex* i u drugim morskim koštunjačama i njihovi rezultati upućivali su na širok raspon vrsta riba koje su sklone invazijama ovog nametnika. Prema istraživanjima, šarun (*Trachurus trachurus*) i šnjur golemi (*Trachurus picturatus*) vrste su koje su najčešće invadirane ličinkama *Anisakis simplex*. Među ostalim ovdje se ubrajaju i gospodarski važne vrste riba kao što su oslić (*Merluccius merluccius*), incun (*Engraulis encrasicolus*), bakalar (*Gadus morhua*), haringa (*Clupea harengus*), srdela (*Sardina pilchardus*), trlja od kamena (*Mullus surmuletus*), trlja od blata (*Mullus barbatus*) i ugotica (*Micromesistius poutassou*) (Žilić i Mladineo, 2006.).

Stopu učestalosti nametnika *Anisakis simplex* u 5 vrsta riba Jadranskog mora (oslić, *Merluccius merluccius*; šarun, *Trachurus trachurus*; skuša, *Scomber scombrus*; lokarda, *Scomber japonicus* i incun, *Engraulis encrasicolus*), prvi je puta utvrdila Mladineo (2003.) i ukazala da je vrlo visoka. Za vrijeme uzorkovanja kroz četiri zimska mjeseca, stopa učestalosti ličinki *Anisakis simplex* iznosila je u oslića 88 %, šaruna 50 %, skuša 92 %, lokardi 54 % i incuna 100 %. Navedene uzorkovane vrste riba ukazivale su na znatnu pozitivnu međuzavisnost između dužine ribe i broja ličinki (Žilić i Mladineo, 2006.). Zbog nedostupnosti molekularnih metoda, identifikacija vrste nametnika (*Anisakis simplex*) određena je prema opisanim morfološkim osobinama (Blažeković, 2013.).

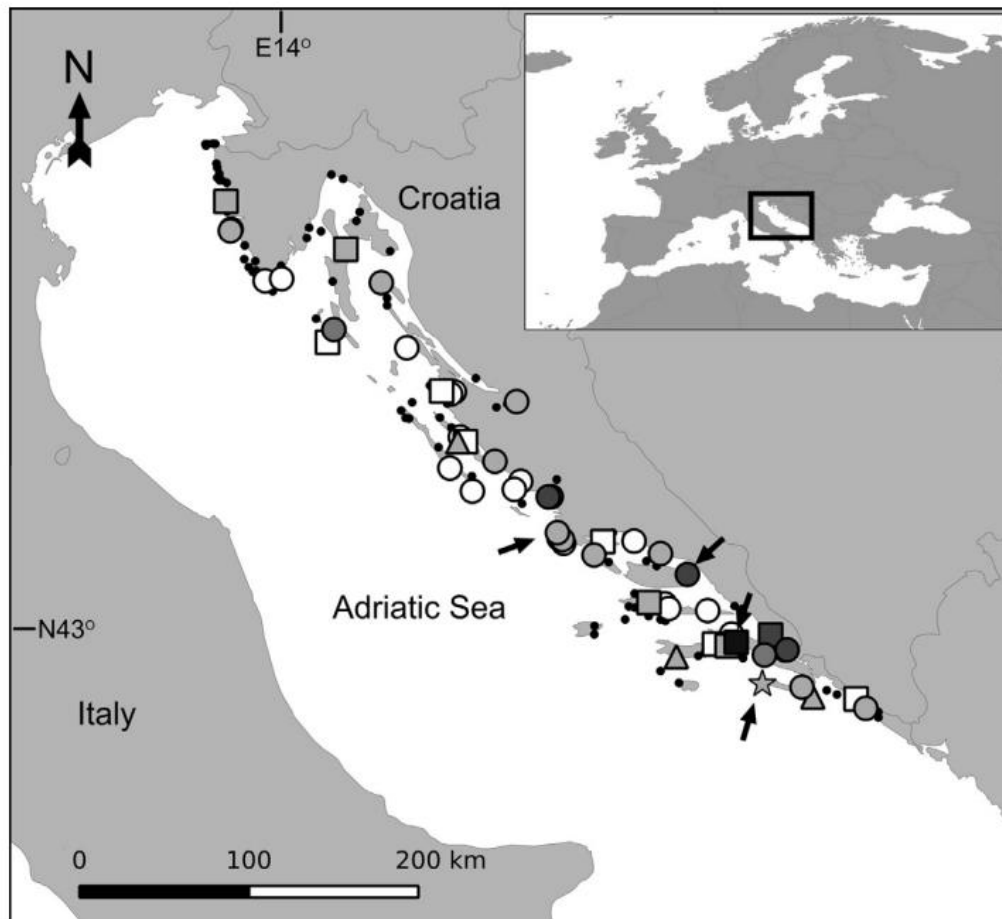
Petrić i sur. (2011.) prvi su proveli molekularnu analizu oblića iz glavonožaca Jadranskog mora. Pritom su istraživali malog lignjuna (*Illex coindetii*), a utvrđena vrsta bila je *Anisakis pegreffii*. U njihovom istraživanju opisana je dinamika populacije nametnika u odnosu na karakteristike domadara pa je tako konstatirano da je mali lignjun drugi paratenični domadar nametnika. Detaljnu studiju o populacijskoj dinamici nametnika *Anisakis pegreffii* i molekularnu identifikaciju proveli su Mladineo i sur. (2012.) na velikom broju uzoraka incuna u hrvatskom dijelu Jadranskoga mora.

Blažeković i sur. su 2014. proveli studiju o populaciji roda *Anisakis* u probavnom sustavu nasukanih kitova zubana na hrvatskoj obali Jadranskog mora u razdoblju 1990.-2012. kako bi utvrdili njihove karakteristike. Uz to, u dotičnom istraživanju utvrđena je i genetska struktura *Anisakis* spp. U navedenom periodu, nametnici su izolirani iz svakog očuvanog probavnog sustava nasukanog domadara. Ukupni broj obrađenih kitova bio je 181, među njima 35 dobrih dupina (*T. truncatus*), 13 prugastih dupina (*S. coeruleoalba*), 3 rissova dupina (*G. griseus*) i jedan cuvierov kljunasti kit (*Z. cavirostris*).

Nakon uspoređivanja nukleotidnih slijedova 153 istraživane sekvence s već poznatim sekvencama koje se nalaze u banci gena, rezultati ukazuju na prisutnost tri vrste roda *Anisakis* u Jadranskom moru. Brojčano najviše oblića, njih čak 148 – odnosno 96.73 %, pripadao je vrsti *Anisakis pegreffii*, koja je na ovom području ranije utvrđena molekularnim metodama. Preostale dvije vrste, *Anisakis simplex* i *Anisakis physeteris* ovim su istraživanjem prvi put evidentirane na području Jadranskoga mora (Blažeković, 2014.).



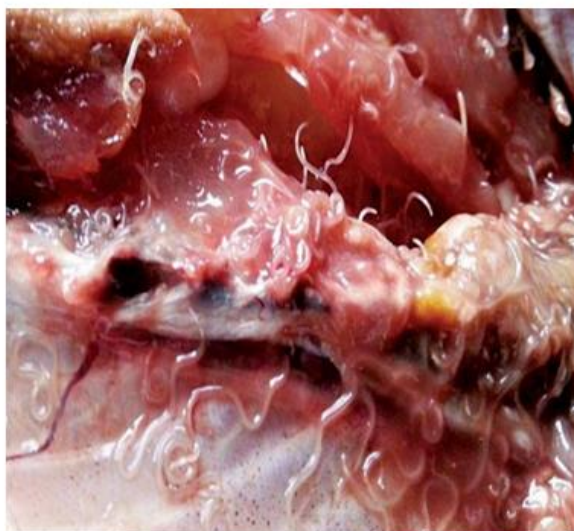
Slika 13 – lokaliteti uzorkovanja *Anisakis* spp. povremenog nasukavanja kitova, u Jadranskom i Sredozemnom moru te SI Atlantskom oceanu, što je rezultiralo s 11 različitih vrsta (preuzeto iz: Cipriani i sur. 2022.)



Slika 14 – zemljopisni prikaz Jadranskog mora s označenim lokacijama mjesta nasukanih krajnjih domadara roda *Anisakis* (kitovi zubani) ($n = 163$) u Hrvatskoj, od listopada 1990. do travnja 2012. Različiti simboli prikazuju vrste kitova: krug - dobri dupin (*Tursiops truncatus*); trokut - Risov dupin (*Grampus griseus*); kvadrat - prugasti dupin (*Stenella coeruleoalba*); zvijezda - Cuvierov kljunasti kit (*Ziphius cavirostris*). Male crne točke predstavljaju nezaražene domadare, a bijeli i sivi simboli predstavljaju zaražene jedinke (31,90 %). Oznake sive boje odgovaraju mjestima nasukavanja kitova zubana, gdje je *Anisakis* spp. identificiran molekularnim metodama, a ljestvica boja razlikuje broj identificiranih haplotipova *Anisakis pegreffii* od najsvjetlije (jedan haplotip) do najtamnije sive (10 haplotipova). Strelice označavaju nasukane kitove zubane s miješanom infekcijom *Anisakis pegreffii* i *Anisakis simplex* sensu stricto* ili infekcijom *Anisakis pegreffii* i *Anisakis physeteris* (preuzeto iz: Blažeković, 2014.)

*sensu stricto – u uskom smislu

U Republici Hrvatskoj je 2017. godine prijavljeno povlačenje ribe i ribljih proizvoda s tržišta zbog pronađenog *Anisakis* spp. Upravo je zbog toga te godine postrožena inspeksijska kontrola pri uvozu smrznute ribe i ribljih proizvoda u Bosni i Hercegovini. Na temelju zaprimljenih uzoraka od veterinarske inspekcije (redovita uzorkovanja + prijavljena uzorkovanja (npr. kada konzumenti pronađu ličinke u ribljim proizvodima)), u razdoblju od 7 godina, pozitivan nalaz na infektivne ličinke *Anisakis* spp. (stadij L3) bio je u ukupno 148 različitih vrsta riba i u 5 konzerviranih ribljih proizvoda. Uzorci su prethodno bili dostupni svima jer su porijeklom iz izlova, uzgoja ili trgovačkih lanaca i ribarnica. Iz potonjih, najveći je broj pozitivnih uzoraka bio u uzorcima oslića, skuše i inćuna. U uzorcima porijeklom iz izlova u Neumskom zaljevu, najviše je pozitivnih bilo u uzorcima skuše, a samo među njima bila su 43 pozitivna uzorka (na *Anisakis* spp.) od ukupno njih 46 ispitanih. Pritom su pronađene čak 252 ličinke. Iz kontroliranog uzgoja u Neumskom zaljevu, od ukupno 87 uzoraka lubina, njih 7 je bilo pozitivno s ukupno 32 ličinke, a od 262 pregledana uzorka orade, 17 ih je bilo pozitivno s 59 pronađenih ličinki. Sve ličinke porodice Anisakidae pronađene u uzorcima porijeklom iz Neumskog zaljeva determinirane su elektronskim mikroskopom i utvrđeno je da se radi o trećem ličinačkom stadiju vrste *Anisakis simplex* tipa I. Ovi podatci prvi su registrirani zapis ličinke spomenute vrste kod morskih riba u kontroliranom uzgoju i izlovu na području Neumskog zaljeva (Jažić i sur., 2022.).



Slika 15 – ličinke (L3) *Anisakis* spp. u trbušnoj šupljini lubina (preuzeto iz: Jažić i sur., 2022.)

6. OPASNOST ZA LJUDE – ANISAKIJAZA

Gastrointestinalni nametnički oblići uzrokuju razne bolesti koje imaju posljedice na zdravlje ljudi. Oni nameću značajan ekonomski teret kao nametnici domaćih životinja, smanjuju produktivnost i zahtijevaju razrađene i skupe metode kontrole. Ljudi mogu postati slučajni domadari obličima koji tada ne mogu dovršiti svoj životni ciklus unutar njih, ali mogu uzrokovati probleme s bolestima ili inicirati stanja imunološke preosjetljivosti, tj. alergije. To se najčešće dogodi konzumacijom sirove ili nedovoljno kuhane ribe i ostale hrane morskog porijekla koja sadrži ličinke 3. stadija, a najčešće ih uzrokuju ličinke oblića porodice Anisakidae iz rodova *Anisakis*, *Contracaecum* i *Pseudoterranova* (Klimpel i Palm, 2011.). Povijest ovih oblića odgovornih za bolesti kod ljudi traje gotovo 500 godina (Myers, 1976.). Infekcije ljudi danas uzrokuju znatan mortalitet i morbiditet (Klimpel i Palm, 2011.).

Prvi slučaj ozbiljne anisakijaze u ljudi otkrio je godine 1955. dr. Straub u Nizozemskoj, otkrivanjem oblića u središtu eozinofilnog¹⁸ granuloma¹⁹ (eozinofilna intestinalna²⁰ lezija²¹ (Klimpel i Palm, 2011.)) tankog crijeva pacijenta s akutnim²² abdominalnim simptomima. Takve infekcije nisu bile zabilježene u literaturi sve do 1960. godine kada je Van Thiel pregledao patološke zapise laboratorija i pronašao neprijavljeni slučaj dr. Strauba, a vjeruje se da i mnogi drugi slučajevi anisakijaze također nisu dokumentirani (Myers, 1976.). Van Thiel je 1962. zabilježio pojavu morskog oblića kod ljudi, u centralnom dijelu crijeva, uz bolove u abdomenu i „čudnog osjećaja“ u truhu. Kasnije je ustanovljeno da se radi o nametniku *Anisakis* spp. (Anisakis-Anisakidoza, 2013.). Otkrivanje ozbiljne anisakijaze kod ljudi u Nizozemskoj 1960.-ih obnovilo je zanimanje za obliće porodice Anisakidae kao potencijalnu opasnost za ljudsko zdravlje. Čudno je da je takav uzročnik u prvim dokumentiranim slučajevima pogrešno identificiran, a pogreška je ispravljena u naknadnoj publikaciji gdje je identificiran kao *Anisakis* (Myers, 1976.).

¹⁸ eozinofilija – *pat.* porast broja acidofilnih leukocita u krvi; najčešće kod alergijskih bolesti

¹⁹ granulom – *pat.* stvaranje upalnog tkiva u obliku čvorića kao odgovor na kroničnu infekciju, strana tijela u tkivu ili iz nepoznatih razloga

²⁰ intestinalan – *anat.* koji se odnosi na probavni trakt

²¹ lezija – oštećenje tkiva; ozljeda

²² koji je naglo buknuo, koji je u kritičnoj fazi; jak, žestok

Još od 1960-ih, termin „*anisakijaza*” koristi se za ljudsku bolest uzrokovanu trećim ličinačkim stadijem (L3) jedinki iz porodice Anisakidae. 1988. godine, predložena je standardizirana nomenklatura koja upućuje na tri različita termina: (1) anisakidoza – bolest uzrokovana članovima porodice Anisakidae (dakle i van rodova *Anisakis*), (2) anisakijaza – bolest uzrokovana članovima (isključivo) roda *Anisakis*, (3) pseudoteranovoza – bolest uzrokovana članovima roda *Pseudoterranova* (Klimpel i Palm, 2011.).

Prema Ángeles-Hernández i sur. (2020.), klinička bolest uzrokovana nametnicima nazvana je anisakijaza, kada infekciju uzrokuje vrsta *Anisakis simplex sensu stricto* (s.s.) ili anisakidoza ako infekciju uzrokuje *Contracaecum* spp. ili *Pseudoterranova* spp. Za potrebe ovog rada držat ću se prve nomenklature.

Iako se kitovi zubani i usati kitovi iz porodice *Delphinidae*, *Ziphiidae*, *Physeteridae* i *Kogiidae* smatraju glavnim konačnim domadarima, pripadnici porodica *Balaenopteridae*, *Pontoporidae*, *Monodontidae*, *Phocoenidae* i *Neobalaenidae* također su bili parazitirani. Zabilježeni povećani broj jedinki, kao rezultat strožih propisa za zaštitu populacija kitova, smatra se još jednim razlogom porasta infekcija anisakijazom u posljednja tri desetljeća (Kuhn i sur., 2011.).

Ishikura i Kikuchi (1990.) zabilježili su 12 586 slučajeva anisakijaze između 1968. i 1989. u Japanu. Broj slučajeva raste diljem svijeta, s oko 50 slučajeva godišnje u SAD-u i 500 slučajeva u Europi - preko 95 % njih iz Nizozemske, Njemačke, Francuske i Španjolske. Do danas je prijavljeno više od 14 000 slučajeva anisakijaze, otprilike 95 % iz Japana (Klimpel i Palm, 2011.). Otkriće ljudske anisakijaze u Japanu rezultiralo je brojnim studijama o morfologiji i životnoj povijesti tih oblića (Myers, 1976.).

Ukupno gledajući, slučajevi zaraze registrirani su na pet kontinenata: Azija (Koreja), Europa (Nizozemska, Francuska, Ujedinjeno Kraljevstvo, Španjolska, Njemačka, Italija), Afrika (Egipat), obje Amerike (SAD uključujući Aljasku i Havaje, Kanada, zemlje Južne Amerike) te na Novom Zelandu (Metić, 2020.).

Što se tiče anisakidoze, približno 20 000 slučajeva infekcije kod ljudi prijavljuje se svake godine iz širokog spektra obalnih regija, prvenstveno u Japanu i Europi (Kuhn i sur., 2011.).

Rasprostranjenost oblića iz porodice Anisakidae je kozmopolitska, a njihova identifikacija putem molekularnih testova češće se provodi na azijskom kontinentu, gdje je konzumacija ribe po glavi stanovnika među većima u svijetu - 24,1 kg/godišnje²³ što je u skladu s azijskom prehranom koja se temelji na sirovoj i polusirovoj morskoj hrani. U studiji koju su proveli Yokogawa i Yoshimura, izvijestili su o nametničkoj infestaciji *Anisakisa* spp. kod japanskih pacijenata s kliničkim simptomima koji zahvaćaju gastrointestinalni trakt. Koristili su izraz „ličinačka anisakijaza“ kako bi se utvrdilo da je bolest uzrokovana nametnikom iz porodice Anisakidae, konzumiranjem sirove ribe i lignji (Ángeles-Hernández i sur., 2020.).

U većini infestacija mesa ribe, ličinke *Anisakisa* prebivaju u trbušnim zaliscima, ali mogu prodrijeti i dublje, do leđnih mišića. Zbog svoje prozirnosti i male veličine, većina se ličinki ne otkrije tijekom industrijske prerade pa su i dalje prisutne kada konačni proizvod dođe do tržišta. Ljudi mogu biti slučajni domadari ako se inficiraju konzumacijom sirove, dimljene, marinirane ili nedovoljno kuhane ribe i lignji zaraženim *Anisakisom* spp. (Karović, 2022.).

Dakle, ljudi koji konzumiraju nepropisno pripremljenu zaraženu divlju ribu ili lignje su u opasnosti, a to se posebice odnosi na narode s kulinarskim običajima koji ne ubijaju²⁴ ličinke (Measures, 2014.). U slučaju Meksika, infekcija se može dobiti konzumacijom jela poput *aguachile*-a²⁵ ili popularnog *ceviche*-a²⁶ dok, primjerice, u Japanu nametničkoj ihtiozoonozi²⁷ pogoduju *sushi*²⁸ i *sashimi*²⁹ (Ángeles-Hernández i sur., 2020.). Redoviti načini infekcije za ljude također uključuju jela poput: nizozemske slane ili dimljene haringe, nordijski *gravlax* (suhi, sušeni losos), havajski *lomi-lomi* (nasoljeni, sirovi losos s lukom i rajčicom), njemački *rollmop* (rolani file marinirane/kiseljene haringe), južnoamerički *cebiche*³⁰ i španjolski *boquerones en vinagre* (ukiseljeni incuni sa začinima) (Klimpel i Palm, 2011.).

²³ za usporedbu, u Latinskoj Americi je konzumacija oko 10,5 kg/godišnje, u Europi 21,6 kg/godišnje, u Australiji i Oceaniji 24,2 kg/godišnje (najviše zabilježeno)

²⁴ priprema ovih jela uključuje soljenje, mariniranje, kiseljenje i dimljenje na 40 °C što uglavnom djeluje sterilizirajuće za ostale patogene iz hrane, ali ne i za pripadnike porodice Anisakidae (Metić, Marina, 2020.)

²⁵ *aguachile* – jelo od škampa i sirovih ribljih fileta; servirani u marinadi od limete, čilija i krastavaca

²⁶ *ceviche* – jelo koje se sastoji od sirove ribe ili škampa s povrćem, mariniranih u citrusima i začinima

²⁷ ihtiozoonoza – grč. ihtio (riba) + zoonoza (skupina zaraznih bolesti koje su zajedničke ljudima i životinjama; vidi fusnotu 3)

²⁸ *sushi* – jelo koje se u pravilu sastoji od sirove ribe i obavezno, riže (umjesto ribe mogu se poslužiti i krastavci, avokado, mango, prženi škampi, tofu ili jaja, ali riža je obavezan sastojak)

²⁹ *sashimi* – friški, tanki, sirovi komadi (fileti) ribe

³⁰ *cebiche* – *ceviche*

U industriji za preradu ribe, kao dio HACCP sustava (Hazard Analysis and Critical Control Points³¹), postoji nekoliko preventivnih mjera koje su prihvaćene, koje jamče sigurnost proizvoda i nastoje spriječiti zarazu živom ličinkom. Preporučuje se: kuhanje ili dimljenje ribe na temperaturi 60 °C barem 1 minutu, zagrijavanje proizvoda barem 15 sekundi na 74 °C u mikrovalnoj pećnici, dugotrajno smrzavanje na temperaturi ispod -20 °C barem 7 dana ili brzo smrzavanje na -35 °C ili niže barem 15 sati (Metić, 2020.). Iako i dalje jedna od najznačajnijih zoonoza koja se prenosi hranom, anisakijaza se još uvijek pogrešno dijagnosticira i podcjenjuje u mnogim mediteranskim zemljama (Blažeković i sur., 2014.). U Hrvatskoj je, primjerice, u medicinskim krugovima bolest u potpunosti zapostavljena i gotovo nepoznata (Žilić i Mladineo, 2006.). Doduše zasad je poznat tek jedan smrtni slučaj, iz Šibenika, uzrokovan konzumacijom zaražene sušene ribe iz Japana (objavljeno u medijima 2006. godine) i još k tome nije u potpunosti dokazana uključenost ličinke *Anisakisa* (Blažeković, 2013.). U Europskoj su uniji uvjeti za kontrolu nametnika propisani Direktivnom vijeća. Tamo stoji da sva riba i riblji proizvodi moraju biti vizualno pregledani prilikom procesa obrade kako bi se, po mogućnosti, otkrio i uklonio vidljivi nametnik. Ipak, najbolja preventiva i kontrola anisakijaze je, dobro kuhana/pečena ili smrznuta riba (Karović, 2022.).

Iako se, prema važećim preporukama, termičkom obradom i smrzavanjem sirove ribe najučinkovitije uništavaju infektivne ličinke nametnika, takve fizikalne metodologije nemaju utjecaj na alergijski potencijal nametnika. Alergeni *Anisakisa* spp. podnose i visoke i niske temperature stoga još uvijek nema učinkovite, preventivne mjere koja bi sasvim zaštitila konzumenta i od najmanje mogućnosti nastanka alergije na ovog oblića (Nonković, 2021.).

U proteklih 30 godina zabilježen je značajni porast prevalencije anisakijaze u cijelom svijetu. Razlog tomu je, osim povećanog broja jedinki nametnika (str. 30, zadnji odlomak), povećana konzumacija sirove ribe u modernom kulinarstvu i primjena specifične dijagnostičke tehnike u humanoj medicini, primjerice endoskopija³². Problem koji se javlja kod ove bolesti otkrila je studija Europske agencije za sigurnost hrane (EFSA), a to je nespecifičnost simptoma što ju čini podcijenjenom u odnosu na broj stvarnih slučajeva (Karović, 2022.).

³¹ Analiza opasnosti i kritične kontrolne točke

³² med. pretraga pojedinih šupljih organa pomoću endoskopa (instrument koji osvjetljuje i optički povećava)

Anisakijaza se kao bolest - infekcija ličinkama *Anisakisa* kod ljudi - javlja obično u četiri oblika (prema Nieuwenhuizen, 2016.):

- a) GASTRIČNA (ŽELUČANA) ANISAKIJAZA – najčešći oblik bolesti; nastupa obično nakon nekoliko sati pa sve do nekoliko dana od unosa živog nametnika hranom u organizam (gdje se veže ili prodire u želudac); uključuje iznenadnu bol u području abdomena (trbuh), a može dovesti i do mučnine, povraćanja i dijareje; kod nekih se bolesnika simultano razvijaju i alergijski simptomi; ličinke se mogu vidjeti gastroskopijom i fizički ukloniti pincetom
- b) INTESTINALNA (CRIJEVNA) ANISAKIJAZA – javlja se ili u blagom ili u iznenadnom (neočekivanom) i oštrom (žestokom) obliku; blagi oblik je vjerojatno posljedica primarne infekcije i bolesnik uglavnom tolerira bolove; iznenadni i oštri oblik s puno težim simptomima vjerojatno je posljedica ponovne infekcije ili alergijske upalne reakcije na ličinke i njihove proteine - debljina crijevne stijenke može se povećati 3-5 puta zbog edema³³ i infiltracije stanica, a najintenzivnije histološke promjene javljaju se u području oko ličinke – upale, edemi, fibrinski³⁴ eksudati³⁵ i hemoragične³⁶ lezije; kod crijevne anisakijaze nije lako ukloniti nametnika i često je potreban kirurški zahvat zbog jakih bolova u trbuhu, ali i zbog crijevne opstrukcije uzrokovane upalom
- c) EKTOPIČNA (IZVANGASTROINTESTINALNA) ANISAKIJAZA – rjeđi slučajevi; ličinke nadiru u gastrointestinalnu sluznicu i prolaze kroz različite organe - uključuje penetraciju u tkiva poput ždrijela, jezika, pluća, peritonealne šupljine, limfnih ganglija, slezene ili gušterače; uzrokuju takozvani sindrom „larva migrans“ i mogu izazvati reakciju stranog tijela, koja se potom može razviti u granulom (fusnota 13) ili apsces³⁷
- d) GASTROALERGIJSKA (ALERGIJSKA) ANISAKIJAZA – simptomi mogu izostati, a mogu biti i slabi ili akutni (primjerice urtikarija³⁸, angioedem³⁹, anafilaksija⁴⁰); ličinke se obično izbacuju burnim alergijskim reakcijama kao što su povraćanje ili proljev stoga gastroskopsko uklanjanje nije potrebno; jedini riblji nametnik koji izaziva alergijske reakcije; danas je ovaj nametnik uključen u standardne setove alergena za ispitivanje (Karović, 2022.)

³³ *pat.* nakupljena tekućina iz kapilara u području upale; izljev

³⁴ fibrin – *biol.* bjelančevinasto vlakno u krvi, sudjeluje u zgrušavanju krvi

³⁵ *pat.* nakupljena tekućina iz kapilara u području upale; izljev

³⁶ koji je s primjesama krvi; hemoragija – *pat.* obilno krvarenje, nastaje kao posljedica oštećenja srca ili krvnih žila

³⁷ *pat.* gnojna nakupina kao posljedica upale i destrukcije tkiva izazvane patogenom; gnojna upala

³⁸ *pat.* vaskularna reakcija kože, karakterizirana pojavom urtika (izdignuta promjena na površini kože, praćena jakim svrbežom; osip), često popraćena intenzivnim svrbežom

³⁹ *pat.* lokaliziran ili difuzni otok rahlog potkožnog tkiva

⁴⁰ *fiziol.* ekstremno izražena preosjetljivost organizma prema nekom alergenu, stranog bjelančevini ili drugoj tvari na koju je prethodnim kontaktom došlo do senzibilizacije

Gastrointestinalni simptomi javljaju se kao rezultat agresivnog, prodornog ponašanja ličinki koje svojim proteolitičkim enzimima (oni koji razlažu bjelančevine) i antikoagulacijskim tvarima (koje sprječavaju zgrušavanje krvi) uzrokuju mnoge erozije i krvarenja sluznice probavnog sustava. U onim najgorim slučajevima bolest čak može uzrokovati smrt osobe (Blažeković, 2013.). Žive ličinke probijaju sluznicu želuca 1 do 12 sati nakon unosa zaražene hrane dok sluznicu crijeva mogu probiti čak do 14 dana nakon ingestije. Simptomi anisakijaze uglavnom budu akutni iako mogu biti i kronične prirode. Tako se akutni oblik javlja najkasnije 2 dana nakon konzumacije kontaminirane hrane i očituje se jakim bolovima, mučninom i povraćanjem, dok kronični oblik može trajati mjesecima imitirajući tumor, enteritis⁴¹, čir ili divertikul⁴² (Žilić i Mladineo, 2006.).

Gastrointestinalni slučajevi mogu nastati bez ikakvih alergijskih reakcija, često praćeni bolovima i upalom. U tom je slučaju poželjno fizički ukloniti ličinke kako ne bi došlo do oštećenja tkiva i posljedično do kroničnih⁴³ simptoma (Nieuwenhuizen, 2016.). Ličinke nametnika kod pacijenata s anisakijazom mogu se odstraniti kirurškim putem, endoskopijom ili lijekovima - derivatima benzimidazola (mebendazol i albendazol) (Žilić i Mladineo, 2006.).

Utvrđeno je da su alergeni prisutni u hrani uzrok više od 25 % svih alergijskih reakcija na hranu, a upravo se nametnik *Anisakis* spp. procjenjuje kao jedan od najznačajnijih (Nonković, 2021.). Prvi simptomi gastroalergijske reakcije uglavnom se javljaju kroz jedan do dva sata nakon unosa zaražene ribe (Žilić i Mladineo, 2006.). Alergije također može izazvati i hrana u kojoj ima ostataka nametnika (npr. uginule ličinke), čak i ako je hrana ranije termički obrađena. Raspon simptoma kreće se od reakcija na koži i sluznicama pa sve do akutne urtikarije, angioedema, bronhospazama⁴⁴, prestanka disanja ili anafilaktičkog šoka. Također, alergijske reakcije mogu nastupiti i bez konzumacije nametnika, a to je primijećeno kod ribara i zaposlenika u industriji prerade ribe. U njihovom je slučaju alergen unesen aerosolom (inhalacijom) (Blažeković, 2013.).

⁴¹ pat. histološko oboljenje upale tankog crijeva

⁴² pat. ograničeno izbočenje stijenke šupljih organa; bruh

⁴³ koji traje dugo vremena

⁴⁴ iznenadno abnormalno suženje dišnih puteva ili grč glatkog mišića bronhija

7. ZAKLJUČAK

Pretežito morski oblici roda *Anisakis*, iz porodice Anisakidae, prilagodljivi su i široko rasprostranjeni nametnici koji su se kroz evoluciju prilagodili širokom izboru domadara kako bi uvijek imali osiguran životni ciklus i posljedično, nastavak vrste. Manje ribe i glavonošci mogu se hraniti zaraženim račićima⁴⁵ ili drugim glavonošcima i tako postati paratenični domadari. Oni u nekom trenutku mogu biti plijen većih riba koje, nakon što pojedu takav zaraženi plijen, same bivaju zaražene – ovakvim kontinuiranim procesom dolazi do obilne bioakumulacije ličinki koje se onda prenose dalje. Iako mogu infestirati široki raspon riba, s antropocentričnog je pogleda ipak najbitnija pojava nametnika u gospodarski važnim ribama poput lososa, tune ili oslića - što za domaću potrošnju, što za izvoz. Ovaj nametnik osim što može uzrokovati upalne procese i oštećenja sluznice želuca i crijeva u krajnjih domadara – kitova i dupina, također može biti uzrok ozbiljnih simptoma ako slučajno završe u čovjeku. Ljudi nisu krajnji cilj ovog nametnika jer se u nama samima zapravo njihov životni ciklus prekida, ličinke se ne mogu razviti u konačni oblik i naravno, ne mogu stvarati jajašca. Čovjek se zarazi konzumacijom sirove i/ili nedovoljno termički obrađene ribe, liganja ili druge morske hrane (npr. škampi). Ovome prethodi nedovoljna i slaba kontrola istih proizvoda prilikom ulova i pripreme za skladištenje, a isto tako i premala temperatura skladištenja koja nije dostatna ubijanja ličinki.

Promjenom klimatskih uvjeta, geografska se rasprostranjenost ovih nametnika također mijenja - čak povećava - jer njihovi (među)domadari, potaknuti izmijenjenim klimatskim i hidrografskim uvjetima (globalno zatopljenje), migriraju u druge, neistražene krajeve viših geografskih širina. Na ovaj način, ovi nametnici mogu doprijeti do još više različitih, novih organizama i postati izvor zaraze na mjestima na kojima prethodno nisu bili. Procesu globalnog zatopljenja, tj. promjenama klimatskih uvjeta na Zemlji uvelike potpomaže čovjek. Osim toga, bitno je i naglasiti velika ribolovna područja koja je čovjek kreirao svojim djelovanjem, a danas su postala koncentracija krajnjih domadara ovih nametnika – morskih sisavaca – koji zbog svojih prehrambenih navika borave u blizini i u konačnici mogu konzumirati (zaraženog) međudomadara (ribe ili lignje).

⁴⁵ služe kao put prijenosa na veći trofički nivo, ličinke rastu u duljinu i postaju infektivne za ribe

Još jedan način na koji čovjek može bitno utjecati je slučajno/namjerno odbacivanje iznutrica riba u more, jer se uglavnom ne provjerava prisutnost nametnika. Naravno, tako se životni ciklus nametnika opet nastavlja ukoliko ih, primjerice, pojedu druge ribe.

Oblici roda *Anisakis* samim time što su prilagodljivi i infestiraju mnoge organizme, kozmopolitski su rasprostranjeni. Međutim, kako se više istraživanja vrši u područjima od ljudskog značaja, gdje ljudi žive i rade, tako je i učestalost nalaza ovih nametnika tamo veća nego na mjestima bez ljudi. Tako su na karti geografske distribucije dotičnih nametnika, područja veće koncentracije upravo mora oko Europe, Sredozemlje, istočna i zapadna obala Sjeverne Amerike, južna i sjeverozapadna obala Afrike te mora oko Japana i jugoistočne obale Azije. Također, mnoga su istraživanja pokazala da postoji uzorak distribucije *Anisakis* spp. specifičan za određenu vrstu unutar različitih klimatskih zona i dijelova oceana, a uglavnom podudarno s njihovim krajnjim domadarima. Na taj su se način ovi nametnici pokazali kao mogućnost bioloških indikatora za praćenje distribucije i brojnosti njihovih konačnih domadara (morskih sisavaca) jer usko prate trofičke odnose među njima. Tako bi se rasprostranjenost mogla modelirati u svrhu predviđanja šanse i smanjivanja rizika za infekciju nametnikom u nekom području.

Od svih vrsta ovog roda, valja istaknuti vrstu *Anisakis simplex* koja je najčešći izvor oboljenja u ljudi i najzastupljeniji nametnik u ribama, što nije čudno obzirom da je pronađena u svim morima oko Europe, u Atlantskom oceanu te istočnom i zapadnom Pacifiku – dakle, geografski pokriva velika područja.

Oblici roda *Anisakis* danas su vrlo poznati organizmi u krugu znanstvenika, ali među pukom, još se ne obraća dovoljno pažnje na posljedice koje mogu izazvati. Bolja informiranost i mjere opreza prilikom spremanja jela s morskim životinjama, od krucijalne su važnosti za izbjegavanje bolesti koja prijete ljudima. Moderna kuhinja i mladi danas, populariziraju jela sa sirovom ribom – pogotovo sushi – što predstavlja dodatni rizik od infekcije ovim nametnikom. Dakle, nije upitno da nametnik i bolest postoje, važno je samo da se kao ljudi brinemo jedni za druge, da se u svaki djelić lanca, od ulova, kontrole i prerade do skladištenja, pakiranja i izvoza ulaže trud i vrši provjera, kako bi bismo svi uživali u blagodatima mora, a ove oblice pustili da životni ciklus odrade bez nas.

8. POPIS LITERATURE

- 1) Ángeles-Hernández JC; Gómez-de Anda FR, Reyes-Rodríguez NE; Vega-Sánchez V; García-Reyna PB; Campos-Montiel RG; Calderón-Apodaca NL; Salgado-Miranda C; Zepeda-Velázquez AP. (2020.). „*Genera and Species of the Anisakidae Family and Their Geographical Distribution*“. *Animals*; 10(12):2374, <https://doi.org/10.3390/ani10122374>
- 2) Teskeredžić, A.; Teskeredžić Z.; Vardić Smrzlić, I.; Valić, D.; Kapetanović, D. „*Anisakis-anisakidoza*“ (2013.), Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za akvakulturu i patologiju akvatičkih organizama, Zagreb, Hrvatska, 2013., <https://www.hgk.hr/documents/vukovar2013-010-teskeredzicanisakis5b028b76a4c41.pdf>
- 3) Berland, B. (2006.). „*Musings on nematode parasites.*“ ISSN 0071-5638, <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:89060752>
- 4) Blažeković, K.; Lepen Pleić, I.; Đuras, M.; Gomerčić, T.; Mladineo, I. (2015.). „*Three Anisakis spp. isolated from toothed whales stranded along the eastern Adriatic Sea coast*“, *International Journal for Parasitology*, Volume 45, Issue 1, Pages 17-31, ISSN 0020-7519, <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.07.012>
- 5) Centers of Disease Control and Prevention Image Library, (2002.), <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=3378>
- 6) Cipriani, P.; Palomba, M.; Giulietti, L. i sur. (2022.). „*Distribution and genetic diversity of Anisakis spp. in cetaceans from the Northeast Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea*“, *Scientific Reports* 12, no. 1: 1-18, <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17710-1>
- 7) Grabda, J. (1976.). „*Studies on the life cycle and morphogenesis of Anisakis simplex (Rudolphi, 1809) (Nematoda: Anisakidae) cultured in vitro*“. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 6(1): 119-141., <https://doi.org/10.3750/AIP1976.06.1.08>
- 8) Højgaard, D. P., (1998.). „*Impact of temperature, salinity and light on hatching of eggs of Anisakis simplex (Nematoda, Anisakidae), isolated by a new method, and some remarks on survival of larvae*“, *Sarsia*, 83:1, 21-28, DOI: 10.1080/00364827.1998.10413666, <https://doi.org/10.1080/00364827.1998.10413666>
- 9) Habdija, I.; Primc Habdija, B.; Radanović, I.; Špoljar, M.; Matoničkin Kepčija, R.; Vujčić Karlo, S.; Miliša, M.; Ostojčić, A.; Sertić Perić, M. (2011.). „*Protista-Protozoa; Metazoa-Invertebrata: Strukture i funkcije*“. Zagreb: Alfa, 2011. (584), 190-201

- 10) Jažić, A.; Bartula Gustin, I.; Jažić, A.; Zuko, A. (2022.). "*Prisustvo Anisakis spp. u Bosni i Hercegovini*" MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu, vol. 24., br. 5., str. 447-455, <https://doi.org/10.31727/m.24.5.2>
- 11) Karović, S. (2022.). "*Prisutnost parazita Anisakis spp. u odabranim vrstama ribe s dubrovačke ribarnice*". Diplomski rad, Sveučilište u Dubrovniku, 2022., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:155:378334>
- 12) Klimpel, S. i Palm, H. (2011.). „*Anisakid Nematode (Ascaridoidea) Life Cycles and Distribution: Increasing Zoonotic Potential in the Time of Climate Change?*“. 10.1007/978-3-642-21396-0_11, https://doi.org/10.1007/978-3-642-21396-0_11
- 13) Klimpel S.; Palm H.W.; Rückert S., Piatkowski U. (2004.). „*The life cycle of Anisakis simplex in the Norwegian Deep (northern North Sea)*“. Parasitol Res., Sep., 2004;94(1):1-9.. Epub 2004 Jul 23. PMID: 15278439, <https://doi.org/10.1007/s00436-004-1154-0>
- 14) Kuhn, T.; García-Màrquez, J.; Klimpel, S. (2011.). „*Adaptive Radiation within Marine Anisakid Nematodes: A Zoogeographical Modeling of Cosmopolitan, Zoonotic Parasites*“. PLoS ONE 6(12): e28642, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0028642>
- 15) Mattiucci, S. i Nascetti, G. (2006.). „*Molecular systematics, phylogeny and ecology of anisakid nematodes of the genus Anisakis Dujardin, 1845: an update*“. Parasite (Paris, France), 13(2), 99–113., <https://doi.org/10.1051/parasite/2006132099>
- 16) Measures, L. (2014.). „*Anisakiosis and pseudoterranovosis*“, <https://doi.org/10.3133/cir1393>
- 17) Metić, M. (2020.). „*Kitovi zubani kao prijenosnici nematoda roda Anisakis*“ / Kraus, Romina (mentor); Pula, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, 2020., <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:350837>
- 18) Myers, B.J. (1976.). „*Research Then and Now on the Anisakidae Nematodes*“, Transactions of the American Microscopical Society, vol. 95, no. 2, Apr., 1976, pp. 137–42. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/3225056>
- 19) Myers, B.J. (1975.). „*The Nematodes That Cause Anisakiasis*“, Journal of Food Protection, Volume 38, Issue 12, Pages 774-783, ISSN 0362-028X, <https://doi.org/10.4315/0022-2747-38.12.774>
- 20) Nieuwenhuizen, N.E. (2016.). „*Anisakis – immunology of a foodborne parasitosis*“. Parasite Immunol. 2016 Sep;38(9):548-57. doi: 10.1111/pim.12349. PMID: 27428817, <https://doi.org/10.1111/pim.12349>

- 21) Nonković, D. (2021.). „Čimbenici rizika i seroprevalencija anisakijaze u profesionalno izloženoj populaciji“ Disertacija, Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet, <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:171:484609>
- 22) Oros, M.; Barčák, D.; Antolová, D.; Fecková, M.; Scholz, T. (2023.). „Zoonotic Marine Nematode Infection of Fish Products in Landlocked Country, Slovakia“. Emerging infectious diseases. 29. 2578-2580. PMID: 37987607; PMCID: PMC10683800, <https://doi.org/10.3201/eid2912.230674>
- 23) Petrić, M.; Mladineo, I.; Šifner, S. (2011.). „Insight into the Short-Finned Squid *Illex coindetii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) Feeding Ecology: Is There a Link Between Helminth Parasites and Food Composition?“. The Journal of parasitology. 97. 55-62. 10.1645/GE-2562.1., <https://doi.org/10.1645/GE-2562.1>
- 24) Simonetta, M.; Giuseppe, N. (2008.). „Advances and Trends in the Molecular Systematics of Anisakid Nematodes, with Implications for their Evolutionary Ecology and Host—Parasite Co-evolutionary Processes“, Advances in Parasitology, Academic Press, Volume 66, Chapter 2, Pages 47-148, ISSN 0065-308X, ISBN 9780123742292, [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)00202-9](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)00202-9)
- 25) Žilić, J. i Mladineo, I. (2006.). „Učestalost nalaza nametnika *Anisakis simplex* (Anisakidae, Nematoda) u plavoperajnoj tuni (*Thunnus thynnus*) iz kaveznog uzgoja“. MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu, vol. VIII (br. 4), str. 229-233., <https://hrcak.srce.hr/22215>