



Funded by  
the European Union



The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture  
[DiBluCá]

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

## MODUL br.: 5

# UČINCI GLOBALNOG ZATOPLJENJA NA BOLESTI U AKVAKULTURI I ZAŠTITNE PRIMJENE

### STUDIJA SLUČAJA I RADNI LIST

#### AUTORI

1. izv. prof. dr. sc. Gražina Žibienė, Sveučilište Vytautas Magnus

2. Alvydas Žibas, voditelj Centra za akvakulturu, Sveučilište Vytautas Magnus

#### RADNI LIST ZA STUDIJE SLUČAJA

Stranica 2. Studija slučaja 1-Zdravlje škrga atlantskog lososa u svijetu koji se zagrijava

Stranica 4. Studija slučaja 1 - Pitanja na radnom listu

Stranica 5. Studija slučaja 2 – Biosigurnost u norveškoj akvakulturi – rizici i mjere u RAS postrojenjima

Stranica 8. Studija slučaja 2 - Pitanja na radnom listu

## STUDIJA SLUČAJA 1: Zdravlje škrga atlantskog lososa u svijetu koji se zagrijava

### Uvod

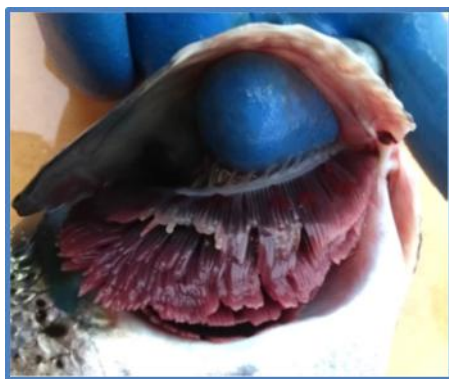
Ova studija slučaja govori o učincima klimatskih promjena na škrge atlantskog lososa. Ovo su glavne vrste riba koje se proizvode u mnogim zemljama, uključujući Veliku Britaniju, Norvešku i Čile. Atlantski losos u fazi morske vode uglavnom se uzgaja u kavezima s otvorenom mrežom i stoga je stalno izložen oceanu i svemu u njemu, stoga je fokus na fazi proizvodnje slane vode jer je to najrelevantnije za klimatske i ekološke promjene. Izvor ovog slučaja – "Diseases of marine fish and shellfish in an age of rapid climate change". Rowley, Andrew F. et al. iScience, Volume 27, Issue 9, 110838.

### Opis

Riblje škrge su organ od samo jednog staničnog sloja, koji se sastoji od stanica koje proizvode epitel i sluz koje odvajaju vanjsko okruženje od unutarnjeg krvotoka. Imaju mnoge kritične funkcije, uključujući disanje, osmoregulaciju, izlučivanje dušičnog otpada, regulaciju pH, proizvodnju hormona i zaštitu unutarnjih organa od okoliša. Paralelno sa svojim fiziološkim funkcijama, škrge su prepoznate kao važan imunološki organ zbog svoje uloge glavne mukozne barijere. Škržna sluz bogata je antitijelima, antimikrobnim peptidima i signalnim molekulama koje mogu regulirati lokalne imunološke odgovore. Interakcije između fiziologije lososa, imunologije, okoliša te infektivnih i neinfektivnih uzročnika složene su i često nisu ograničene na jedan organ kao što su škrge. Škrge su u mnogim slučajevima primarno mjesto negativnih utjecaja iz okoliša zbog male barijere između ribe i okolnog oceana.

### Škržna bolest i liječenje lososa

Ugroženo zdravlje škrge ili škržna bolest nastaje kada infektivni ili neinfektivni uzročnici rezultiraju uočljivom promjenom koja utječe na funkcionalnost škrge (slika 1). Mnoge neučinkovitosti u funkcijama škrge počinju oštećenjima škrge koje zatim dovode do kolonizacije infektivnih agensa, smanjene funkcionalnosti škrge i u mnogim slučajevima naknadnih učinaka u drugim organima ribe. Bolest škrge u atlantskom lososu može biti uzrokovana ili povezana s mnogo različitih infektivnih uzročnika, parazita, bakterijskih patogena i virusa, neinfektivne bolesti škrge uzrokuju nematociste žarnjaka u zooplanktonu i meduzama, škržna bolest štetnih algi i bolest škrge povezana s kemikalijama/toksinima. Primarna interakcija s ribom često je uvreda šiljastim (tj. iritacijnim/abrazivnim) sredstvom, nakon čega ponekad slijedi oslobađanje toksina, npr. određenih vrsta planktona, i sekundarne infekcije. Često su glavne patološke promjene nespecifične, često multifaktorske i primarni uzrok nije poznat. Zatim se naziva "složena škržna bolest". Škržna bolest pogađa lososa u slatkovodnim i slanim stadijima, na primjer virus boginja lososa može dovesti do visoke smrtnosti u obje ove faze.



Slika 1. Grubi izgled škrge - primjer bolesti škrge kod atlantskog lososa, *Salmo salar*

Izvor: Diseases of marine fish and shellfish in an age of rapid climate change. Rowley, Andrew F. et al.

iScience, Volume 27, Issue 9, 110838 dostupno na:  
[https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042\(24\)02063-7](https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042(24)02063-7)



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

### Klimatske promjene i zdravlje škrga lososa

Možda su najvažnije posljedice klimatskih promjena za većinu zemalja koje proizvode losose toplija ljeta i manje hladne zime. Toplija ljeta u kojima nastaju problemi i manje hladne zime u kojima se bolesti ne uklanjaju i umjesto toga postaju kronične. Dvije dobro opisane vremenske studije patogena škrga i zdravlja škrga pratile su ribe kroz proizvodni ciklus na komercijalnim škotskim lokacijama<sup>1</sup> i u Norveškoj<sup>2</sup>.

U oba slučaja utvrđeno je da je porast bolesti škrga i patologije dosegao vrhunac krajem ljeta, jeseni i početkom zime, koja je zatim nestala do proljeća. Kada je sezona uklonjena iz analize, utvrđena je značajna veza s temperaturom vode. Utjecaji toplijih zimskih temperatura u područjima proizvodnje lososa značili su da ribe nisu mogle očistiti svoje škržne parazite, što rezultira povećanom patologijom škrga, a time i većom smrtnošću.

Povišene temperature mogu izravno utjecati na lososa. Na primjer, ekstremne ljetne temperature povezane su s masovnom smrtnošću lososa, kao što je primijećeno uz obalu Newfoundlanda tijekom 2019. godine, gdje su neka mjesta imala 100% smrtnost<sup>3</sup>. Ovi su autori ispitali fiziologiju i ponašanje lososa u morskim kavezima tijekom prirodnih događaja u toploj vodi pokazujući povećan broj otkucaja srca s povećanom temperaturom vode, što odražava povećanu metaboličku aktivnost pri toplijoj temperaturi vode. Svaka neučinkovitost u funkciji škrga imala bi negativan ishod pod takvim stresom. Topla voda također sadrži manje kisika od hladne vode, u isto vrijeme kada su ribe hladnokrvne kako temperatura vode raste, kao i njihov metabolizam, a time i potreba za kisikom.

Promjenjivi uvjeti okoliša mogu neizravno utjecati na škrge lososa kroz učinke na infektivne uzročnike lososa kao što je bolest amebnih škrga koje bolje rastu na višim temperaturama i salinitetima<sup>4,5</sup>. Na primjer, ribe držane na 15°C u usporedbi s 10°C pokazale su povećanu težinu infekcija, a sugerira se da bi se uzročnik amebne škržne bolesti, *N. perurans*, mogao bolje vezati za škrge i brže rasti na višoj temperaturi<sup>6</sup>. Neinfektivni agensi koji mogu utjecati na škrge lososa su cvjetanje zooplanktona i fitoplanktona, koji su u korelaciji s temperaturama morske vode<sup>7</sup>. U umjerenim regijama u kojima se uzgaja atlantski losos, toplije vode gotovo se uvijek odražavaju na istodobni porast planktonskih vrsta, koje se često vide kao proljetno cvjetanje. Ovo povećanje produktivnosti također ima potencijal povećanja opterećenja patogenima. Kako se riblje škrge inficiraju i rezultirajuća patologija nastaje zbog upale, ugrožena je sposobnost ribe da fiziološki funkcionira. Štetno cvjetanje zooplanktona i štetno cvjetanje fitoplanktona najvjerojatnije će biti problem ljeti-jesen s višim temperaturama vode<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> Herrero, A., Rodger, H., Hayward, AD, Cousens, C., Bron, JE, Dagleish, MP i Thompson, KD (2022). Prospektivna longitudinalna studija navodnih uzročnika uključenih u složeni škržni poremećaj u atlantskom lososu (*Salmo salar*). *Patogeni* 11, 878. <https://doi.org/10.3390/patogena11080878>.

<sup>2</sup> Østevik, L., Stormoen, M., Hellberg, H., Kraugerud, M., Manji, F., Lie, K.I., Nødtvedt, A., Rodger, H. i Alarcon, M. (2022). Kohortna studija infekcija škrga, patologije škrga i smrtnosti povezane sa škrgama kod atlantskog lososa uzgojenog u moru (*Salmo salar* L.): Deskriptivna analiza. *J. Riba.* 45, 1301–1321. <https://doi.org/10.1111/jfd.13662>.

<sup>3</sup> Gamperl, A.K., Zrini, Z.A. i Sandrelli, R.M. (2021). Atlantski losos (*Salmo salar*) Rasprostranjenost, ponašanje i fiziologija na mjestu kaveza tijekom toplinskog vala na Newfoundlandu (2021.). *Fronta. Physiol.* 24, 719594. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.719594>.

<sup>4</sup> Benedicenti, O., Pottinger, T.G., Collins, C. i Secombes, C.J. (2019). Učinci temperature na razvoj bolesti amebnih škrga: Igra li ulogu? *J. Riba.* 42, 1241–1258. <https://doi.org/10.1111/jfd.13047>.

<sup>5</sup> Collins, C., Hall, M., Fordyce, MJ i White, P. (2019). Preživljavanje i rast in vitro populacija *Paramoeba perurans* uzgajanih pod različitim salinitetima i temperaturama. *Protist* 170, 153–167. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2018.11.003>.

<sup>6</sup> Beaugrand, G. i Reid, P.C. (2012). Odnosi između sjevernoatlantskog lososa, planktona i hidroklimatskih promjena u sjeveroistočnom Atlantiku. *ICES J. Mar. Sci.* 69, 1549–1562.

<sup>7</sup> Di'az, PA, Pe' rez-Santos, I., Basti, L., Garreaud, R., Pinilla, E., Barrera, F., Tello, A., Schwerter, C., Arenas-Urbe, S., Soto-Riquelme, C., et al. (2023). Utjecaj lokalnih i klimatskih pokretača na formiranje, dinamiku i potencijalno ponavljanje masovnog cvjetanja mikroalgi koje ubija ribe u patagonskom fjordju. *Sci.Total Environ.* 865, 161288. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161288>.

<sup>8</sup> Clinton, M., Ferrier, DEK, Martin, S.A.M. i Brierley, A.S. (2021). Utjecaj meduza na akvakulturu morskih kaveza: pregled postojećeg znanja i izazova za zdravlje riba. *ICES J. Mar. Sci.* 78, 1557–1573. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa254>.



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

### Koristi

Ova studija slučaja dokazuje složenost akvakulture, osjetljivost na bolesti ili poremećaje riba, posebno zbog klimatskih promjena.

Uklanjanjem ili ograničavanjem utjecaja bolesti, čovječanstvo bi gotovo moglo zadovoljiti potrebe za morskim plodovima.

### Utvrđeno (prakse specifične za module)

Širenje bolesti problem je u akvakulturi na otvorenim vodama, unatoč napretku poput cjepiva, sustava dezinfekcije, higijenskih postupaka i zona kontrole bolesti.

Selektivni uzgoj otpornih populacija riba na bolesti može biti način rješavanja problema.

Napredak u dijagnostici, otkrivanju i identifikaciji patogena, prehrani, uključujući upotrebu funkcionalne hrane i probiotika, mogao bi poboljšati imunološki status uzgojenih vodenih vrsta i cjelokupno upravljanje zdravljem okoliša kulture.

### Nedostaci

Izbijanja bolesti postat će češća, intenzivnija i raširenija na kopnu i u vodi, zbog klimatskih promjena.

Utjecaji toplijih zimskih temperatura u područjima proizvodnje lososa značili su da ribe nisu mogle očistiti svoje škržne parazite, što rezultira povećanom patologijom škrge, a time i većom smrtnošću.

Može biti teško procijeniti utjecaj klimatskih promjena na cjelokupno zdravlje škrge atlantskog lososa. Većina informacija dolazi iz javnih podataka o smrtnosti riba s oznakom "zbog bolesti škrge".

Malo se zna o izravnim i neizravnim troškovima bolesti škrge i to je potrebno kako bi se bolje razumio opseg ove bolesti i kako se to može promijeniti zbog povećane temperature okoliša.

Gornja studija slučaja prilagođena je iz „*Diseases of marine fish and shellfish in an age of rapid climate change*“. Rowley, Andrew F. et al.. *iScience*, Volume 27, Issue 9, 110838. Dostupno na: [https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042\(24\)02063-7](https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042(24)02063-7) . Tekst je skraćen za potrebe studije slučaja, ali tekst ostaje isti kao i izvornik. Za čitanje cjelovitog teksta posjetite ovu internetsku stranicu: [https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042\(24\)02063-7](https://www.cell.com/iscience/fulltext/S2589-0042(24)02063-7)

2. Dodatne informacije dostupne su na: .....



Funded by  
the European Union



**The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture  
[DiBluCa]**

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

**STUDIJA SLUČAJA-1 PITANJA NA RADNOM LISTU**

1. Kako funkcionira sustav Case Study-1?
2. Koji se elementi iz studije slučaja-1 mogu implementirati izvan regije/zemlje? Kako bi to moglo izgledati? (Navedite primjer koristeći svoju matičnu zemlju ako jeste)?
3. Razmislite o prednostima i nedostacima studije slučaja-1?

	Koristi	Nedostaci
1.		
2.		
3.		



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

### STUDIJA SLUČAJA 2: Studija slučaja uspješnih integracija: Biosigurnost u norveškoj akvakulturi – rizici i mjere u RAS postrojenjima

#### Uvod

Biološka sigurnost glavna je briga u norveškom uzgoju lososa, jer su bolesti i paraziti česti. Nastavak proizvodnje ovisi o prevenciji i kontroli bolesti i parazita. Čimbenici rizika za objekte RAS (RAS – recirkulacijski sustav akvakulture) podijeljeni su u četiri glavne skupine: Unošenje patogena u objekt, širenje patogena unutar objekta, rast patogena unutar objekta i dodatni rizici. Predlažu se mjere za ublažavanje identificiranih čimbenika rizika (Slette i sur., 2024.).

#### Opis

Studija je dala pregled mogućnosti upravljanja rizicima u objektima RAS-a. Budući da sustavi za proizvodnju i prijevoz lososa imaju nekoliko faza i putova infekcije, podaci su prikazani u sljedećim kategorijama glavnih čimbenika rizika:

1. Čimbenici rizika za unošenje patogena u RAS.
2. Čimbenici rizika za rast patogena u RAS-u.
3. Čimbenici rizika za širenje patogena u RAS-u.
4. Dodatni čimbenici rizika za biološku sigurnost za RAS.

Rezultati su predstavljeni u članku. To ukazuje na više opcija za upravljanje rizicima, što zahtijeva razmatranja vezana uz snagu znanja, posljedice, sukobe i praktičnu primjenu.

Moguće je kontrolirati sve materijale koji ulaze i izlaze iz RAS postrojenja, ali to zahtijeva manje odjele, više praćenja i uvida u podatke te davanje prioriteta mjerama biološke sigurnosti kao što su higijenski dizajn i temeljito čišćenje (Slette i sur., 2024.).

#### Koristi

Ova studija slučaja pokazuje važnost biosigurnosti u RAS-u i raznolikost različitih mjera.

Čimbenici rizika i mjere biološke sigurnosti ovise o slučaju.

Bolje razumijevanje čimbenika rizika za biološku sigurnost i nova rješenja omogućit će ciljane biosigurnosne mjere kojima se uklanja mogućnost neželjenih učinaka i s jasnim ekonomskim razlogom za njihovu provedbu.

Korištenje mjera biološke sigurnosti može pomoći u izbjegavanju ili minimiziranju bolesti riba, smrti i financijskih gubitaka, kao i nepotrebnog korištenja vode, energije, hrane za životinje i drugih resursa.

#### Utvrđeno (prakse specifične za module)

Europski i nacionalni propisi o zdravlju riba zahtijevaju planove biološke sigurnosti, sustave upravljanja rizicima i provedbu relevantnih mjera.

Dezinfekcija i obrada usisne vode i otpadnih voda bitne su prepreke za sprječavanje prijenosa i širenja patogena u objektima RAS-a.

Industrija RAS-a provela je značajne mjere za smanjenje rizika biološke sigurnosti. Izbjegavanje unošenja patogena glavni je fokus biosigurnosti, a značajna sredstva ulažu se u minimiziranje ovog rizika.

Nemoguće je u potpunosti izbjeći unošenje patogena u sustav. Projektiranje i upravljanje RAS objektima koji stvaraju neprijateljsko okruženje za patogene neophodan je dodatak minimiziranju rizika od unošenja u postrojenje.

Mjere će vjerojatno vrijediti provesti za sve RAS:

- Preporučeno filtriranje visokokvalitetne usisne vode.
- Osiguravanje da su skladištenje hrane i sustavi povezani s uzgojnim spremnicima zatvoreni/nedostupni štetocinima.



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

- Imati postupke za čišćenje svih dijelova sustava koji su na neki način u kontaktu s ribom ili vodom, uključujući opremu koja se odnosi na hranu.
- Čišćenje bioobraštaja/biofilma i uklanjanje drugih mogućih domaćina iz kompletnog sustava između riba generacijama.
- Edukacija cjelokupnog osoblja o načelima biološke sigurnosti i područjima visokog rizika.
- Dobro upravljanje kvalitetom vode, ispitivanje vodene biote.

### Nedostaci

Provedba mjera biološke sigurnosti može biti otežana zbog neizvjesnosti ili rasprava o troškovima. Čak i kada su čimbenici rizika jasni, mjere mogu biti nepraktične ili skupe.

Troškovi, propisi i nesigurnost u kvantifikaciji čimbenika rizika i učinaka mjera pridonose tome da se mjere ne provode.

Neke mjere mogu imati dodatne, neželjene učinke.

*Gornja studija slučaja prilagođena je od Slette, H. T., Salomonsen, C., Størkersen, K., Tveit, G. M., Misund, A., & Lona, E. (2024). Biosafety in Norwegian Aquaculture—Risks and Measures in RAS Facilities and Well-Boats.*

*Reviews in Aquaculture.* <https://doi.org/10.1111/raq.12979> i poveznica

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12979>. Tekst je skraćen za potrebe studije slučaja, ali tekst ostaje isti kao i izvornik. Da biste pročitali cijeli tekst, posjetite ovu web stranicu:

1. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/raq.12979>.

2. Dodatne informacije dostupne su na: .....



Funded by  
the European Union



## The Digital Blue Carrier for a Post-Carbon Future - Curriculum Innovations in Aquaculture [DiBluCa]

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

### STUDIJA SLUČAJA-2 PITANJA NA RADNOM LISTU

1. Kako funkcionira sustav Case Study-2?
2. Koje se mjere, opisane u Studiji slučaja-2, mogu provesti u vašem RAS-u/regiji/zemlji? Kako bi to moglo izgledati? (Navedite primjer koristeći svoju matičnu zemlju ako jeste)?
3. Razmislite o prednostima i nedostacima studije slučaja-2?

	Koristi	Nedostaci
1.		
2.		
3.		



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Ovaj projekt financiran je uz potporu Europske komisije. Ova publikacija odražava samo stavove autora i komisija se ne može smatrati odgovornom za bilo kakvu upotrebu informacija sadržanih u njoj.



**Atribut ovog rada: Nekomercijalno** — Ne smijete koristiti materijal u komercijalne svrhe. **NoDerivatives** — Ako remiksate, transformirate ili nadograđujete materijal, ne smijete distribuirati modificirani materijal.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>