



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

Poglavlje 5. UČINCI GLOBALNOG ZATOPLJENJA NA BOLESTI U AKVAKULTURI I ZAŠTITNE PRIMJENE

Izv. prof. dr. sc. Gražina Žibienė

Alvydas Žibas, Voditelj centra za akvakulturu

Vytautas Magnus University

1. Uvod u globalno zatopljenje i zdravlje akvakulture

Klimatske promjene su u tijeku i utječu na vodeni okoliš (slatkovodni, morski ili bočati ekosustavi) povećanjem temperature vode, promjenama razine vode i režima protoka, eutrofikacijom, zakiseljavanjem, promjenom opterećenja hranjivim tvarima, povećanjem prodora ultraljubičastog (UV) svjetla, manjenjem staništa i njegovom degradacijom te povećanjem toplinskog stresa i rasprostranjenosti vrsta.

Varijacije u vodenom okolišu, kao što su temperatura, salinitet i kronični stres niske razine otopljenog kisika, utječu na barijere sluznice, epitele, imunološke stanice i unutarnji okoliš (tj. tjelesne tekućine, stanice, tkiva i organe) u vodenim organizmima. To dovodi do smanjene imunokompetencije u vodenim organizmima, slabog rasta i nižih reproduktivnih performansi.

Klimatske promjene, koje uključuju globalno zatopljenje, također mogu negativno utjecati na energetske rezerve riba, pridonoseći povećanom oksidativnom stresu i smanjenoj toplinskoj toleranciji (Woo, P. T., & Iwama, G. K., 2019).

Procjenjuje se da će čovječanstvo morati proizvesti više od 80 milijuna tona do 2030. godine kako bi održalo trenutačnu potrošnju morskih plodova po glavi stanovnika. Stoga će akvakultura morati proizvesti dodatnih 30 milijuna tona morskih plodova u manje od desetljeća i pol. Vjerojatno ne postoji dovoljno kopnenih ili prikladnih morskih područja da bi se to postiglo bez značajnih poremećaja u više ekosustava. Međutim, oko 40% ukupne proizvodnje akvakulture gubi se zbog bolesti, kao što je široko definirano u nastavku. Dakle, jednostavnim uklanjanjem **ili ograničavanjem utjecaja bolesti, čovječanstvo bi moglo gotovo zadovoljiti zahtjeve za morskim plodovima bez promjene bilo kakvih praksi korištenja zemljišta** (Lucas i sur., (2019)).

Predviđa se da će se prosječna globalna temperatura zraka povećati za 0,5–1,5 °C do 2030., a očekuje se da će se učinci ubrzati i nakon porasta globalne temperature od 1–2 °C. Predviđa se da će globalna temperatura oceana u gornjih 100 m porasti za 0,6–2,0 °C do 2100. godine. Toplinsko širenje zagrijavanja oceanske vode i otapanje ledenih ploča i ledenjaka vrlo će vjerojatno uzrokovati porast globalne srednje razine mora od 10–35 cm do 2050. godine. Klimatske promjene također su dovele do povećane učestalosti ekstremnih vremenskih prilika, kao što su oluje i suše. Do 2050. troškovi



ekstremnih vremenskih uvjeta mogli bi doseći 1% globalnog BDP-a godišnje. Oko 20-35% emisija CO₂ preuzimaju oceani, što dovodi do zakiseljavanja oceana.

Globalno zatopljenje povećava prevalenciju i intenzitet bolesti. Povišene temperature vode mogu poboljšati stope rasta i razmnožavanja patogena, što dovodi do češćih i težih izbijanja bolesti u akvakulturi. Više temperature vode ubrzavaju životne cikluse mnogih vodenih patogena, povećavajući njihovu prevalenciju i virulenciju. Bakterije, virusi i paraziti mogu postati agresivniji ili razviti otpornost na tretmane. Mnoge vrste akvakulture imaju uske raspone toplinske tolerancije. Povišene temperature mogu oslabiti njihov imunološki sustav, čineći ih osjetljivijima na infekcije i bolesti. Toplije vode mogu omogućiti tropskim i subtropskim patogenima da prošire svoj raspon, izlažući vrste akvakulture u umjerenim regijama novim bolestima.

Klimatske promjene prijete jedinstvenim i ranjivim ekosustavima poput koraljnih grebena. U kopnenim i slatkovodnim ekosustavima klimatske promjene uzrokuju gubitak biološke raznolikosti i povećanu kolonizaciju invazivnim vrstama. Kombinirani učinci porasta razine mora, obalne erozije, onečišćenja i zakiseljavanja oceana prijete obalnim ekosustavima (Lucas i sur., (2019).

Implikacije klimatskih promjena na akvakulturu u budućnosti su duboke. Budući da klimatske promjene rezultiraju povećanom učestalošću suša i ekstremnih vremenskih uvjeta, mogu se očekivati poremećaji u proizvodnji u ribnjacima. Nadalje, smanjeni prinosi usjeva i povećana potražnja povezana s rastom stanovništva i gospodarskim rastom stvorit će nestašicu i povećati cijene robnih usjeva koji se koriste za proizvodnju hrane za akvakulturu. Porast razine mora i ekstremni vremenski uvjeti povećat će ranjivost akvakulture u obalnom području, uključujući obalne ribnjake sa škampima i ribnjacima, splavi sa školjkama i kaveze za ribe, posebno u Aziji s obilnom infrastrukturom akvakulture.

Zakiseljavanje oceana dovest će u pitanje održivost akvakulture školjkaša na obali. Globalne klimatske promjene vjerojatno će pogoršati osjetljivost akvakulture na događaje bolesti (Lucas i sur. (2019).

Povećane razine CO₂ dovode do zakiseljavanja oceana, što utječe na kalcificirajuće organizme poput školjkaša i koralja. Kiseli uvjeti slabe njihove ljuske i kosture, čineći ih ranjivijima na bolesti i stres iz okoliša. Zakiseljavanje može promijeniti sastav i zdravlje vodenih ekosustava, potencijalno utječući na vrste koje se oslanjaju na ta staništa, uključujući ona koja se uzgajaju u sustavima akvakulture.

Globalno zatopljenje može uzrokovati promjene u salinitetu kroz promijenjene obrasce oborina i povećano otjecanje slatke vode. Vrste akvakulture mogu doživjeti osmotski stres, što dovodi do veće osjetljivosti na bolesti i smanjenog rasta. Varijacije u salinitetu mogu utjecati na prevalenciju određenih patogena i bolesti, što zahtijeva prilagodbe u praksi upravljanja.

Zbog globalnog zatopljenja, povećano otjecanje hranjivih tvari iz poljoprivrede i urbanih područja može dovesti do eutrofikacije, uzrokujući cvjetanje algi i hipoksične uvjete. Ove promjene pogoršavaju kvalitetu vode i stvaraju okruženja pogodna za izbijanje bolesti.



Globalno zagrijavanje može potaknuti štetno cvjetanje algi (HAB). Pojedina cvjetanja proizvode toksine koji mogu izravno naštetiti vrstama akvakulture ili stvoriti uvjete koji pogoduju patogenim organizmima.

Ekstremni vremenski uvjeti, kao što su oluje i poplave, mogu uzrokovati fizičku štetu infrastrukturi akvakulture i dovesti do naglih promjena u kvaliteti vode. Ovi stresori mogu oslabiti zdravlje vodenih vrsta i povećati njihovu ranjivost na bolesti.

Globalno zagrijavanje može promijeniti distribuciju i raznolikost vodenih patogena. Novi ili prethodno rijetki patogeni mogu postati češći, što predstavlja nove izazove za upravljanje bolestima u akvakulturi.

Ostali učinci klimatskih promjena, kao što su hipoksija, zakiseljavanje i promjene saliniteta, mogu povećati stres i dodatno narušiti imunološku funkciju.

Globalno zatopljenje može promijeniti životne cikluse i interakcije između domaćina i parazita, što može dovesti do pojave novih vektora bolesti i putova prijenosa. Operacije akvakulture moraju se prilagoditi promjenjivom krajoliku patogena primjenom ažuriranih strategija praćenja i upravljanja bolestima.

2. Uobičajene bolesti u akvakulturi i njihov utjecaj na vodene vrste

2.1. Uvod u bolesti u akvakulturi

Bolest je reakcija tijela na nepovoljne čimbenike vanjskog okruženja. Kao rezultat toga, normalno funkcioniranje tijela se narušava, a sposobnost prilagodbe opada. Istodobno se aktiviraju obrambene funkcije tijela.

Bolesti karakteriziraju određene kliničke pojave, simptomi, odgovarajuća oštećenja tjelesne strukture tkiva i poremećaji njihovih funkcija.

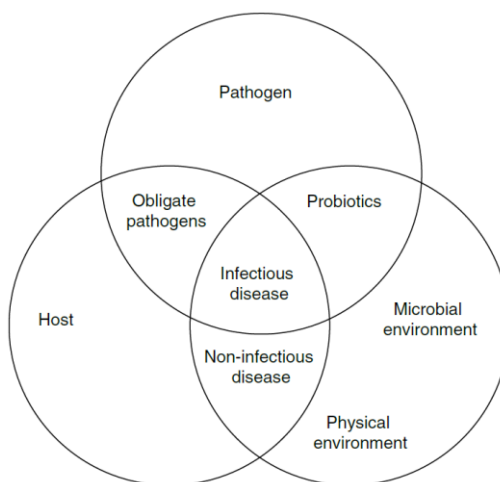
Sneizkov model tri prstena, Vennov dijagram interakcije između domaćina (vrste akvakulture), patogena i okoliša (slika 1), pokazuje činjenicu da je većina zaraznih bolesti trosmjerna interakcija koja zahtijeva sve komponente:

- patogen;
- domaćin;
- okoliš.

Neinfektivna bolest je interakcija samo između domaćina i okoline. Područje preklapanja između patogena i domaćina obuhvaća obvezne patogene—najopasniju skupinu, jer im stres iz okoliša nije potreban da bi izazvali kliničku bolest (Lucas i sur., 2019).



Slika 1. Modificirani Sneizkov model s tri prstena koji prikazuje interakciju između domaćina, patogena i okoliša (Lucas i sur., 2019).



2.2. Abnormalnosti u ponašanju i tjelesne abnormalnosti

Nenormalno ponašanje često je prvi pokazatelj nadolazećeg zdravstvenog problema riba. Profesionalci moraju biti upoznati s normalnim ponašanjem i izgledom vrsta riba. Sva ponašanja, uključujući hranjenje i plivanje, te reakciju na nagli pokret moraju se pažljivo promatrati. Proizvođač ribe mora naučiti razlikovati nijanse u ponašanju. Zdrave ribe pokazuju "normalno" ponašanje. Tablica 1 navodi abnormalnosti koje se mogu primijetiti kada su ribe bolesne. Ovi znakovi pomoći će u dijagnozi uzroka problema (Timmons i Ebeling, 2013).

Tablica 1. Ponašanje riba i fizički znakovi stresa i bolesti (Timmons i Ebeling, 2013.)

Ponašanje riba	Znakovi koje treba promatrati
Kretanje	Slabo, nepredvidljivo ili letargično plivanje Povećana ili smanjena reakcija na vanjske podražaje kao što su buka ili kretanje Grebanje, bljeskanje ili trljanje o spremnik zidovi ili dno Trzanje, strelice, okretanje ili skakanje iz vode Gužva u blizini vodovoda Plivanje naopako Dahtanje na površini vode
Hranidba	Ne hrani se Smanjeno hranjenje (detektirano krivuljama rasta kao i promatranjem)
Disanje	Smanjena brzina operkularnog pokreta Povećana brzina operkularnog kretanja
Fizičko stanje	Vidljive lezije ili ranice Zamućene oči Izbočene oči

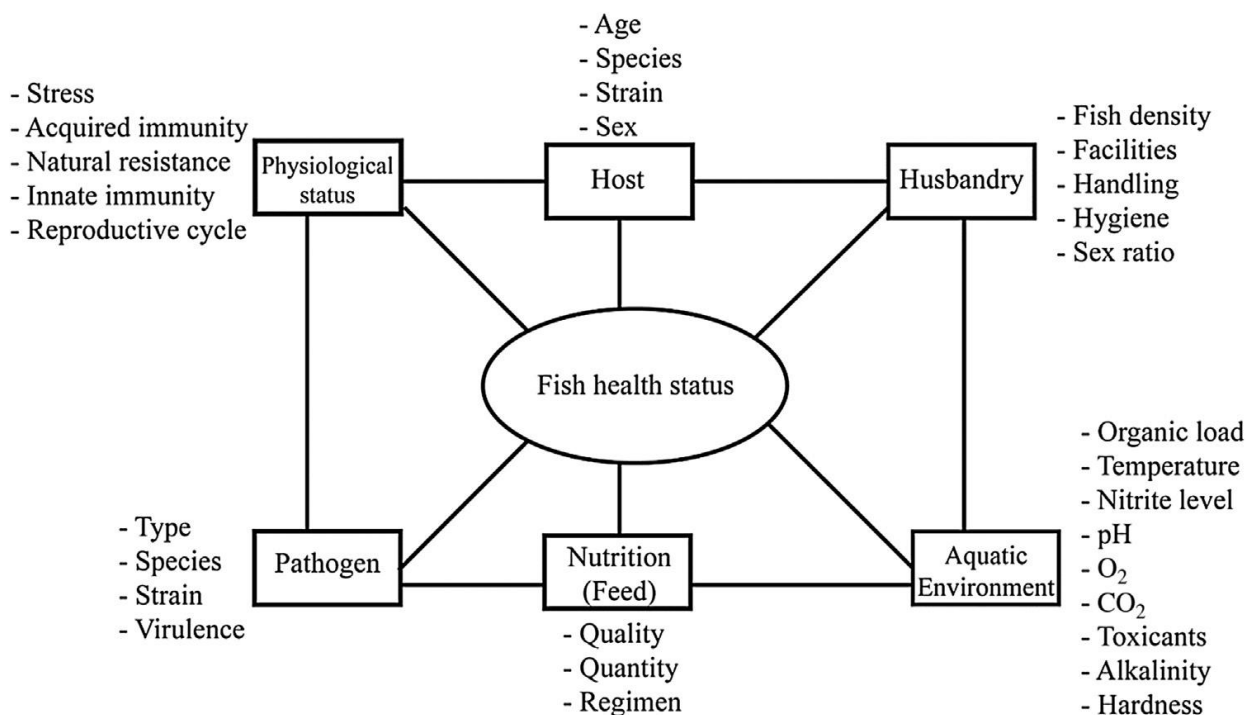


	<p>Škrge natečene, bijele, ružičaste ili blijedocrvene, erodirane, natečena, krvava, smeđa Gubitak kamenca Otečeni trbuh Višak sluznice na koži i/ili škragama (također, provjerite ima li viška sluzi na zaslonima spremnika) Mrlje ili gljivice na koži Neobične boje na površini tijela, uključujući crvenu natečena područja, sive ili žute lezije Raširena operkula (škržni poklopci) Pohabane peraje ili rep Mjehurići u očima ili na koži</p>
--	--

Ribe uzgojene u sustavima akvakulture suočavaju se s različitim vrstama stresora koji se općenito mogu klasificirati u abiotičke i biotičke stresore. Učinke abiotskih stresora u uzgojenim ribama vrlo je teško procijeniti (Slika 2). Neki od biotičkih čimbenika mogu se lako kontrolirati, a pažljiva manipulacija određenim biotičkim čimbenicima može uspješno spriječiti ili barem minimizirati gubitak bolesti u akvakulturi (Jeney, 2017).



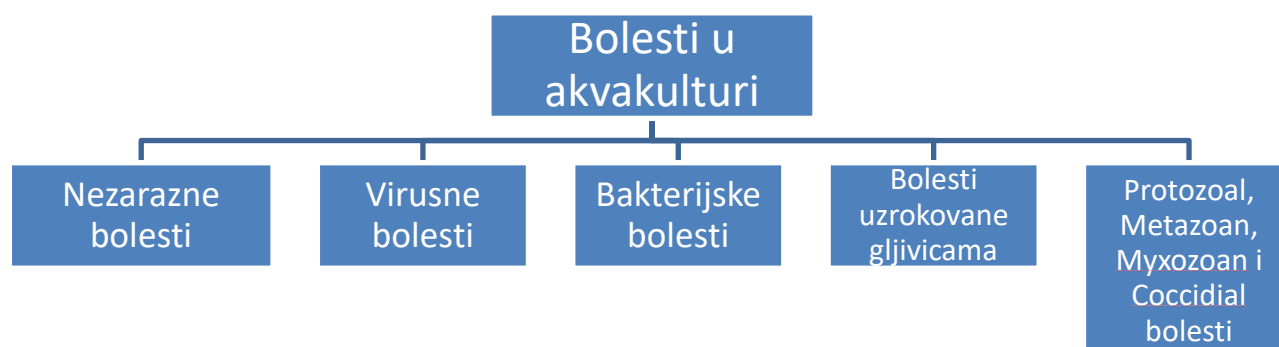
Slika 2. Čimbenici koji utječu na zdravstveno stanje riba (Jeney, 2017.)



2.3. Klasifikacija bolesti u akvakulturi

Bolesti u akvakulturi mogu se podijeliti u nekoliko skupina: neinfektivne bolesti, virusne bolesti, bakterijske bolesti, bolesti uzrokovane gljivicama i gljivičnim organizmima te bolesti uzrokovane parazitima (protozoe, metazoe i miksozoidi, kokcidije itd.) (Slika 3).

Slika 3. Klasifikacija bolesti u akvakulturi





Detaljne informacije o bolestima, etiologiji, signalizaciji, faktoru rizika, upravljanju i prevenciji mogu se pronaći u specijaliziranim izvorima, knjigama, bazama podataka, na primjer:

- Clinical Guide to Fish Medicine. (2021). In Wiley eBooks.;
- Noga, E. J. (2010). Fish disease: diagnosis and treatment. John Wiley & Sons.
- <http://afs-fhs.org/bluebook/bluebook-index.php> Fish Health Section BLUE BOOK 2014 Edition. Suggested Procedures for the Detection and Identification of Certain Finfish and Shellfish Pathogens.
- <http://www.thefishsite.com/diseaseinfo/>
- https://www.dnr.state.mn.us/fish_diseases/index.html .

Primjeri uobičajenih vanjskih ili unutarnjih lezija koje ukazuju na stanja bolesti kod uzgojenih riba prikazani su na Slici 4 i 5.

2.4. Neinfektivne bolesti

Neinfektivne bolesti povezane su s kvalitetom vode (niska razina otopljenog kisika, prezasićenost plinom, barotrauma, temperaturni stres, pH stres i toksičnost od amonijaka, nitrita, nitrata, klora, teških metala, sumporovodika, pesticida itd.) ili drugi čimbenici (trauma, miopatija pri naporu, depigmentacija bočne linije, hiperplazija štitnjače, mucometra i ciste jajnika, zadržavanje ili vezanje jajnih stanica, distocija, katarakta, lipidna keratopatija, nedostatak mikronutrijenata, gastrointestinalna strana tijela i neoplazija (Klinički vodič za riblju medicinu, 2021.).

2.5. Virusne bolesti

Većina uobičajenih poznatih virusnih patogena riba pripada trima porodicama:









- *Herpesviridae*, *Rhabdoviridae* i *Iridoviridae*.

Sljedeće virusne bolesti riba najopasnije su i prijavljuju se OIE-u (World Organisation for Animal Health), regionalnim i nacionalnim organizacijama odgovornim za bolesti životinja (Clinical Guide to Fish Medicine, 2021):

- Koi herpes viroza
- Virusna hemoragijska septikemija
- Infektivna hematopoetska nekroza
- Proljetna viremija šarana
- Epizootska hematopoetska nekroza
- Iridovirus pagra
- Zarazna anemija lososa
- Salmonidni alfavirus.



Slika 4. Primjeri uobičajenih vanjskih lezija koje ukazuju na stanja bolesti kod uzgojenih riba (Jeney, 2017)

Abnormal Signs	Possible Disease Causes
	Multifocal to coalescing hemorrhage suggestive of a systemic viral and/or bacterial infection, or heavy external parasitism
	Diffuse hemorrhages, along with a hemorrhagic vent, suggestive of a systemic subacute viral and/or bacterial infection
	Furuncle suggestive of infection with <i>Aeromonas salmonicida</i>
	Deep hemorrhagic ulcer suggestive of bacterial infection
	Fin erosion and deep ulcer on the caudal peduncle suggestive of flavobacterial infection
	Exophthalmia with an ocular hemorrhage suggestive of a systemic viral and/or bacterial infection
	Severely pale gills suggestive of anemia, possibly induced by viral or bacterial infection
	Gills showing extensive tissue loss suggestive of flavobacterial infection and some viral infections (e.g., Koi herpesvirus)



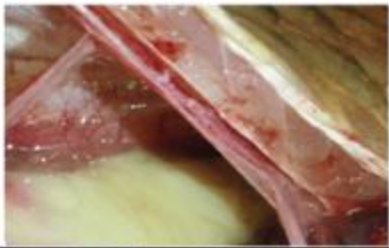
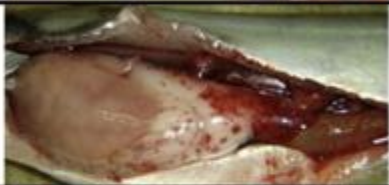




Funded by
the European Union



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

2023-1-LT01-KA220-HED-000154247

Slika 5. Primjeri uobičajenih unutarnjih lezija koje ukazuju na stanja bolesti kod uzgojenih riba (Jeney, 2017)

Abnormal Signs	Possible Disease Causes
	Presence of fluids in the abdominal cavity suggestive of a systemic bacterial and/or viral disease
	Hemorrhage in visceral fat suggestive of nutritional deficiency or systemic viral/bacterial disease
	Multiple whitish nodules in the liver suggestive of granulomatous diseases, such as mycobacteriosis, bacterial kidney disease, or piscirickettsiosis. The same lesions can be caused by encysted metacercariae or larval trematodes
	Hemorrhagic inflammation of the intestine suggestive of toxicosis or enteric redmouth disease caused by <i>Yersinia ruckeri</i>
	Hemorrhages in the swimbladder suggestive of systemic viral and/or bacterial disease
	Whitish nodules in the kidney parenchyma suggestive of bacterial kidney disease



2.6. Bakterijske bolesti

Većinu bakterijskih bolesti riba uzrokuju oportunistički gram-negativni bakterije.

Zabilježene su i neke značajne infekcije uzrokovane gram-pozitivnim bakterijama (npr. *Streptococcus* i *Renibacterium spp.*; *Mycobacterium spp.*).

Morbiditet i smrtnost često su posljedica sekundarnih učinaka stresora. Sistemske infekcije su najčešće, iako se mogu vidjeti lokalne infekcije. Klinički znakovi često su nespecifični i konačna dijagnoza zahtijeva pomoćno testiranje. Antibiotško liječenje treba se temeljiti na kulturi i rezultatima osjetljivosti (Clinical Guide to Fish Medicine, 2021).

2.7. Gljivične i gljivične bolesti

Ribe su osjetljive na razne gljivične bolesti. Među najčešćim gljivičnim patogenima nalaze se *Oomycetes*, *Exophiala spp.*, *Fusarium spp.*, microsporidia i ichthyosporea.

• Oomycota (saprolegnia)

- Oomycota, poznata kao oomicete ili vodene plijesni, organizmi su slični gljivicama koji mogu zaraziti kožu ili škrge riba, riblja jaja i bilo koju raspadajuću tvar.
- Oni su uobičajeni oportunistički patogeni slatkovodnih i boćatih riba i poseban su problem za soma u akvakulturi.
- Infekcija je često sekundarna zbog traume ili temperaturnih stresora.
- Tipične oomicete mogu se kontrolirati medicinskim tretmanima i upravljanjem uvjetima uzgoja, iako je recidiv čest
- Atipične oomicete su invazivnije te izazivaju tešku kroničnu upalu.
- *Aphanomyces invadans* je netipična oomiceta koja može izazvati sezonske epizootije kod divljih i uzgajanih slatkovodnih i boćatih riba.

2.8. Protozoalne, metazojske, miksozojske i kokcidijske bolesti

Ichthyophthirius multifiliis je trepljasti protozojski ektoparazit koji inficira kožu i škrge slatkovodnih koštunjača. Ova bolest često se naziva slatkovodna pjegavost ili bijela pjegavost.

Metazoe su višestanični eukariotski organizmi koji obuhvaćaju raznolike skupine životinja. Monogeneans su plosnati crvi (metilji) koji su uobičajeni ektoparaziti riba. Kazalidi su veliki, ovalni, oviparni monogeni paraziti. Inficiraju kožu, oči i škrge morskih riba. Pijavice su hematofagni metazojski paraziti. Često su vidljivi na koži i perajama riba.

Miksozoi su uobičajeni paraziti divlje ribe i akvakulture u ribnjacima. Većina ovih parazita ima neizravan životni ciklus koji uključuje oligohete, polihete ili mahovnjake kao međudomaćine.



2.9. Glavne bolesti mekušaca, rakova

U svijetu su protozojski paraziti najznačajniji uzrok gubitaka u industriji školjkaša. Ova prevlast protozojskih parazita ogleda se u vodiču za bolesti za uzgajivače mekušaca (Elston, 1990). Od 11 'značajnih bolesti kamenica' opisanih u ovom vodiču, sedam uzrokuju protozoe:

- *Perkinsus marina*;
- *Haplosporidium nelson*;
- *Haplosporidium costalis*;
- *Bonamia mackini*;
- *Bonamia ostrea*;
- *Marteilia refringens*;
- *Hexamita nelson*.

Nisu samo protozoe te koje uzrokuju bolesti kod mekušaca, već su uključeni i virusi i bakterije. Virusi su uzrokovali smrtnost u mrijestilištima i značajne probleme s rastom u uzgoju morskih škampa. Najrazorniji virus poznat do danas je virus sindroma bijele pjegavosti (WSSV) (Lucas i sur. (2019).

2.10. Širenje patogena u akvakulturi

Širenje patogena proces je ovisan o gustoći i stoga na njega utječu stope skladištenja. Što je veća gustoća, manja je udaljenost između susjednih jedinki. To dovodi do veće vjerojatnosti da patogeni prijeđu udaljenost između domaćina u održivom stanju.

Nepokretni patogeni, poput virusa, nepokretnih bakterija, sporozoa i jajašaca parazita, uglavnom se šire prema zakonima difuzije stoga će se u uvjetima mirne vode oko zaražene jedinke formirati gradijent koncentracije patogena.

Ostali patogeni kao što su bakterije, gljivične zoospore, protozoe i metazoe općenito imaju aktivne, ali promjenjive sposobnosti širenja. Kako se udaljenost povećava, manje patogena moći će doći do osjetljivih domaćina kako bi uspostavili ili nastavili epidemiju bolesti (izbijanje). Budući da postoji prirodno trošenje patogena u okolišu, ako patogen ne dospije do osjetljivog domaćina u određenom vremenskom razdoblju, mogućnost nove infekcije postaje gotovo nepostojeća (Lucas i sur., (2019).

Skladištenjem objekata monokulturama akvakultura isključuje i grabežljivce i konkurente vrste koja se uzgaja. Isključen je i veliki broj plijena kultiviranih vrsta. Isključivanjem životinja koje prirodno koegzistiraju eliminiraju se posredni i konačni domaćini iz ekosustava akvakulture. To učinkovito prekida životni ciklus mnogih helminta s više domaćina (npr. digeneans i cestode), koji posljedično imaju manju ulogu u bolestima u akvakulturi nego u divljim populacijama. Morski kavezi su znatno manje učinkoviti u prekidanju ovih životnih ciklusa u usporedbi s ribnjacima ili recirkulacijskim sustavima." (Lucas i sur. (2019).

Globalno zatopljenje može utjecati na distribuciju i prevalenciju patogena, mijenjajući okolišne uvjete i narušavajući ekosustave. Mogu se pojaviti novi patogeni ili prethodno rijetki patogeni mogu postati češći. Vrste akvakulture mogu se susresti s novim ili agresivnijim patogenima za koje nisu prilagođene, povećavajući rizik od izbijanja bolesti i komplicirajući napore u upravljanju.



2.11. Metode liječenja bolesti riba

Različite metode liječenja i primjene lijekova kontroliraju bolesti riba, kao što je opisano u (Parker, R. (2011).

Uranjanje. U metodi uranjanja, jaka otopina kemikalije koristi se relativno kratko vrijeme. Ova metoda može biti opasna jer su korištene otopine koncentrirane. Razlika između učinkovite i smrtonosne doze često je minimalna.. Riba se obično stavlja u mrežu i umaču u jaku otopinu kemikalije na kratko vrijeme, obično 15 do 45 sekundi, ovisno o vrsti kemikalije i koncentraciji te o vrsti ribe koja se tretira.

Ispiranje. Ova metoda je prilično jednostavna i sastoji se od dodavanja osnovne otopine kemikalije na gornji kraj jedinice koja se obrađuje, a zatim dopuštanja da se ispiru kroz jedinicu. Mora biti dostupan odgovarajući protok vode kako bi se kemikalija mogla isprati kroz jedinicu ili sustav u kratkom vremenu. Ova se metoda ne može koristiti u ribnjacima.

Dugotrajan. Postoje dvije vrste dugotrajnog liječenja: kratkotrajno ili kupanje i neograničeno dugotrajno liječenje.

Kupka. Potrebna količina kemikalije ili lijeka dodaje se izravno u jedinicu za uzgoj i ostavlja određeno vrijeme, obično jedan sat. Kemikalija ili lijek se zatim brzo isperu slatkom vodom. S ovim tretmanom mora se poštivati nekoliko mjera opreza kako bi se spriječili ozbiljni gubici. Iako se može preporučiti vrijeme liječenja od jednog sata, ribu treba promatrati tijekom razdoblja liječenja. Na prvi znak nevolje brzo se dodaje svježa voda. Korištenje ove metode zahtijeva izniman oprez kako bi se osiguralo da je kemikalija ravnomjerno raspoređena po jedinici kako bi se spriječila pojava vruće točke kemikalije.

Neodređen. Obično se ova metoda koristi za obradu ribnjaka ili vuču spremnika. Primjenjuje se niska koncentracija kemikalije i ostavlja da se prirodno rasprši. Ovo je općenito jedna od najsigurnijih metoda liječenja. Jedan od glavnih nedostataka su velike količine potrebnih kemikalija, što može biti preskupo. Kao i kod tretmana kupke, kemikalija mora biti ravnomjerno raspoređena po cijeloj jedinici kako bi se spriječila pojava koncentriranih područja.

Hranidba. Kod liječenja određenih bolesti, lijek se mora unijeti u organizam ribe, najčešće putem hranjenja. To se može učiniti uključivanjem lijeka u hranu ili vaganjem točne količine lijeka, stavljanjem u želatinsku kapsulu, a zatim pomoću pištolja za kuglanje umetnuti ga u želudac ribe. Ova vrsta liječenja temelji se na tjelesnoj težini.

Injekcije. Velike i vrijedne ribe, osobito kada je uključen samo mali broj, ponekad se najbolje mogu liječiti ubrizgavanjem lijeka u tjelesnu šupljinu - intraperitonealno (IP) - ili u mišićno tkivo - intramuskularno (IM). Većina lijekova djeluje brže kada se ubrizgava IP nego IM. IP injekcije zahtijevaju oprez kako bi se osiguralo da nema oštećenja unutarnjih organa. Najlakše mjesto za IP injekcije je baza jedne od zdjeličnih peraja. Za intravenozne injekcije, najbolje mjesto je obično područje neposredno uz leđnu peraju (Parker, R. (2011).

Primjene u uvjetima okoliša mogu utjecati na populacije patogena, potičući pojavu novih ili virulentnijih sojeva. Pojava prethodno neprepoznatih bolesti, povećana epidemija bolesti i izazovi u dijagnostici i liječenju.



3. Zaštitne mjere i biotehnološke primjene za ublažavanje učinaka bolesti

Upravljanje zdravljem riba opisuje prakse upravljanja koje su osmišljene za sprječavanje bolesti riba. Kada se ribe razbole, njihovo liječenje postaje izazovno. Uspješno upravljanje zdravljem riba počinje prevencijom bolesti, a ne liječenjem. Dobro upravljanje kvalitetom vode, prehrana i sanitarni uvjeti sprječavaju bolesti riba. Bez ovih temelja nemoguće je spriječiti pojavu oportunističkih bolesti. Riba su stalno izložene potencijalnim patogenima poput bakterija, gljivica i parazita. Loša kvaliteta vode, loša prehrana ili supresija imunološkog sustava općenito povezana sa stresnim stanjima omogućuju ovim potencijalnim patogenima da uzrokuju bolest. Lijekovi za liječenje bolesti pomažu ribama da se izbore s oportunističkim infekcijama, ali ne mogu zamijeniti pravilne prakse uzgoja (Parker, R. (2011).

Globalno zatopljenje zahtijeva kontinuirano i detaljno praćenje kvalitete vode, razina patogena i zdravstvenih pokazatelja rib. Praćenje se oslanja na napredne dijagnostičke alate i tehnike nadzora radi ranog otkrivanja i suzbijanja izbijanja bolesti.

3.1. Filozofija kontrole bolesti

Kontrola bolesti u akvakulturi obično se pokušava pod pretpostavkom da je odsutnost patogena željeno stanje. Međutim, Šanse za pokretanje akvakulture bez prisutnosti potencijalnih patogena u sustavu su vrlo male i postavlja se pitanje je li isplativo postići stanje bez patogena. Ova strategija 'potpune eliminacije patogena' klasičan je pristup kontroli bolesti: patogenocentrični pristup (Lucas i sur., (2019).

Postoji niz čimbenika koje treba uzeti u obzir pri odlučivanju o mjerama kontrole u akvakulturi:

- **Trošak provedbe mjera kontrole.** Određeni patogeni mogu učiniti uzgoj neekonomičnim te ih je nužno potpuno ukloniti iz sustava akvakulture.
- **Rizik od ponovne infekcije.** U idealnom slučaju, ne bi trebalo biti gotovo nikakve šanse da se patogen ponovno nabavi iz okoliša ili iz prirodnih stokova u blizini. Alternativno, infekcija patogenom i naknadno liječenje često će omogućiti da se imunološki sustav kralježnjaka pripremi i stoga su daljnje infekcije ograničene.
- **Adekvatan test za patogen.** Precizna identifikacija patogena ključna je za procjenu učinkovitosti mjera kontrole.

3.2. Generalizirane tehnike upravljanja bolestima

Najvažniji faktor za prijenos patogena na farme i šire geografske lokacije jest kretanje životinja. To uključuje:

- matični stok;
- ličinke za nasad;
- alternativni domaćini;
- smrznuti proizvodi za ljudsku prehranu;

- hrana za akvakulturu; i
- mamac.

Većina novih unosa patogena u nezaražene sustave posljedica je nekontroliranog kretanja kontaminiranih životinja. Ponekad je to neizbježno jer akvakultura ne postoji bez matičnog stoka ili ličinki za nasad. Međutim, biološka sigurnost matičnog stoka, često se zanemaruje i treba je prvo razmotriti. Stoga je u Europi obvezno testirati matični stok na širok raspon bolesti koje se moraju prijaviti (bakterijske i virusne) prije nego što se dopusti prijenos (Lucas i sur. (2019.).

Ako nije dostupan matični stok bez patogena, koji je zdravstveni status koje se koristi? Na primjer, u akvakulturi morskih riba i akvakulturi škampa, virusna encefalopatija i retinopatija i virus sindroma bijele pjegavosti šire se okomito od matičnog stoka do ličinki, a zatim se distribuiraju kroz zaražene postlićinke i mlađ na farmi.

Premda ne postoji univerzalna strategija za suzbijanje svih patogena, niz postupaka može pomoći u njihovom ograničavanju unutar sustava akvakulture (Lucas i sur. (2019).

- **Serijska kultura.** Funkcionira po principu 'all in, all out'.
- **Obrada dolazne vode.** Ključna je za recirkulacijske sustave akvakulture, a posebno korisna u mrijestilištima, gdje je količina obrađene vode manja nego kod uzgoja. Obrada vode uključuje kemijsku sterilizaciju (klor, jodofori, ozon) i fizičku sterilizaciju (UV svjetlo).
- **Niža gustoća nasada.** Smanjenjem gustoće nasada povećava se prosječna udaljenost "među ribama", a vjerojatnost da patogen dođe do sljedećeg domaćina smanjuje se na eksponencijalnoj skali. Na teoretskoj osnovi, epidemije bolesti će izumrijeti osim ako na određenom području nije prisutan granični broj domaćina. Pojednostavljeno, svaki zaraženi domaćin mora zaraziti najmanje dva druga domaćina dok podlegne, inače se epidemija neće širiti. Nadalje, smanjenje gustoće nasada također će smanjiti razinu stresa izazvanog interakcijom i natjecanja za prostor i hranu.
- **Nasad od jednog mrijest.** Diferencijalni rast dobar je pokazatelj lošeg zdravlja u uzgoju. Ako se mješovita populacija mrijesta koristi za nasad u akvakulturoi, diferencijalni rast zbog starosti, genetike ili varijacija u uvjetima izlijevanja prikrit će diferencijalni rast uzrokovan patogenima. Stoga je nasad jednim mrijestom od posebne koristi. Ova tehnika nije toliko korisna kod mnogih vrsta riba gdje je ocjenjivanje veličine normalan dio kulture (npr. jegulje, losos i pastrva), ali dobro funkcionira za beskralješnjake (npr. slatkovodne rakove). Ova tehnika također naglašava problem vrlo česte prakse među uzgajivačima ribe. Prilikom izlova, većina uzgajivača ostavlja nedorasle jedinke koji su premali da zadovolje potrebe tržišta u ribnjaku kako bi im omogućili da narastu do veličine tržišta. To zanemaruje najvjerojatnije razloge njihovog neuspjeha da dosegnu veličinu tržišta a to je prijemljivost na bolesti. Stoga, u stvarnosti, uzgajivač drži rezervoar oboljelih jedinki na uzgajalištu kako bi zarazio sljedeći nasad.
- **Matični stok bez specifičnih patogena.** Većina patogena pokazuje veću virulentnost prema mlađim stadijima domaćina. Ako se potomstvo uzgaja iz legla bez specifičnih patogena, postoji velika šansa da naraste do veličine na kojoj je manje osjetljivo na infekcije prije nego što dođe u kontakt s patogenima, pa se uzgoj može proizvesti čak i na području gdje se bolest

redovito pojavljuje. Ova metoda može biti učinkovita i ako su sve životne faze jednako osjetljive, jer se usjev može uzgajati do faze žetve prije nego što se bolest uspije uspostaviti.

- **Smanjenje stresa.** Stres se često navodi kao uzrok problema kada nije dostupno drugo logično objašnjenje. Unatoč često nepreciznom korištenju pojma stresa, on ima stvarnu fiziološku osnovu i značajne posljedice. epovoljni uvjeti izazivaju adaptivni odgovor, pri čemu se uspostavlja nova razina homeostaze. Ako organizam ne uspije uspostaviti homeostazu, dolazi do iscrpljenosti i prekomjerne proizvodnje hormona stresa. Dva najučinkovitija načina smanjenja stresa uključuju povećanje prozračivanja, što ublažava manjak kisika, posebno tijekom vrućih ljeta, te smanjenje gustoće nasada.
- **Cijepljenje.** Cijepljenje u osnovi djeluje na pretpostavci da imunološko pamćenje postoji i da će prethodno izlaganje patogenu omogućiti jači i brži imunološki odgovor (Lucas i sur. (2019).

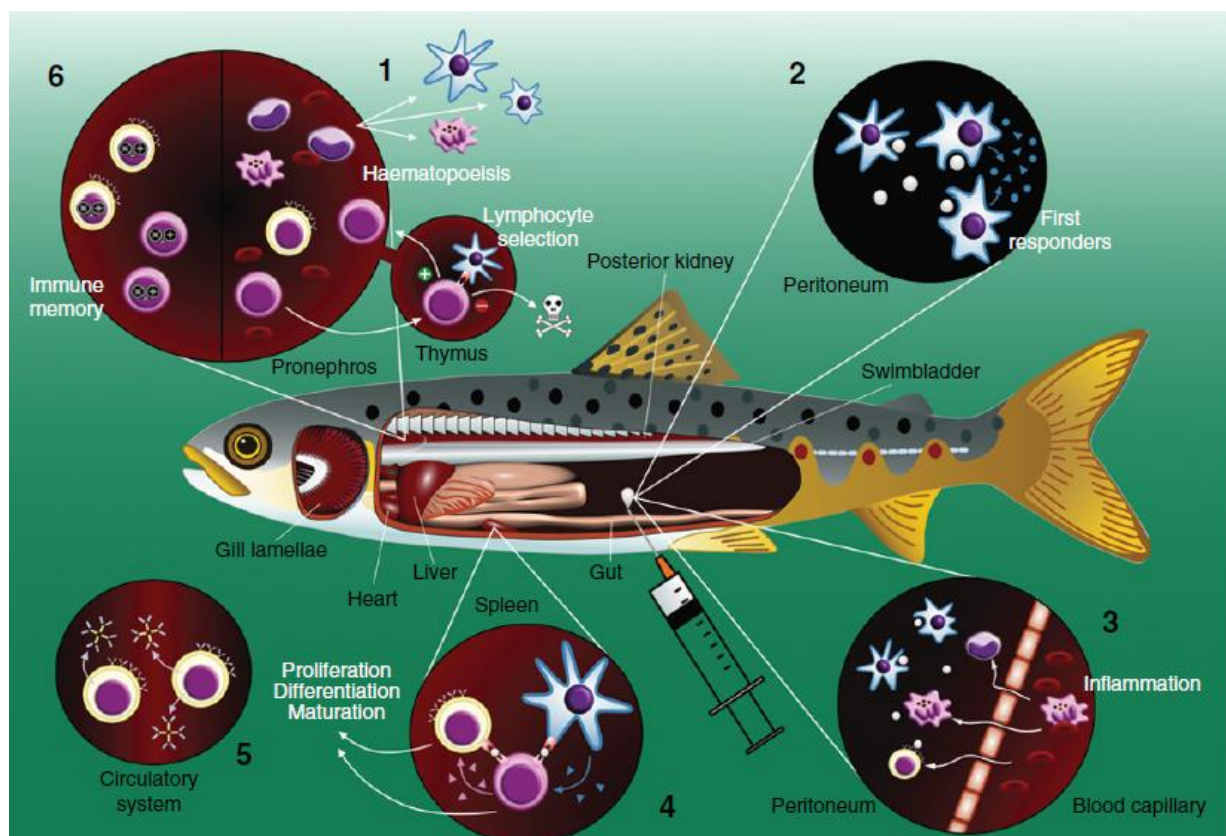
3.3. Cijepljenje riba

Izraz cjepivo sada se općenitije koristi za definiranje bilo kojeg pripravka koji se koristi za davanje imuniteta na bolest cijepljenjem, a princip se oslanja na to da primatelj ima adaptivni imunološki sustav koji pokreće odgovor na komponente cjepiva što rezultira pamćenjem tih komponenti. Imunološki sustav cijepljene jedinke tada može brže reagirati i aktivirati snažnije zaštitne efektorske mehanizme pri budućim susretima s istim antigenima (slika 6) (Lucas i sur. (2019).

Imunizacija riba akvakulture započela je više od 50 godina. Cijepljenje je učinkovito sredstvo za prevenciju bakterijskih i virusnih bolesti. Cijepljenje također doprinosi ekološki, socijalnoj i ekonomskoj održivosti industrije akvakulture. Nažalost, razvoj cjepiva u akvakulturi znatno zaostaje za stočarskom industrijom. U industriji je registrirano i primijenjeno tek nekoliko cjepiva. Nadalje, cijepljenje riba radno je intenzivan proces, u kojem se pojedinim ribama ručno ubrizgava doza cjepiva. Oralna cjepiva predstavljaju alternativu intenzivnom tradicionalnom cijepljenju injekcijama, smanjuje rukovanje i oštećenje riba, čime se smanjuje stopa smrtnosti tijekom cijepljenja. Mikroinkapsulacija, u koju je ugrađen antigen iz patogena, mogla bi biti tehnologija za isporuku oralnih cjepiva ribama. Postoje mogućnosti za razvoj inovativnih cjepiva prilagođenih sustavima oralne primjene. Međutim, čini se da trenutno ne postoji učinkovito oralno cjepivo dostupno u industriji akvakulture (Yue i Shen, 2021).

Zbog globalnog zatopljenja potrebno je razviti i primijeniti cjepiva za zaštitu vrsta akvakulture od određenih bolesti. Ključna su stalna istraživanja novih cjepiva i strategija imunizacije. Ključan je razvoj i provedba učinkovitih programa cijepljenja kako bi se spriječila pojava bolesti uzrokovanih klimatskim promjenama.

Slika 6. Shematski prikaz atlantskog lososa koji prikazuje glavna imunološka tkiva i napredovanje odgovora na cijepljenje intraperitonealnom injekcijom (Lucas i sur., (2019).



3.4. Imunomodulatori i imunostimulansi

Tvari koje induciraju, pojačavaju ili potiskuju imunološki odgovor zajednički se nazivaju imunomodulatori i imaju potencijal značajno smanjiti gubitke povezane s bolešću u akvakulturi. Postoji raznolik raspon tvari (rekombinantnih, sintetičkih i prirodnih) koje nude atraktivnu alternativu antibioticima jer općenito imaju manje nuspojava od postojećih lijekova i manja je vjerojatnost da će patogen razviti otpornost na njih (Jeney, 2017).

Imunostimulansi su tvari koje potiču imunološki odgovor riba induciranjem ili povećanjem imunološke aktivnosti ribe, bilo kroz antigenski specifične odgovore, kao što su cjepiva, ili nespecifično, neovisno o prepoznavanju antigena, kao što su adjuvanti ili nespecifični imunostimulansi. Adjuvanti se dodaju cjepivima kako bi se stvorio jači zaštitni odgovor na antigene prisutne u cjepivu i kako bi se osigurala povećana zaštita od patogena. Citokini koje proizvodi stanični imunološki sustav također djeluju kao imunostimulansi i mogu poboljšati imunološku funkciju.

Imunostimulansi se dobivaju iz prirodnih i sintetičkih izvora. Primjeri imunostimulansa uključuju β -glukane, hitin, laktoferin, levamisol, vitamine B i C, hormon rasta i prolaktin. Pokazalo se da imunostimulansi poboljšavaju otpornost riba na bolesti i pojačavaju njihov imunološki odgovor u vrijeme stresa. Njihova je upotreba sada uobičajena u programima kontrole bolesti kako bi se



spriječile zarazne bolesti u akvakulturi, pogotovo jer se mogu lako primjeniti. β -glukani su najčešće korišteni imunostimulansi u akvakulturi, posebno β -glukan (β -1,3 i 1,6-glukani) izvedeni iz stanične stijenke pekarskog kvasca *Saccharomyces cerevisiae*, iako su istraživani drugi izvori β -glukana (Jeney, 2017).

3.5. Probiotici i prebiotici i adaptivno hranjenje

Probiotici su živi mikroorganizmi, dobiveni iz "normalnih" okolišnih ili crijevnih bakterija koje imaju potencijal pružiti zdravstvene koristi kada se daju ribama. Definirani su kao "korisni živi mikroorganizmi kada se daju domaćinu u učinkovitoj dozi". Odabrane bakterije unutar vrsta *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Carnobacterium*, *Shewanella*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Saccharomyces*, *Pediococcus* i *Streptococcus* istražene su kao potencijalni probiotici za akvakulturu. Probiotici djeluju stimulirajući rast specifičnih mikroorganizama u crijevnom traktu riba. Održavaju mikrobnu ravnotežu crijeva konkurirajući patogenim bakterijama za mjesta pričvršćivanja na crijevnoj sluznici i hranjive tvari. Imaju antagonističko djelovanje protiv patogena, jer proizvode razne antimikrobne tvari (baktericidne ili bakteriostatske) koje sprječavaju replikaciju i/ili ubijaju patogen, čime sprječavaju patogen da kolonizira crijeva ribe. Također izravno jačaju imunološki odgovor domaćina na patogene (Jeney (2017).

Prebiotici su neprobavljivi ugljikohidrati koji daju zdravstvene prednosti kada se hrane domaćinom potičući rast i/ili aktivnost odabranih bakterija u crijevima životinje. Fermentabilni ugljikohidrati smatraju se najperspektivnijim od njih, pozitivno utječući na sastav i aktivnost autohtone mikroflore u crijevnom traktu. Postoji nekoliko potencijalnih prebiotičkih ugljikohidrata koji su testirani u akvakulturi. Prebiotici se metaboliziraju u crijevima domaćina bakterijama kao što su *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*, a oni, pak, proizvode metabolite poput kratkolančanih masnih kiselina koje su važne za zdravlje debelog crijeva. Oni također smanjuju razinu crijevnih patogena prisutnih u crijevima (Jeney, 2017).

Korištenje probiotika i imunostimulansa u hrani za jačanje imunološkog sustava i otpornosti vrsta akvakulture na bolesti jedan je od ključnih čimbenika za ublažavanje učinaka klimatskih promjena. S obzirom na utjecaj promjena u okolišu na rast i zdravlje, potrebno je modificirati formulacije hrane i prehrambene prakse. To zahtijeva prilagodbu profila hranjivih tvari na temelju temperature i kvalitete vode te osiguravanje specijalizirane hrane za podršku imunološkoj funkciji i otpornosti na stres. Istovremeno je potrebno kontinuirano pratiti učinkovitost hrane i prilagođavati je prema potrebama. Što bi trebalo promijeniti hranu i hranidbu u akvakulturi zbog globalnog zatopljenja opisano je u zasebnom poglavlju.

3.6. Integrirane strategije upravljanja patogenima u uzgoju ribe

Utjecaj patogena na akvakulturu je značajan - procjenjuje se da financijski gubici iznose otprilike 20% ukupne vrijednosti proizvodnje. Glavni cilj integriranog upravljanja patogenima (IPM) je kombinirati sve dostupne preventivne i kurativne metode kako bi se smanjio utjecaj patogena u



proizvodnom lancu, a istovremeno minimizirao utjecaj na okoliš i izbjegle buduće nuspojave, čime se povećava održivost, kako na ekonomskoj tako i na ekološkoj razini (Jeney. 2017).

Pojam integriranog upravljanja patogenima u akvakulturi obuhvaća sljedeće:

Integrirani: To je holistički pristup, jer kombinira sve dostupne strategije za kontrolu bolesti, s fokusom na interakcije između patogena, domaćina i okoliša. Odnos između ova tri čimbenika je složen, jer sama prisutnost patogena ne mora nužno dovesti do razvoja bolesti. Ova interakcija, iako komplicira epizootologiju bolesti, pruža mogućnosti za minimiziranje utjecaja infekcije.

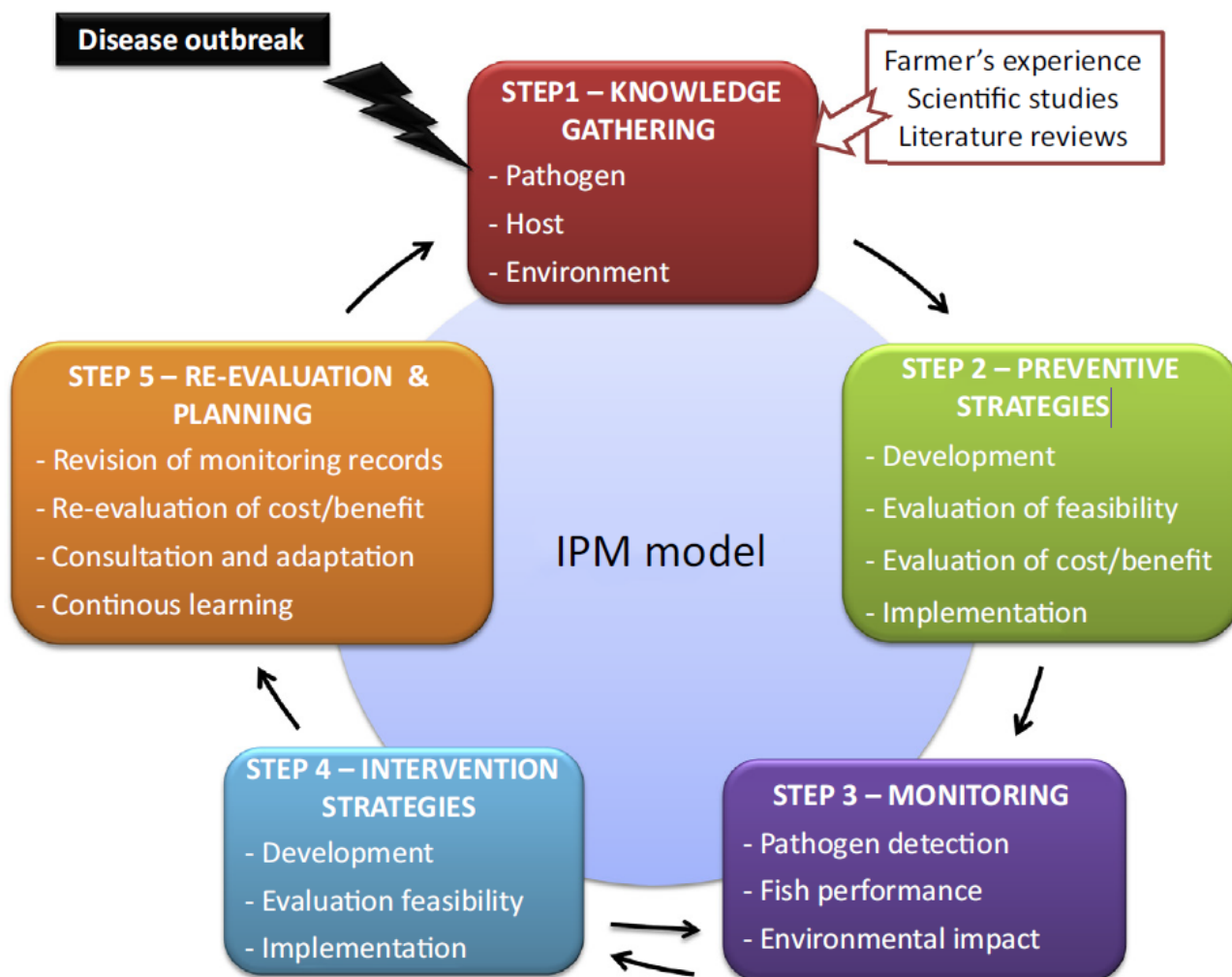
Patogen: To znači bilo koji organizam koji je u sukobu s biljnom ili životinjskom proizvodnjom. Ako organizam nema ozbiljan utjecaj, ne vrijedi razvijati IPM za njega. IPM posebno dobro djeluje na patogene sa složenim životnim ciklusima pružajući višestruke mogućnosti za intervenciju.

Upravljanje: To je način da se patogeni zadrže ispod razine na kojoj mogu uzrokovati ozbiljnu ekonomsku štetu. To ne znači uvijek iskorjenjivanje patogena već pronalaženje strategija koje su učinkovite i ekonomične kako bi se svela šteta u okolišu na minimum.

Razvoj IPMS-a je proces koji se sastoji od nekoliko koraka sažetih na slici 7 (Jeney, 2017). Proces se pokreće kada patogen izazove izbijanje bolesti, a **prvi korak** sastoji se od prikupljanja svih mogućih **znanja** o ključnim patogenima (životni ciklus, strategije invazije domaćina, prirodni neprijatelji, vektori itd.), kao i čimbenicima rizika domaćina i okoliša koji pogoduju širenju patogena i utjecaju unutar riblje populacije. Ove informacije u početku dolaze iz iskustva poljoprivrednika, znanstvenih studija i pregleda literature. Drugi **korak je prevencija**; podrazumijeva razvoj, procjenu izvedivosti i troškova i koristi te provedbu najboljih preventivnih strategija za svaki patogen. Treći **korak je praćenje** bolesti, što uključuje otkrivanje patogena, nadzor performansi domaćina i mogući utjecaj na okoliš. Kada prevencija nije dovoljna za zaustavljanje bolesti, **četvrti korak je intervencija**; to znači razvoj, procjena izvedivosti i troškova/koristi, te provedba fizikalnih, kemijskih i/ili bioloških tretmana. Praćenje se događa i nakon intervencije. **Peti korak je ponovna procjena i planiranje** s obzirom na rezultate dobivene iz različitih strategija, budući da se IPMS mora stalno procjenjivati i usavršavati kako bi se maksimizirale njihove koristi, revizijom evidencije bolesti, ponovnom procjenom troškova/koristi, savjetovanjem i prilagodbom inovacijama te kontinuiranim učenjem. U idealnom slučaju, dugoročno bi trebalo omogućiti definiranje modela predviđanja. avršni korak vraća se na početak ciklusa, doprinoseći kontinuiranom proširenju baze znanja. Ovo poglavlje opisuje dostupne strategije za većinu ovih koraka u uzgoju ribe, trenutne ograničavajuće čimbenike njihove primjene u proizvodnim pogonima te buduće perspektive (Jeney, 2017).



Slika 7. Proces razvoja strategija integriranog upravljanja patogenima (IPM) za bolesti riba (Jeney, 2017).



Globalno zatopljenje ima značajan utjecaj na učestalost bolesti i njihovo upravljanje u sustavima akvakulture. Razumijevanje interakcija između promjena u okolišu i dinamike bolesti omogućuje akvakulturnim operacijama primjenu učinkovitih strategija upravljanja za ublažavanje tih utjecaja. Poboljšano praćenje, regulacija temperature i kvalitete vode, učinkovito upravljanje zdravljem te otpornost infrastrukture ključni su za očuvanje zdravlja i produktivnosti vrsta akvakulture unatoč klimatskim promjenama.

3.7. Osnovni zahtjevi za biosigurnost u uzgajalištu akvakulture

Osnovni zahtjevi (tipični za Litvu) za biosigurnost u uzgajalištu akvakulture su:

1. Svako poduzeće akvakulture mora imati plan biološke sigurnosti kako bi se spriječio ulazak kontaminacije u uzgajalište i/ili širenje zaraze izvan uzgajališta.
2. Kotači svakog vozila ili drugog prijevoza koji ulaze moraju se dezinficirati.

3. Pratite parametre kvalitete vode u ribnjacima i drugim uzgojnim sustavima.
4. Na svakom ulazu i izlazu iz prostorija, unutar i izvan zgrade, moraju biti postavljene prostirke ili kade za dezinfekciju.
5. Zaposlenici se moraju presvući u radnu odjeću kada dođu na posao i ponovno se presvući kada ga napuste.
6. Zaposlenici koji rade u odjelima različitih faza rasta ribe moraju dezinficirati ruke svaki put kada se presele iz jedne prostorije u drugu.
7. Alati za hvatanje, transport, hranjenje i čišćenje ribe moraju biti odvojeni za svaku prostoriju kako bi se spriječila kontaminacij.
8. Korišteni alati i oprema moraju se čuvati u fiziološkoj otopini do sljedeće upotrebe.
9. Ograničite broj posjetitelja, pri dolasku ih registrirajte i osigurajte jednokratnu zaštitnu odjeću
10. Radnici smiju raditi samo na jednom uzgajalištu akvakulture kako bi se spriječio prijenos patogena.

Plan upravljanja zdravljem riba na razini postrojenja izuzetno je vrijedan, ali možda nije dovoljan za sprječavanje širenja patogena između širih geografskih područja. Stoga je nužna provedba politika i propisa na regionalnoj, nacionalnoj i međunarodnoj razini (Jeney, 2017).

3.8. Ostale zaštitne mjere za smanjenje utjecaja klimatskih promjena i bolesti

Vrlo je važno za infrastrukturu akvakulture odabrati lokacije koje smanjuju rizik od prijenosa bolesti i minimiziraju utjecaj klimatskih promjena.

Ovisno o vrsti sustava uzgoja i vrsti koja se uzgaja, pravilan odabir mjesta može značajno smanjiti rizik od prijenosa bolesti. Odgovarajuće lokacije osiguravaju optimalne ekološke uvjete, poput temperature vode i saliniteta, čime se smanjuje fiziološki stres te učestalost i ozbiljnost zaraznih bolesti u objektu. Također treba uzeti u obzir kvalitetu dostupne vode. Količina vode i njezina promjenjiva dostupnost tijekom vremena mogu ograničiti proizvodne kapacitete. Objekti s nedovoljnim zalihama vode često su pogođeni lošim učinkom ribe, većim brojem problema s bolestima i smanjenom profitabilnošću. Kod zemljanih ribnjaka ključno je osigurati da tlo nije kontaminirano spojevima koji bi mogli dospjeti u vodeni stupac, ugroziti zdravlje riba ili kontaminirati riblje meso (Tucker i Hargreaves, 2009).

Ekstremni vremenski uvjeti mogu uzrokovati fizičku štetu infrastrukturi akvakulture, dovesti do naglih promjena u kvaliteti vode i unijeti patogene i onečišćujuće tvari u sustave akvakulture. To može rezultirati izbijanjem bolesti i poremećajima u radu.

Posljedice globalnog zatopljenja mogu dovesti do fizičkih oštećenja spremnika i kaveza, pogoršanja kvalitete vode te povećanja učestalosti bolesti zbog kontaminacije ili stresa. Također, mogu se pojaviti operativni izazovi u upravljanju i održavanju sustava akvakulture.

Odgovarajuća mjesta također smanjuju vjerojatnost da će prirodni fenomeni (kao što su poplave, olujni udari ili velika mora) uzrokovati povrede biosigurnosti objekata koji omogućuju oslobađanje patogena ili bijeg zaraženih plodova. Odabirom lokacije također treba uzeti u obzir jesu li osjetljive



populacije divlje ribe izložene riziku. Osjetljive populacije mogu uključivati ugrožene ili ugrožene vrste ili migrirajuće populacije osjetljivih vrsta (Tucker i Hargreaves, 2009).

Zbog globalnog zatopljenja možda će biti potrebno ojačati postojeću strukturu, podići objekte kako bi se spriječila šteta od poplava i ugraditi fleksibilne i otporne sustave, razviti i održavati planove za hitne slučajeve za rješavanje štete na infrastrukturi, problema s kvalitetom vode i izbijanja bolesti uzrokovanih ekstremnim vremenskim prilikama.

Mogu se odabrati vrste akvakulture s većom toplinskom tolerancijom kako bi bolje izdržale više temperature i smanjile osjetljivost na bolesti.

U recirkulacijskim akvakulturnim sustavima (RAS) mogu se primijeniti različite mjere i inovativna rješenja. Održavanje optimalnih temperaturnih raspona može pomoći u upravljanju stresom i smanjenju rizika od bolesti. Kao preventivne mjere mogu se implementirati tehnologije kontrole temperature s mogućnošću podešavanja postavki na temelju podataka u stvarnom vremenu. Redovito praćenje i optimizacija parametara kvalitete vode, poput pH vrijednosti, otopljenog kisika i razina hranjivih tvari, mogu se automatizirati. Mogu se primijeniti tehnike kao što su zasjenjivanje, prozračivanje i kontrolirano hranjenje kako bi se ublažili učinci temperature i drugih stresora iz okoliša na sustave akvakulture.

Odabir sustava i prilagodba akvakulture na globalno zatopljenje detaljno su obrađeni u zasebnom poglavlju.

4. Trenutačna i nova rješenja za ublažavanje učinaka globalnog zatopljenja na zdravlje akvakulture

4.1. Čimbenici povezani s klimatskim promjenama koji pridonose izazovima bolesti

Intenziviranje. Intenziviranje proizvodnje, čak i u stabilnim okolišnim uvjetima, nosi rizike i izazove održivosti koji zahtijevaju strogo upravljanje radi pravovremenog odgovora na otkrivanje patogena ili izbijanje bolesti. Klimatske promjene povećat će te prijetnje i izazove.

Za veliku proizvodnju jedne vrste u proizvodnom okruženju potrebno je:

- 1) brz odgovor na životinje koje ne uzimaju hranu, znakove morbiditeta i smrtnosti;
- 2) sposobnost izolacije jedinki s vidljivim znacima od nezahvaćenih populacija i farmi; i
3. kapacitet za depopulaciju zahvaćenih mjesta na kojima liječenje nije izvedivo.

Ekstremni vremenski uvjeti sve više utječu na intenzivnu akvakulturu, uzrokujući stres kod uzgojenih životinja i narušavajući upravljačke mehanizme, poput sprečavanja bijega (oštećenje sustava držanja) i izolacije bolesnih ili pod stresom pogođenih jedinki od zdravih populacija (Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options, 2018).



Vrste i genetska diverzifikacija. Tijekom posljednjih 30 do 40 godina akvakultura se razvila korištenjem diverzifikacije vrsta (odabir vrsta koje pokazuju najbolje rezultate proizvodnje u uvjetima uzgoja) i genetskih sojeva razvijenih u eksperimentalnim uvjetima za komercijalnu proizvodnju.

Obje metode selekcije obuhvaćaju toleranciju na bolest (infekcija bez značajne smrtnosti) i rezistenciju (sposobnost organizma da spriječi infekciju). Međutim, prednosti odabira vrsta i sojeva oslanjaju se na dosljedne ekološke parametre u proizvodnom sustavu, odnosno bez značajnih promjena uvjeta proizvodnje. Ako su takvi uvjeti podložni "ekstremnim uvjetima" (temperatura, salinitet, zamućenost), odabrane vrste i/ili sojevi mogu biti osjetljiviji na velike gubitke od manje odabranih i genetski raznolikijih stokova; posebno onih koji su autohtoni u proizvodnom području (Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options, 2018).

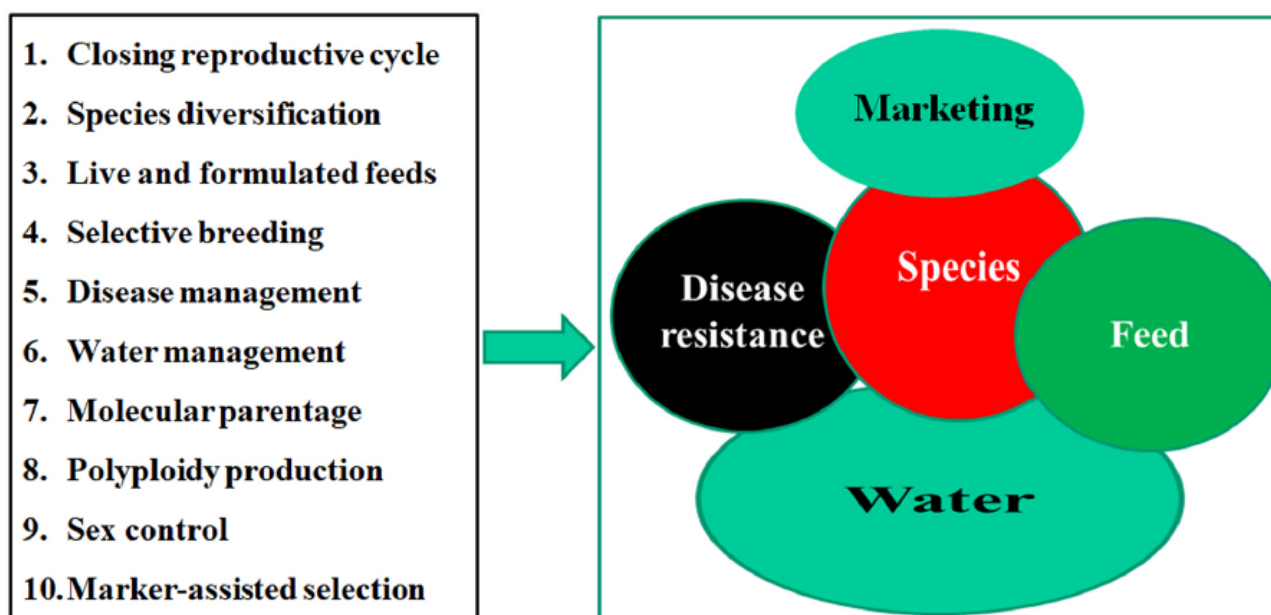
Širenje izvan zemljopisnog područja prirodnih vrsta Autohtone vrste koje se koriste u akvakulturi i koje pokazuju snažnu poljoprivrednu proizvodnju često su podložne širenju farmi na periferije ili izvan svog prirodnog zemljopisnog područja. Životinje mogu izdržati blage sezonske promjene temperature i/ili saliniteta, ali su u nepovoljnom položaju za preživljavanje kada ekstremni uvjeti utječu na normalne proizvodne cikluse reprodukcije ili rasta.

Kod intenzifikacije i povećane genetske raznolikosti, promjene u okolišu mogu znatno smanjiti otpornost na oportunističke ili primarne patogene infekcije (Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options, 2018).

4.2. Genetski inženjering, selekcija potpomognuta markerima i CRISPR

Biotehnološke metode, poput kontrole spola, poliploidizacije, ginogeneze i androgeneze (slika 5), značajno su doprinijele povećanju produktivnosti akvakulture (Yue i Shen, 2021).

Slika 5. Tehnologije koje se primjenjuju u akvakulturi koje dovode do brzog povećanja proizvodnje akvakulture (Yue i Shen, 2021.)



A. Technologies applied to aquaculture B. Important components in aquaculture

Genetsko poboljšanje kroz uzgoj bilo je ključno za procvat svjetske akvakulture. Kombinacija molekularnih tehnologija u postojećim programima uzgoja značajno je ubrzala genetsko poboljšanje nekih vrsta akvakulture. Selekcija potpomognuta markerima (MAS) već je primijenjena za poboljšanje otpornosti na bolesti (na primjer, otpornost na IPN kod lososa) (Yue i Shen, 2021.).

Genomska selekcija (GS) je novi pristup molekularnom uzgoju. GS koristi brojne markere kao prediktore performansi, što rezultira točnijim procjenama uzgojnih vrijednosti. S kontinuiranim napretkom u sekvenciranju i bioinformatičkim tehnologijama te smanjenjem troškova genotipizacije SNP-a (jednonukleotidnog polimorfizma), GS, koji koristi SNP-ove pokrivajući cijeli genom ili odabrane SNP-ove povezane sa specifičnim svojstvima, sve se više primjenjuje u različitim vrstama akvakulture radi optimizacije selektivnog uzgoja i ubrzanja genetskog poboljšanja. (Yue I Shen, 2021).

Uređivanje genoma (GE) pomoću CRISPR/Cas može ubrzati genetsko poboljšanje vrsta akvakulture kada su poznati geni koje treba uređivati. GE omogućuje brzo uvođenje povoljnih alela u genom, povećava učestalost poželjnih alela na ključnim lokusima, omogućuje stvaranje novih alela te potencijalno uvođenje korisnih alela iz drugih vrsta. Vrste akvakulture posebno su pogodne za GE zbog svoje visoke plodnosti i vanjske oplodnje, što omogućuje uređivanje genoma za mnoge jedinke istovremeno.

Napredak u GS-u i GE-u može značajno transformirati industriju akvakulture poboljšavajući ekonomski važna svojstva brojnih vrsta. U budućnosti će integracija GS-a i GE-a s naprednim konvencionalnim strategijama uzgoja i etabliranim biotehnologijama znatno ubrzati genetsko



poboljšanje u akvakulturi (Yue i Shen, 2021.). Globalno zagrijavanje i razmnožavanje, biotehnologija u akvakulturi opisana je u zasebnom poglavlju

4.3. Odgovor na izazove budućnosti

Novi pristupi smanjili su učestalost bolesti i oslanjanje na antibiotike i kemijske terapije. U Norveškoj su razvoj cjepiva i poboljšana biosigurnost (kontrola i suzbijanje bolesti) uvelike smanjili potrebu za antibioticima u proizvodnji lososa. Potrebna ulaganja u biosigurnost kako bi se rizik od izbijanja bolesti sveo na najmanju moguću mjeru razlikovat će se ovisno o mjestu i opsegu, ali potreba za poboljšanjem dijagnostičkih i nadzornih kapaciteta nacionalnih veterinarskih službi jedan je od zajedničkih elemenata. Unatoč stalnoj izloženosti akvakulture novim bolestima, razvoj novih tehnologija upravljanja zdravljem omogućit će učinkovite odgovore na te izazove. Troškovi sekvenciranja genoma značajno se smanjuju. To će omogućiti razvoj dijagnostičkih metoda testiranja te lijekova i drugih terapija prilagođenih specifičnim sojevima patogena, u obliku prilagođenog liječenja bolesti. (Lucas i sur. (2019).

Ključni megatrend je ubrzanje tehnoloških promjena, posebno biotehnologije, nanotehnologije te informacijske i računalne tehnologije. Istraživanje i razvoj znanosti i tehnologije diljem svijeta ubrzavaju se zahvaljujući gospodarskom rastu i javnim ulaganjima. Senzori, softver i bežična veza omogućuju prikupljanje i analizu podataka u stvarnom vremenu. Povezan

Za izlazne uređaje, oni omogućuju pravovremene odgovore na unos podataka. Primjerice, video nadzor hranjenja lososa omogućuje precizniju kontrolu hranjenja, poboljšanu konverziju hrane, smanjeno bacanje i manje zagađenja. Senzori kisika u ribnjacima povezani sa softverom za analizu i kontrolu mogu aktivirati aeratore za kontrolu koncentracije kisika u ribnjaku. oncept 'Interneta stvari' bit će podržan razvojem senzora, automatizacije, autonomnih strojeva, bespilotnih letjelica i podvodnih dronova. Digitalne i robotske tehnologije sve će više povećavati ili zamjenjivati radnike (Lucas i sur. (2019.).

Tehnološki napredak ključan je za povećanje produktivnosti i ekološke održivosti akvakulture. Ključna područja za inovacije su hrana za životinje, genetsko poboljšanje, kontrola bolesti, proizvodnja sjemena i sustavi proizvodnje uzgoja (Lucas i sur. (2019.). Ključno je ulagati u istraživanje kako bi se razumjeli učinci globalnog zatopljenja na dinamiku bolesti i razvila inovativna rješenja za prevenciju i upravljanje bolestima.

Intenzivna suradnja s istraživačima i institucijama na istraživanju novih tehnologija, sojeva otpornih na bolesti i prilagodljivih praksi upravljanja trebala bi biti način za minimiziranje utjecaja globalnog zatopljenja i učinkovite prakse upravljanja bolestima.

kvakultura sve više zahtijeva obrazovane praktičare i stručnjake. Radionice za obuku, webinar i resursi o prevenciji bolesti, upravljanju okolišem i adaptivnim strategijama vrlo su korisni i potrebni.



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

Sažetak/Pregled

Globalno zatopljenje utječe na zdravlje i upravljanje vrstama akvakulture putem različitih mehanizama, uključujući povećanu prevalenciju bolesti, ugroženu imunološku funkciju i degradiranu kvalitetu vode. Učinkovito upravljanje zahtijeva sveobuhvatan pristup koji uključuje poboljšano praćenje, kontrolu okolišnih uvjeta, upravljanje kvalitetom vode i zdravljem riba, otpornost infrastrukture te prilagodljive prehrambene strategije. Primjenom ovih strategija te kontinuiranim praćenjem novih izazova i rješenja, operacije akvakulture mogu bolje zaštititi vrste i osigurati održivu proizvodnju unatoč klimatskim promjenama.



Reference

- Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S. & Poulain, F., eds. 2018. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Rome, FAO. 628 pp.
- Clinical Guide to Fish Medicine. (2021). In Wiley eBooks. <https://doi.org/10.1002/9781119259886>
- Elston, R.A. 1990. Mollusc Diseases: Guide for the Shellfish Farmer. Washington Sea Grant Program, University of Washington Press, Seattle.
- Ergün Demir et al.: Handbook on European Fish Farming (2020). Tudás Alapítvány, - 326 p.
- Jeney, G. (2017). Fish diseases: Prevention and Control Strategies. Academic Press.
- Fish viruses and bacteria: pathobiology and protection. (2017). In CABI eBooks. <https://doi.org/10.1079/9781780647784.0000>
- Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 627. Rome, FAO. 628 pp.
- Lal, J., Vaishnav, A., Singh, S. K., Meena, D. K., Biswas, P., Mehta, N. K., & Priyadarshini, M. B. (2024). Biotechnological innovation in fish breeding: from marker assisted selection to genetic modification. Deleted Journal, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s44340-024-00007-6>.
- Lucas, J. S., Southgate, P. C., & Tucker, C. S. (2019). Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants. John Wiley & Sons.
- Noga, E. J. (2010). Fish disease: diagnosis and treatment. John Wiley & Sons.
- Parker, R. (2011). Aquaculture Science. Delmar.
- Timmons, M. B., & Center, N. R. A. (2013). Recirculating Aquaculture.
- Tucker, C. S., & Hargreaves, J. A. (Eds.). (2009). Environmental best management practices for aquaculture. John Wiley & Sons.
- Yue, K., & Shen, Y. (2021). An overview of disruptive technologies for aquaculture. Aquaculture and Fisheries, 7(2), 111–120. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.04.009>
- Woo, P. T., & Iwama, G. K. (Eds.). (2019). Climate change and non-infectious fish disorders. CABI.