

RIZICI EUTROFIKACIJE KAO POSLJEDICA NEKONTROLIRANE HRANIDBE RIBA U KAVEZNOG UZGOJU

EUTROFICATION RISKS AS A CONSEQUENCE OF UNCONTROLLED FEEDING OF THE MARINE FISH IN THE CAGES

I. Katavić

Pregledno stručni članak
UDK: 639.3.043
Primljeno: 19. lipanj 2006.

SAŽETAK

Snažni razvitak industrije kaveznog uzgoja ribe u posljednjim desetljećima doveo je marikulturu do sukobljenosti s brojnim korisnicima obalnih zona, proizvodeći ujedno čitav niz otvorenih pitanja o njenoj ekološkoj održivosti, ekonomskoj učinkovitosti i društvenoj opravdanosti. S obzirom na biofizičke i geomorfološke specifičnosti Jadrana, napose njegovu produktivnost i disperzivne mehanizme, javnost je posebno zabrinuta zbog neizbježnog organskog otpada i mogućih eutrofikacijskih procesa u ekosustavu mora. Slijedom dostupnih podataka koji se odnose na okolišne aspekte marikulture, posebno u Sredozemlju, kao i na unapređenje sastava i tehnologije proizvodnje krmiva daje se detaljna kvantifikacija nutrijenata koji kaveznom uzgojem ribe dopijevaju u morski okoliš, te se posebno analiziraju potencijalni rizici po morski okoliš. Novije zootehničke mjere, izbor sirovina u hrani, povećanje sadržaja masti kao glavnog energenta na uštrb bjelančevina rezultirali su znatnim unapređenjem ekoloških i ekonomskih performansi kaveznog uzgoja. Ocijenjeno je da su rizici eutrofikacije u jednom oligotrofnom moru kakav je Jadran posve mali. Negativni ekološki učinci su mogući na lokalnoj razini, posebno ako se kavezni uzgoj odvija u geomorfološki neprikladnim zonama i ukoliko je zbog upravljanja uzgajališta na djelu veliki rasap hrane.

Ključne riječi: hranidba riba, eutrofikacija, kavezni uzgoj

UVOD

U posljednjih dvadeset godina zabilježen je snažan razvitak kaveznog uzgoja riba u svjetskom razmjerima, a on nije zaobišao niti zemlje Sredozemlja. Hrvatska, premda jedan od pionira marikulture na ovim prostorima, stjecajem niza okolnosti nije ni približno iskoristila svoje neosporne potencijale za kavezni uzgoj, stoga ima priliku koristiti pozitivna iskustva drugih, ali i ne ponoviti njihove propasti.

Dugo vremena je osnovni cilj marikulture bio proizvesti što više ribe, dok je utjecaj uzgoja na morski okoliš bio gotovo u cijelosti zanemaren. S druge strane, poput svake proizvodnje, marikultura proizvodi otpad čija organska frakcija može dovesti

Rad je predstavljen na Međunarodnom savjetovanju «Krmiva», Opatija, lipanj 2006. godine.

Ivan Katavić, Uprava ribarstva, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, Hrvatska – Croatia.

do hipernutriranja, odnosno povećanja otopljenih nutrijenata u okolnoj morskoj vodi, prvenstveno dušika i fosfora. U nekim situacijama povećana koncentracija nutrijenata može dovesti i do eutrofikacije koja se manifestira povećanom fitoplanktonskom produkcijom, nerijetko i proliferacijom, po ekosustav i zdravlje čovjeka, opasnih toksičnih fitoplanktonata.

Posve je razumljivo da na sudbinu otpada umnogome utječu okolišni čimbenici kao što su horizontalni transport i dinamika izmjene vodenih masa, ali također i stratifikacija temperature, slanosti, svjetla itd. Najbolji pristup izbjegavanju nepovoljnih stanja je oprez (engl. «precautionary approach») koji polazi od ispravnog planiranja zona za uzgoj, preko najboljeg upravljanja proizvodnjom («best management practice») i konačno praćenja stanja i promjena u okolišu («monitoring»). Što se tiče praćenja stanja u okolišu, najuputnijom se pokazalo praćenje na principu biološkog modela. On se temelji na poznatoj varijabli unesene hrane u okoliš u odnosu na onu koja je ugrađena u rast i metaboličke procese organizma, a iz ovog odnosa se iščitava preostala frakcija koja je završila u okolišu, bilo u obliku nepojeđene hrane, fecesa, urina bilo drugih ekskretornih produkata.

Znatni naponi su uloženi u procjenu međudjelovanja uzgoja ribe u kavezima i morskog okoliša. Ipak, većina ovih istraživanja odnosi se na uvjete u sjevernim morima (Bergheim i sur., 1991; Kelly i sur., 1996). S obzirom da su usmjerena na uzgoj hladnovodnih salmonidnih vrsta, nisu uvijek primjenjiva za vode umjerenog klimatskog pojasa (Katavić, 2003).

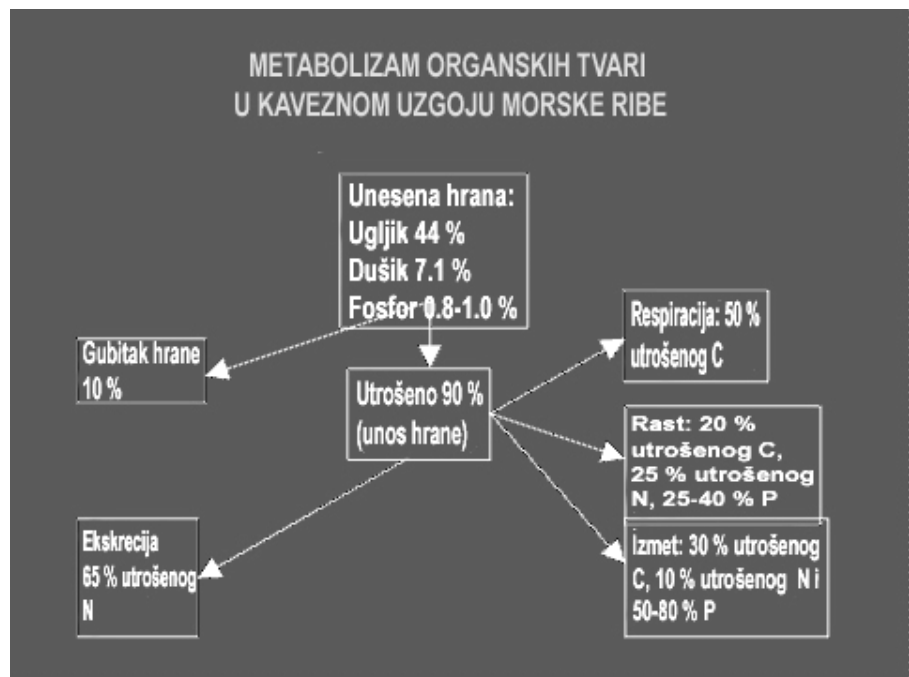
U novije vrijeme postignut je određen napredak u razumijevanju interakcija marikulture i okoliša u Sredozemlju, uključujući i Jadranske morske ekosustave (Pitta i sur., 1999; Karakassis i sur. 2000; Karakassis i sur., 2001). Kako bismo dobili objektivnu znanstveno utemeljenu procjenu utjecaja organskog otpada na

okoliš i unaprijedili zootehničke mjere na uzgajalištu, te da bismo osigurali potporu procesu donošenja odluka pri izboru lokacija za marikulturu u Republici Hrvatskoj, važno je uzeti u obzir osobitosti kaveznog uzgoja i specifične karakteristike okoliša u Jadranskom moru. Stoga ovaj prikaz ima za cilj ukazati na potencijalne rizike eutrofikacije

Raspored dušika i fosfora

Kaveznim uzgojem nesumnjivo se stvara raznolik otpad koji može imati utjecaja na morski okoliš, a time dovesti u pitanje i dugoročnu održivost samog uzgoja. Od ukupnih nutrijenata koji se hranom unose u uzgajalište morske ribe, pretpostavlja se da se u riblju biomasu ugrađuje tek otprilike 30% dušika i do 40% fosfora (Neori i Krom, 1991). Unaprijeđenjem sastava hrane i hranidbe ovi odnosi su u posljednjih 15 godina znatno unaprijeđeni u korist okoliša.

Nepojeđena hrana, izlučevine i izmet glavni su otpad koji procesom uzgoja završava u morskome okolišu. Gubitak hrane procjenjuje se do 10% s kompletnim hranivima i do 40% pri hranjenju sa svježom ribom. Suspendirana organska tvar obično



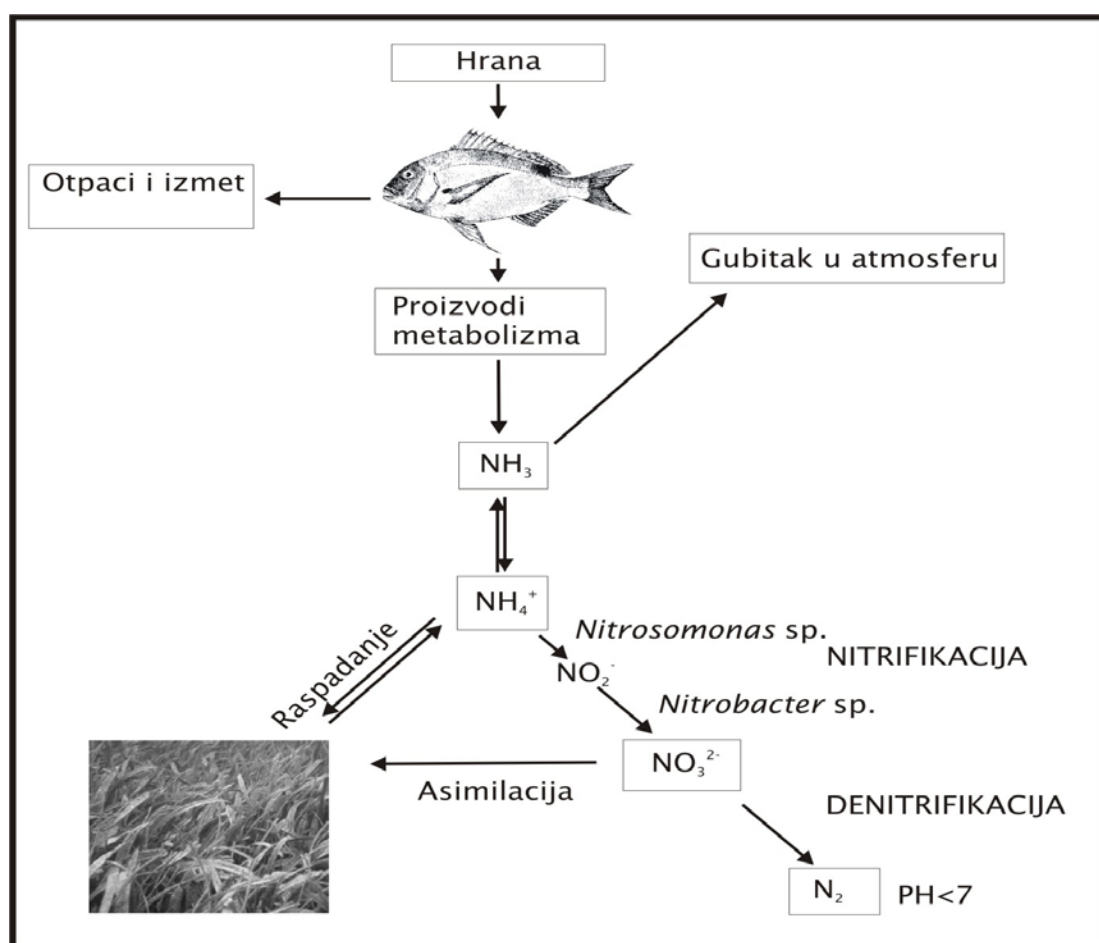
Slika 1. Sudbina hrane pri kaveznom uzgoju ribe (prerađeno iz Neori i sur., 1991)

Fig. 1 Fate of feed in cage fish breeding

predstavlja 10 do 12% utrošene hrane (preračunato na suhu težinu). Feces i nepojedena hrana će znatno povećati razinu ugljika, dušika i fosfora u sedimentu, posebno u neposrednoj blizini kaveza.

Izlučivanje dušika varira s temperaturom, veličinom ribe i kakvoćom hrane, a osobito sadržajem bjelančevina u hrani. Računa se da je udio dušika u bjelančevinama oko 16%. Neprobavljena frakcija bjelančevina (oko 10%) završava kao feces u okolišu i značajno doprinosi emisiji dušika. Amonijak ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) je s druge strane glavni proizvod katabolizma bjelančevina i predstavlja preko 85% dušičnog otpada, dok urea čini 5 do 15%. Preko škrga se izlučuje u okoliš od 50 do 90% dušika.

Što se tiče fosfora, pretpostavlja se da više od 80% potječe od rasapa suvišne hrane koja se nepotrebno unosi u uzgajalište. Od ukupnog izlučenog fosfora, 50 do 80% izlučuje se putem izmeta. Oblik u kojem ribe izlučuju fosfor izravno utječe na povećanje primarne proizvodnje, te može dovesti do eutrofikacije. Općenito, fosfor sastavljen od organskog fosfora i PO_4^{3-} izravno utječe na kakvoću vode, dok se čestični oblik taloži na dno i akumulira u sedimentu. Na prostornu raspodjelu dušika i fosfora u vodenom stupcu znatno utječe gustoća populacije fitoplanktona. Naime, guste populacije fitoplanktona mogu iz otopljene frakcije ukloniti gotovo sav dušik i fosfor, te se analitičkim metodama oni niti ne registriraju (Katavić i Antolić, 1999)..



Slika 2. Otpadni produkti i sudbina dušika u morskoj sredini kao posljedica kaveznog uzgoja
Fig. 2. Waste products and fate of nitrogen in marine environment as the result of cage breeding

Dušik (N) i fosfor (P) nisu u potpunosti dostupni biljkama s obzirom da se jedan dio taloži u sedimentu. Dvije trećine od ukupno dospjelog dušika se otapaju u vodi - dio u obliku amonijaka i dio u obliku otopljenog organskog dušika, dok se preostali dio akumulira u sedimentu. Naprotiv, obrnut je slučaj s fosform, čija dominantna frakcija završava u sedimentu.

Pozitivna je korelacija između koncentracije organske tvari u sedimentu i makrobentoske biomase a negativna u odnosu na bioraznolikost. U organski bogatom sedimentu dominirat će vrste koje toleriraju organsko onečišćenje kao što su oligoheti i neke vrste ličinki hironomida.

Slijedom iznijetog, posve je uputno da se strategija ishrane riba u kavezima mora temeljiti na optimalnoj, umjesto maksimalnoj stopi hranjenja. Pouzdano je potvrđeno da hranjenje do zasićenja («ad libitum») rezultira ekonomskim i ekološkim minusima. Naprotiv, optimalno hranjenje, u pravilu od 15 do 20% ispod maksimalnog, rezultira ekološkim i ekonomskim povoljnostima. Ono je posljedica bolje iskoristivosti hrane, s obzirom da prekrano probavilo ubrzava peristaltiku, odnosno protok hrane koja u fecesu sadrži znatne količine neprobavljenih nutrijenata.

Kvantifikacija nutrijenata u morskom okolišu

U kvantificiranju izlučenog dušika u okoliš korištene su različite metode. **Hidrološka**, uključuje kemijsku analizu u vodenom stupcu i sedimentirajuće čestice sakupljene u trapovima ispod kaveza. Nepojedena frakcija hrane u novije vrijeme se precizno prati video tehnikama. Primjena ove metode je delikatna i zahtijeva veoma skupe studije koje teško mogu integrirati sve parametre relevantne za procjenu otpada.

Znatno je praktičniji izračun bilance otpada **biološkom** metodom izračuna nepojedene hrane, fecesa i ekskretornih produkata, što završavaju u morskom okolišu na temelju podataka o količini i kakvoći hrane, indeksu konverzije, probavljivosti i sadržaju nutrijenata u fecesu. Unepređenje formulacija hrane i pažljiv odabir sirovina rezultirali su smanjenjem emisije nutrijenata u okoliš

Izračun dušika

Izračun ukupnog dušika koji dospijeva u okoliš (N_o) je razlika između hranom unijetog dušika (N_u) i onoga koji je ugrađen u ribu (N_r):

$$N_o = N_u - N_r \quad (1)$$

Dušik unesen u morski okoliš je zbir dušika u sedimentu (N_s) i još značajnije frakcije koja je u morskoj vodi (N_v):

$$N_o = N_s + N_v \quad (2)$$

Dušik ugrađen u ribu (N_r) može se izračunati primjenom sljedećeg izraza:

$$N_r = H_u \times \%N_r / IK \quad (3)$$

gdje je:

H_u = unijeta hrana u proces uzgoja ribe;

IK = indeks konverzije hrane

Otopljeni dušik u vodi (N_v) od kojega NH_3 čini preko 80%, je razlika između dušika u hrani (N_h) i onoga u fecesu (N_f) i dijela koji je ugrađen u tkivo ribe (N_r):

$$N_v = N_h - N_f - N_r \quad (4)$$

Fekalni dušik (N_f) se dobije iz razlike između hranom unesenih i probavljenih bjelančevina primjenom sljedećeg izraza:

$$N_f = (\text{pojedena hrana} - \text{probavljena hrana}) \times \% \text{ bjelančevina} / 6.25 \quad (5)$$

Dušik koji nije konzumiran (N_{nk}) je umnožak unesene hrane (H_u) i udjela bjelančevina u nekonsumiranoj hrani (H_{nk}):

$$N_{nk} = H_u \times (\%H_{nk} \times \% \text{ bjelančevina} / 6.25) \quad (6)$$

Da bi se praktično primijenili gornji odnosi na primjeru uzgoja lubina i komarče potrebno je poznavati indeks konverzije hrane, sadržaj dušika u hrani i sadržaj dušika u tkivu ribe. Polazeći od pretpostavke da je indeks konverzije 1.8:1, da je prosječni sadržaj dušika u ribi 3%, a u ekstrudiranoj ribljoj hrani 7.1%, tada bi se bilanca dušika po proizvedenoj toni ribe, koja kaveznim uzgojem ribe dospijeva u okoliš bila sljedeća:

$$N_{okoliš} = (1.800 \times 0.071) - (1.000 \times 0.03)$$

$$N_{okoliš} = 98 \text{ kg N/t proizvedene ribe}$$

Proizlazi da je samo 30 kg dušiak ugrađeno u ribu, dakle nešto manje od 1/3, dok je preko 2/3 unesenog dušika završilo u okolišu. Istina je da gornji izračun polazi od pretpostavke da je cjelokupna hrana konzumirana, što je u praksi gotovo nemoguće. Stoga bi se on mogao korigirati za oko 10% nepojedene hrane, a to bi značilo da je morski ekosustav nepotrebno opterećen s najmanje 180 kg nepojedene hrane, što je ekonomska šteta, odnosno s čak 13 kg dušika koji je postao ekološki problem.

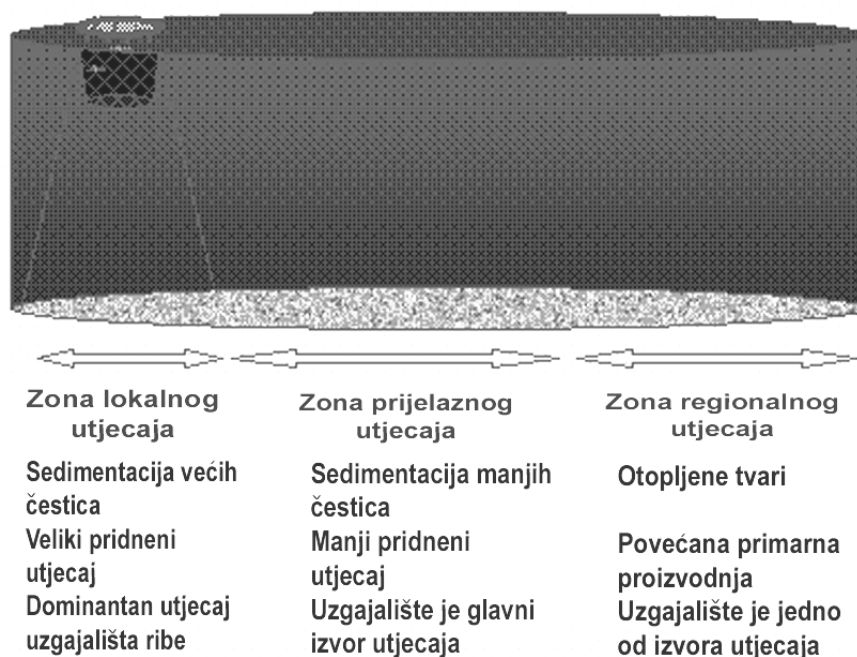
Izračun fosfora

Slijedom zadanih uvjeta sadržanih u primjeru s dušikom, na sličan je način moguće izračunati bilancu fosfora (P). Struktura endoskeleta određuje i sadržaj P u ribi s obzirom da je preko 85% P u kostima. Morske vrste kao što su lubin, komarča, te njihovi srodnici imaju oko 1.4% fosfora u tijelu. Uz pretpostavku da je prosječni sadržaj P u hrani 1.0%, a u ribi 1.4% mokre težine, uz indeks konverzije hrane od 1.8:1, svaka proizvedena tona ribe rezultira s 4 kg fosfora u okolišu (18000×0.01) – (1.000×0.014).

Pod pretpostavkom da je samo 10% hrane nepojedeno, proizlazi da je gotovo 50% fosfora završilo u okolišu nepotrebno, kao posljedica predoziranja hranom. U dodatku na nepojedenu frakciju hrane, glavina P proistječe iz nepojedene i neprobavljene hrane, a čak 80 do 90% biva izlučeno urinom. Probavljivost fosfora u kvalitetnom ribljem brašnu je preko 60%, dok biljni izvori za karnivorne vrste nisu iskoristivi.

Potencijalni rizik od prevelikog unosa nutrijenata u okoliš

Istraživanja u sjevernoj Europi su pokazala da uzgajališta ribe uzrokuju značajno povećanje količine nutrijenata i fitoplanktonskog rasta, posebno u nekim fjordovima (Bergheim i sur., 1991; Kelly i sur., 1996). Ipak, istraživanja provedena na Sredozemlju u većini slučajeva nisu uspjela dokazati utjecaj na povećanu produktivnost u morskoj vodi, a tek je manji broj pokazao samo slabu povezanost između unosa nutrijenata i klorofila *a* (Karakassis i sur., 2001; Katavić i Antolić, 1999; Katavić, 2003).



Slika 3. Zone utjecaja kaveznog uzgajališta na morski okoliš
Fig. 3 Influence zones of cage breeding on marine environment

Utjecaj kaveznog uzgoja ribe na morski okoliš najviše je izražen u neposrednoj blizini uzgajališta, ne dalje od 20 do 25 m od ruba kaveza. Oko kaveznog uzgajališta definirane su različite zone u kojima je uzgajalište jedan od nekoliko izvora nutrijenata. Unos N i P marikulturom, kao postotak ukupnog antropogenog unosa nutrijenata za čitavo Sredozemlje procijenjen je 0.3-1.0% za N i 0.4-1.4% za P (Pitta i sur., 1999).

Ozbiljan problem pri uzgoju tuna je onečišćenje vode uzrokovano velikom količinom nepojedene hrane (sirova riba i glavonošci). Prateća je pojava ovakve prakse stvaranje uljnih mrlja koje se mogu proširiti izvan koncesioniranog područja uzgajališta i tako dovesti u pitanje korištenje obližnjih plaža za rekreacijske potrebe. Jednako tako, plutajuće strukture, posebno prateći sadržaji u funkciji logističke podrške uzgoju s kopna mogu dovesti do vizualne degradacije okoliša, što nerijetko izaziva i najveće javne polemike.

Tablica 1. Riblja ishrana i nutrijenti u ribljoj hrani

Table 1. Fish feed and its nutrients

Godina	1980	2000
Masti (%)	<10	>20
Bjelančevine (%)	50-55	40-45
N _{ishrana} (%)	9.0	7.0
P _{ishrana} (%)	1.7	1.0
Ugljikohidrati (%)	22	12
Sadržaj energije (MJ/kg)	14	20

Ugradnja velikih količina masti i izbor bolje probavljivih sastojaka u visoko energetska hraniva je značajno povećalo učinkovitost ishrane i smanjilo fekalni otpad. S ribljim uljem kao glavnim izvorom energije, te optimiranjem količine bjelančevina u ishrani, izlučivanje dušika i fosfora je u posljednjim desetljećima višestruko reducirana. Dio otpadnih tvari (poput nepojedene hrane i ostalih nusproizvoda) smanjen je zbog unapređenja zootehničkih mjera, i u cjelini boljeg upravljanja uzgajalištem.

Iz prednjeg je vidljivo da se značajno smanjenje unosa dušika i fosfora može postići smanjenjem indeksa konverzije hrane kao i smanjenjem bjelančevina u hrani. Novije zootehničke mjere, izbor

sirovina u hrani, povećanje sadržaja masti kao glavnog energenta na uštrb bjelančevina u ribljoj hrani idu u pravcu unaprijeđenja ekološkog i ekonomskog djelovanja kaveznog uzgoja.

Čimbenici okoliša u Jadranu

Biofizikalna svojstva jadranskih ekosustava bitno su drugačija od onih koja prevladavaju u sjevernoj Europi. Visoka temperatura (godišnji minimum od 10° do 12°, do 25°C tijekom ljeta) uzrokuje povećanje metabolizma i utječe kako na aktivnost mikrobioloških zajednica tako i na proizvodnju ribe u uzgoju. Oligotrofni sustavi su tipični kako za većinu Sredozemnog tako i za Jadransko more, a to pak podrazumijeva nisku razinu nutrijenata, nisku primarnu produkciju i nisku biomasu fitoplanktona što u konačnici rezultira visokom prozirnošću i pogoduje fotosintezi na većim dubinama. Smatra se da je ograničavajući čimbenik primarne produkcije u Jadranu fosfor, što je bitna razlika u odnosu na većinu ostalih mora gdje je limitirajući čimbenik primarne produkcije uglavnom dušik. To znači da se eutrofikacija koja se očituje povećanjem biomase fitoplanktona može očekivati samo u slučajevima unosa fosfata u dostatnim količinama koje dinamika izmjene vodenih masa neće razrijediti. Stoga se s pravom upozorava na krutost prirodnih ekosustava u plitkim i zatvorenim uvalama i zaljevima sa slabo izraženim horizontalnim transportom.

Proturječnost između povećanog opterećenja sustava hranjivim tvarima porijeklom iz uzgajališta i izostanka značajnijeg povećanja primarne produkcije pripisuje se niskoj početnoj razini nutrijenata u sustavu i ograničenoj ugradnji nutrijenata koji preko izlučevina dopijevaju u morski ekosustav. Ovome posebno pogoduju strujanja kojima se brzo izmjenjuje voda u kavezima, te na taj način vrijeme prisutnosti fitoplanktona na datom mjestu nije dostatno za iskorištavanje raspoloživih nutrijenata (Katavić i Antolić, 1999). U nekim je zatvorenim uvalama koje su opterećene visokim unosom nutrijenata putem rijeka, te kroz izravne ispuste netretiranih industrijskih otpadnih voda kao i onih iz domaćinstava u kombinaciji s uzgajalištima moguće očekivati promjene u ravnoteži fitoplanktonskih zajednica. No, eutrofikacija u površinskom sloju vodenog stupca nije zabilježena niti u jednom od ukupno 40 uzgajališta u Republici Hrvatskoj. Znatno viša trofička razina postoji u sje-

vernom Jadranu. S obzirom na prisutnu hiper-nutriciju, dolazi do štetnih cvjetanja algi praćenih hipoksičnim ili čak anoksičnim uvjetima, te rijetko i toksičnošću školjkaša. Ova su cvjetanja opasna kako za uzgajane kulture tako i za čovjekovo zdravlje.

Uzgojni trendovi u Republici Hrvatskoj

Uzgojem morske ribe u Hrvatskoj potpuno dominira kavezni način uzgoja. Godišnja proizvodnja lubina i komarče stagnira na razini od 3.000 t godišnje. Proizvodnja plavoperajne atlantske tune iznosi između 4.000 i 5.000 tona godišnje. Ukupna površina pomorskog dobra pod zakupom uzgajivača je 1,8 km², što po uzgajalištu u prosjeku iznosi oko 45.000 m². Uvoz visokoenergetske ekstrudirane hrane iznosi oko 5.400 tona godišnje.

U posljednjem je desetljeću znatno smanjena količina otpadnih produkata podrijetlom iz kaveznog uzgoja, što je postignuto modificiranjem tipa ishrane te poboljšavanjem sastava hrane i strategije hranidbe. Proizvodnja dušika smanjena je više nego dvostruko, a fosfora čak četiri puta kad se usporedi sa stanjem od prije 20 godina. Istraživanja provedena u hrvatskim uzgajalištima bijele ribe pokazuju znatno smanjivanje proizvodnje nutrijenata izraženim u kilogramima po toni proizvedene ribe.

Tablica 2. Usporedni prikaz (1980/2000) faktora konverzije i emisija dušika i fosfora u morski ekosustav koji nastaju kao posljedica kaveznog uzgoja bijele ribe (lubin, komarča)

Table 2. Comparative survey of conversion factors and nitrogen and phosphorus emission into the sea ecosystem as the result of white fish breeding (sea bass and gilthead)

	1980	2000
Faktor konverzije:	2.8:1	1.8:1
Ukupno – N (kg/t):	222	98
Ukupno – P (kg/t):	16.6	4

Imajući u vidu činjenicu da je proizvodnja bijele ribe u Republici Hrvatskoj oko 3.000 tona godišnje, izračunom se dobiva vrijednost od 294 tona dušika i 12 tona fosfora što se uzgojem oslobađaju u okoliš. Ako se emisija dušika i fosfora promatra u kon-

tekstu vrijednosti dobivene izračunom za 1980. godinu, vidljivo je da je opterećenje dušikom više nego prepolovljeno, a količina fosfora po toni proizvedene ribe je smanjena četiri puta.

Potrebno je naglasiti da se sa istočnog Jadrana godišnje izlovljava preko 32.000 tona ribe, što bi značilo da se time iz Jadrana izvlači čak preko 900 tona dušika i 120 tona fosfora, a to je, naravno, višestruko veća količina od one koja se marikulturom unosi u morski okoliš.

ZAKLJUČAK

Hrvatska je na putu ostvariti svoje neosporne uzgojne potencijale putem marikulture. Glavni je izazov stvoriti pozitivnu percepciju u javnosti, smjestiti ovu industriju u obalni ekosustav tako da se smanje sukobljenosti korisnika, a povećaju sinergijski učinci, posebno na relaciji turizam-marikultura. Zajednički interes turizma i marikulture jeste čist i zdrav morski okoliš, a marikultura kao sastavnica obalnog i otočnog gospodarstva turizmu može služiti kao izvor zdrave i visoko vrijedne hrane, ali i kao dopunski rekreacijski sadržaj.

Marikultura, s obzirom da se radi o relativno novoj privrednoj grani, često puta je proglašena glavnim krivcem za bilo kakve promjene u ekosustavima i kakvoći vode. Zamisao da je uz kavezni uzgoj u čisto more treba sustavno promovirati poštujući pritom najviše međunarodne standarde kakvoće okoliša, kako bi se djelatno pokazalo da ova privredna grana uistinu mari za kakvoću okoliša. Značajno smanjenje unosa dušika i fosfora može se postići smanjenjem indeksa konverzije hrane kao i smanjenjem bjelančevina u hrani. Novije zootehničke mjere, izbor sirovina u hrani, povećanje sadržaja masti kao glavnog energenta na uštrb bjelančevina u ribljoj hrani idu u pravcu unaprjeđenja ekološkog i ekonomskog djelovanja kaveznog uzgoja.

Glede eutrofikacije duž istočne obale Jadranskog mora, zaključak je da je potrebno poduzeti mjere opreza kako bi se smanjio nepotrebn unos nutrijenata s kopna putem rijeka, od turizma i njemu srodnih djelatnosti, pomorskog prometa, kao izravan dotok iz priobalnih urbanih područja i industrijskih zona. Marikultura sama po sebi može imati tek

lokalne negativne ekološke učinke, posebno ako je loše planirana i vođena, ali je malo vjerojatno da može utjecati na nepovoljnu ekološku sliku širih razmjera.

LITERATURA

1. Bergheim, A., J. P. Aabel and Seymour, 1991. Past and present approaches to aquaculture waste management in Norwegian net pen culture operations. In: C. B. Cowey and C. Y. Cho (eds). *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 1990. 275 p.
2. Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K. N. and Plaiti, W., 2000. Impact of cage farming of fish on the sea bed in three Mediterranean coastal areas. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1462-1471.
3. Karakassis, I., Tsapakis, M., Hatziyanni and Pitta, P. 2001. Diel variation of nutrients and chlorophyll a in sea bream and sea bass cages in the Mediterranean. *Fresenius Environmental Bulletin*, 10: 278-283.
4. Katavić, I., Antolić, B. 1999. On the impact of sea bass *Dicentrarchus labrax* L. cage farm on water quality and benthic communities. *Acta Adriat.*, 40(2):19-32.
5. Katavić, I., 2003. Učinci kaveznih uzgajališta roba duž istočne obale Jadrana na morski okoliš. *Ribarstvo*, 61 (4), 175-194.
6. Kelly, L. A., Stellwagen, J. and Bergheim, A., 1996. Waste loadings from a fresh-water Atlantic Salmon farm in Scotland. *Water Res. Bull.*, 32, N5 (oct), 1017-1025.
7. Pitta, P., Karakassis, I., Tsapakis, M. and Zivanovic, S. 1999. Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiologia*, 391:181-194.
8. Neori, A. and Krom, M. D. 1991. Nitrogen and phosphorus budgets in an intensive marine fish pond: the importance of microplankton. In: C.B. Cowey and C.Y. Cho (eds). *Nutritional Strategies and Aquaculture Waste*. Proceedings of the First International Symposium on Nutritional Strategies in Management of Aquaculture Waste. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, 1990. 275 p.

SUMMARY

Vigorous development of industrial cage fish breeding has brought mariculture into conflict with numerous users of coastal zones raising, at the same time, a whole series of open questions on its ecological sustainability, economic efficiency and social justification. With respect to biophysical and geomorphological specific qualities of the Adriatic sea, particularly its productive and dispersion mechanisms the public is particularly worried about the unavoidable organic waste and possible eutrophic processes in the ecosystem of the sea. Following the available data connected with the environmental aspects of mariculture, particularly in the Mediterranean, as well as the improvement of the system and technology of feed production a detailed nutrient quantification is given, which in cage breeding ends up in the sea. Recent zootechnical measures, selection of feed ingredients, the increase of fat as the main energy source at the expense of proteins have resulted in significant improvement of ecological and economic performance in cage breeding. It has been established that the risks of eutrophication in the oligotrophic sea like the Adriatic are quite small. Negative ecological effects are possible on a local level, particularly if cage breeding is in geomorphologically inadequate zones and if due to poor management there is a great waste of feed.

Key words: fish feeding, eutrophication, cage breeding