

## PROBLEM OBRASTANJA MREŽA U AKVAKULTURI

M. Slišković, G. Jelić

### Sažetak

Obrastanje mreža od kojih su izrađeni kavezi za uzgoj ribe ozbiljan je tehnički i ekonomski problem u akvakulturi širom svijeta. Posljedice obrastanja mreža moraju se uzeti u obzir prigodom dizajniranja i planiranja kaveznih struktura, jer obraštaj može drastično povećati težinu kaveza i opterećenje na plutnju. Naseljavanje biljnih i životinjskih organizama, te nakupljanje detritusa ima kao posljedicu smanjenje veličine i zatvaranje oka mrežnih kaveza. Negativna posljedica smanjivanja veličine oka mreže jest poremećena dinamika izmjene vode u kavezima. Sve je to problem za uzgajivače i od njih iziskuje nabavu dvostrukog broja mreža. Mreže je potrebno zamjenjivati i čistiti od obraštaja. Učestalost mijenjanja ovisi o dosta čimbenika kao što su: položaj kaveza (bliže obali ili »off shore«), produktivnost samog područja, godišnje doba, starost samog uzgajališta (zbog nakupljanja neiskorištenog P i N iz hrane u sedimentu). Sve to iziskuje visoke materijalne i radne troškove održavanja. Sam proces čišćenja izvađenih mreža od obraštaja nije adekvatan, pogotovo u malim uzgajalištima koja nemaju odgovarajuću opremu za to. Učinkovitost antivegetativnih premaza dovodi se u pitanje zbog njihova negativnog učinka i na obraštajne i na uzgajane organizme, te na okoliš.

Ključne riječi: *obrastanje, mreže za izradu kaveza, akvakultura, posljedice, premazi*

### UVOD

Obrastanje je rezultat naseljavanja i rasta sedentarnih i semisedentarnih organizama na umjetno potopljenim strukturama u vodi (Venugopalan i Wagh, 1990). Najčešće je sastavljen od biljnih i životinjskih organizama, ali sadrži i nešto uhvaćene organske ili mineralne tvari. Obraštaj kao proces s dalekosežnim negativnim posljedicama problem je kod potopljenih površina, a

---

Merica Slišković, mr. sc. i Gorana Jelić, mr. sc. Visoka pomorska škola, Split, Zrinsko-frankopanska 38, 21000 Split, Hrvatska; e-mail merica@pfst.hr, gjelic@pfst.hr

posebno u akvakulturi. Proces obrastanja prisutan je u određenom stupnju na svim lokacijama gdje se provodi uzgoj ribe u mrežnim kavezima. U slatkim je vodama obraštaj nešto manji nego u slanim vodama, a posebno ako je riječ o toplim i eutrofiziranim područjima sa slabim strujama koje pogoduju naseljavanju obraštajnih organizama. Prema Beveridge (1987) stupanj i raznolikost obraštajne zajednice ovisi i o temperaturi okoliša, te o salinitetu. Isto tako, na obrastanje može utjecati i vrsta uzgajanih organizama. Pri uzgoju herbivornih vrsta problem obraštaja nije toliko značajan. U Japanu kavezi u kojima se uzgaja žutorepa tuna akumuliraju manje obraštaja od onih u kojima se uzgaja plavorepa tuna ili vrsta *Pagrus major* zbog ponašanja riba koje se cijelo vrijeme češu o mrežu (K u w a, 1984). Materijal koji se rabi za izradu mrežnih kaveza može utjecati na stupanj obrastanja. Nadalje, utvrđeno je da i boja površine mreže utječe na razvoj i sastav obraštajne zajednice (D a h l e m i sur., 1984). Ličinke mnogih beskralježnjaka pokazuju fotički efekt prigodom naseljavanja i beskralježnjaci se znatnije naseljavaju na tamnim površinama (D a h l e m i sur., 1984; H e n s c h e l i sur., 1990), dok spore alga *Ectocarpus* i *Enteromorpa*, koje su najčešći obraščivači, intenzivno reagiraju na svjetlo (Fletcher i sur., 1984) i preferiraju uvjete s više svjetla (Christie, 1972; Christie i Shaw, 1968). Navedene činjenice upućuju na to da se proces obrastanja ne može promatrati izdvojeno, nego kao cjelinu sa svim čimbenicima koji diktiraju njegovo nastajanje.

## OBRAŠTAJ

Termin »obraštaj« rabi se za razlikovanje rasta biljaka i životinja na umjetnim potopljenim površinama od onog na stijenama, kamenju i drugim prirodnim objektima. Procesom obrastanja povećava se težina uronjenog objekta uz dalekosežne negativne posljedice. Na početku površinu prekriva biofilm koji se sastoji od zajednica mikroorganizama i sesilnih biljaka i životinja (W a h l, 1989; H e n s c h e l i C o o k, 1990). Općenito, proces obrastanja obuhvaća niz događaja u kojem se na nastali makromolekularni film naseljavaju bakterije, a zatim se na njih naseljavaju i prihvaćaju slobodno plivajuće spore alga i ličinke beskralježnjaka. Razvijanje obraštajne zajednice ograničeno je fizikalnim, biološkim i kemijskim čimbenicima (Barnes, 1970; Meadows i Campbell, 1972; Crisp, 1974; Crisp i sur., 1985). Utvrđeno je da oko 200 različitih vrsta sudjeluje u stvaranju obraštajnih zajednica na uronjenim strukturama (F o r e a t h i sur., 1985).

Iako se obraštaj može opisati nabrajajući vrste i njihov broj, on posjeduje neke svoje osobine koje su dodatak osobinama pojedinačnih organizama. Svaki individualni organizam raste različitom brzinom, dostiže maksimalnu veličinu i nakon nekoga vremena ugiba. Različiti članovi populacije obraštaja mogu utjecati jedni na druge. Prisutnost nekih vrsta može favorizirati rast drugih, ili pak oni sporijerastući oblici mogu potisnuti one nastanjene prije njih.

Dominantni organizmi u populaciji određuju, u velikom stupnju, njezine osnovne karakteristike. Koji će se organizmi prihvatiti na izloženu strukturu, ovisi o prisutnosti određenih vrsta na mjestu izlaganja i o njihovim sposobnostima prihvata i rasta na površini strukture. Reproduktivne navike različitih vrsta odredit će koje će se vrste prve pojaviti u različitim godišnjim dobima.

Veličina obraštaja ovisi o broju prisutnih ličinaka odgovarajućih organizama, veličini rasta i masovnosti postignutom rastom karakterističnim za određenu vrstu organizama. Između vrsta koje su prisutne pojavljuje se kompeticija za prostor, pri čemu dominantne postaju one koje se brže šire. Sesilni organizmi, koji čine većinu obraštaja, ovise o organskoj tvari koju im donesu morske struje. Ako hrane ima dovoljno, rast može dovesti do prevelike gustoće naseljenosti, čime se ograničava broj organizama u obraštaju. Struje, kao i donos kopnene slatke vode koja sadrži velike količine organske tvari, povoljno utječu na razvoj obraštaja. Svjetlost kao čimbenik utječe na obraštajnu populaciju, ne samo posredno preko temperature nego i izravno utječući na fotosintezu biljaka, kontrolirajući tako prehranu životinja.

Populacija koja je prisutna na uronjenim površinama s vremenom se mijenja. Najprije se na njima pojavljuju mikroskopski organizmi, koji se brzo razmnožavaju, a zatim makroskopski organizmi. To se naziva vremenskim slijedom i ovisi o godišnjem dobu i zemljopisnoj lokaciji. Mali se broj vrsta pričvršćuje kontinuirano, a većini abundancija varira ovisno o tome kada dostižu spolnu zrelost. U umjerenim su područjima znatne promjene temperature pa tu prevladava pričvršćivanje ograničeno na određeni dio godine, jer svaka vrsta ima karakteristične temperature pri kojima počinje prihvat. Tako je za Jadran karakteristično da obraštajni proces pokazuje sezonsku ritmiku i većina se obraštajnih grupa naseljava od proljeća do zime s vrhuncem na kraju ljeta i u jesen (Igić, 1995).

### *OBRASTANJE MREŽNIH KAVEZA*

Kavezi za uzgoj riba sastoje se od plutajuće konstrukcije (okvira koji daje željeni oblik vreći i održava je u stupcu vode), najlonske vreće (mreže) koja sprječava bijeg uzgajanih organizama i sustava sidrenja koji drži čitavu konstrukciju na određenom mjestu. Veličina kaveza varira ovisno o vrsti i veličini uzgajanih organizama, a mogu biti obujma i do 80 m na površini i ići do 20 m u dubinu.

Najlonska se vreća izrađuje od multifilamentnog materijala, koji je idealna podloga za naseljavanje obraštajnih organizama. Nije toksičan, sadrži mnoge udubine koje mogu zadržati i zaštititi obraštajne organizme i ima veliku površinu za naseljavanje. Iako se za izradu mreža upotrebljavaju različite vrste materijala, najčešće su napravljene od sintetičkih materijala kao što je poliamid ili polietilen. Poliamidni mrežni teg, iako podlozan obrastanju, učestalo se rabi zbog drugih povoljnih svojstava (npr. čvrstoća, čvrstoća na uzlovima, održava-

nje odgovarajuće veličine oka itd.). Mreže su smještene u gornjem dijelu vodenoga stupca do 5 m dubine gdje dopire najveća količina svjetlosti (eufotički sloj) i gdje se zbiva proces proizvodnje organske tvari (trofogeni sloj).

Vode oko kaveza za uzgoj ribe pogodne su za brzi razvoj obraštaja zbog nakupljanja nutrijenata i organskog materijala kao posljedica nepojedene hrane, ribljih izlučina i produkata metabolizma koji pogoduju rastu alga (Ruokolahti, 1988). Kavezi napravljeni od mreža posebno su osjetljivi tijekom ljetnog perioda (Moring i Moring, 1975; Milne, 1976) jer porastom temperature i povećanom organskom produkcijom ekološki se uvjeti naglo pogoršavaju i izazivaju stres kod uzgajanih organizama (Inoue, 1972; Lovergrove, 1979).

Obrastanjem se povećavaju vertikalne sile koje djeluju na strukturu kaveza i kavez i smanjuju veličinu oka na mrežnom kavezu (Milne, 1970, 1976; Inoue, 1972). Kako se veličina oka mrežnoga kaveza smanjuje, tako se povećava njegova površina (Lovergrove, 1979). Bitan faktor za uzgoj riba u kavezima koji omogućuje održavanje gustoće nasada i odgovarajućeg rasta jest količina protoka vode kroz kaveze (Blair i sur., 1982). Smanjenje veličine oka mrežnog kaveza dovodi do poremećene dinamike izmjene vode kroz kaveze (Moring i Moring, 1975; Milne, 1976; Faure, 1986; Huse i sur., 1990). Obraštaj koji zatvara oka smanjuje donos otopljenog kisika (Inoue, 1972; Ojeda i Strawn, 1980; Loland, 1993) i onemogućuje uklanjanje produkata metabolizma riba. Obraštajni organizmi također mogu biti dobra podloga za mikroorganizme koji uzrokuju bolesti uzgajanih organizama (Kent, 1992). Težina mreže znatno se povećava obrastanjem, čime su otežane rutinske operacije i plutanje cijele konstrukcije. Akumulirani obraštaj povećava težinu mreže do nekoliko puta (npr. mreža od 50 kg može doseći težinu od 1 tone), a zabilježeni su i slučajevi potapanja kaveza zbog toga što plutnja nije mogla podnijeti ovo, dodatno opterećenje.

### *KONTROLA I UKLANJANJE*

Zbog svih prije navedenih negativnih posljedica obrastanja mreža, ovaj problem treba uzeti u obzir kao jedan od financijski i radno zahtjevnih stavki u menadžmentu svakog uzgajališta. U područjima gdje je stupanj obrastanja velik potrebno je konstantno čišćenje i mijenjanje mreža. Neki stručnjaci sugeriraju mijenjanje mreža jednom na mjesec ljeti i jednom u svaka tri mjeseca zimi, dok frekvencija mijenjanja dosta varira od lokacije do lokacije. U Japanu se mreže mijenjaju svakih 14 dana (Milne, 1976), u Maineu u SAD-u svakih šest tjedana (Huguenin i Ansuini, 1978), a u Norveškoj mreže se mijenjaju tri ili četiri puta na godinu (Moller, 1976). Možda češće mijenjanje mreža potrebno je tijekom ljetnog perioda u Tasmaniji u Australiji u uzgajalištima atlantskog lososa, kada je potrebno mijenjanje i čišćenje mreža svakih 5 do 8 dana (Hodson i Burke, 1994).

Postupci mijenjanja i čišćenje mreža utječu na profitabilnost uzgoja, jer potreba stalnog mijenjanja iziskuje dodatni rad i troškove, a usto mreže se mogu oštetiti. Svako uzgajalište mora imati najmanje dvostruki broj mreža, a u područjima gdje je stupanj obrastanja znatniji, i veći broj mreža. Učestalo mijenjanje može uzrokovati gubitak i oštećenje uzgajanih organizama, a poremećaj u režimu hranjenja može djelovati negativno na prirast uzgajanih organizama.

#### *Kemijska kontrola*

Nekoliko je metoda kojima se pokušava umanjiti ili spriječiti obraštaj. Zaštita od obrastanja mreža postiže se ponajprije upotrebom toksičnih, bakrenih antiobraštajnih premaza (Lewis, 1994a). Najstariji tip protuobraštajnih premaza bio je tanin koji se dobivao iz mangorvog drveta (*Rhizophora sp.*), i imao je sposobnost smanjivanja obraštaja do 20%, ali su mu nedostatak bile poteškoće pri nanošenju na mrežu. Mnogi protuobraštajni premazi sadrže biocid koji se polako izlučuje tako da je površina mreže stalno okružena tankim toksičnim slojem koji sprječava juvenilne planktonske stadije obraštajnih organizama da se pričvrste za mrežu (Lovergrove, 1979). Najčešći protuobraštajni premazi, koji se rabe u morskom okolišu jesu na bazi bakra. Mreže koje su premazane protuobraštajnim premazima zaštićene su od obrastanja kroz nekoliko mjeseci, ali uz činjenicu da nakon 6 mjeseci stupanj zaštite znatno pada. Djelomično, ovo je posljedica izlučivanja boje iz mreže uz taloženje bakra u sedimentu ispod uzgajališta. Podaci koje je objavila Škotska agencija za zaštitu okoliša (Scottish Environment Protection Authority) upućuju na povećanu prisutnost bakra u sedimentu ispod kaveza (Miller, 1998) u uzgajalištima koja se koriste protuobraštajnim sredstvima na bazi bakra.

Upotreba tih premaza nepoželjna je zbog mogućeg štetnog utjecaja toksina na bazi metala na okolinu i zbog negativnog imidža uzgajališta (Lewis, 1994a). Zabilježeni su i slučajevi kada su premazi imali štetnog utjecaja na uzgajane vrste. Tako su 1980-ih godina kod upotrebe premaza koji sadrže tributil kositar uočeni štetni učinci na uzgajane losose (Short i Thrower, 1986; Davies i McKie, 1987), a u novije se vrijeme smanjenje divlje populacije riba povezuje s protuobraštajnim premazima koji se rabe kod brodova (Kannan i sur., 1995a, b). Nadalje, ti premazi nisu učinkoviti kod velike mase plutajućih alga koje se zapletu u mrežu kaveza. U umjerenim područjima mreže se moraju premazivati protuobraštajnim premazima svake godine, i to najbolje od travnja do svibnja da bi se najbolja zaštita mreže dobila u ljetnom periodu, kada je naseljavanje ličinaka i spora najveće.

U današnje su vrijeme najučinkovitiji premazi napravljeni na bazi silikonskih elastomera kojima su dodani uljni aditivi, a oni dodatno povećavaju sposobnost sprječavanja obrastanja (Lewis, 1994b; Swain i Schultz, 1996). Današnja istraživanja protuobraštajnih premaza teže za pronalaskom premaza koji bi bio aktivan kod najnižih koncentracija toksičnoga spoja i koji

bi ostao čvrsto vezan za mrežu, što je najveći problem. Idealan protuobraštajni premaz trebao bi imati ove karakteristike: 1. da je aktivan kod niskih koncentracija; 2. ekonomičan; 3. da nije štetan za ljude i druge organizme koji ne sudjeluju u obrastanju; 4. da se ne mijenja pri spajanju s odgovarajućom osnovom; 5. da ne onečišćuje; 6. da je biorazgradljiv (Houghton, 1984).

#### *Biološka kontrola*

Uzgajani organizmi mogu i sami utjecati na veličinu obraštaja gibajući se oko kaveza i tako mijenjajući struje (Loland, 1993), a ujedno mogu i »očerkati« mreže (Hasse, 1974; Kuwa, 1984). U uzgajalištu šarana u Mirgenbachu u Francuskoj opaženo je da *Cyprinus carpio* konzumira alge koje su sastavni dio obraštajne zajednice na mreži. Ovaj fenomen može smanjiti obrastanje, a posebno ako se primijeni polikulturni uzgoj (Dubost i sur., 1996). Tamo gdje je moguće, polikultura se može iskoristiti za ograničavanje obrastanja. Stoga se herbivorni organizmi katkad uzgajaju zajedno s komercijalno važnim vrstama kako bi se umanjio stupanj obrastanja. Rod *Oplegnathus spp.* rabi se kod kaveznog uzgoja u Japanu (Kuwa, 1984).

Ipak, i kod ovog načina mogu se pojaviti problemi jer se prigodom brštenja obraštaja može oštetiti i mreža (Ben-Yami, 1974), a primijećeno je da vrsta *Oplegnathus spp.* oštećuje repove i peraje žutorepih tuna (Kuwa, 1984). Kontrola obrastanja uz primjenu polikulturnoga pristupa nije zaživjela u umjerenim područjima gdje se kao najvažnije komercijalne vrste uzgajaju salmonidi. Obraštajni organizmi i beskralježnjaci čine samo mali dio preshrane salmonida (Moring i Moring, 1975), što upućuje na činjenicu da oni bez pomoći kompatibilnih herbivora ne mogu regulirati proces obrastanja.

#### *Konstrukcije otporne na obrastanje*

Mnogi uzgajivači razmišljaju o uporabi materijala koji su otporni na obrastanje pri konstruiranju kaveza. Tako neke kompanije proizvode polietilenske mreže u koje je umetnuta bakrena žica. Ovo je dosta skupo i cijena ovakve mreže dvaput je veća od uobičajene najlonske mreže istih dimenzija. Nadalje, bakar ima ograničeno vrijeme zaštite jer korodira, pa bi se mreže morale ili mijenjati svaku godinu ili dvije ili premazivati protuobraštajnim premazima.

Napravljeni su i čvrsti kavezi od materijala koji su otporni na obrastanje kao što su galvanizirani čelik, presvučena PVC žica i bakreni ili spojevi bakra i nikla (Milne, 1970; Huguenin i Ansuini, 1978; Ojeda i Strawn, 1980; Kuwa, 1984). Bakar i spoj bakra i nikla pokazali su se učinkoviti, iako je i galvanizirani čelik pokazao dobru otpornost pod uvjetom da je napravljena zaštita od korozije. Kako se moglo i očekivati, mrežasti kavezi od bakra i bakrene slitine znatno su skuplji (3 do 5 puta) nego standardni, najlonski.

Nadalje, rabe se i rotirajuće konstrukcije da bi se učinkovito smanjilo obrastanje i potrebe čišćenja svelo na minimum (Porter, 1981; Blair i sur., 1982). U područjima gdje je UV-zračenje veliko, dulje izlaganje mreža jakom

Sunčevom svjetlu može uzrokovati ubrzanu degradaciju mreža (Porter, 1981).

#### *Druga moguća rješenja*

Problem obrastanja i skupi ili nepraktični načini uklanjanja doveli su do razvoja podvodne tehnike čišćenja s naftnih platformi (Perace, 1994) i broskog trupa (Alberte i sur., 1992). Kod marikulture ova tehnologija nije naišla na veću primjenu zbog trodimenzionalne strukture kaveza, razlika u konstrukciji kaveza i potrebe da se nastali otpad ukloni iz vodenoga stupca. Podvodno čišćenje površine može selektirati obraštajne zajednice koje će nakon čišćenja ponovno brzo naseliti površinu (Moss i Marsland, 1976; Nickels i sur., 1981). Nakon podvodnog čišćenja broskog trupa u neravninama površine nađeni su ostaci rizoma alga iz kojih mogu izuzetno brzo ponovno narasti nove biljke (Moss i Marshland, 1976a). Nadalje, fragmentacija reproduktivnih stanica tijekom čišćenja uzrokuje stvaranje njihova velikog broja i one mogu odmah ponovno naseliti površinu. Uz problem brze rekolonizacije očišćenog obraštaja, nastali otpadni materijal može uzrokovati iritaciju ribljih škrga ili raspršiti potencijalne patogene organizme, a površ svega može doći do povećanog taloženja nutrijenata i organskog materijala u neposrednoj okolini kaveza.

Uz gore navedene tehnike za smanjivanje obraštanja, primjenjuje se i metoda zasjenjivanja kaveza kako bi se smanjilo obrastanje algama (Huse i sur., 1990), jer se kavezi nalaze u području kamo dopire najveća količina svjetlosti i proces proizvodnje organske tvari.

Budući da obraštaj više zatvara manja oka na mrežnim kavezima, uzgajivačima se preporučuje upotreba najveće veličine oka koje je dopuštena veličinom uzgajanih organizama.

## **ZAKLJUČAK**

Sve prije navedene činjenice upućuju na to da problem obrastanja mreža u akvakulturi ne smije biti zanemaren. Negativan učinak, kao što je smanjenje veličine oka mreže, a time, posljedično, i poremećena dinamika izmjene vode kroz kaveze može znatno utjecati na uzgajane vrste, na gustoću nasada i na konačnu kvalitetu. Isto tako povećanje težine mreže može ugroziti sigurnost cijelog sustava kaveza. Iako se kroz dugi niz godina pokušava naći rješenje ovoga problema upotrebom različitih protuobraštajnih premaza i tehnika čišćenja, ništa nije dalo sto posto zadovoljavajući rezultat. Kod antiobraštajnih premaza dovodi se u pitanje njihovo negativno djelovanje i na uzgajane vrste, ne samo na obraštajne organizme, dok se pri podvodnom čišćenju brzo ponovno naseljava očišćena površina i nastali otpad može oštetiti škrge riba. Potreba stalnog praćenja, te čišćenja i mijenjanja mreža, kao i potreba kupnje

većega broja mreža izdvaja problem obraštaja kao ekonomsko i radno bitnu stavku u menadžmentu svakog uzgajališta.

### Summary

## PROBLEMS OF BIOFOULING ON FISH-CAGE NETS IN AQUACULTURE

M. Slišković, G. Jelić

Biofouling on fish-cage netting is a serious technical and economical problem to aquaculture worldwide. Compensation for the effects of biofouling must be included in cage system design and planning, as fouling can dramatically increase both weight and drag. Settlements of sessile plants and animals, with accumulation of the detritus diminish the size of mesh and can rapidly occlude mesh. Negative effect of smaller mesh size is changing in water flow through the cages. Biofouling problems necessitating purchase of a second sets of nets or more, and frequent cleaning and changing of biofouling. Changing and cleaning frequency depend on many factors such as: location of cages (near the coast or off shore), productivity of that location, time of the year, time period in which the cages are placed on that location (cause of loading of phosphorus and nitrogen from the unconsumed food in the sediment). Net changing and cleaning procedures are labor and capital intensive. Process of the cleaning of the nets is inadequate, especially when there isn't adequate equipment available as it is case in smaller aquaculture industry. Chemical control of biofouling e. g. use of antifoulants is questioningly cause of their possible negative effects on breeding species and environment.

Key words: *biofouling, nets for cages, aquaculture, negative effects, antifoulants*

### LITERATURA

Alberte, R. S., Snyder, S., Zahuranec, B. J., Whetstone, M. (1992): Biofouling research needs for The United States Navy: program history and goals. *Biofouling*, 6, 91–95.

---

Merica Slišković, M. Sc. and Gorana Jelić, M. Sc. Colegue of Maritime Studies, Split, Zrinsko-frankopanska 38, 21000 Split, Croatia; e-mail merica@pfst.hr, gjelic@pfst.hr



- Barnes, H. (1970):* A review of some factors affecting settlement and adhesion in the cyprids of some common barnacles, u: Manly, R. S. (ed). Adhesion in Biological system. Academic Press, New York, 98–111.
- Ben-Yami, M. (1974):* Gnawing at fish netting — a problem in cage rearing of herbivorous fish. *Aquaculture*, 3, (1), 199–202.
- Beveridge, M. C. M. (1987):* Cage Aquaculture. Fishing News Books, Farnham, 241–245.
- Blair, A., Campbell, R., Grant, P. T. (1982):* A submersible fish cage that can be rotated on the surface to remove biofouling and for other purposes. *Aquaculture*, 29, 177–184.
- Christie, A. O. (1972):* Spore settlement in relation to fouling by *Enteromorpha*. u: Acker, R. F., Brown, B. F., De Palma, J. R., Iverson, W. P. (eds.). Proc. 3rd Int. Cong. Mar. Corr. and Foul., Oct 2–6, 1972. National Bureau of Standards, Md, USA, 674–681.
- Christie, A. O., Shaw, M. (1968):* Settlement experiments with zoospores of *Enteromorpha intestinalis* (L.). *Link. Br. Phycol. Bull*, 3, 529–534.
- Crisp, D. J. (1974):* Factors influencing the settlement of marine invertebrate larvae, u: Grant, P. T., Mackie, A. (eds.). Chemoreception in Marine Organisms. Academic Press, New York, 177–265.
- Crisp, D. J., Walker, G., Young, G. A., Yule, A. B. (1985):* Adhesion and substrate choice in mussel and barnacles. *J Coll Interface Scien*, 104, 40–50.
- Dahlem, C., Moran, P. J., Grant, T. R. (1984):* Larval settlement of marine sessile invertebrates on surface of different colour and position. *Ocean Sci. Eng.*, 9, 225–236.
- Davies, I. M., McKie, J. C. (1987):* Accumulation of total tin and tributyltin in muscle tissue of farmed Atlantic salmon. *Mar. Pollut. Bull.*, 18, 405–407.
- Dubost, N., Masson, G., Moreteau, J. C. (1996):* Temperate freshwater fouling on floating net cages: method of evaluation, model and composition. *Aquaculture*, 143, 303–318.
- Faure, A. (1986):* Etude du renouvellement d'eau dans les cages d'élevage de Salmonidés en mer. *Pisc. Fr.*, 86, 20–26.
- Fletcher, R. L., Jones, A. M., Jones, E. B. G. (1984):* The attachment of fouling macroalgae, u: Costlow, J. D., Tipper, R. C. (eds). Marine Biodeterioration: An Interdisciplinary Study. Naval Institute Press, MD, 172–182.
- Foreath, G. N. R., Picken, G. B., Ralph, R. (1985):* Patterns of macrofouling on steel platforms in the central and northern North Sea, u: Offshore Marine Studies. University of Aberdeen, Scotland, 10–22.
- Hasse, J. (1974):* Utilization of rabbitfishes (Signaidae) in tropical oyster culture. *Prog. Fish-Cult.*, 3, 160–162.
- Henschel, M. M., Cook, P. A. (1990):* The development of marine fouling community in relation to the primary film of microorganisms. *Biofouling*, 2, 1–11.
- Henschel, M. M., Branch, G. M., Cook, P. A. (1990):* The colonisation of artificial substrata by marine sessile organisms in False Bay: 2, Substratum material. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 9, 299–307.
- Hodson, S. L., Burke, C. (1994):* Microfouling of salmon — cage netting: a preliminary investigation. *Biofouling*, 8, 93–105.

- Huguenin, J. E., Ansuini, F. J. (1978):* A review of the technology and economics of marine fish cage systems. *Aquaculture*, 15, 151–170.
- Houghton, D. R. (1984):* Toxicity testing of candidate antifouling agents and accelerated antifouling paint testing, u: Costlow J. D, Tipper, R. C. (eds). *Marine Biodeterioration: An Interdisciplinary Study*. US Naval Institute Press, Annapolis MD, 256–258.
- Huse, I., Bjoradal, A., Ferno, A., Furevik, D. (1990):* The effect of shading in pen rearing of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquacult. Eng.*, 9, 235–344.
- Igić, Lj. (1995):* Prikaz obraštaja u Jadranskom i drugim svjetskim morima — biološko značenje. *Pomorski zbornik*, 33, 329–356.
- Inoue, H. (1972):* On water exchange in a net cage stocked with the fish, Hamachi. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 38, 167–176.
- Kannan, K., Tanabe, S., Iwata, H., Tatsukawa, R. (1995a):* Butylins in mussel and liver of fish collected from certain Asian and oceanic countries. *Environ. Pollut.*, 90, 279–290.
- Kannan, K., Tanabe, S., Tatsukawa, R. (1995b):* Occurrence of butyltin residues in certain foodstuffs. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 55, 510–516.
- Kent, M. L. (1992):* Diseases of seawater netpen-reared salmonid fishes in the Pacific Northwest. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 116, 76 pp.
- Kuwa, M. (1984):* Fouling organisms on floating cage of wire netting and the removal by *Oplonethus* sp. cultured with other marine fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 50, (10), 1635–1640.
- Lewis, T. (1994a):* Impact of biofouling on the aquaculture industry. u: Kjelleberg S., Steinberg P. (eds.). *Biofouling: Problems and Solutions*. Proceedings of an International Workshop, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 32–38.
- Lewis, J. A. (1994b):* Biofouling and fouling protection: a defense perspective. u: Kjelleberg S., Steinberg P. (eds.). *Biofouling: Problems and Solutions*. Proceedings of an International Workshop, The University of New South Wales, Sydney, Australia, 39–43.
- Lovergrove, T. (1979):* Control of fouling in farm cages. *Fish. Farm. Int.*, 6, (1), 33–37.
- Loland, G. (1993):* Current forces on, and water flow trough and around, floating fish farms. *Aquac. Int.*, 1, 72–89.
- Meadows P. S., Campbell, J. I. (1972):* Habitat selection by aquatic invertebrates. *Adv. Mar. Biol.*, 10, 271–382,
- Miller, B. (1998):* An assesment of sediment copper and zinc concentrations in marine caged fish farms in SEPA West region. Report from Scottish Environment Protection Authority, March 1998, 77.
- Milne, P. H. (1970):* Fish farming: a guide to the design and construction of net enclosures. *Mar. Res.*, 1, 3–31.
- Milne, P. H., (1976):* Engineering and the economics of aquaculture. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, 888–898.
- Moller, D. (1976):* Recent developments in cage and enclosure aquaculture in Norway. *FAO Tech. Conf. Aquaculture, Kyoto, Japan, 26 May — 2 June 1976, FIR: AQ/Conf./76/R. 20, pp. 13.*

- Moring, J. R., Moring, K. A. (1975):* Succession of net biofouling material and its role in the diet of pen-cultured chinook salmon. *Prog. Fish-Cult.*, 37, (1), 27–30.
- Moss, B., Marsland, A. (1976):* The effects of underwater scrubbing on marine fouling algae. u: *Proceedings, International Marine and Shipping Conference, 27–30 April 1976, London.* Institute of Marine Engineers, Marine Media Management, 33–43.
- Nickels, J. S., Parker, J. H., Bobie, R. J., Martz, R. F., Lott, D. F., Benson, P. H., White, D. C. (1981):* Effects of cleaning with flow-driven brushes on the biomass and community composition of the marine microfouling film on aluminium and titanium surface. *Int. Biodeterior. Bull.*, 17, 87–94.
- Ojeda, G. M., Strawn, K. (1980):* Comparison on wire cage and net cages for the culture of black drum (*Pogonias cromis*). *Proc. World Maricult. Soc.*, 11, 185–191.
- Perace, F. (1994):* Offshore Petroleum. u: Kjelleberg S., Steinberg P. (eds.). *Biofouling: Problems and Solutions, Proceedings of an International Workshop, The University of New South Wales, Sydney, Australia*, 19–31.
- Porter, C. (1981):* Cage culture of gilthead bream (*Sparus aurata*) at an exposed site on the Red Sea. *Spec. Publ. Eur. Maricult. Soc.*, 6, 15–24.
- Ruokolahti, C. (1988):* Effects on fish farming on growth and chlorophyll a content of *Cladophora*. *Mar. Pollut. Bull.*, 19, 166–169.
- Short, J. W., Thrower, F. P. (1986):* Accumulation of butyltin in mussel tissue of Chinook salmon reared in sea pens treated with tri-*n*-butyltin. *Mar. Pollut. Bull.*, 17, 542–545.
- Swain, G. W., Schultz, M. P. (1996):* The testing and evaluation of non-toxic antifouling coatings. *Biofouling*, 10, 187–197.
- Venugopalan, V. P., Wagh, A. B. (1990):* Biofouling of an offshore oil platform: Faunal composition and biomass. *Indian J. Mar. Sci.*, 19, 53–56.
- Wahl, M. (1989):* Marine epibiosis. 1. Fouling and antifouling: some basic aspect. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 58, 175–189.

*Primljeno: 2. 10. 2002.*  
*Prihvaćeno: 6. 11. 2002.*