

POJAM I MODELI NOVAČENJA U RIBARSTVU

M. Slišković, G. Jelić Mrčelić

Sažetak

Uz pojedinačan rast jedinki, i novačenje najviše pridonosi povećanju biomase ribljega stoka. Novačenje može biti neovisno o veličini stoka dok se ribolov razvija, ali je iskustvo pokazalo da mnoga ribarstva dođu do točke u kojoj se novačenje smanjuje zbog prelova. Brojčano veliki roditeljski stok ne daje velik broj mladih, jer velika brojnost utječe na preživljenje juvenilnih jedinki zbog kompeticije za hranom. To je uočeno u populaciji srdele u Jadranu u vremenu od godine 1984. do 1987., kada je nešto veća biomasa stoka za mrijest rezultirala dvostruko manjim novačenjem i smanjenjem ukupne biomase. Prema dostupnim podacima, od 1993. do 2000. nije bilo znatnijeg novačenja u populaciji srdele u Jadranu, što se odrazilo na veličinu biomase srdele. Godine 2001. i 2002. opaženo je snažnije novačenje, tj. obnavljanje populacije srdele. Postoje brojni matematički opisi odnosa stoka i novačenja među kojima se Bevertonov i Holtov model i Rickerov model novačenja najviše primjenjuju. Bevertonov i Holtov model novačenja pretpostavlja da ono ovisi o gustoći populacije. Rickerov se model temelji na pretpostavci da su svi resursi jednako podijeljeni između jedinki populacije, što ima kao posljedicu da porast gustoće izaziva iscrpljivanje resursa. Taj je model prikladan za vrste koje migriraju na područja razmnožavanja, kao što je srdele.

Ključne riječi: *novačenje, reproduktivna stopa, stopa novačenja, modeli novačenja, populacija srdele, Jadransko more*

UVOD

Pojam novačenja u ribarstvu odnosi se na količinu ribe koja preživi rane životne stadije (jaja, ličinke, juvenilni stadij itd.) i dosegne veličinu kada postane dostupna ribolovnoj opremi i ulovljena. Novačenje se često odnosi na životnu dob kada riba postane prvi put osjetljiva na ribolovne alate (Haddon, 2001) ili na broj jedinki koji prežive do dobi ili veličine kada postaju predmetom ribolova (Fogarty, 2001). Taj pojam, dakle, obuhvaća cijelo razdoblje tijekom kojeg je populacija nevidljiva za čovjeka, tj. razdoblje između

Mr. sc. Merica Slišković, asistentica; dr. sc. Gorana Jelić Mrčelić, viša asistentica, Pomorski fakultet Split, Zrinskofrankopanska 38, 21000 Split, e-mail: merica@pfst.hr; gorana.jelic@inet.hr

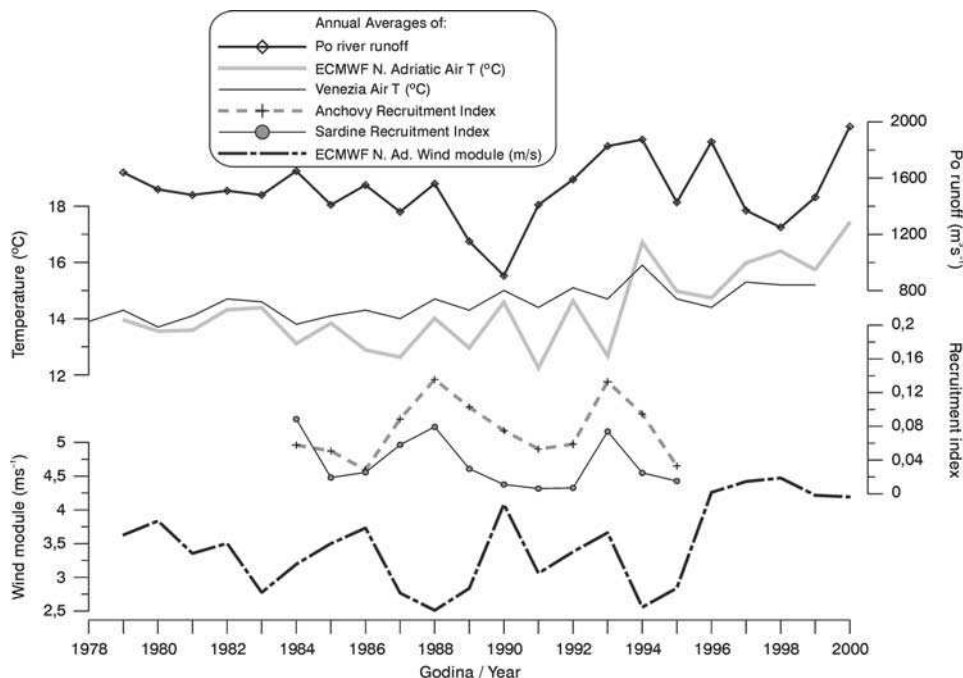
formiranja reproduktivnih produkata kod roditeljskog stoka do pojavljivanja ovih potomka u ribolovu. U tom je razdoblju populacija najosjetljivija i najviše izložena prirodnoj smrtnosti, pa kao posljedicu imamo da tisuće izmriještenih jaja u životnom ciklusu ženke u prosjeku daju dvije odrasle ribe (Bakun, 1985).

Ne uzimajući u obzir migracije, novačenje i pojedinačan rast jedinki najviše pridonose povećanju biomase stoka. Pretpostavlja se da je postojanost populacija Clupeida povezana s uspjehom novačenja, jer novačene jedinke čine veliki dio populacije (Marano, 2000). Veličina stoka za eksploataciju srdele izravno je povezana s uspjehom novačenja ili povećanjem novačenja, prije nego s variranjima u stopi ribolovne smrtnosti (Marano, 2000). Smanjena srednja dužina ulovljene ribe najvjerojatnije označuje snažno novačenje mladih dobnih skupina, jer je opaženo da je svako smanjenje srednje dužine u populaciji srdele praćeno povećanim ulovom (Sinovčić i Alegria-Hernandez, 1997).

Novačenje srdele u Jadranu prema Santojanni i suradnicima (1999) imalo je svoj maksimum u razdoblju od 1983. do 1984. (9 500 milijuna jedinki), minimum u 1995. godini (1500 milijuna jedinki), sa srednjom vrijednošću novačenja od 2 900 milijuna jedinki za razdoblje od godine 1988. do 1996. Izračunani indeks novačenja za srdelu u Jadranu za razdoblje od godine 1984. do 1995. prikazan je na Slici 1 (Cingolani, 2005). Vidljivo je da je maskimalan indeks novačenja zabilježen 1984., a minimalan 1995.

Česta je pogreška vjerovanje da broj novaka ne ovisi o veličini odrasloga stoka (Gulland, 1983). Zabluda o nepostojanju veze između novačenja kao posljedice i veličine stoka proizlazi iz nemogućnosti uočavanja te veze, no, da ta veza ne postoji, malokad bi se dogadali kolapsi stokova. Premda novačenje može biti neovisno o veličini stoka dok se ribolov razvija, iskustvo je pokazalo da mnoga ribarstva dođu do točke u kojoj se novačenje smanjuje zbog preloma (Hilborn i Walters, 1992). Myers i Barrowman (1996) i Myers (1997) pokazali su da je »novačenje funkcija obilnosti jedinki za mrijest«, posebno pri malim razinama populacije. Određeni rezultati upućuju na činjenicu da je za novačenje važniji broj jedinki za mrijest nego broj proizvedenih jaja. U prilog tomu idu i rezultati Denneya i suradnika (2002) koji nisu našli vezu između godišnje reproduktivne stope i fekunditeta. Osim toga, smatralo se da je varijabilnost novačenja u ribljim populacijama posljedica velikog fekunditeta, ali su Mertz i Myers (1996) s pomoću jednostavnog modela pokazali da ne postoji statistički opravdana veza između varijabilnosti novačenja i logaritma fekunditeta za ispitivane vrste.

Biomasa roditeljskoga stoka povezana je s težinom ribe u stoku koja se mrijesti svake godine. Pojam veličine roditeljskog stoka u odnosu između stoka i novačenja ne mora se isključivo odnositi na biomasu, nego može označivati mjeru reproduktivnog potencijala zrele populacije. Prema Rothschild i Fogarty (1989), optimalna mjera roditeljskoga stoka jest broj izmriještenih jaja. Veličina roditeljskog stoka, kao mjera reproduktivne sposob-



Slika 1. Ekološki i biološki podaci o inćunu i srdeli u Jadranu (Cingolani, 2005).

Figure 1. Ecological and biological data of anchovy and sardine in the Adriatic Sea (Cingolani, 2005).

nosti može se utvrditi iz prosječnog fekunditeta po dobi i udjela svake životne dobi u populaciji (Haddon, 2001). Alternativno, za određivanje roditeljskoga stoka može se utvrditi broj odraslih ženki i pomnožiti s prosječnim fekunditetom, ili upotrijebiti ukupnu biomasu zrelih jedinki. **Fekunditet** u broju jaja koja u godini izmrijesti jedna ženka uglavnom je funkcija težine ženke. Stoga fekunditet populacije najviše ovisi o sastavu veličina ženki u danome stoku za mrijest (Froese i Luna, 2004). Fekunditet u južnom Jadranu za srdelu je 351 jaje po gramu (Marano, 2000). Sinovčić (1983) daje srednju vrijednost oocita srdele dužine od 16,5 do 19,5 cm $F=40864.8310$ za godinu 1979. i $F=42304.8600$ za godinu 1980., na osnovi čega se izvodi zaključak da godišnji srednji broj oocita ovisi o snazi pojedinog godišta. Fekunditet pokazuje opću tendenciju povećanja s rastom, tj. dužinom, težinom i dobi (Sinovčić, 1983).

Brojčano veliki roditeljski stok ne daje velik broj mladih, jer velika brojnost utječe na preživljenje juvenilnih jedinki zbog kompeticije za hranom. Stoga je potrebno smanjiti populaciju na optimalan broj jedinki koje će imati maksimalnu stopu preživljenja i maksimalan rast u uvjetima okoline. Odnos između roditeljskoga stoka u godini n i novaka u godini $n+1$ može pokazati godišnje

fluktuacije u smrtnosti mladih jedinki koje još ne pripadaju stoku. Taj odnos za srdelu u Jadranu dobiven VPA metodom¹ (Santojanni i sur., 2001) pokazao je veliku disperziju podataka, tj. određena vrijednost roditeljskoga stoka može dati različite vrijednosti novačenja. Najuočljivija je razlika između godine 1984. i 1987., kada je nešto veća biomasa roditeljskoga stoka rezultirala dvostruko manjim novačenjem i smanjenjem ukupne biomase u intervalu od 1984. do 1987. godine (Santojanni i sur., 2001). Prema dostupnim podacima, od 1993. do 2000. (Sinovčić, 2003) nije bilo znatnijeg novačenja u populaciji srdele u Jadranu, što se odrazilo na veličinu biomase srdele. Godine 2001. i 2002. opaženo je snažnije novačenje, tj. obnavljanje populacije srdele. Posljedica je toga povećanje brojnosti i porast ulova u dobi kada mlad srdele ulazi u eksploatacijsku fazu, tj. u njezinoj trećoj godini života (Sinovčić, 2003).

Postoje brojni matematički opisi odnosa stoka i novačenja, među kojima se Bevertonov i Holtov model i Rickerov model novačenja najviše primjenjuju. **Model novačenja prema Bevertonu i Holtu** pretpostavlja da ono ovisi o gustoći populacije. Svaka jedinka u populaciji uspije ili ne uspije zadovoljiti svoje životne potrebe (hranjenje, slobodno mjesto za mrijest, za sklonište i sl.), sve dok prije navedeno ne postane potpuno iskorišteno tako da daljnja povećanja populacije ne rezultiraju novim novačenjem. Nadalje, smanjenje obilnosti populacije koja se mrijesti, može uzrokovati i smanjenje novačenja. Postoje razni matematički oblici koji opisuju Beverton–Holtov model novačenja, od kojih je možda najčešće viden ovaj:

$$R = \frac{S}{\alpha + \beta S}$$

gdje su:

R — novačenje

S — veličina roditeljskog stoka

α i β — parametri Bevertonova i Holtova odnosa (Haddon, 2001).

Parametar α smatra se pokazateljem maksimalne populacijske reproduktivne stope, dok parametar β označuje kompenzacijski mortalitet kao funkciju veličine stoka.

Kao i za prethodno spomenuti model novačenja, tako i za **Rickerov model novačenja** postoje mnoge formulacije jednadžbe, ali se najčešće primjenjuju:

$$R = aS^{-bS}$$

¹ VPA je kratica od Virtual Population Analysis koja je uobičajena metoda u procjeni ribljega stoka, a temelji se na raspodjeli ulova po dobnim skupinama.

gdje su:

R — novačenje

S — veličina roditeljskoga stoka

a — nagib krivulje kada je roditeljski stok mali

b — stopa smanjenja novačenja kako roditeljski stok raste (Haddon, 2001).

Rickerov se model temelji na pretpostavci da su svi resursi jednako podijeljeni između jedinki populacije, što ima kao posljedicu da porast gustoće izaziva iscrpljivanje resursa. Pri ovakvim uvjetima samo nekoliko individua sposobnih za razmnožavanje preživi. Iz prije navedene jednadžbe vidljivo je da je, kada je roditeljski stok mali, novačenje kontrolirano izrazom aS i raste porastom veličine roditeljskoga stoka S bez obzira na gustoću. Kada roditeljski stok naraste, tada izraz $-bS$ (koji ovisi o gustoći) kontrolira novačenje i tada se novačenje smanjuje kako stok raste. Ovaj model prikladan je za vrste koje migriraju na područja razmnožavanja, kao što je srdela (Pedišić, 2003).

Populacija koja se ne lovi, a smanjuje se zbog prirodnih događaja kao što je niz uzastopnih neuspjelih novačenja, sastojat će se većinom od velikih, starih riba koje imaju određene karakteristike (veći fekunditet, veća jaja i ličinke i više iskustva u mriješćenju) koje bi trebale pridonijeti povećanju reproduktivne sposobnosti. Nasuprot tomu, populacija koja se smanjuje zbog ribolova sastojat će se uglavnom od jedinki koje su se prvi put izmrijestile, imaju manji fekunditet, manje vitalna jaja i ličinke i nemaju iskustva u mriješćenju (Longhurst, 2002). **Reproduktivna stopa** definira se kao prosječan broj novaka po roditelju koji prežive do određene dobi i , ako je takva dob uzeta kao dob prve spolne zrelosti, tada se dobije broj novih jedinki za mrijest po postojećim jedinkama za mrijest. Populacijska teorija sugerira da će ta stopa biti blizu maksimuma pri gustoći populacije koja je daleko od nosivog kapaciteta ekosustava (Myers, 2001). **Maksimalna stopa reprodukcije**, koja se definira kao prosječna stopa stvaranja novih jedinki roditeljskoga stoka po već postojećim jedinkama roditeljskog stoka pri malim veličinama populacije u odsutnosti antropogene smrtnosti, važna je da bi se utvrdila:

— stopa rasta populacije »r«

— granica dopuštenog ulova

— dinamičko ponašanje populacije, tj. ima li populacija oscilirajuće ili kaotično ponašanje

— biološki referentne točke za upravljanje

— posljedice smrtnosti uzrokovane onečišćenjem ili promjenama u okolini (Myers i sur., 1999).

Maksimalna stopa reprodukcije i dob kada postaje predmetom ribolova određuju biološki limit intenzitetu eksploatacije ribljega stoka (Myers i sur.,

1994). **Maksimalna godišnja reproduktivna stopa** jest broj jedinki za mrijest koji proizvede svaka jedinka koja se mrijesti u jednoj godini (nakon kašnjenja a godina, gdje a označuje godinu sazrijevanja). Primjenjuje se u izračunima kada je potrebna **godišnja stopa novačenja**, tj. za određivanje maksimalne stope rasta populacije (Myers i sur., 1999). Maksimalna godišnja reproduktivna stopa tipično je između 1 i 7 novih jedinki za mrijest po jedinki za mrijest svake godine i dobar je alat za upravljanje ribljim stokovima. Za *Sardinu pilchardus* Walbaum maksimalna godišnja reproduktivna stopa iznosi 0,57 (Myers i sur., 1999). Za razliku od nje, **maksimalna životna reproduktivna stopa** znači broj jedinki koje daje svaka jedinka koja se mrijesti tijekom svojega životnog ciklusa pri niskoj abundanciji jedinki za mrijest (tj. bez ovisnosti o gustoći). Utvrđena očekivana maksimalna životna reproduktivna stopa za *Sardinu pilchardus* iznosi 2,1 (Myers i sur., 1999).

Istraživanja nisu dokazala vezu između fekunditeta i maksimalne godišnje reproduktivne stope, što podupire i činjenica da je životna reproduktivna stopa u stanju ravnoteže populacije blizu nosivog kapaciteta jedan, tj. svaka je zrela jedinka zamijenjena jednom zreloom jedinkom neovisno o fekunditetu i reproduktivnoj strategiji (Froese i Luna, 2004). Pretpostavka je da se veliki fekunditet razvio ponajprije kao protuteža velikoj smrtnosti koja je karakteristična za rane životne stadije, rezultirajući u prosjeku maksimalnom godišnjom reproduktivnom stopom koja je dovoljno velika da osigura zamjenu jedinki za mrijest i rast populacije i u isto vrijeme dovoljno mala da bi se izbjegao prevelik reproduksijski napor (Froese i Luna, 2004). Danas je poznato da je novačenje višedimenzionalan proces i rastavljanje varijance u novačenju na njezine sastavne uzroke ostaje osnovni problem ribarstvene znanosti, upravljanja ribljim stokom i procjene utjecaja (Hilborn i Walters, 1992).

Summary

RECRUITMENT AND RECRUITMENT MODELS IN FISHERY SCIENCE

M. Slišković, G. Jelić Mrčelić

Recruitment and growth of individuals bring the most to enlargement of fish stock biomass. Recruitment can be independent on stock size during the development of the fishery, but experience has showed that many fisheries

MS Merica Slišković, assistant and PhD Gorana Jelić Mrčelić, senior assistant, Maritime Faculty Split, Zrinskofankopanska 38, 21 000 Split, merica@pfst.hr, gorana.jelic@inet.hr.

have come to the point when recruitment decreases due to over fishing. Large parental stock does not give large number of juveniles because large number of individuals influences survival of juveniles (competition for food). In period between 1984 and 1987 this phenomenon was recorded in sardine population in the Adriatic Sea, when large biomass of parental stock resulted in twice less recruitment. In the period between 1993 and 2000 there was no significant recruitment of the sardine population in the Adriatic Sea and it reflected on biomass of the sardine. Large recruitment was recorded in 2001 and 2002. There are numerous mathematical models which give relation between stock and recruitment. Beverton–Holt's and Ricker's models are usually used. Beverton–Holt's model assumes that recruitment depends on the density of population. Ricker's model is based on assumption that all resources are evenly distributed among the individuals; therefore the rise in density causes the exhaustion of resources. This model is suitable for species as the sardine, which migrates in the breeding area.

Key words: *recruitment, reproduction rate, recruitment rate, recruitment models, population of sardine, the Adriatic Sea*

LITERATURA

- Bakun, A. (1985): Comparative studies and the recruitment problem. *CalCOFI Rep.*, 26, 30–40.
- Cingolani, N. (2005): Research program Ecosistemi Marini/Sinapsi 1st year Report <http://sinapsi.cineca.it/YearlyReport/C6/Report.doc> (12. 12. 2005).
- Denney, N. H., Jennings, S., Reynolds, J. D. (2002): Life–history correlates of maximum population growth rates in marine fishes. *Proceedings of the Royal Society London*. 269, 2229–2237.
- Fogarty, M. J. (2001): Dynamics of exploited marine fish populations. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. Academic Press, 774–781.
- Froese, R., Luna, S. (2004): No relationship between fecundity and annual reproductive rate in bony fish. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 34, (1), 11–20.
- Gulland, J. A. (1983): *Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods*. John Wiley & Sons, New York.
- Haddon, M. (2001): *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*. Chapman & Hall, London.
- Hilborn, R., Walters, C. J. (1992): *Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics, and Uncertainty*. Chapman & Hall, London.
- Longhurst A. (2002): Murphys law revisited: longevity as a factor to fish populations. *Fish. Res.*, 56, 125–131.
- Marano, G. (2000): Piccoli pelagici: valutazione della biomassa (1984–1996). *Biol. Mar. Med.*, 7, (4), 59–70.
- Mertz, G., Myers, R. A. (1996): Influence of fecundity on recruitment variability of marine fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, (7), 1618–1625.

- Myers, R. A. (1997): Comment and reanalysis: paradigms for recruitment studies. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 978–981.
- Myers, R. A. (2001): Stock and recruitment: generalizations about maximum reproductive rate, density dependence, and variability using meta-analytic approaches. *ICES Journal of Marine Science*, 58, (5), 937–951.
- Myers, R. A., Barrowman, N. J. (1996): Is fish recruitment related to spawner abundance. *Fisheries Bulletin*, 94, (4), 707–724.
- Myers, R. A., Rosenberg, A. A., Mace, P. M., Barrowman, N. J., Restrepo, V. R. (1994): In search of thresholds for recruitment overfishing. *ICES Journal of Marine Science*, 51, 191–205.
- Myers, R. A., Bowen, K. G., Barrowman, N. J. (1999): Maximum reproductive rate of fish at low population size. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56, 2404–2419.
- Pedišić, P. (2003): Bioekonomski model za upravljanje stokom srdele, *Sardina pilchardus* Walb. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, magistarski rad, 86 str.
- Rothschild, B. J., Fogarty, M. J. (1989): Spawning stock biomass: A source of error in recruitment/stock relationship and management advice. *Journal du Conseil International pour l'exploration de la Mer*, 45, 131–135.
- Sant'janni, A., Arneri, E., Belardinelli, A., Cingolani, N., Giannetti, G. (1999): Fluctuations of biomass of sardines (*Sardina pilchardus* Walb.) in the Adriatic SEA. *Atti del XIII congresso dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia*. Portonovo, 1998, 13, (1), 11–20.
- Sant'janni, A., Arneri, E., Belardinelli, A., Cingolani, N., Giannetti, G. (2001): Fishery and stock assesment of *Sardina pilchardus* (Walb) in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 42, (1), 151–168.
- Sinovčić, G. (1983): The fecundity–age relationship of sardine, *Sardina pilchardus* Walb. in the Central Adraitic, *Rap. Comm. int. Mer medit.*, 28, (5), 31–32.
- Sinovčić, G. (2003): O sporom oporavku ugrožene morske hraniteljice. (www.arhiv.slobodnadalmacija.hr/20030916/temedana02.asp) 27. 01. 2006.
- Sinovčić, G., Alegria–Hernandez, V. (1997): Variation in abundance and size of the *Sardina pilchardus* Walbaum in the eastern Adriatic. *Oceanologica Acta*, 20, (1), 201–206.

Primljeno: 21. 2. 2006.
Prihvaćeno: 21. 6. 2006.