

Goran Marković, Slavica, Simović<sup>1</sup>

**KRITIČKI PRIKAZ OSNOVNIH METODA ZA PROCJENU BROJNOST  
RIBLJIH POPULACIJA**  
**CRITICAL REVIEW OF BASIC METHODS FOR ESTIMATING THE NUMBER  
OF FISH POPULATIONS**

**Izvod**

Rad prezentira neke od bazičnih metoda za procjenu populacione brojnosti animalnih vrsta koje su primjenljive u ihtiološkim istraživanjima. Pored osnovnih karakteristika, istaknute su prednosti i ograničenja njihovog korišćenja.

**Ključne riječi:** brojnost, ihtiofauna, metode procjena.

**Abstract**

This paper presents some basic methods for estimating the number of animal species populations that can be used in ichthyological studies. In addition to these basic characteristics, the advantages and limitations of their use are pointed out, as well.

**Key words:** number, ichthyofauna, methods, estimation.

**UVOD**

Racionalno korišćenje prirodnih resursa podrazumijeva njihovo dobro poznavanje. Ocjena raspoloživih potencijala i ekološki prihvatljivih nivoa eksploatacije posebno je kompleksna pri analizama flore i faune planete. Taj segment biosfere je, izuzev u nekim razvijenim zemljama gdje postoje rigorozne mjere zaštite, izložen degradacionim, pa i devastacionim procesima. Treba istaći da su ugrožene, pored reliktnih i endemičnih, ponekad i vrste čije populacije posjeduju globalnu distribuciju.

Populacije predstavljaju realne oblike postojanja vrste i čine dinamičke sisteme prožete mnogobrojnim interakcijama. Njih, kao prostorno-vremenski integrisane grupe jedinki iste vrste karakterišu određeni atributi koji se mogu kvantitativno izraziti: brojnost (gustina), prostorni raspored, natalitet, mortalitet,

<sup>1</sup> Agronomski fakultet, Čačak

uzrasna struktura, potencijal i tok rastenja i održavanja (Stanković, 1962). Jedan od najznačajnijih parametara populacione dinamike je brojnost. Razrađen u veliki broj specifičnih metodskih postupaka za njeno određivanje, pri čemu se oni grubo mogu podijeliti u dvije grupe: apsolutne i relativne metode.

### APSOLUTNE METODE

Apsolutne metode teže da utvrde ukupan broj jedinki određene populacije. Ove metode su najegzaktnije, ali skoro nikad u potpunosti ne ostvaruju svoj cilj, bez obzira na stepen prilagođenosti konkretnoj sredini.

U ekologiji akvatičnih ekosistema apsolutne metode se koriste za određivanje brojnosti i biomase populacija organizama nižeg nivoa organizacije (planktonskih i faune i dna), rijetko riba. Izuzetak su pojedini antropogeno formirani ekosistemi (npr. ribnjaci) u kojima je moguća kvantifikacija cjelokupne populacije na kraju uzgojnog perioda. Ponekad se direktno prebrojavanje izvodi kod vrsta riba iz roda lososa i pastrmi (*Salmo sp.*) pri izvođenju uzvodnih (anadromnih) migracija u vrijeme mrijesta. Kako se njihovo kretanje obavlja u visoko koncentrisanim grupama, moguće je pregrađivanjem mrežama blokirati dio ispitivanog ekosistema (potok ili manja rijeka) i registrovati cjelokupnu populaciju (APHA-AWWA-WPCF, 1986).

### RELATIVNE METODE

Zajednička karakteristika ovih metoda je da one teže da daju procjenu brojnosti određene populacije u datom trenutku. Procjena brojnosti je neophodna sa aspekta određivanja prihvatljivog nivoa eksploatacije (izlova), kao i zbog razumijevanja opštih trendova i ihtiofauni analiziranog ekosistema. Iako je njihova preciznost znatno manja od apsolutnih, lakša izvodljivost ih favorizuje. U radu su prikazane neke jednostavnije metode za procjenu brojnosti populacija riba, ali i drugih animalnih vrsta, prvenstveno glodara.

#### Metoda probnih površina

Metoda se sastoji u prebrojavanju životinja u više probnih (uzoračkih) površina. Te površine su istih dimenzija i raspoređene su sistematski ili slučajno na čitavoj površini analiziranog ekosistema. Procjena brojnosti ovom metodom se obavlja putem formule:

$$N = \frac{M}{Ni} \sum_{i=1}^a Ni \quad (1)$$

pri čemu je

N - procjenjena brojnost populacije,

M - ukupan broj probnih površina koje pokrivaju analiziran ekosistem,

Ni - broj jedinki u-tom uzorku.

Metoda je pokazala dosta dobre rezultate pri procjeni brojnosti kopnenih organizama i posebno glodara i nekih insekatskih vrsta. Međutim, za procjenu brojnosti ribljih populacija metoda je nepovoljna, prvenstveno zbog neravnomjerne distribucije riba u pojedinim ekosistemima, kao i dnevno-noćnog periodizma. Poznato je da se aktivnost mnogih ribljih vrsta odvija u grupama (jatima) koja se obično zadržavaju u određenim mikrostaništima sa zadovoljavajućim kombinacijama ekoloških uslova. Zbog toga je prilikom primjene ovog postupka neophodna detaljna stratifikacija (raslojavanje) cjelokupnog analiziranog ekosistema na što veći broj reprezentativnih probnih površina, što podrazumijeva dobro poznavanje njegove hidrologije, reljefa dna i biotičkih karakteristika. Metoda je, uslovno pogodna za analizu ribljih populacija u malim vodotocima relativno uniformne strukture (npr. potoci, manje rijeke) gdje je moguće izloviti pojedine sekcije mrežama i elektroprigorom izloviti cjelokupnu populaciju (APHA-AWWA-WPCF, 1986).

#### Metoda Petersena

Jedna od najstarijih i najviše primjenjivanih metoda za procjenu brojnosti. Ime je dobila po autoru koji ju je 1898. primjenio za određivanje koeficijenta eksploatacije i veličine populacija riba koje naseljavaju ograničen prostor (Ricker, 1979). Metoda pripada velikoj grupi tzv. ulov ponovni izlov metoda (engl. capture-recapture methods). Osnovne postavke su sljedeće:

- Ulov i markiranje ulovljenih jedinki (markerima ili udaljavanjem pojedinih dijelova tijela, obično peraja)
  - Puštanje markiranih jedinki u analizirani ekosistem
  - Ponovni izlov koji obuhvata i markirani i nemarkirani dio populacije,
- Procjena populacione brojnosti se ostvaruje primjenom formule:

$$N = \frac{MC}{R} \quad (2)$$

gdje je:

- N - procijenjena veličina populacije,
- M - broj markiranih i puštenih riba,
- C - broj ulovljenih riba u naknadnom izlovu (markiranih i nemarkiranih) i

$$u = \frac{R}{M} \quad (3) \qquad N = \frac{C}{u} \quad (4)$$

Primjer: Ulovljeno i markirano 1000 riba koje su vraćene u ekosistem (veličina M). Naknadnim ulovom registrovano 2500 riba (C), od ikojih je 500 bilo markirano (R). Izračunavanje prema formuli (2) bi bilo:

$$N = \frac{1000 \cdot 2500}{500}; N = 5000$$

ili prema (4)

$$N = \frac{2500}{0.5}; N = 5000$$

Osnovna pretpostavka za primjenu ove metode je slučajan raspored markiranih jedinki u populaciji. Takođe, potrebno je markirati reprezentativan uzorak koji obuhvata sve uzrasne kategorije, što zahtjeva složeniju opremu (više tipova mreža, elektroprigor i dr.). Metoda polazi od hipoteze da je ulovljivost markiranih i nemarkiranih jedinki ista. U prirodi često nije tako - markeri mogu povećati ili smanjiti ulovljivost, može nastati povećana smrtnost usljed ranjavanja ili preferencije od strane grabljivica, nastanak promjena u ponašanju (ishrani, lokomociji, razmnožavanju itd.).

### Regresiona metoda (metod Leslie)

Često primjenjivana metoda za procjenu brojnosti i drugih populacionih parametara u prirodnim sredinama (Leslie et al 1953). Suština regresije je u utvrđivanju zavisnosti jedne promjenljive (npr. X) od druge (Y), pri čemu svakoj vrijednosti promjenljive odgovara određena vrijednost druge i obratno. Postojanje pravolinijske (linearne) zavisnosti moguće je predstaviti jednačinom:

promjenljiva Y promijeni za  $\Delta Y$  kada se promjenljiva X promijeni za  $\Delta X$ .

pokazuje za koliko se mijenja promjenljiva X kada se promjenljiva Y promijeni za jedinicu (bxy) ili obratno (byx).

Primjena metode se sastoji u sljedećem: Na osnovu broja ulovljeni jedinki i pojedinim izlovima (vrijednosti se nanose na ordinatu Y) i ukupne brojnosti u

prethodnim ulovima - kumulativna brojnost (predstavljena na apcisi, vrijednost X), vrši se izračunavanje parametara a i b kao i konstrukcija prave regresije prema formuli (5). U presjeku prave sa apsicom nalazi se procjenjena brojnost. Kako se na apcisi vrši sumiranje brojnosti iz prethodnih ulova, ona se označava kao kumulativna crta. Pored grafičkog postupka brojnost se može procjeniti i numerički primjenom formule:

$$N = \frac{a}{b} \quad (6)$$

gdje N predstavlja procjenu vrijednosti a i b parametre. Parametar a se izračunava po formuli:

$$a = \bar{Y} - b\bar{X} \quad (7)$$

gdje su Y i X srednje vrijednosti odgovarajućih svojstava. Koeficijent regresije, parametar b se izračunava po formuli:

$$b_{yx} = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \cdot \sum Y}{N}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{N}} \quad (8), \text{ Hadživuković, 1991)$$

pri čemu je:

- b - koeficijent regresije
- X - kumulativna brojnost,
- Y - broj jedinki u pojedinim ulovima i
- N - broj lovnih perioda

Osnovne pretpostavke za primjenu regresione metode su:

- a) odsustvo prirodnog mortaliteta,
- b) odsustvo porasta populacije (bez obzira na njegov karakter),

c) uviđena brojnost (civna) populacije pašto posto proces izlova, avanja

Očito da metoda zahtijeva niz sukcesivnih izlova uz minimalan vremenski interval između njih, kao i strogu izolaciju analiziranog ekosistema. Iako navedne pretpostavke otežavaju primjenu ove metode, njome dobijeni rezultati daju veći stepen egzaktnosti od drugih relativnih metoda.

Treba istaći da se u hidrobiologiji, pa i ihtiologiji, sve više napušta princip numeričkog ocjenjivanja na bazi broja jediniki određenih vrsta, već osnovni pokazatelj predstavlja biomasa određenih vrsta ili biocenoze u cjelini. Pri tome biomasa (B) predstavlja sumarnu masu jedinki određene vrste na jedinicu površine ili zapremine:

$$B = \sum_i^n W_i N_i \quad (9), \text{ (Alimov, 1989)}$$

gdje je

W<sub>i</sub> - odgovarajuća masa i

N<sub>i</sub> - brojnost jedinki određene vrste.

Svakako da određivanje biomase populacija koje su u komercijalnoj eksploataciji predstavlja osnovu produkcione hidrobiologije. Taj parametar može relevantno poslužiti i za upoređivanje produkcije u različitim akvatičnim ekosistema (Tab. 1).

Tab.1. Procjena nivoa produkcije riba u različitim tipovima slatkovodnih ekosistema (**Wetzel, 1983**)

*Estimates of rates of fish production from various fresh water ecosystems*

| Familija riba<br>Fish family | Godišnja produkcija kg/ha<br>Annual prouction kg/ha |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <i>Salmonidae</i>            |                                                     |
| Iz stajaćih voda             | 0.21-66                                             |
| Iz tekućih voda              | 11-300                                              |
| <i>Cottidae</i>              | 8-431                                               |
| <i>Percidae</i>              | 0.91-52                                             |
| <i>Esocidae</i>              | 0.75-14.2                                           |
| <i>Cyprinidae</i>            | 0.1-915                                             |
| Druge vrste                  | 40-625                                              |
| Ukupna fauna riba            |                                                     |
| Umerena zona                 | 90-1980                                             |
| Tropska zona                 | 1306-3468                                           |

#### INFORMACIONI INDEKSI

Ovu grupu metoda teži da numeričku informaciju o strukturi životne zajednice koristeći neimenovane brojeve (indekse). Ti pokazatelji omogućavaju da

se uporede kako biocenoze u različitim, tako i u pojedinim sektorima istog ekosistema, ali i vremenska variranja (spacio-temporalna dinamika). Jedna od metoda sa širokom primjenom u hidrologiji predstavlja Indeks raznovrsnosti koji je formulisao **Margalef (1959)**:

$$d = \frac{S - 1}{\log N} \quad (10)$$

gdje je

- d - indeks raznovrsnosti,
- S - broj vrsta,
- logN - prirodni logaritam ukupnog broja ulovljenih jedinki.

Indeks je primenjivan za ocjenu stanja u rišbljim zajednicama. Pogodan je za upoređivanje strukture zajednica u staništima slične ekološke situacije poput manjih rijeka, kanala, akumulacija i dr. Ukoliko su vrijednosti indeksa više, one ukazuju na povoljnije biotičko stanje u ekosistemu. Međutim, primjena ovog indeksa u ihtiološkim istraživanjima ima ograničenja. Poznato je da su u mnogim akvatičnim ekosistemima prisutne novointrodotkovane vrste riba čiji je uticaj na autohtonu ihtiofaunu negativan - u našim slatkim vodama *Pseudorasbora parva*, *leporis gibbosus*, *Carassius auratus*, *ictalurus nebulosus* i dr. Njihovo omasovljenje može povećati indeks raznovrsnosti, iako je kvalitativan sastav ihtiofaune u takvim slučajevima pogoršan (Simović i sar. 1996).

### Saprobni indeksi

Velika grupa metoda koja se koristi za ocjenu organskog zagađenja vodenih ekosistema. Većina saprobnih metoda uključuje kvalitativno-kvantitativni sastav planktonskih i zajednica dna a samo mali broj koristi i ribe kao indikatore (**Sladaček, 1973, Ortendorfer, Hofrat, 1983**). Najširu primjenu ima određivanje saprobnih indeksa prema formuli:

$$S = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h} \quad (11)$$

pri čemu je

- S - saprobni indeks zajednice (**Pantle-Buck, 1955**),
- s - saprobna vrijednost vrste (**Sladaček, 1973**),
- h - relativna gustina (**Pantle - Buck, 1955**).

Vrijednost S se kreću od 0 (čiste vode) do 4 (izrazito organsko zagađenje). Metod je korišćen za ocjenu stanja ihtiofaune pojedinih naših ekosistema (Janković, 1979., Maletin i sar. 1994., Marković, Simović, 1994). Osnovni nedostatak postupka je u, već navedenoj, pojavi novih (introdukovanih) vrsta čiji saprobni status nije definisan. Takođe, mnoge autohtone vrste su stekle sposobnost adaptacije na pogoršanje sredinskih uslova i neophodna je revizija njihovih saprobnih vrijednosti (Marković, 1996.).

Postoje i drugi tipovi indeksa koji se mogu upotrijebiti za ocjenu stanja ihtiofaune kao metod deficita vrsta (Kothe, 1962), koeficijent sličnosti Sorensena i dr.

### ZAKLJUČAK

Poznavanje raspoloživih prirodnih potencijala, uključujući floru i faunu naše planete, neophodno je za njihovo racionalno korišćenje. U radu su prikazani neki jednostavni postupci za kvantitativnu ocjenu stanja populacija riba.

Predstavljene su 3 metode za procjenu brojnosti - metoda probnih površina, metoda Petersena i regresiona (Leslie) metoda. Ukazano je na mogućnosti, ali i nedostatke svake od ovih metoda. Takođe, dat je osvrt i na informacione indekse koji omogućavaju ocjenu strukture ribljih zajednica. Iako navedeni postupci nemaju egzaktnost apsolutnih metoda, njihova primjena je česta u ihtiološkoj praksi. Potrebna je dalja razrada radi povećanja kompatibilnosti sa složenijim kompjuterskim metodama.

### LITERATURA

- Alimov, A.f. (1989): Vedenie v produkcionto gidrobiologito. Gidrometeoizdat., Lenigrad, s. 151.
- APHA-AWWA-WPCF (1986): Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. Washington, pp. 1268.
- Hadživuković, S. (1991): Statistički metodi sa primjenom u poljoprivredi i biološkim istraživanjima. Poljoprivredni fakultet, Institut za ekonomiku i sociologiju sela, Novi Sad., s 585.
- Janković, D. (1979): Ihtiofauna Velike Morave kao limnosaprobnii indikator. II kongres ekologija Jugoslavije, Zagreb, 1477-1486.
- Kothe, P. (1962): Der "Artenfahlbtag", ein einfaches Goterkriterium und seine Anwendung bei biologischen Vorfluteruntersuchungen. Dt. Gewasserkundl. Mitt. 6,60-65.
- Leslie, P.H. Chitty, D., Chitty, H. (1953): The Estimation of Population Parameters from Data Obtained by Capture-Recapture Method III. An Example of the Practical Applications of methods. Biometrika, 40, 137-168.



- Maletin, S., Đukić, N., Ivanc, A., Mijanović, B. (1994):** Diverzitet ribljeg naselja kao ocjena kvaliteta vode pojedinih deonica kanala hidrosistema DTD. *Zaštita voda* 94, 221-226.
- Margalef, F. (1958):** Information theory in Ecology. *Gen. Syst.*, 3:36.
- Marković, G., Simović, S. (1994):** Ichthyofauna of the middle course of Zapadna Morava river as a saprobic indicator. *Arch. biol. Sci., Belgrade* 46 (1-20), 39-44.
- Marković, G. (1969):** Uloga riba (ihtiofaune) pri ocjeni kvaliteta vodene Ecologica 4, 14-17.
- Ortenndorfer, J., Hofrat, V. (1983):** *Leitrag zur Gewässerforschung*. Stuttgart, pp. 257.
- Pantle, R., Buck, H. (1955):** Die biologische Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. *Gas und Wasserfach* 96: 604.
- Ricker, W.E. (1975):** Computation and Interpretation of Biological Statics of Fish Statistics of Fish Populations. (pocc. perevod). *Piščevaja promišljenost*, Moskva, s 408.
- Simović, S., Marković, G., Vasiljević, V. (1996):** Varijabilnost ribljeg naselja akumulacije Međuvršje (period 1985-1995). V kongres ekologija Jugoslavije, 24-25 (izvod).
- Sladaček, V. (1973):** System of Water Quality from the Biological Point of View. *Archiv für Hydrobiologie, Beiheft 7* Stuttgart, pp. 218.
- Stanković, S. (1962):** Ekologija životinja. Zavod za izdavanje udžbenika SR Srbije, Beograd, s 432.
- Wetzel, G.R. (1983):** Limnology, IInd Edition. CBS College Publishing, Philadelphia, pp 767.

**CRITICAL REVIEW OF BASIC METHODS FOR ESTIMATING THE NUMBER  
OF FISH POPULATIONS**

by

**Goran Marković and Slavica Simović**  
**Faculty of Agronomy, Čačak**

**SUMMARY**

The knowledge of natural potentials, including flora and fauna on our planet, is needed to use them sparingly. This paper gives some simple procedures which allow quantitative estimation of the fish population state.

Three methods for this purpose are given, as follows: the method of sample areas (area density method), Petersen's method and regression method (Leslie). The possibilities and disadvantages of each method are presented. Attention has been drawn on the information indices which allow the fish assemblage structure

to be estimated. Although these procedures are not accurate as much as the absolute ones, they are often used in ichthyological practice. They should be further elaborated to improve their compatibility with more complex computer methods.