

Da li je model von Bertalanffy prikladan za određivanje rasta invazivnih pontsko-kaspijskih glavoča?

Goran Jakšić¹, Krešimir Kuri¹, Margita Jadan², Natalija Topić Popović², Davor Zanella³, Tomislav Treer⁴, Marina Piria⁴

¹ AQUATIKA-Slatkovodni akvarij Karlovac, Branka Čavlovića Čavleka 1a, 47000 Karlovac, Hrvatska

² Zavod za kemiju materijala, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10000 Zagreb, Hrvatska

³ Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

⁴ Zavod za ribarstvo, pčelarstvo, lovstvo i specijalnu zoologiju, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska (mpiria@agr.hr)

Sažetak

Invazivni pontsko-kaspijski glavoči: riječni glavočić *Neogobius fluviatilis*, glavočić okrugljak *Neogobius melanostomus* i keslerov glavočić *Ponticola kessleri* nedavno su naselili savsko porječje u Hrvatskoj. Iako je njihova prisutnost primijećena te distribucija i utjecaj izučeni, dob i rast do sada nisu bili istraženi. Analizom ljustica za riječnog glavočića je utvrđena dob I, II i III, a za glavočića okrugljaka i keslerova glavočića I, II, III i IV. Najveći koeficijent rasta imao je riječni glavočić, a najmanji glavočić okrugljak. Za povratno izračunate srednje dužine vidljivo je značajnije odstupanje za sve tri istraživane vrste glavoča što upućuje na nepouzdanost korištenog von Bertalanffyjevog modela. Zbog preciznijeg određivanja dobi sugerira se brojanje anula na otolitima kao i testiranje drugih modela rasta.

Ključne riječi: riječni glavočić, glavočić okrugljak, keslerov glavočić, dob, model von Bertalanffy

Uvod

Posljednjih desetljeća nekoliko je pontsko-kaspijskih glavoča (Gobiidae) iz područja prirodne rasprostranjenosti brodovima prevezeno u glavne europske luke odakle su migrirali u većinu europskih kopnenih voda (Jazdzewski i Konopacka, 2002; Copp i sur., 2005a; Polačik i sur., 2008a; Leuven i sur., 2009; Roche i sur., 2013). U Hrvatskoj su nedavno zabilježene četiri vrste: riječni glavočić *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), keslerov glavočić *Ponticola kessleri* (Günther, 1861), glavočić okrugljak *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) i glavočić trkač *Babka gymnotrachelus* (Kessler, 1857) (Polačik i sur., 2008b; Piria i sur., 2011a; Piria i sur., 2011b; Šanda i sur., 2013). Sve četiri vrste smatraju se invazivnim vrstama (Copp i sur., 2005a), što je potvrđeno analizom procjene rizika alohtonih vrsta (Copp i sur., 2005b) u Hrvatskoj i Sloveniji (Piria i sur., 2016). Svaka od navedenih vrsta može živjeti do pet godina i imati maksimalnu standardnu dužinu od 220 mm (Kottelat i Freyhof, 2007.; Vassilev i sur., 2012.). Prema von Bertalanffyjevom modelu rasta, dužina glavočića okrugljaka obzirom na njegovu dob znatno se razlikuje u starijoj literaturi i novijim radovima (Simonović i sur., 2001.; Grul'a i sur., 2012.). Također su i kod riječnog glavočića dobivene slične značajne razlike u parametrima rasta (Sasi i Berber, 2010.; Plachá i sur., 2010.). Temeljem takvih velikih razlika u dobivenim rezultatima otvorena je debata o prikladnosti upotrebe von Bertalanffyjevog modela rasta kod glavoča (Hernaman i Munday, 2005); Lester i sur. (2004); Kielbassa i sur., 2010.).

Stoga, cilj rada bio je odrediti rast riječnog glavočića, glavočića okrugljaka i keslerova glavočića u savskom porječju Hrvatske prema von Bertalanffyju, te raspraviti da li je von Bertalanffyjev model prikladan za određivanje rasta navedenih vrsta.

Materijal i metode

Uzorci su prikupljeni u razdoblju od travnja do listopada 2011. godine iz rijeka Save, Kupe i Kupčine električnim agregatom tipa Hans Grassel 6 kW (Halačka i Jurajda, 1994). Ukupno je analizirana 121 jedinka: 67 riječnih glavočića, 40 glavočića okrugljaka, 14 keslerovih glavočića. Starost jedinki određena je identifikacijom anula na ljuskama korištenjem digitalnog mikroskopa Dino-Lite tipa AM-413T (Murphy i Willis, 1996.). Povratnim izračunom totalnih dužina iz svih generacija ustanovljene su totalne dužine u svim godinama života metodom Fraser-Leeove jednadžbe (Guy i Brown, 2007):

$$L_n = \frac{S_n}{S} \cdot (L - c) + c$$

gdje je L_n povratno izračunata dužina ribe u svim njezinim godinama života n , dok su S_n i S polumjeri mjereni iz središta ljuske do njezinih pojedinačnih anula n , to jest do ruba ljuske. Koeficijent c računa se pomoću linearne regresije dužine ribe na polumjer ljuske. Nakon povratnog izračuna srednjih totalnih dužina istraživanih vrsta riba podaci su statistički obrađeni metodom von Bertalanffyjeve jednadžbe rasta (Murphy i Willis, 1996):

$$L_t = L_\infty \cdot (1 - e^{-K \cdot (t-t_0)})$$

gdje je L_∞ najveća dužina koju ribe mogu doseći, K je koeficijent rasta koji pokazuje kojom brzinom ribe dosežu L_∞ , dok je t_0 hipotetska dob kod $L_t = 0$.

Rezultati

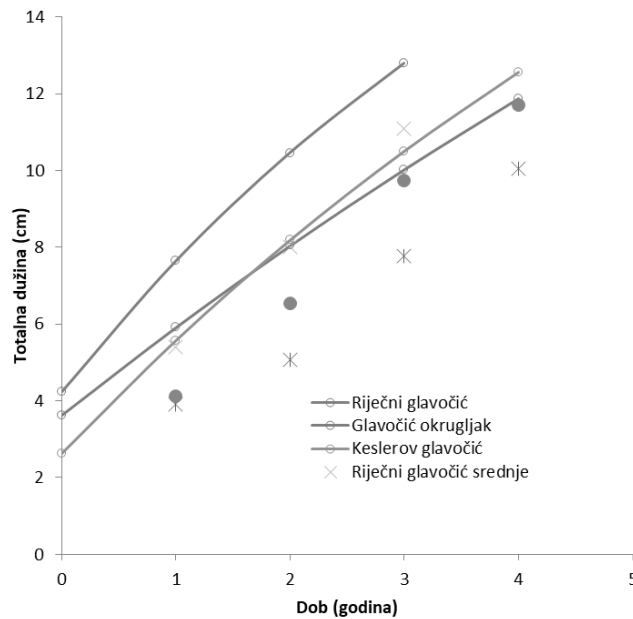
Starost riba i povratno izračunat rast prikazani su u tablici 1, dok je von Bertalanffyjev model rasta istraživanih glavoča prikazan na slici 1 pomoću jednadžbi: $L_t = 23,9 \cdot (1 - e^{-0,19 \cdot (t + 1,03)})$ za riječnog glavočića, $L_t = 37,4 \cdot (1 - e^{-0,07 \cdot (t + 1,48)})$ za glavočića okrugljaka, $L_t = 28,7 \cdot (1 - e^{-0,12 \cdot (t + 0,80)})$ za keslerova glavočića.

Tablica 1. Dobna struktura (godine u rimskim brojevima), srednja totalna dužina za populacije riječnog glavočića (L1-L3, u cm), glavočića okrugljaka i keslerova glavočića (L1-L4, u cm) na temelju povratno izračunatih podataka, von Bertalanffyjeva totalna dužina za riječnog glavočića, glavočića okrugljaka i keslerova glavočića (L_t , u cm) i relativna pogreška odstupanja srednje totalne dužine na temelju povratno izračunatih podataka od von Bertalanffyjeve totalne dužine (r_L , u %) jedinki ulovljenih 2011. godine (n = broj jedinki) u rijeci Savi, Kupi i Kupčini.

Vrste	Dob	n	L_1	L_2	L_3	L_4	L_t	r_L
Riječni glavočić (<i>Neogobius fluviatilis</i>)	I	23	6,51				7,65	34,46
	II	28	4,78	8,67			10,46	26,65
	III	16	4,92	7,32	11,09		12,79	14,24
	Ukupno Srednje	67		5,40	8,00	11,09		
Glavočić okrugljak (<i>Neogobius melanostomus</i>)	I	14	4,82				5,92	41,14
	II	13	3,80	5,84			8,04	45,50
	III	12	3,37	4,64	8,61		10,03	25,51
	IV	1	3,60	4,69	6,91	10,50	11,88	12,33
Ukupno		40						

	Srednje		3,90	5,06	7,76	10,50		
Keslerov glavočić (Ponticola kessleri)	I	4	5,08				5,58	30,10
	II	4	3,57	7,33			8,19	22,39
	III	4	3,61	5,61	9,69		10,51	7,71
	IV	2	4,21	6,68	9,77	11,70	12,57	7,17
	Ukupno Srednje	14		4,12	6,54	9,73	11,70	

Temeljem dobivenih rezultata vidljivo je da je riječni glavočić imao veći koeficijent rasta od glavočića okrugljaka i keslerova glavočića (Slika 1). Također, riječnom glavočiću je najveća dužina koju može doseći (L_{∞}) bila manja u odnosu na druge dvije vrste. Iz tablice 1 je pak vidljivo da riječni glavočić obzirom na dob doseže najveću srednju totalnu dužinu koja od L1 do L3 iznosi redom 5,40 cm, 8,00 cm i 11,09 cm.



Slika 1. Von Bertalanffyjeve krivulje i srednje vrijednosti totalne dužine za riječnog glavočića, glavočića okrugljaka i keslerova glavočića.

Rasprava

Analizom ljustaka riječnog glavočića iz jezera Manyas (Sasi i Berber, 2010.) i rijeke Ipel (Plachá i sur., 2010.) te keslerova glavočića iz rijeke Save (Simonović, 1996.) i Dunava (Copp i sur., 2008.) utvrđeno je pet dobnih skupina. Također je analizom ljustaka glavočića okrugljaka iz Dunava utvrđeno četiri dobne skupine (Grul'a i sur., 2012.) a analizom otolita glavočića okrugljaka iz Baltičkog mora (Sokołowska i Fey, 2011.) i Velikih jezera (Huo i sur., 2014.) pet odnosno šest dobnih skupina. Ovim istraživanjem utvrđene su svega tri dobne skupine kod riječnog glavočića, iako je ulovljen i analiziran reprezentativan broj jedinki. Analizom glavočića okrugljaka i keslerova glavočića iz rijeke Save utvrđene su četiri dobne skupine, a ulovljen je i analiziran manji broj jedinki nego riječnog glavočića (Tablica 1). Iz povratno izračunate srednje totalne dužine analiziranih primjeraka iz rijeke Save vidljivo je značajnije odstupanje za riječnog i keslerova glavočića u prvoj i drugoj, te glavočića okrugljaka u prvoj, drugoj i trećoj godini života. Najveća dužina koju može doseći riječni glavočić bila je manja u odnosu na druge dvije vrste, a iz slike 1 vidi se upravo suprotno što ukazuje na nepouzdanost von Bertalanffyjeve krivulje za glavočiće. Slična opažanja zabilježena su i na dvogodišnjim i petogodišnjim mužjacima te četverogodišnjim

ženkama riječnog glavočića iz rijeke Ipel što je dovelo do zaključka da je von Bertalanffyjev model nepouzdan za određivanje rasta putem ljsaka kod ove vrste (Plachá i sur., 2010.). Osim toga, Grul'a i sur. (2012.) von Bertalanffyjev model smatraju neadekvatnim za izračun rasta glavočića okrugljaka, a razlog je probijanje granice pouzdanosti od 95% za izračunate parametre rasta. Hernaman i Munday (2005.) u istraživanju provedenom u Australiji na pet vrsta koraljno-grebenskih glavoča pokazuju da von Bertalanffyjev model nije najbolje riješenje za Goldmanova glavoča *Istigobius goldmanni*, dok navedeni model adekvatno opisuje ostale četiri vrste. Nadalje, utvrđeno je da već i samo brojanje anula na ljuskama pokazuje značajno odstupanje od točne dobi za određene vrste riba (Britton i sur., 2004.). Moguć razlog tom odstupanju jest u nepreciznom određivanju dobi brojanjem anula na ljuskama, stoga se sugerira određivanje dobi brojanjem anula na otolitima. Lester i sur. (2004.) matematički ukazuju kako von Bertalanffyjev model dobro opisuje somatski rast isključivo nakon spolne zrelosti, ali ne i prije jer su parametri spomenutog modela funkcije spolno zrele dobi i reprodukcije. Mada se najčešće primjenjuje von Bertalanffyjev model, on ne sadržava varijablu temperature vode koja utječe na fiziološke procese određujući rast (Kielbassa i sur., 2010.). Temeljem ovog istraživanja, kao i istraživanja glavoča s drugih lokacija, predlaže se testiranje i drugih modela rasta kao što su Richardsonov model te još dva neasimptotska modela rasta (Hernaman i Munday, 2005.).

Literatura

- Britton, J. R., Cowx, I. G., Peirson, G. (2004). Management and Ecological Note Sources of error in the ageing of stocked cyprinids. *Fisheries Management and Ecology*, 11: 415-417.
- Copp, G. H., Bianco, P. G., Bogutskaya, N. G., Erös, T., Falka, I., Ferreira, M. T., Fox, M. G., Freyhof, J., Golzan, R. E., Grabowska, J., Kováč, V., Moreno-Amich, R., Naseka, A. M., Peňáz, M., Povž, M., Przybylski, M., Robillard, M., Russell, I. C., Stakénas, S., Šumer, S., Vila-Gispert, A., Wiesner, C. (2005a). To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 242-262.
- Copp, G. H., Garthwaite, R., Gozlan, R. E. (2005b). Risk identification and assessment of non-native freshwater fishes: a summary of concepts and perspectives on protocols for the UK. *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 371-373.
- Copp, G. H., Kováč, V., Zweimüller, I., Dias, A., Nascimento, M., Balážová, M. (2008). Preliminary study of dietary interactions between invading Ponto-Caspian gobies and some native fish species in the River Danube near Bratislava (Slovakia). *Aquatic Invasions*, 3: 189-196.
- Grul'a, D., Balážová, M., Copp Gordon, H., Kováč, V. (2012). Age and growth of invasive round goby *Neogobius melanostomus* from middle Danube. *Central European Journal of Biology*, 7: 448-459.
- Guy, C. S., Brown, M. L. (2007): Analysis and Interpretation of Freshwater Fisheries Data. American Fisheries Society, Maryland, Bethesda, 961 pp.
- Hernaman, V., Munday, P. L. (2005). Life-history characteristics of coral reef gobies. I. Growth and life-span. *Marine Ecology Progress Series*, 290: 207-221.
- Huo, B., Madenjian, C. P., Xie, C. X., Zhao, Y., O'Brien, T. P., Czesny, S. J. (2014). Age and growth of round gobies in Lake Michigan, with preliminary mortality estimation. *Journal of Great Lakes Research*, 4C: 4, 5, 6.
- Jazdzewski, K., Konopacka, A. (2002). Invasive Ponto-Caspian species in waters of the Vistula and Oder Basins and the Southern Baltic Sea, In: Leppäkoski, E., Gollasch, S., Olenin, S. (Eds.), *Invasive Aquatic Species of Europe; Distribution, Impacts and Management*. Springer, Netherlands, pp. 384-398.
- Kielbassa, J., Delignette-Muller, M. L., Pont, D., Charles, S. (2010). Application of a temperature-dependent von Bertalanffy growth model to bullhead (*Cottus gobio*). *Ecological Modelling*, 221: 2475-2481.
- Kottelat, M., Freyhof, J. (2007). *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 pp.
- Lester, N. P., Shuter, B. J., Abrams, P. A. (2004). Interpreting the von Bertalanffy model of somatic growth in fishes: the cost of reproduction. *Proceedings of the Royal Society of London*, 271: 1625-1631.
- Leuven, R. S. E. W., van der Velde, G., Baijens, I., Snijders, J., van der Zwart, C., Lenders, H. J. R., bij de Vaate, A. (2009). The river Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species. *Biological Invasions*, 11: 1989-2008.
- Murphy, B. R., Willis, D. W. (1996). *Fisheries techniques*. American Fisheries Society, Maryland, Bethesda, 732 pp.

- Piria, M., Treer, T., Tomljanović, T., Šprem, N., Matulić, D., Aničić, I., Safner, R. (2011a). First record of monkey goby, *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) in the barbell zone of the Sava River, Croatia. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 1383-1384.
- Piria, M., Šprem, N., Jakovlić, I., Tomljanović, T., Matulić, D., Treer, T., Aničić, I., Safner, R. (2011b). First record of round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in the Sava River, Croatia. *Aquatic Invasions*, 6: 153-157.
- Piria, M., Povž, M., Vilizzi, L., Zanella, D., Simonović, P., Copp, G. H. (2016). Risk screening of non-native freshwater fishes in Croatia and Slovenia using the Fish Invasiveness Screening Kit. *Fisheries Management and Ecology*, 23: 21-31.
- Plachá, M., Balážová, M., Kováč, V., Katina, S. (2010). Age and growth of non-native monkey goby *Neogobius fluviatilis* (Teleostei, Gobiidae) in the River Ipel', Slovakia. *Folia Zoologica*, 59: 332-340.
- Polačik, M., Trichkova, T., Janáč, M., Vassilev, M., Jurajda, P. (2008a). The Ichthyofauna of the Shoreline Zone in the Longitudinal Profile of the Danube River, Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 60: 77-88.
- Polačik, M., Janáč, M., Trichkova, T., Vassilev, M., Keckeis, H., Jurajda, P. (2008b). The distribution and abundance of the *Neogobius* fishes in their native range (Bulgaria) with notes on the non-native range in the Danube River. *Large Rivers*, 18: 193-208.
- Roche, K. F., Janač, M., Jurajda, P. (2013). A review of Gobiid expansion along the Danube-Rhine corridor – geopolitical change as a driver for invasion. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 411: 01.
- Sasi, H., Berber, S. (2010). Some Biological Characteristics of Monkey Goby in Anatolia. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5: 229-233.
- Simonović, P. D. (1996). Cranial osteology of the bighead goby *Neogobius kessleri* from the rivers Danube and Sava (Serbia, Yugoslavia). *Italian Journal of Zoology*, 63: 65-72.
- Simonović, P., Paunović, M., Popović, S. (2001). Morphology, Feeding, and Reproduction of the Round Goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas), in the Danube River Basin, Yugoslavia. *Journal of Great Lakes Research*, 27: 281-289.
- Sokolovska, E., Fey, D. P. (2011). Age and growth of the round goby *Neogobius melanostomus* in the Gulf of Gdansk several years after invasion. Is the Baltic Sea a new Promised Land? *Journal of Fish Biology*, 78: 1993-2009.
- Vassilev, M., Apostolou, A., Velkov, B., Dobrev, D., Zarev, V. (2012). Atlas of the gobies (Gobiidae) in Bulgaria. Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 112 pp.

Is von Bertalanffy model suitable for determining the growth of invasive Ponto-Caspian gobies?

Abstract

Invasive Ponto-Caspian gobies, monkey goby *Neogobius fluviatilis*, round goby *Neogobius melanostomus* and bighead goby *Ponticola kessleri* have recently expanded their range and naturalized the Sava River basin in Croatia. Although their presence in Croatia has been noted and distribution and impact studied, age and growth have not yet been investigated. Using scales for age analysis, only first three age groups have been determined for the monkey goby (I, II, III) and first four age groups for the round and bighead goby (I, II, III, IV). The highest growth rate have been determined for the monkey goby and the lowest for the round goby. Significant difference of the back calculated mean length was observed for all three analysed species indicating the unreliability of the von Bertalanffy model. Instead, otolith annulus counting is recommended for a more precise age determination, as well as testing of other growth models.

Key words: monkey goby, round goby, bighead goby, age, von Bertalanffy model