

Altinkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri'nden Örneklenmiş Olan Sazan Balığı (*Cyprinus carpio* L., 1758)' nın Otolit Şekil ve Biyometrisindeki Varyasyonlar

Aykut AYDIN¹, Melek OZPİCAK^{2*}, Semra SAYGIN³, Enes HANCER⁴, Savas YILMAZ⁵, Nazmi POLAT⁶

Öz

Bu çalışmanın amacı; Samsun ilindeki Altinkaya Baraj Gölü (ABG) ve Bafra Balık Gölleri (BBG)'nden elde edilen *Cyprinus carpio* örneklerinin otolitlerinin morfolojik özellikleri, otolit özellikleri-balık boyu arasındaki ilişkileri ve otolit şekil indekslerinin analiz edilerek lokaliteler arasındaki varyasyonların saptanmasıdır. Gerçekleştirilen analizlerde toplamda 109 (Altinkaya Baraj Gölü (N=59) ve Bafra Balık Gölleri'nde (N=50)) birey değerlendirilmiştir. İki lokalite için de otolit özelliklerinin belirlenmesi amacıyla asteriskusların otolit boyu (OB), otolit yüksekliği (OY), otolit alanı (OA), otolit çevresi (OÇ) ve otolit ağırlığı (OW) parametreleri ölçülmüş, total boy ile olan ilişkileri ortaya çıkarılmıştır. Regresyon analizi sonuçlarına göre, otolit değişkenleri ile total boy arasındaki ilişkiler oldukça önemli çıkmıştır ($P<0,001$). ABG popülasyonunda $TB-OW$ ($r^2>0,633$), BBG'de ise $TB-OÇ$ ($r^2>0,945$) arasındaki ilişki diğer ilişkilerinden daha kuvvetli olarak belirlenmiştir. ABG ve BBG popülasyonları için şekil faktörü, yuvarlaklık, dairesellik, dikdörtgensellik, ovallık ve boy-yükseklik oranı indeksleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. ABG ve BBG popülasyonlarının otolit şekil indekslerini karşılaştırdığımızda yapılan analizler sonucunda; şekil faktörü ($P<0,001$), yuvarlaklık ($P<0,05$) ve dairesellik ($P<0,001$) ölçümlerinin önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Ancak dikdörtgensellik, ovallık ve boy-yükseklik oranı ölçümlerinde fark bulunmamıştır. Bu çalışma Altinkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri'nden örneklenen sazan balığının otolit özelliklerinin incelendiği ilk çalışma olma niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: *Cyprinus carpio*, otolit, şekil indeksleri, morfolometri

Variations in Otolith Shape and Biometry of Common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) Sampled from Altinkaya Dam Lake and Bafra Fish Lakes

Abstract

The aim of this study is to determine the variations between localities by analyzing the otolith morphometry, otolith morphometrics-fish length relationships and otolith shape indices of *Cyprinus carpio* samples obtained from Altinkaya Dam Lake (ABG) and Bafra Fish Lakes (BBG) in Samsun Province. A total of 109 (Altinkaya Dam Lake (N=59) and Bafra Fish Lakes (N=50)) individuals In the, were evaluated in the analyses. In order to determine the otolith characteristics for both localities, the otolith length (OL), otolith height (OH), otolith area (OA), otolith perimeter (OP) and otolith weight (OW) parameters of the asteriscus were measured, and relationships between the total length was determined. According to the results of the regression analysis, the relationships between otolith characteristics and total length were significantly important ($P<0.001$). The relationship between $TB-OW$ ($r^2>0.633$) in the ABG population and $TB-OP$ ($r^2>0.945$) in BBG was determined to be stronger than the other relationships. Form factor, roundness, circularity, rectangularity, ellipticity and aspect ratio indices were calculated separately for ABG and BBG populations. As a result of the analyzes made when we compared the otolith shape indices of ABG and BBG populations; shape factor ($P<0.001$), roundness ($P<0.05$) and circularity ($P<0.001$) measurements were found to be significantly different. However, no difference was found in the measurements of rectangularity, ellipticity and aspect ratio. This is the first study to examine the otolith characteristics of common carp sampled from Altinkaya Dam Lake and Bafra Fish Lakes.

Keywords: *Cyprinus carpio*, otolith, shape indices, morphometry

^{1,2,3,4,5,6}Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye, aykutaydn55@gmail.com, melek.zengin@omu.edu.tr, semra.saygin@omu.edu.tr, hancer.enes@gmail.com, savas.yilmaz@omu.edu.tr, npolat@omu.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0001-5222-0353>

²<https://orcid.org/0000-0003-3506-4242>

³<https://orcid.org/0000-0002-3249-5074>

⁴<https://orcid.org/0000-0001-8688-4588>

⁵<https://orcid.org/0000-0003-2859-4886>

⁶<https://orcid.org/0000-0001-9785-9927>

1. Giriş

Sazan balığı (*Cyprinus carpio* L., 1758) yayılış gösterdiği alanların çoğunda yüksek bir ekonomik değere sahiptir. Genellikle avlandığı bölge içerisinde sevilerek tüketilen sazan balıkları, ülkemiz iç su balıkçılığı denilince akla gelen balık türlerinin başındadır. Ayrıca yüksek et verimi, ortama kolay adapte olmaları ve kolay üretim gibi avantajlar, sazan balığına ekonomik bir değer katmaktadır (Demirkalp, 1992). Sazanların geniş dağılımı genellikle değişken çevresel koşullara olan yüksek toleranslarından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, Avrupa, Avustralya ve Kuzey Amerika dahil olmak üzere dünya çapında birçok yerde sazan popülasyonları görülmektedir (Nelson, 2006). Bu bağlamda hem tarihsel hem de coğrafi açıdan en çok incelenen tatlısu balık türlerinden biri olarak değerlendirilmeleri hiç de şaşırtıcı değildir (Vilizzi ve Copp, 2017).

Balıklarda iç kulakta yer alan otolitler hem günlük hem de yıllık büyüme bilgilerini içermesi ile ve yaş belirlemeye olanak sağladıkları için hayvanlar aleminde emsalsizdir (Campana ve Thorrold, 2001). Dolayısıyla otolitler balıkların yaşam hikâyelerinin kayıt altına alındığı ve birçok çalışmada kullanılan oldukça önemli yapılardır (Zengin ve ark., 2015). Otolitler yaş tayini, büyüme parametrelerinin hesaplanması, popülasyon dinamikleri, otolit morfolojisi ve otolit şekil analizleri gibi farklı çalışmalarda kullanılırlar. Boyut, şekil ve otolit karakteristikleri türler arasında değişmektedir ve otolitin morfolojik tanımlamaları bazı ihtiyolojik taksaların karakterizasyonunu tanımlayan bilgiler sağlamaktadır (Tuset ve ark., 2008). Otolit biyometrisi için kullanılan otolitlerin büyüklük ve şekilleri türden türe değişiklikler gösterir ve hatta bir türün ırklarında bile büyük değişiklikler gösterir.

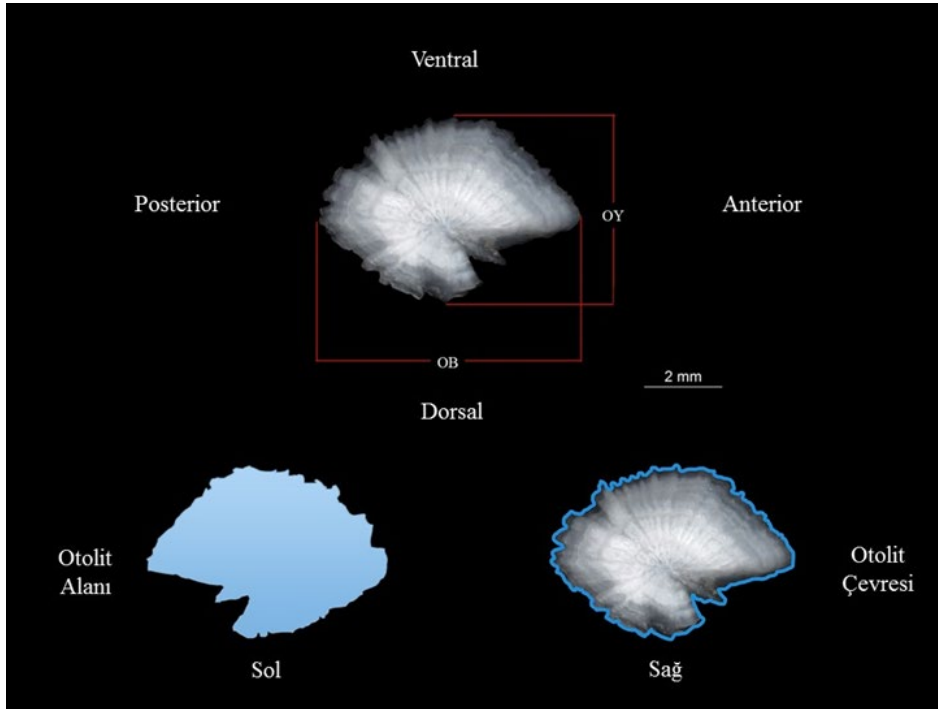
Son yıllarda görüntüleme sistemlerindeki gelişmelerin etkisiyle otolit morfolojisi ve biyometrisi ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Otolit boyu (*OB*), genişliği (*OG*), alanı (*OA*) ve çevresi (*OÇ*) gibi ölçümler yeni görüntüleme sistemleriyle birlikte analizleri kolayca yapılmakta ve otolitlerin şekil analizleri olan şekil faktörü, yuvarlaklık, boy-yükseklik oranı (Zorica ve ark., 2010), dikdörtgensellik (Tuset ve ark., 2008), ovallık (Tuset ve ark., 2003a) gibi otolit özellikleri morfolojik olarak belirlenmektedir. Otolit biyometrisi-balık boyu ilişkisi ve otolit şekil indeksleri farklı balık türleri için birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Skeljo ve Ferri, 2012; Zengin ve ark., 2015; Dehghani ve ark., 2016; Sayın ve Çalta, 2017; Kurucu ve Bostancı, 2018; Zengin Özpiçak vd, 2018; Emre, 2020; Saygın ve ark., 2020; Khan ve ark., 2022). Bu konuda ülkemizde de farklı su kaynaklarında yaşayan değişik balık türlerinin otolit özellikleri üzerine yapılmış çok sayıda araştırma mevcuttur (Samsun ve Samsun, 2006; Bostancı ve ark., 2012; Düşükcan ve ark., 2015; Konaş ve Bostancı, 2015; Sayın ve Çalta, 2017, Özpiçak et al., 2018).

Bu çalışmanın amacı; Samsun ilindeki Altınkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri'nden elde edilen sazan balıklarının otolitlerinin morfolojik özelliklerinin analiz edilerek lokaliteler arasındaki

varyasyonların saptanmasıdır. Ayrıca otolit morfometri özellikleri ve şekil indeks değerleri bir arada değerlendirilerek; aynı türe ait balıkların farklı lokalitelerde yaşayan populasyonlarındaki değişimlerin ortaya çıkarılması ve de otolit morfometrik özellikleri-balık boyu arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir.

2. Materyal ve Metot

Sazan balığı örnekleri, Altinkaya Baraj Gölü (N=59) ve Bafra Balık Gölleri'nde (N=50) avcılık yapan balıkçılardan Mart 2017-Mart 2018 tarihleri arasında ticari olarak satın alınmıştır. Her bir balığın total, çatal ve standart boyları ölçülüp ($\pm 0,1$ cm), ağırlıkları ($\pm 0,01$ g) alınmıştır ve gonadları makroskobik olarak incelenmiştir. Örneklerden çıkarılan asteriskus otolitlerinin ağırlıkları (*OW*) Presicia marka hassas terazi kullanılarak ($\pm 0,0001$ g) sağ ve sol otolitler için ayrı ayrı tartılmıştır. Ağırlıkları alınan tüm otolitlerin distal yüzeyinden Leica S8APO marka mikroskoba bağlı Leica DFC295 dijital kamera ile fotoğrafları çekilmiştir (Şekil 1). Otolit boyu (*OB*), otolit yüksekliği (*OY*), otolit çevresi (*OÇ*) ve otolit alanı (*OA*) Leica Application Suit ver. 3.8 Görüntü Analiz Programı kullanılarak ölçülmüştür. *OB*, *OY* ve *OÇ*'nin ölçümünde $\pm 0,001$ mm hassasiyet, *OA*'nın ölçümünde ise $\pm 0,001$ mm² hassasiyet kullanılmıştır. Otolitin anterior ve posterior kenarları arasındaki en uzun mesafe *OB*, dorsal ve ventral kenarları arasındaki en uzun mesafe *OY* (Battaglia ve ark., 2010), otolit tüm kenarlarının toplam uzunluğu *OÇ* ve otolit yüzey alanı ise *OA* olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1. *C. carpio* asteriskus otolitinde distal görünüm ve ölçümler (OB: otolit boyu, OY: otolit yüksekliği)

Otolit ölçümleri (*TB-OB*, *TB-OY*, *TB-OA*, *TB-OÇ*, *TB-OW*) ile balık total boyu arasındaki ilişkileri açıklayacak modelin seçimi amacıyla doğrusal ($y=a+bx$) ve üssel regresyon ($y=ax^b$) modelleri denenmiştir (Zar, 1999). Dişi ve erkek bireylerin total boy bakımından aralarında fark olup olmadığı t testi ile tespit edilmiştir. Ayrıca, tüm bireylerin sağ ve sol otolitlerinin değişkenleri arasında fark varlığı ya da yokluğu ayrı ayrı bağımsız örneklem t testi (Paired t) ile belirlenmiştir. Bu testler sonucu sağ ve sol otolit arasında fark olmadığı belirlenen habitatta sağ otolit tercih edilmiş, fark bulunan durumda ise sağ ve sol otolitler çizelgede ayrı ayrı gösterilmiştir. İstatistiksel analizlerde MİNİTAB 15.0, SPSS 20.0 ve Microsoft Exel paket programlarından yararlanılmıştır.

Altinkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri'ne ait sazan populasyonları balık boyu ve ağırlığı bakımından birbirlerinden anlamlı derecede farklı oldukları için iki populasyonun otolit ölçümleri karşılaştırılırken tüm veriler aşağıdaki formülle standardize edilmiştir.

$$Z_{ij} = Y_{ij} [X_0/X_j] b_j \quad (1)$$

Z_{ij} : j balığının i. otolit ölçümünün standardize değeri

Y_{ij} : j balığının i. otolit ölçüm değeri

X_0 : Referans olarak kullanılan total boy

X_j : j bireyinin total boyu

b_j : Ölçümler ile total boy arasındaki ilişkinin b değeri (Lombarte ve Lleonart, 1993).

Şekil analizlerinde otolit üzerinden alınan otolitlerin boy (*OB*), yükseklik (*OY*), ağırlık (*OW*), çevre (*OÇ*) ve alan (*OA*) ölçümlerinden faydalanılmıştır. Altı farklı şekil indeks değerleri; şekil faktörü ($(4\pi OA)/OÇ^2$), yuvarlaklık ($(4OA)/(\pi OB^2)$), dairesellik ($OÇ^2/OA$), dikdörtgensellik $OA/(OÇ*OY)$, ovallik $(OB - OH) / (OB + OH)$ ve boy-yükseklik oranı (OB/OY) hesaplanmıştır (Tuset ve ark., 2003a).

3. Bulgular ve Tartışma

Altinkaya Baraj Gölü sazan populasyonunda otolit boyu, yüksekliği, alanı ve çevresi için sağ ve sol otolitler arasında fark bulunmazken ($P>0.05$), otolit ağırlığı sağ ve sol otolitler bakımından farklı bulunmuştur ($P<0,05$). Ayrıca populasyonun dişi-erkek karşılaştırmasında sağ ve sol otolitler arasında hiçbir değişken bakımından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Bafra Balık Gölü populasyonu değerlendirildiğinde ise tüm değişkenlerde hem sağ-sol hem dişi-erkek arasında testler sonucu fark gözlemlenmemiştir ($P>0,05$). Bu durum, BBG populasyonu için sazan türü ile ilgili yapılacak yeni araştırmalarda otolitlerin birbirinden ayırt edilmeden, sağ veya sol otolit çiftinden herhangi birisinin tercihinin yapılabileceğini göstermektedir. Benzer olarak Sayın ve Çalta (2017), Keban Baraj Gölü'nde aynalı sazanlar ile yaptığı çalışmalarında aynı durumu belirtmişlerdir. Bazı farklı balık türlerinde sağ ve sol otolitlerin morfometrisinde anlamlı bir farkın olmadığını gösteren

bulgular mevcuttur (Jawad ve ark., 2011; Bostancı ve ark., 2012; Atılğan ve ark., 2012; Denghani ve ark., 2016; Bilge ve Filiz, 2018; Emre, 2022). Ancak ABG popülasyonunda sağ ve sol otolit ağırlıkları istatistiksel olarak farklı olduğu için ayrı ayrı değerlendirilmesi gerekmektedir. Bazı çalışmalarda asimetrik yassı balıkların otolit morfometrileri arasında anlamlı farklar bulunduğu belirtilmiştir (Bostancı ve Polat, 2007; Bostancı ve Polat, 2008).

İki örneklemin otolit ölçümleri ile total balık boyu arasındaki ilişki denklemlerinin belirlenmesi için kullanılan doğrusal ve üssel regresyon analizleri sonucu; bulunan ilişki çeşitleri, denklem sabitleri (kesişim ve eğim), ilişkinin kuvvetini gösteren korelasyon katsayıları ve ilişkinin önemliliğini gösteren P değeri Tablo 2-3'te gösterilmiştir. Otolit boyutları-balık ölçümleri arasındaki ilişkilerin tanımlanmasında genellikle doğrusal fonksiyonlar tercih edilmektedir. Ancak Campana (2004), bu tip ilişkilerin daima doğrusal regresyonla açıklanamayacağını ifade etmiştir. Altınkaya Baraj Gölü örneklerinin otolit ölçümleri (OB , OY , $OÇ$, OA ve OW) ve total balık boyu ilişkileri doğrusal regresyon ilişkiler gösterirken, en kuvvetli ilişkiyi otolit ağırlığıyla (OW) total balık boyu ilişkisi göstermiştir ($r^2=0,682$). Farklı habitatlarda benzer olarak (Eroğlu ve Şen, 2009; Başusta ve ark., 2013; Battaglia ve ark., 2015; Sayın ve Çalta, 2017) çalışmalarında doğrusal regresyon ilişkisini kullanmışlardır. Bafra Balık Gölleri'nde ise Altınkaya'nın aksine kuvvetli üssel (Power) ilişkiler görülmüştür. En yüksek korelasyon katsayısı total balık boyu ile otolit alanı (OA) arasında tespit edilmiştir ($r^2=0,945$). Ayrıca her iki lokalite içinde balık boyu ve otolit morfometrik ölçümleri arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak son derece önemli olduğu saptanmıştır ($P<0,001$). Farklı lokalitelerde gerçekleştirilmiş olan çalışmalarda da üssel ilişkinin balık boyu-otolit ölçümleri arasındaki ilişkileri daha kuvvetli açıkladığı sonuçlarına varılmıştır (Yılmaz ve ark., 2014; Zengin Özpiçak ve ark., 2018). Bu sonuçlara göre sazan balıklarının boyunun belirlenmesinde kullanılacak en ideal otolit ölçüm değeri ABG popülasyonu için otolit ağırlığı (Bostancı ve ark., 2012; Zengin ve ark., 2017), BBG popülasyonu için ise otolit alanı ve otolit yüksekliği (Kumar ve ark., 2017) olarak saptanmıştır. İki popülasyon arasında otolit boyu ve otolit alanı arasında bir fark bulunmazken, otolit çevresi, otolit yüksekliği ve otolit ağırlığı bakımından fark tespit edilmiştir.

ABG popülasyonu için şekil faktörü, yuvarlaklık, dairesellik, dikdörtgensellik, ovallık ve boy-yükseklik oranı indekslerinin genel ortalama değerleri sırasıyla 0,416, 0,507, 30,625, 12,659, 0,194 ve 1,484 olarak, BBG popülasyonunda ise sırasıyla 0,496, 0,525, 25,599, 12,273, 0,189 ve 1,467 olarak hesaplanmıştır. Otolit şekilleri türe özgüdür ve türden türe farklılıklar gösterirler, bu durum birçok araştırmada ortaya çıkarılmıştır (DeVries ve ark., 2002; Tuset ve ark., 2006; Morat ve ark., 2008; Zorica ve ark., 2010). Şekil analizi klasik tekniklere göre oldukça avantajlıdır, bunun temel sebebi ilk olarak daha kolay uygulanmasıdır (Reddin ve ark., 1988). Daha önce farklı türlerin şekil indeks değerlerinin incelendiği birçok araştırma bulunmaktadır (Tuset ve ark., 2003b; Burke ve ark., 2008; Sadighzadeh ve ark., 2014; Zengin ve ark., 2015; Saygın ve ark., 2017; Zengin ve ark., 2017;

Zengin Özpiçak ve ark., 2018; Özpiçak, 2020). Otolit şekil indekslerinin deniz türleri ve populasyonlarında etkili olduğu kadar (Tuset ve ark., 2003b; Begg ve Brown, 2000) tatlısu balıklarının (L’Abee-Lund ve Jensen, 1993) ayrımlarında da etkili olduğu bilinmektedir. ABG ve BBG populasyonlarının otolit şekil indeksleri karşılaştırdığımızda yapılan analizler sonucunda; şekil faktörü ($P<0,001$), yuvarlaklık ($P<0,05$) ve dairesellik ($P<0,01$) ölçümlerinin önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Ancak dikdörtgensellik, ovallık ve boy-yükseklik oranı ölçümlerinde fark bulunmamıştır. Bir türde otolit şekli coğrafik bölgelere ve çevresel faktörlere göre değişim gösterebilmektedir (DeVries ve ark., 2002; Tuset ve ark., 2003b; Tuset ve ark., 2006; Burke ve ark., 2008; Lord ve ark., 2012; Sardighzadeh ve ark., 2014; Zengin ve ark., 2015; Saygın ve ark., 2017). Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki Altinkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri’nin sazan populasyonlarında şekil faktörü, yuvarlaklık ve dairesellik indeksleri stok ayrımı için yapılacak çalışmalarda kullanılabilirler.

Tablo 1. Sazan balığı asteriskus otolitlerinin lokalitelere göre tanımlayıcı istatistikleri (♀=Dişi, ♂=Erkek, Ort=Ortalama, SS=Standart Sapma)

Cinsiyet	Değişkenler	Altinkaya Baraj Gölü			Bafra Balık Gölleri				
		Ort±SS	Minimum	Maksimum	Ort±SS	Minimum	Maksimum		
♀	OB	Sağ	6,908±0,661	5,818	8,556	6,460±0,807	5,032	8,602	
		Sol	6,834±0,696	5,574	8,276	6,552±0,902	5,061	9,510	
	OY	Sağ	4,586±0,336	3,792	5,460	4,473±0,620	3,460	6,162	
		Sol	4,562±0,330	3,918	5,563	4,485±0,660	3,451	6,332	
	OA	Sağ	18,630±2,998	13,073	28,198	17,677±4,838	10,922	32,180	
		Sol	18,351±3,171	13,162	26,995	17,841±5,095	10,861	32,847	
	OÇ	Sağ	24,078±2,626	19,884	28,165	21,107±3,427	14,763	31,516	
		Sol	23,928±2,796	19,685	29,005	21,270±3,447	15,262	32,963	
	OW	Sağ	0,0235±0,0060	0,0131	0,0447	0,0224±0,010	0,0111	0,0572	
		Sol	0,0229±0,0057	0,0135	0,0432	0,0274±0,026	0,0110	0,1460	
	♂	OB	Sağ	6,8156±0,5644	5,8049	7,8840	6,647±1,181	3,414	8,854
			Sol ₂	6,8184±0,573	5,5560	7,9380	6,619±1,127	3,452	8,550
OY		Sağ ₂	4,6537±0,373	3,9788	5,2933	4,453±0,723	2,332	5,800	
		Sol ₁	4,6517±0,412	3,9372	5,4740	4,413±0,722	2,339	5,734	
OA		Sağ	18,849±2,787	13,803	25,128	18,36±5,820	4,780	31,510	
		Sol	18,791±2,843	13,188	25,064	18,22±5,740	4,890	29,420	

♀+♂	<i>OÇ</i>	<i>Sağ</i>	23,704±2,284	18,974	27,516	21,484±4,353	10,452	30,852
		<i>Sol</i>	23,796±2,462	17,758	28,020	21,486±4,244	10,362	29,313
	<i>OW</i>	<i>Sağ</i>	0,024±0,005	0,013	0,037	0,0249±0,012	0,0036	0,0532
		<i>Sol</i>	0,023±0,006	0,012	0,039	0,0246±0,012	0,0036	0,0481
	<i>OB</i>	<i>Sağ</i>	6,856±0,605	5,805	8,556	6,546±0,990	3,414	8,854
		<i>Sol</i>	6,825±0,625	5,556	8,276	6,583±1,002	3,452	9,510
	<i>OY</i>	<i>Sağ</i>	4,624±0,3560	3,7922	5,460	4,463±0,663	2,332	6,162
		<i>Sol</i>	4,612±0,3776	3,9183	5,563	4,452±0,683	2,339	6,332
	<i>OA</i>	<i>Sağ</i>	18,753±2,858	13,073	28,198	17,992±5,266	4,782	32,180
		<i>Sol</i>	18,597±2,974	13,162	26,995	18,015±5,347	4,893	32,847
	<i>OÇ</i>	<i>Sağ</i>	23,869±2,426	18,974	28,165	21,280±3,844	10,452	31,516
		<i>Sol</i>	23,854±2,592	17,758	29,005	21,369±3,795	10,362	32,963
	<i>OW</i>	<i>Sağ</i>	0,024±0,006	0,0126	0,0447	0,0235±0,011	0,0036	0,0572
		<i>Sol</i>	0,023±0,006	0,0123	0,0432	0,0261±0,021	0,0036	0,1460

Tablo 2. Altinkaya Baraj Gölü'nün otolit ölçümleri ile total balık boyu arasındaki ilişkiler

Değişken	Denklem parametreleri					
	İlişki türü	N	a	b	r ²	P
OB-TB	Doğrusal	59	3,678	0,066	0,609	P<0,001
	Üssel	59	1,160	0,460	0,602	P<0,001
OY-TB	Doğrusal	59	2,822	0,038	0,566	P<0,001
	Üssel	59	1,025	0,390	0,564	P<0,001
OA-TB	Doğrusal	59	3,459	0,320	0,632	P<0,001
	Üssel	59	0,841	0,802	0,602	P<0,001
OÇ-TB	Doğrusal	59	12,575	0,236	0,479	P<0,001
	Üssel	59	3,644	0,486	0,492	P<0,001
Sağ OW-TB	Doğrusal	59	-0,007	0,001	0,682	P<0,001
	Üssel	59	0,000	1,297	0,660	P<0,001
Sol OW-TB	Doğrusal	59	-0,008	0,001	0,663	P<0,001
	Üssel	59	0,000	1,295	0,642	P<0,001

Tablo 3. Bafra Balık Gölleri'nin otolit ölçümleri ile total balık boyu arasındaki ilişkiler

Değişken	Denklem parametreleri					
	İlişki türü	N	a	b	r ²	P
OB-TB	Doğrusal	50	1,870	0,108	0,897	P<0,001
	Üssel	50	0,433	0,722	0,922	P<0,001
OY-TB	Doğrusal	50	1,309	0,073	0,912	P<0,001
	Üssel	50	0,306	0,712	0,931	P<0,001
OA-TB	Doğrusal	50	0,413	3,439	0,866	P<0,001
	Üssel	50	0,828	0,943	0,896	P<0,001
OÇ-TB	Doğrusal	50	0,581	-7,124	0,915	P<0,001
	Üssel	50	1,429	0,082	0,945	P<0,001
OW-TB	Doğrusal	50	-0,027	0,001	0,851	P<0,001
	Üssel	50	7,688x10 ⁻⁰⁰⁶	2,116	0,924	P<0,001

Tablo 4. Cinsiyete göre Altinkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri örneklerinin otolit şekil indeks değerleri (♀=Dişi, ♂=Erkek, Ort=Ortalama, Sh= Standart Hata, SS=Standart Sapma, Min=Minimum, Maks=Maksimum)

Cinsiyet	Altinkaya Baraj Gölü						Bafra Balık Gölleri				
	Şekil İndeksleri	Ort	Sh	SS	Min	Maks	Ort	Sh	SS	Min	Maks
♀	<i>Şekil Faktörü</i>	0,407	0,010	0,053	0,321	0,534	0,498	0,011	0,056	0,396	0,630
	<i>Yuvarlaklık</i>	0,497	0,007	0,037	0,431	0,582	0,531	0,005	0,024	0,487	0,582
	<i>Dairesellik</i>	31,370	0,780	3,975	23,548	39,135	25,540	0,541	2,811	19,956	31,773
	<i>Dikdörtgensellik</i>	12,370	0,357	1,821	8,522	17,993	12,267	0,690	3,587	7,508	23,138
	<i>Ovallik</i>	0,201	0,005	0,027	0,130	0,236	0,182	0,004	0,020	0,150	0,238
	<i>Boy-Yükseklik oranı</i>	1,506	0,016	0,082	1,299	1,619	1,448	0,012	0,060	1,353	1,623
♂	<i>Şekil Faktörü</i>	0,423	0,008	0,047	0,306	0,057	0,493	0,010	0,049	0,379	0,586
	<i>Yuvarlaklık</i>	0,516	0,006	0,034	0,439	0,588	0,521	0,004	0,022	0,465	0,601
	<i>Dairesellik</i>	30,039	0,596	3,425	22,000	41,127	25,755	0,519	2,695	21,446	33,153
	<i>Dikdörtgensellik</i>	12,888	0,348	1,999	9,461	16,535	12,238	0,712	3,699	7,405	24,590
	<i>Ovallik</i>	0,188	0,005	0,029	0,135	0,265	0,188	0,004	0,019	0,144	0,235
	<i>Boy-Yükseklik oranı</i>	1,467	0,016	0,090	1,311	1,719	1,464	0,011	0,0578	1,336	1,613
♀+♂	<i>Şekil Faktörü</i>	0,416	0,007	0,050	0,306	0,571	0,496	0,007	0,052	0,372	0,630
	<i>Yuvarlaklık</i>	0,507	0,005	0,036	0,431	0,588	0,525	0,004	0,026	0,465	0,601
	<i>Dairesellik</i>	30,625	0,482	3,705	22,00	41,127	25,599	0,392	2,771	19,956	33,810
	<i>Dikdörtgensellik</i>	12,659	0,250	1,924	8,522	17,993	12,273	0,510	3,609	3,265	23,138
	<i>Ovallik</i>	0,194	0,004	0,029	0,130	0,265	0,189	0,003	0,021	0,134	0,238
	<i>Boy-Yükseklik oranı</i>	1,484	0,012	0,088	1,299	1,719	1,467	0,009	0,064	1,310	1,623

4. Sonuçlar ve Öneriler

Altinkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri'nde gerçekleştirilen bu çalışmada ülkemizde ekonomik değeri yüksek olan sazan balığının otolitlerin morfometrik özelliklerinin analiz edilerek lokaliteler arasındaki varyasyonlar belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda türün otolit morfolojisi ve morfometrisi araştırmalarının oldukça sınırlı sayıda olduğu gözlenmiştir (Bostancı, 2009; Yalçınkaya, 2009; Sayın ve Çalta, 2017)

Bu çalışmadan elde edilmiş olan bulguların ekonomik önemi oldukça yüksek olan sazan balığı ile ilgili olarak gerçekleştirilecek otolit temelli çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi BAP birimi tarafından PYO.FEN.1901.17.003 proje numarası ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Atılğan, E., Başçınar, N. S., ve Erbay, M. 2012. Doğu Karadeniz'deki istavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)'ın otolit özellikleri ve bazı populasyon parametreleri. *Journal of Fisheries Sciences. com*, 6(2), 114.
- Başusta, A., Özer, E.İ. and Girgin, H. (2013). Munzur Nehri'ndeki kırmızı benekli alabalığın (*Salmo trutta macrostigma* (Dummeril, 1858)) otolit boyutları-balık boyu arasındaki ilişki. *Journal of Fisheries Sciences*, 7(1), 22-29.
- Battaglia, P., Malara, D., Romeo, T., Andaloro, F. (2010). Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy). *Scientia Marina*, 74(3), 605-612.
- Battaglia, P., Malara, D., Ammendolia, G., Romeo, T., and Andaloro, F. (2015). Relationships between otolith size and fish length in some mesopelagic teleosts (Myctophidae, Paralepididae, Phosichthyidae and Stomiidae). *Journal of Fish Biology*, 87, 774-782.
- Begg, G.A., and Brown, R.W. (2000). Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Transactions of the American Fisheries Society*, 12(4), 935-945.
- Bilge, G., ve Filiz, H. (2018). Determination of sagittal otolith biometry and body size of *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) distributed in Southern Aegean Sea. *Aquatic Research*, 1(2), 38-42.
- Bostancı, D. and Polat, N. (2007). Dil balığı, *Solea lascaris* (Risso, 1810)'te otolit yapısı, otolit boyutları-balık boyu ilişkileri ve yaş tayini. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 265-272.

- Bostancı, D. ve Polat, N. (2008). Benekli pisi, *Lepidorhombus boscii* (Risso, 1810)'nin otolit yapısı, otolit boyutları-balık boyu ilişkileri ve yaş tayini. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 2(3), 375-381.
- Bostancı, D., Yılmaz, S., Polat, N. ve Kondaş, S. (2012). İskorpit *Scorpaena porcus* L. 1758'un otolit biyometri özellikleri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 59- 68.
- Bostancı, D. (2009). Otolith biometry-body length relationships in four fish species (chub, pikeperch, crucian carp, and common carp). *Journal of Freshwater Ecology*, 24(4), 619-624.
- Burke, N., Brophy, D. and King, P. A. (2008). Shape analysis of otolith annuli in Atlantic herring (*Clupea harengus*): A new method for tracking fish populations. *Fisheries Research*, 91(2-3), 133-143.
- Campana, S.E. (2004). Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean, Ottawa: NRC Res.
- Campana, S.E., and Thorrold, S.R. (2001). Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1), 30-38.
- Dehghani, M., Kamrani, E., Salarpouri, A., and Sharifian, S. (2016). Otolith dimensions (length, width), otolith weight and fish length of *Sardinella sardensis* (Day, 1878), as index for environmental studies, Persian Gulf, Iran. *Marine Biodiversity Records*, 9(1), 44.
- Demirkalp, F. Y. (1992). Bafra Balık Gölleri (Balıkgözü-Uzungöl)'nde yaşayan sazan balığı (*Cyprinus carpio* L., 1758)'nin büyüme özellikleri. *Doğa Türk Zooloji Dergisi*, 16, 161-175.
- DeVries, D.A., Grimes, C. B. and Prager, M.H. (2002). Using otolith shape analysis to distinguish eastern Gulf of Mexico and Atlantic Ocean stocks of king mackerel. *Fisheries Research*, 57(1), 51-62.
- Düşükcan, M., Çalta M., ve Eroğlu M. (2015). Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Barbus grypus* Heckel, 1843'de otolit biyometrisi-balık boyu ilişkisi (Elazığ, Türkiye). *Yunus Araştırma Bülteni*, 15(3), 21-29.
- Emre, N. (2020). Biometric relation between asteriscus otolith size and fish total length of seven Cyprinid Fish species from inland waters of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 20(3), 171-175.
- Eroğlu, M., and Şen, D. (2009). Otolith size-total length relationship in spiny eel, *Mastacembelus mastacembelus* (Banks and Solander, 1794) inhabiting in Karakaya Dam Lake (Malatya, Turkey). *Journal of Fisheries Sciences*, 3(4), 342-351.
- Jawad, L., Al-Mamry, J., and Al-Busaidi, H. (2011). Relationship between fish length and otolith length and width in the lutjanid fish, *Lutjanus bengalensis* (Lutjanidae) collected from Muscat City Coast on the Sea of Oman. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 17(2), 116-126.
- Khan, U., Ateşşahin, T., Eroğlu, M., and Düşükcan, M. (2022). Morphological variations of an invasive cyprinid fish (*Carassius gibelio*) in lentic and lotic environments inferred from the body, otolith, and scale shapes. *Acta Zoologica*. DOI: 10.1111/azo.12431.
- Kondaş, S., and Bostancı, D. (2015). Morphological and biometrical characteristics on otolith of *Barbus tauricus* Kessler, 1877 on light and scanning electron microscope. *International Journal of Morphology*, 33(4), 1380-1385.
- Kumar K.V.A., Deepa K.P., Hashim, M., Vasu, C. and Sudhakar, M. (2017). Relationships between fish size and otolith size of four bathydemersal fish species from the south eastern Arabian Sea, *Indian Journal of Applied Ichthyology*, 33(1), 102-107.
- Kurucu, G., and Bostancı, D. (2018). Using scanning electron microscopy and length-otolith size relationship for otolith morphological description of *Capoeta banarescui* Turan et al., 2006 and *Squalius cephalus* (L., 1758)(Actinopterygii: Cyprinidae) from Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 70(1), 83-88.
- L'Abée-Lund, J. H., Aand Jensen, A.J. (1993). Otoliths as natural tags in the systematics of salmonids. *Environmental Biology of Fishes*, 36(4), 389-393.
- Lombarte, A., and Leonart, J. (1993). Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology Fishes*, 37(1), 297-306.
- Lord, C., Morat, F., Lecomte-Finiger, R., and Keith, P. (2012). Otolith shape analysis for three Sicyopterus (Teleostei: Gobioidae: Sicydiinae) species from New Caledonia and Vanuatu. *Environmental Biology Fishes*, 93(2), 209-222
- Morat, F., Betoulle, S., Robert, M., Thailly, A. F., Biagiante-Risbourg, S., and Lecomte-Finiger, R. (2008). What can otolith examination tell us about the level of perturbations of Salmonid fish from the Kerguelen Islands. *Ecology of Freshwater Fish*, 17, 617-627.
- Nelson, J.S. (2006). *Fishes of the World*. 4th ed. Hoboken, NY, USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Özpicak M. (2020). Otolith shape and characteristics as a morphological approach to the stock identification in *Barbus tauricus* (Cyprinidae). *Journal of Ichthyology*, 60, 716-724.

- Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Hancer, E., Yılmaz, S., and Polat, N. (2018). Otolith shape analyses of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii: Cyprinidae) inhabiting four inland water bodies of the middle Black Sea region, Turkey. *Iranian Journal of Ichthyology*, 5(4), 293-302.
- Reddin, D.G., Stansbury, D.E. and Short, P.B. (1988). Continent of origin of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at West Greenland. *ICES Journal of Marine Science*, 44(3), 180-188.
- Sadighzadeh, Z., Valinassab, T., Vosugi, G., Motallebi, A. A., Fatemi, M. R., Lombarte, A., and Tuset, V. M. (2014). Use of otolith shape for stock identification of John's snapper, *Lutjanus johnii* (Pisces: Lutjanidae), from the Persian Gulf and the Oman Sea. *Fisheries Research*, 155, 59-63.
- Samsun, N. and Samsun, S. (2006). Kalkan (*Scophthalmus maeoticus* Pallas, 1811) balığının otolit yapısı, yaş ve balık uzunluğu-otolit uzunluğu ilişkilerinin belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(2), 181-187.
- Saygın, S., Özpiçak, M., Elp, M., Polat, N., Atıcı, A. A., and Akçanal Ödün, N. (2017). Comparative analysis of otolith features of tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) from different lakes across Van Basin (Van, Erçek, Nazik, Aygır) (Turkey). *LimnoFish*, 3(2), 91-99.
- Saygın, S., Özpiçak, M., Yılmaz, S., and Polat, N. (2020). Otolith shape analysis and the relationships between otolith dimensions–total length of European Bitterling, *Rhodeus amarus* (Cyprinidae) sampled from Samsun Province, Turkey. *Journal of Ichthyology*, 60(4), 570-577.
- Sayın, B., and Çalta, M. 2017. Keban Baraj Gölü'nde yaşayan aynalı sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'nin otolit biyometrisi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 29(1), 27-32.
- Skeljo, F. and Ferri, J. (2012). The use of otolith shape and morphometry for identification and size-estimation of five wrasse species in predator-prey studies. *Journal of Applied Ichthyology*, 1-7.
- Tuset, V.M., Lombarte, A., Gonzalez, J. A., Pertusa, J.F., and Lorente, M. (2003a). Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp.. *Journal of Fish Biology*, 63, 1491–1504.
- Tuset, V.M., Loranço A., González, J. A., Pertusa, J. F., and Garcia-Díaz M.M. (2003b). Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 19:88–93.
- Tuset, V.M., Rosin, P.L. and Lombarte, A. (2006). Sagittal otolith shape as useful tool for the identification of fishes. *Fisheries Research*, 81, 316-325.
- Tuset, V.M., Lombarte, A., and Assis, C. A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 7-198.
- Vilizzi, L., and Copp, G.H. (2017). Global patterns and clines in the growth of common carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Fish Biology*. 91, 3–40.
- Yalçınkaya, E. (2009). Sazan yavrularında otolit gelişimi ile ağırlık-uzunluk ilişkisinin karşılaştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Saygın (Ayaydın), S. and Polat, N. (2014). Relationships of the otolith dimensions with body length of European perch, *Perca fluviatilis* L., 1758 from Lake Ladik, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(5), 1231- 1238.
- Zar, J.H. (1999). Biostatistical analysis, Prentice-Hall, 663, New Jersey.
- Zengin, M., Saygın, S., and Polat, N. (2015). Otolith shape analyses and dimensions of the anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Black and Marmara Seas. *Sains Malaysiana*, 44(5), 657-662.
- Zengin, M., Saygın, S. and Polat, N. (2017). Relationships between otolith size and total length of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) in Black Sea (Turkey). *North-Western Journal of Zoology*, 13(1), 169-171.
- Zengin Özpiçak M., Saygın, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S., and Polat, N. (2018). Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı akarsulardan örneklenen tatlisu kefali (*Squalius cephalus*, L. 1758)'nin otolit özellikleri-total boy arasındaki ilişkiler. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 4(1), 17-24.
- Zorica, B., Sinovcic, G., and Kec, V.C. (2010). Preliminary data on the study of otolith morphology of five pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). *Acta Adriatica*, 51(1), 89-96.