



Aksu Kayabalığı, *Ponticola turani* (Kovačić & Engin, 2008)'nin Sakkular Otolit Morfometrisi [*]

Muhammet Mustafa SAKALLI Savaş YILMAZ*

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

Geliş/Received: 08.02.2021

Kabul/Accepted: 07.03.2021

Yayın/Published: 30.06.2021

Atıf yapmak için: Yılmaz, S. & Sakallı, M. M. (2021). Aksu Kayabalığı, *Ponticola turani* (Kovačić & Engin, 2008)'nin Sakkular Otolit Morfometrisi, *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 6(2), 224-231.

How to cite: Yılmaz, S. & Sakallı, M. M. (2021). Saccular Otolith Morphometry of Aksu Goby, *Ponticola turani* (Kovačić & Engin, 2008), *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 6(2), 224-231.

*ID: <https://orcid.org/0000-0002-6979-6495>
ID: <https://orcid.org/0000-0002-5807-2002>

***Sorumlu yazarın:**

Savaş YILMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat
Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye
✉: [sasavas.yilmaz@omu.edu.tr](mailto:savas.yilmaz@omu.edu.tr)

Öz: Aksu Kayabalığı, *Ponticola turani* (Kovačić & Engin, 2008) Türkiye'ye endemik bir tatlısu balığıdır. Bu çalışmada, Haziran 2015- Ağustos 2016 tarihleri arasında Terme Çayı (Samsun)'ndan toplanan Aksu Kayabalığı'nın sakkular otolit ölçümleri ile somatik büyümesi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ayrıca şekil indeksleri kullanılarak türün sakkular otolit şekli tanımlanmıştır. Elektroşok cihazı ile toplam 232 birey yakalanmıştır. Sakkular otolitlerin boyu, yüksekliği, çevresi, alanı ve ağırlığı kaydedilmiştir. Sakkular otolit değişkenleri ile balık somatik büyümesi arasındaki ilişkiler üssel fonksiyonla tanımlanmıştır. Söz konusu ilişkiler, sol-sağ bölge ve dişi-erkek bireyler arasında farklılık göstermemiştir. Tüm ilişkiler oldukça önemli çıkmıştır ($P < 0,001$ ve $R^2 > 0,84$). Balık boyu ve ağırlığı ile en güçlü ilişkiyi gösteren ölçüm sırasıyla %92 ile otolit çevresi ve %90 ile otolit ağırlığı olmuştur. Şekil indeksleri, Aksu Kayabalığı otolitlerinin geometrik olarak düzensiz ve dikdörtgen şeklinde olduğunu doğrulamıştır. Bu araştırma Aksu Kayabalığı'nın otolit morfometrisi üzerine ilk çalışmadır.

Anahtar kelimeler: Otolit biyometrisi, *Ponticola turani*, sagitta, şekil indeksi.

Saccular Otolith Morphometry of Aksu Goby, *Ponticola turani* (Kovačić & Engin, 2008)

Abstract: Aksu goby, *Ponticola turani* (Kovačić & Engin, 2008) is a freshwater fish endemic to Turkey. In this study, the relationships between saccular otolith measurements and somatic growth of Aksu goby collected from Terme Stream (Samsun) between June 2015 and August 2016 were examined. In addition, the saccular otolith shape of this species was defined by using shape indices. A total of 232 specimens were caught with the electroshock device. The saccular otolith length, height, perimeter, area and weight were recorded. The relationships between saccular otolith variables and fish somatic growth were described with a non-linear function (power model). These relationships did not differ between left-right sides and between female and male individuals. All relationships were highly significant ($P < 0.001$, $R^2 > 0.84$). The measurement most strongly with related to fish length and weight was otolith perimeter, with 92% of the variability and otolith weight, with 90%, respectively. Shape indices confirmed that the otoliths of Aksu goby are geometrically irregular and rectangular. This research is the first study on the saccular otolith morphometry of Aksu goby.

***Corresponding author's:**

Savaş YILMAZ
Ondokuz Mayıs University, Sciences and
Arts Faculty, Biology Department, Samsun,
Turkey
✉: [sasavas.yilmaz@omu.edu.tr](mailto:savas.yilmaz@omu.edu.tr)

Keywords: Otolith biometry, *Ponticola turani*, sagitta, shape index.

GİRİŞ

Kemikli balıklarda iç kulak bölgesi otik kapsül kemikleri içerisinde yer alır. Her bir kulakta üç adet yarım daire kanalı ve kese şeklinde boşluklar bulunur. Bu keselere sakkulus, lagena ve utrikulus adı verilmektedir.

[*] Bu çalışma, yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Keselerdeki kalsiyum karbonat kökenli cisimlere de "otolit" denmektedir. Sakkulustaki "sagitta", lagenadaki "asteriskus" ve utrikulustaki "lapillus" olarak adlandırılmaktadır (Secor vd., 1992). Denge ve işitme

This study was produced from the master thesis.

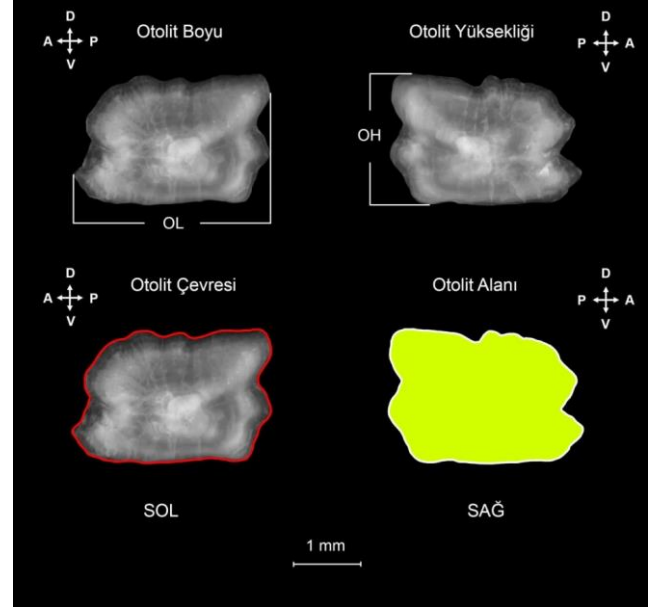
Kovačić & Engin, (2008)'e göre teşhis edilmiştir. Dondurulmuş balıklar oda sıcaklığında çözdürülmüş, musluk suyu ile yıkanmış ve kâğıt havlu ile kurulanmıştır. Her bir numunenin total boyu (TB) $\pm 0,01$ mm hassasiyetle ölçülmüş ve ağırlığı $\pm 0,01$ g hassasiyetle tartılmıştır. Eşey tayini gonadların makroskopik incelenmesiyle yapılmıştır. Sağ ve sol sakkular otolitler (sagitta) alınarak saf suda temizlenmiş, %96'lık etil alkolde bekletilmiş ve 103 °C'lik etüvde kurularak endendorf tüplerinde saklanmıştır.



Şekil 2. Aksu Kayabalığı, *Ponticola turani* (orijinal).
Figure 2. Aksu Goby, *Ponticola turani* (original).

Her bir örneğin sağ ve sol otolit ağırlığı (OW, mg), $\pm 0,0001$ g hassasiyetle tartılmıştır. Ancak işlem kolaylığı için ağırlıklar miligramla dönüştürülmüştür (Bani vd., 2013). Tüm otolitlerin distal yüzeyinden Leica S8APO marka mikroskoba bağlı Leica DFC295 dijital kamera ile fotoğrafları çekilmiştir. Otolit boyu (OL, mm), otolit yüksekliği (OH, mm), otolit çevresi (OP, mm) ve otolit alanı (OA, mm²), Leica Application Suit ver. 3.8 Görüntü Analiz Programı kullanılarak ölçülmüştür. OL, OH ve OP'nin ölçümünde $\pm 0,001$ mm hassasiyet, OA'nın ölçümünde ise $\pm 0,001$ mm² hassasiyet dikkate alınmıştır. Otolitin anterior ve posterior kenarları arasındaki en uzun mesafe OL, dorsal ve ventral kenarları arasındaki en uzun mesafe OH (Battaglia vd., 2010), otolit tüm kenarlarının toplam uzunluğu OP ve otolit yüzey alanı ise OA olarak tanımlanmıştır (Şekil 3). Sağ ve sol otolitler ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Otolit ölçümleri ile balık total boyu ve ağırlığı arasındaki ilişkiler (TB-OL, TB-OH, TB-OW, TB-OP, TB-OA, W-OL, W-OH, W-OW, W-OP, W-OA) üssel regresyon ($y=ax^b$) modeli kullanılarak belirlenmiştir (Leonart vd., 2000). Sağ ve sol otolitler için ayrı ayrı üretilen söz konusu ilişkilerin denklem katsayıları arasındaki fark ANCOVA testi (Zar, 1999) ile kontrol edilmiştir. Eğer denklem katsayıları istatistiksel olarak farklı değilse sağ otolit ölçümleri kullanılarak her bir parametre için tek bir denklem rapor edilmiştir. Benzer şekilde dikkate alınan ilişkilerin denklem katsayılarının eşeyler arasında farklılık gösterip göstermediği ANCOVA testi (Zar, 1999) ile tespit edilmiştir. Denklem katsayıları arasında fark olmadığı durumda örneklem genelinde her bir ölçüm için sadece bir denklem verilmiştir (Battaglia vd., 2010). Regresyonların önemliliği ANOVA ile belirlenmiştir.



Şekil 3. *P. turani*'nin sakkular otolitinde distal görünüm ve ölçümler (D, dorsal; V, ventral; A, anterior; P, posterior).
Figure 3. Distal view and measurement axes of the saccular otolith of *P. turani* (D, dorsal; V, ventral; A, anterior; P, posterior).

Her bir ilişkinin kuvvetliliği hem R² hem de ortalama yüzde tahmin hatası değerleriyle ölçülmüştür. Herhangi bir regresyon için ortalama yüzde tahmin hatası, tüm bireyler için hesaplanan yüzde tahmin hatası (%TH) değerlerinin ortalaması alınarak bulunmuştur. Bir örnek için yüzde tahmin hatası $\%TH = (|X_g - X_t| / X_t) \times 100$ bağıntısıyla hesaplanmıştır (Smith, 1980). Bağıntıda X_g gözlenen boy ya da ağırlık, X_t ise tahmin edilen boy ya da ağırlıktır. Her bir otolit ölçümü için gözlenen ve tahmin edilen TB ve W değeri arasındaki fark Mann-Whitney U testi ile sınanmıştır. Beş otolit ölçümünün %TH değerleri arasındaki farklılık ANOVA testi kullanılarak karşılaştırılmıştır (Zar, 1999). Otolit ölçümlerinin birbirleriyle olan ilişkileri (OL-OH, OL-OW, OL-OP, OL-OA, OH-OW, OH-OP, OH-OA, OP-OW, OP-OA) üssel ($y=ax^b$) regresyonla elde edilmiştir. Regresyonların önemliliği ANOVA kullanılarak tespit edilmiştir.

Otolit ölçümleri kullanılarak tüm örnekler için altı farklı şekil indeksi (Tablo 1) değeri hesaplanmıştır. Şekil faktörü indeksi, otolit yüzey alanı düzensizliği için bir değerlendirme imkanı sağlar. Bu indeks otolit mükemmel bir daire şeklinde olduğunda 1 değerini, düzensiz olduğunda ise <1 değer verir. Boy-yükseklik oranının büyük olması otolit daha uzun olduğunu gösterir. Dairesellik ve yuvarlaklık, mükemmel bir daire şekli için değişik özelliklerin benzerliğine işaret eder. Dairesellik minimum 4π, yuvarlaklık ise minimum 1 değerini alır. Dikdörtgensellik, otolit alanı ile ilgili olarak boy ve yükseklik varyasyonunu tanımlar ve mükemmel bir kare şeklinde 1 değerindedir. Ovallık, otolit eksen

uzunluklarındaki değişimlerin orantılı olmadığını gösterir (Bani vd., 2013; Russ, 1990).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan otolit şekil indeksleri ve formülleri.

Table 1. Otolith shape indices and their formulas.

Değişken	Şekil İndeksi	Formül
OA	Şekil Faktörü	$(4\pi OA) / OP^2$
OP	Boy-Yükseklik Oranı	OL / OH
OL	Dairesellik	OP^2 / OA
OH	Yuvarlaklık	$(4OA) / (\pi OL^2)$
	Dikdörtgensellik	$OA / (OL \times OH)$
	Ovallık	$(OL - OH) / (OL + OH)$

Her bir şekil indeksine ait ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerler verilmiştir. Şekil indeksleri sağ-sol bölge ve dişi-erkek bireyler arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Eşeyler arası karşılaştırma yapılmadan önce, her bir indeksin balık boyu ile olan korelasyonu kontrol edilmiştir. Kuvvetli korelasyon gözlenen şekil indeksleri $M_s = M_o \times (\bar{x}/x)^b$ formülü ile standart hale getirilmiştir (Elliott vd., 1995; Leonart vd., 2000). Formülde M_s standardize edilmiş şekil indeksini, M_o orijinal şekil indeksi değerini, \bar{x} dişi ve erkek bireylerin total boy ortalamasını (73,72 mm), x her bir örneğin total boyunu, b orijinal şekil indeksi ile balık boyu arasındaki üssel ilişkinin b değerini göstermektedir.

Bu çalışmada, herhangi bir istatistiksel analiz yapmadan önce tüm verilere normallik (Kolmogorov-Smirnov testi) ve varyans eşitliği (Levene's testi) testleri uygulanmıştır. Normal dağılımın sağlandığı durumlarda parametrik, sağlanmadığı durumlarda parametrik olmayan testler kullanılmıştır. İstatistiksel analizler, Minitab 17 ve SPSS 21 paket programlarında gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Örneklem periyodu boyunca 140 dişi, 74 erkek ve 18 eşeyi belirlenemeyen olmak üzere toplam 232 birey elde edilmiştir. Örneklerin total boyları 45,13-107,59 mm ve ağırlıkları 1,09-12,92 g arasında dağılım göstermiştir. Dişi ve erkek bireylerin ortalama total boyları (Mann-Whitney U testi, $P < 0,001$) ve ağırlıkları (İki örneklem t-testi, $P < 0,001$) arasında istatistiksel fark tespit edilmiştir. Benzer şekilde, eşeylerin total boy (Kolmogorov-Smirnov testi, $Z=3,498$, $P < 0,001$) ve ağırlık dağılımlarının (Kolmogorov-Smirnov testi, $Z=3,216$, $P < 0,001$) farklı olduğu görülmüştür.

Sağ ve sol otolitler için ayrı ayrı elde edilen denklemlerin katsayıları arasında önemli bir fark tespit edilememiştir (Tablo 2). Bu nedenle sağ otolit ölçümleri tercih edilerek her bir değişken için bir regresyon denklemi verilmiştir. Üretilen regresyon denklemleri eşeyler arasında da farklılık göstermemiştir (Tablo 3). Sonuç

olarak, tüm bireylerin sağ otolit ölçümleri kullanılarak her bir değişken için tek denklem bildirilmiştir.

Tablo 2. *P. turani*'nin sağ ve sol otolitleri için elde edilen üssel regresyonların katsayıları arasında karşılaştırma.

Table 2. Comparison between the coefficients of nonlinear (power) regressions obtained for right and left otoliths of *P. turani*.

Eşey	İlişki	ANCOVA Testi		İlişki	ANCOVA Testi	
		F	P		F	P
Dişi	TB-OL	0,08	0,779	W-OL	0,06	0,802
	TB-OH	0,14	0,707	W-OH	0,15	0,703
	TB-OW	0,78	0,378	W-OW	0,60	0,438
	TB-OP	0,00	0,955	W-OP	0,00	0,965
	TB-OA	0,02	0,901	W-OA	0,02	0,878
Erkek	TB-OL	0,20	0,656	W-OL	0,15	0,700
	TB-OH	0,36	0,548	W-OH	0,20	0,656
	TB-OW	0,08	0,781	W-OW	0,04	0,843
	TB-OP	0,01	0,940	W-OP	0,01	0,916
	TB-OA	0,01	0,918	W-OA	0,01	0,940
Tüm Bireyler	TB-OL	0,27	0,601	W-OL	0,21	0,647
	TB-OH	0,12	0,732	W-OH	0,07	0,785
	TB-OW	0,52	0,473	W-OW	0,36	0,546
	TB-OP	0,02	0,875	W-OP	0,03	0,867
	TB-OA	0,00	0,949	W-OA	0,01	0,930

Tablo 3. *P. turani*'nin dişi ve erkekleri için elde edilen üssel regresyonların katsayıları arasında karşılaştırma.

Table 3. Comparison between the coefficients of nonlinear (power) regressions obtained for females and males of *P. turani*.

Bölge	İlişki	ANCOVA Testi		İlişki	ANCOVA Testi	
		F	P		F	P
Sol	TB-OL	0,71	0,319	W-OL	0,39	0,532
	TB-OH	0,89	0,346	W-OH	0,56	0,457
	TB-OW	1,19	0,277	W-OW	0,71	0,401
	TB-OP	0,96	0,328	W-OP	0,52	0,472
	TB-OA	1,25	0,265	W-OA	0,77	0,380
Sağ	TB-OL	1,73	0,190	W-OL	0,97	0,325
	TB-OH	0,37	0,544	W-OH	0,32	0,571
	TB-OW	2,34	0,128	W-OW	1,60	0,208
	TB-OP	0,82	0,366	W-OP	0,37	0,542
	TB-OA	0,80	0,372	W-OA	0,43	0,513

Otolit değişkenleri ile TB ve W arasındaki tüm ilişkiler oldukça önemli bulunmuştur ($P < 0,001$). Regresyon modelleri çoğunlukla varyansın %90'ından daha fazlasını açıklamıştır (Tablo 4). İlişkilerin R^2 değerleri 0,85-0,92 arasında değişim göstermiştir. OW, OP ve OA, balık boyu ve ağırlığı ile daha kuvvetli ilişkiler sağlamıştır. Ölçülen ve hesaplanan TB değerleri arasındaki fark sadece OA için önemli bulunmuştur (Mann-Whitney U testi, $P < 0,05$). Buna karşılık ölçülen ve hesaplanan W değerleri arasındaki fark önemsiz çıkmıştır (Mann-Whitney U testi, $P > 0,05$). Ortalama yüzde tahmin hatası değerleri 4,69-20,16 arasında değişmiştir. Farklı otolit ölçümlerinin TB ile olan ilişki denklemlerinin ortalama %TH değerleri, W ile olan ilişki denklemlerinin ortalama %TH değerlerinden daha küçüktür. OA regresyonunun ortalama %TH değeri diğer otolit değişkenlerinin ortalama %TH değerinden farklılık göstermiştir (ANOVA, $P < 0,05$). Buna karşılık, W denklemlerinin ortalama %TH değerleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir (ANOVA, $P > 0,05$).

Tablo 4. *P. turani* için otolit ölçümleri ile balık total boyu/ağırlığı arasındaki üssel ilişkilerin regresyon parametreleri ve her bir otolit değişkeni için hesaplanan ortalama yüzde tahmin hatası değeri.

Table 4. Regression parameters of the power relationships between otolith measurements and fish length/weight, and the mean percent prediction error of each otolith variable for *P. turani*.

İlişki	N	a	b	SH (b)	R ²	P	Ölçülen TB/W	Hesaplanan TB/W	%TH (±SS)
							(Ort±SS)	(Ort±SS)	
TB-OL	232	0,042	0,859	0,021	0,88	<0,001	72,02±15,18	72,53±16,45	5,65±6,66
TB-OH	232	0,060	0,708	0,016	0,90	<0,001	72,02±15,18	72,64±16,35	5,69±4,69
TB-OW	232	0,0000643	2,393	0,047	0,92	<0,001	72,02±15,18	72,14±15,71	5,13±3,98
TB-OP	232	0,172	0,798	0,016	0,92	<0,001	72,02±15,18	72,40±16,05	4,69±4,83
TB-OA	232	0,002	1,530	0,031	0,91	<0,001	72,02±15,18	79,86±17,76	10,39±4,46
W-OL	232	1,093	0,292	0,008	0,85	<0,001	4,70±2,68	4,85±3,11	20,16±29,83
W-OH	232	0,880	0,242	0,006	0,89	<0,001	4,70±2,68	4,83±3,15	18,05±17,35
W-OW	232	0,557	0,814	0,018	0,90	<0,001	4,70±2,68	4,79±2,86	17,60±14,37
W-OP	232	3,542	0,272	0,06	0,90	<0,001	4,70±2,68	4,83±3,04	16,26±17,33

Tüm örneklerin sağ otolitlerine ait beş farklı ölçümün birbirleriyle olan ilişkilerinin regresyon parametreleri Tablo 5'te verilmiştir. Otolit değişkenleri arasındaki ilişkiler oldukça önemli çıkmıştır (P<0,001). İlişkilerin R² değerleri 0,86-0,98 arasında değişmiştir. Regresyon modelleri büyük bir oranda varyansın %90'ından daha fazlasını açıklamıştır. OP-OA ve OL-OA ilişkileri diğerlerinden daha kuvvetli bulunmuştur.

Tablo 5. *P. turani*'nin farklı otolit ölçümleri arasındaki üssel ilişkiler.

Table 5. The nonlinear (power) relationships between different otolith measurements of *P. turani*.

İlişki	N	a	b	SH (b)	R ²	P
OL-OH	232	0,847	0,756	0,020	0,86	<0,001
OL-OW	232	0,474	2,616	0,049	0,93	<0,001
OL-OP	232	3,333	0,889	0,012	0,95	<0,001
OL-OA	232	0,677	1,720	0,020	0,97	<0,001
OH-OW	232	0,890	3,181	0,067	0,90	<0,001
OH-OP	232	4,128	1,082	0,017	0,94	<0,001
OH-OA	232	1,030	2,068	0,037	0,93	<0,001
OP-OW	232	0,014	2,920	0,045	0,95	<0,001
OA-OW	232	0,855	1,524	0,022	0,95	<0,001
OP-OA	232	0,069	1,907	0,017	0,98	<0,001

Tablo 6. *P. turani*'nin dişi, erkek ve tüm bireylerinde otolit şekil indeksi değerleri.

Table 6. Otolith shape index values for females, males and all specimens of *P. turani*.

Eşey	Şekil İndeksi	Yön	Ort	SH	SS	Min	Mak	N
Dişi	Şekil Faktörü	Sol	0,737	0,002	0,029	0,657	0,803	140
		Sağ	0,751	0,002	0,031	0,622	0,822	
	Boy-Yükseklik Oranı	Sol	1,340	0,008	0,105	1,003	1,689	140
		Sağ	1,339	0,008	0,096	0,986	1,540	
	Dairesellik	Sol	17,048	0,057	0,677	15,632	19,109	140
		Sağ	16,749	0,062	0,743	15,271	20,181	
	Yuvarlaklık	Sol	0,751	0,005	0,066	0,624	0,999	140
		Sağ	0,754	0,005	0,061	0,647	1,000	
	Dikdörtgensellik	Sol	0,785	0,002	0,033	0,698	1,005	140
		Sağ	0,789	0,002	0,027	0,701	0,845	
Ovallık	Sol	0,143	0,003	0,039	0,001	0,256	140	
	Sağ	0,143	0,003	0,036	-0,006	0,212		
Erkek	Şekil Faktörü	Sol	0,725	0,003	0,034	0,659	0,830	74
		Sağ	0,731	0,004	0,039	0,645	0,846	
	Boy-Yükseklik Oranı	Sol	1,325	0,014	0,126	0,982	1,536	74
		Sağ	1,335	0,012	0,108	1,067	1,615	
	Dairesellik	Sol	17,345	0,094	0,811	15,116	19,044	74
		Sağ	17,220	0,108	0,927	14,842	19,456	
	Yuvarlaklık	Sol	0,752	0,010	0,086	0,613	1,091	74
		Sağ	0,747	0,007	0,065	0,621	0,943	
	Dikdörtgensellik	Sol	0,775	0,003	0,029	0,718	0,841	74
		Sağ	0,778	0,003	0,033	0,677	0,834	
Ovallık	Sol	0,137	0,005	0,049	-0,008	0,211	74	
	Sağ	0,141	0,004	0,040	0,032	0,235		
Tüm Bireyler	Şekil Faktörü	Sol	0,735	0,002	0,031	0,657	0,830	232
		Sağ	0,745	0,002	0,035	0,622	0,846	
	Boy-Yükseklik Oranı	Sol	1,329	0,007	0,113	0,982	1,689	232
		Sağ	1,333	0,006	0,100	0,986	1,615	
	Dairesellik	Sol	17,119	0,048	0,732	15,116	19,109	232
		Sağ	16,885	0,054	0,827	14,842	20,181	
	Yuvarlaklık	Sol	0,756	0,004	0,074	0,613	1,091	232
		Sağ	0,755	0,004	0,062	0,621	1,000	
	Dikdörtgensellik	Sol	0,783	0,002	0,032	0,698	1,005	232
		Sağ	0,786	0,001	0,029	0,677	0,845	
Ovallık	Sol	0,139	0,002	0,043	-0,008	0,256	232	
	Sağ	0,141	0,002	0,037	-0,006	0,235		

P. turani örnekleminde otolit şekil indeksi değerleri Tablo 6’da verilmiştir. Şekil faktörü, dairesellik ve dikdörtgensellik indeksleri sağ ve sol bölge otolitleri arasında farklılık göstermiştir. Buna karşılık boy-yükseklik oranı, yuvarlaklık, dikdörtgensellik ve ovallik indeksleri eşeyler arasında istatistiksel farklılık sergilememiştir. Diğer taraftan dişi ve erkeklerin sağ otolitleri için hesaplanan şekil faktörü ve dairesellik indeksleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Otolit şekil indeksi değerlerinin sol-sağ bölge ve dişi-erkek bireyler arasında istatistiksel olarak karşılaştırılması.

Table 7. Statistical comparisons between left-right sides and female-male individuals of otolith shape index values.

	Değişken	Test	P
Sol-Sağ	Şekil Faktörü	Wilcoxon testi	0,000
	Boy-Yükseklik Oranı	Wilcoxon testi	0,280
	Dairesellik	Wilcoxon testi	0,000
	Yuvarlaklık	Wilcoxon testi	0,951
	Dikdörtgensellik	Wilcoxon testi	0,018
	Ovallik	Wilcoxon testi	0,219
Dişi-Erkek	Şekil Faktörü	İki örneklem t-testi (sol)	0,157
		İki örneklem t-testi (sağ)	0,018
	Boy-Yükseklik Oranı	İki örneklem t-testi (sağ)	0,749
		İki örneklem t-testi (sol)	0,133
	Dairesellik	Mann-Whitney U testi (sağ)	0,005
	Yuvarlaklık	İki örneklem t-testi (sağ)	0,437
		Mann-Whitney U testi (sol)	0,129
	Dikdörtgensellik	Mann-Whitney U testi (sağ)	0,330
Ovallik	Mann-Whitney U testi (sağ)	0,734	

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bildiğimiz kadarıyla, bu çalışma Aksu Kayabalığı'nın sagittal otolit morfometrisini üzerine ilk araştırmadır. Bulgularımız, otolit ölçümleri ile balık boyu ve ağırlığı arasındaki ilişkilerin sol-sağ bölge ve/veya dişi-erkek bireyler arasında farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Bu sonuç, bazı yazarların gözlemleriyle uyumludur (Jawad & Al-Mamry, 2012; Yazıcı vd., 2020; Yılmaz vd., 2014; Yılmaz vd., 2019; Zengin vd., 2017).

Otolit boyutları ile balık ölçümleri arasındaki ilişkilerin tanımlanmasında genellikle doğrusal fonksiyonlar tercih edilmektedir. Bununla birlikte Leonart vd., (2000), bu tip ilişkiler için doğrusal modelin uygun olmadığını bildirmiştir. Benzer şekilde Campana, (2004) da söz konusu ilişkilerin sürekli olarak doğrusal olamayacağına dikkat çekmiştir. Bu çalışmada adı geçen ilişkiler üssel fonksiyonla tanımlanmıştır. Literatürler incelendiğinde birçok çalışmada üssel modelin kullanıldığı göze çarpmaktadır (Bani vd., 2013; Gimenez vd., 2016; Saygın vd., 2020; Yılmaz vd., 2014; Yılmaz vd., 2015; Yılmaz vd., 2019).

Morfometrik ilişkilerin analiz edilmesi neticesinde, balık somatik büyümesinin geri hesaplanmasında otolit ağırlığı ve çevresinin diğer değişkenlere oranla daha doğru sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Otolitler, piskivor canlıların beslenme alışkanlıkları ile ilgili çalışmalarda sıklıkla tespit edilmektedir. Buna karşın predatör hayvanın midesinde bulunan balığın eşeyi ya da boyutları çoğu kez

bilinmemektedir. Bu nedenle eşey farkının olmadığı durumlar için üretilen regresyonlara ihtiyaç duyulmaktadır (Echeverria, 1987). Bu çalışma söz konusu durumlar için gerekli olan ilişki denklemlerini sunmaktadır. Bununla birlikte, adı geçen ilişkiler bu çalışmada verilen boy sınırları dâhilinde kullanılmalıdır.

Şekil indekslerini incelemek karmaşık olsa da genel morfolojiye dayanan tanımlamaları doğruladığı bildirilmiştir (Russ, 1990, Tuset vd., 2003). *P. turani*'nin otolit şekil indekslerinin hesaplandığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte *P. bathybius* ve *P. gorlap* türlerinde sağ sagittal otolit ölçümleri kullanılarak altı şekil indeksi değeri hesaplanmıştır (Bani vd., 2013). Şekil indeksleri açısından *P. turani* ve diğer iki *Ponticola* türü karşılaştırıldığında; en yüksek şekil faktörü ve dikdörtgensellik değeri ile en düşük dairesellik değerinin *P. turani*'de olduğu görülmektedir (Tablo 8). Mevcut durum Aksu Kayabalığı otolitlerinin geometrik olarak daha düzenli ve daha dikdörtgen şekilli olduğuna işaret etmektedir.

Tablo 8. *Ponticola*'nın üç türünde otolit şekil indeksi değerleri.
Table 8. Otolith shape index values for three species of *Ponticola*.

Şekil indeksi	Bani vd., 2013		Bu çalışma
	<i>P. bathybius</i>	<i>P. gorlap</i>	<i>P. turani</i>
Şekil Faktörü	0,64	0,61	0,75
Boy-Yükseklik Oranı	1,21	1,43	1,33
Dairesellik	19,48	20,73	16,89
Yuvarlaklık	0,80	0,63	0,76
Dikdörtgensellik	0,76	0,68	0,79
Ovallik	0,09	0,16	0,14

TEŞEKKÜR

Yazarlar, örnekleme ve laboratuvar süreçlerindeki yardımlarından dolayı Dr. Melek Özpiçak, Dr. Semra Saygın, Enes Hançer ve Aykut Aydın'a ve türün tanımlanması noktasındaki önerileri için Dr. Cüneyt Kaya'ya teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Arslan, Z. & Yazıcı, R. (2020).** Evaluation of 6 different calcified structure in age determination of Common Carp (*Cyprinus carpio*, L., 1758). *The Black Sea Journal of Sciences*, **10**(2), 466-478. DOI: [10.31466/kfbd.815021](https://doi.org/10.31466/kfbd.815021)
- Assis, C.A. (2005).** The utricular otoliths, lapilli, of teleosts: their morphology and relevance for species identification and systematics studies. *Scientia Marina*, **69**(2), 259-273. DOI: [10.3989/scimar.2005.69n2259](https://doi.org/10.3989/scimar.2005.69n2259)
- Bani, A., Poursaeid, S. & Tuset, V.M. (2013).** Comparative morphology of the sagittal otolith in three species of South Caspian gobies. *Journal of Fish Biology*, **82**, 1321-1332. DOI: [10.1111/jfb.12073](https://doi.org/10.1111/jfb.12073)

- Baremore, I.E. & Bethea, D.M. (2010).** *A Guide to Otoliths From Fishes of the Gulf of Mexico* (Report No.599). NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-599, Panama.
- Battaglia, P., Malara, D., Ammendolia, G., Romeo, T. & 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. DOI: [10.1111/jfb.12744](https://doi.org/10.1111/jfb.12744)
- 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. DOI: [10.3989/scimar.2010.74n3605](https://doi.org/10.3989/scimar.2010.74n3605)
- Bostancı, D., Polat, N. & Yılmaz, S. (2009).** Age determination and annulus formation of crucian carp (*Carassius gibelio*) inhabiting Egirdir Lake and Bafra Fish Lake, Turkey. *Journal of Freshwater Ecology*, **24**(2), 331-333. DOI: [10.1080/02705060.2009.9664300](https://doi.org/10.1080/02705060.2009.9664300)
- Bostancı, D., Polat, N., Kurucu, G., Yedier, S., Konaş, S. & Darçin, M. (2015).** Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. *Journal of Applied Ichthyology*, **31**(6), 1013-1022. DOI: [10.1111/jai.12860](https://doi.org/10.1111/jai.12860)
- Bremm, C. & Schulz, U. (2014).** Otolith atlas of fish of the Sinos River. *Brazilian Journal of Biology*, **74**(2), 274-282. DOI: [10.1590/1519-6984.11612](https://doi.org/10.1590/1519-6984.11612)
- Campana, S.E. & Thorrold, S.R. (2001).** Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **58**, 30-38. DOI: [10.1139/f00-177](https://doi.org/10.1139/f00-177)
- Campana, S.E. (1999).** Chemistry and composition of fish otolith: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series*, **188**, 263-297.
- Campana, S.E. (2004).** *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. NRC Research Press, Canada, 284p.
- Canas, L., Stransky, C., Schlickeisen, J., Sampedro, M.P. & Farina, A.C. (2012).** Use of the otolith shape analysis in stock identification of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science*, **69**(2), 250-256. DOI: [10.1093/icesjms/fss006](https://doi.org/10.1093/icesjms/fss006)
- Çiçek, E., Sungur, S. & Fricke, R. (2020).** Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist. *Zootaxa*, **4809**(2), 241-270.
- Echeverria, T.W. (1987).** Relationship of otolith length to total length in rockfishes from Northern and Central California. *Fishery Bulletin*, **85**(2), 383-387.
- Elliott, N.G., Haskard, K. & Koslow, J.A. (1995).** Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*, **46**(2), 202-220.
- Freyhof, J. (2011).** Diversity and distribution of freshwater gobies from the Mediterranean, the Black and Caspian Seas. In: Patzner, R., Van Tassell, J.L., Kovacic, M., & Kapoor, B.G. (Eds), *The Biology of Gobies.*, 279- 288p, Science Publishers, Enfield, New Hampshire.
- Freyhof, J. (2014).** *Ponticola turani*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014. Erişim tarihi: 12 Ocak 2021, <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20141.RLT.S.T19513755A19849709.en>.
- Fricke, R., Eschmeyer, W.N. & Van der Laan, R. (2020).** Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. Erişim tarihi: 15 Ocak 2021, <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- Gimenez, J., Manjabacas, A., Tuset, V.M. & Lombarte, A. (2016).** Relationships between otolith and fish size from Mediterranean and North-Eastern Atlantic species to be used in predator-prey studies. *Journal of Fish Biology*, **89**, 2195-2202. DOI: [10.1111/jfb.13115](https://doi.org/10.1111/jfb.13115)
- Jawad, L.A. & Al-Mamry, J.M. (2012).** Relationship between fish length and otolith dimensions in the carangid fish (*Carangoides coeruleopinnatus* Rüppell, 1830) collected from the Sea of Oman. *Journal of Fisheries Sciences. com*, **6**(3), 203-208.
- Kovačić, M. & Engin, S. (2008).** Two new species of *Neogobius* (Gobiidae) from Northeastern Turkey. *Cybium*, **32**(1), 73-80.
- Lleonart, J., Salat, J. & Torres, G.J. (2000).** Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology*, **205**, 85-93.
- Neilson, M.E. & Stepien, C.A. (2009).** Escape from the Ponto-Caspian: evolution and biogeography of an endemic goby species flock (Benthophilinae: Gobiidae: Teleostei). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **52**(1), 84-102.
- Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S. & 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. DOI: [10.22034/iji.v5i4.311](https://doi.org/10.22034/iji.v5i4.311)
- Russ, J.C. (1990).** Computer-assisted microscopy: The measurement and analysis of images. Plenum Press, New York, 470p.
- Sadighzadeh, Z., Tuset, V.M., Dadpour, M.R., Otero-Ferrer, J.L. & Lombarte, A. (2012).** Otolith atlas from the Persian Gulf and Oman Sea fishes. Lambert Academic Publishing, Germany, 72p.
- Santic, M., Staglić, N. & Pallaoro, A. (2013).** Age and growth of megrim *Lepidorhombus whiffiagonis* (Scophthalmidae) from Eastern Central Adriatic Sea. *Cybium*, **37**(4), 255-261.
- Saygın, S., Özpiçak, M., Yılmaz, S. & 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. DOI: [10.1134/S0032945220040190](https://doi.org/10.1134/S0032945220040190)
- Saygun, S., Turan, D., Saygun, F., Kabadayı, M., Yılmaz, H.F. & Şahin, T.A. (2017). Contributions to fish fauna of the Ilıca River Fatsa/Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, **10**(2), 141-154.
- Schulz-Mirbach, T. & Reichenbacher, B. (2006). Reconstruction of oligocene and neogene freshwater fish faunas-an actualistic study on cypriniform otoliths. *Acta Palaeontologica Polonica*, **51**(2), 283-304.
- Secor, D.H., Dean, J.M. & Laban, E.H. (1992). Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination, In: Stevenson, D.K & Campana, S.E. (ed), *Otolith microstructure examination and analysis 1st ed.*, 19-57p, Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Canada.
- Smith, R.J. (1980). Rethinking allometry. *Journal of Theoretical Biology*, **87**, 97-111.
- Tuset, V.M., Piretti, S., Lombarte, A. & Gonzalez, J.A. (2010). Using sagittal otoliths and eye diameter for ecological characterization of deep-sea fish: *Aphanopus carbo* and *A.intermedius* from NE Atlantic Waters. *Scientia Marina*, **74**(4), 807-814. DOI: [10.3989/scimar.2010.74n4807](https://doi.org/10.3989/scimar.2010.74n4807)
- Tuset, V.M., Lombarte, A., Gonzalez, J.A., Pertusa, J.F. & Lorente, M.J. (2003). Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp.. *Journal of Fish Biology*, **63**, 1491-1504. DOI: [10.1111/j.1095-8649.2003.00262.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2003.00262.x)
- Tuset, V.M., Lombarte, A. & Assis, A.A. (2008). Otolith atlas for the Western Mediterranean, North and Central Eastern Atlantic. *Scientia Marina*, **72**(Supplement 1), 7-198. DOI: [10.3989/scimar.2008.72s17](https://doi.org/10.3989/scimar.2008.72s17)
- Uğurlu, S. (2006). *Samsun ili tatlı su balık faunasının tespiti*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun, Türkiye, 398s.
- Uncu, L. (1995). *Terme Çayı ile Kocamandere Çayı havzalarında fiziki coğrafya araştırmaları ve doğal çevre sorunları*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ankara, Türkiye, 136s.
- Vilizzi, L. & Copp, G.H. (2013). Bias, precision and validation of ageing O+ European barbel *Barbus barbus* (L.) from their otoliths. *Central European Journal of Biology*, **8**(7), 290-297. DOI: [10.2478/s11535-013-0175-4](https://doi.org/10.2478/s11535-013-0175-4)
- Volpedo, A. & Echeverria, D.D. (2003). Ecomorphological patterns of the sagitta in fish on the continental shelf off Argentina. *Fisheries Research*, **60**, 551-560. DOI: [10.1016/S0165-7836\(02\)00170-4](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00170-4)
- Yazıcı, R., Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O. & Polat, N. (2014). The determination of the most reliable ageing method for the rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L., 1758) population in Lake Ladik, Samsun, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **31**(1), 27-33. DOI: [10.12714/egejfas.2014.31.01.05](https://doi.org/10.12714/egejfas.2014.31.01.05)
- Yazıcı, R., Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O. & Polat, N. (2015). Population structure and growth of rudd, *Scardinius erythrophthalmus* (L., 1758) from a eutrophic Lake in Northern Anatolia. *Croatian Journal of Fisheries*, **73**(3), 94-102. DOI: [10.14798/73.3.828](https://doi.org/10.14798/73.3.828)
- Yazıcı, R., Yazıcıoğlu, O. & Yılmaz, M. (2020). Otolith morphometry of wels catfish, *Silurus glanis* L., 1758. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, **6**(3), 215-222. DOI: [10.17216/limnofish.717925](https://doi.org/10.17216/limnofish.717925)
- Yılmaz, S. & Sakallı, M.M. (2020). Length-weight relationship and condition factor of Aksu goby, *Ponticola turani* (Kovačić & Engin, 2008) from Terme Stream (Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, **16**(3), 353-359. DOI: [10.22392/actaqua.686463](https://doi.org/10.22392/actaqua.686463)
- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Saygın (Ayaydın), S. & 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.
- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Yazıcı, R. & Polat, N. (2015). Relationships between fish length and otolith size for five cyprinid species from Lake Ladik, Samsun, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **39**(3), 438-446. DOI: [10.3906/zoo-1403-58](https://doi.org/10.3906/zoo-1403-58)
- Yılmaz, S., Emiroğlu, Ö., Aksu, S., Başkurt, S. & Polat, N. (2019). Relationships between otolith dimensions and body growth of North African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the upper basin of the Sakarya River, Turkey. *Croatian Journal of Fisheries*, **77**(1), 57-62. <https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0006>
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis (Third Edition)*, Prentice Hall, New Jersey, USA, 663p.
- Zengin, M., Saygın, S. & Polat, N. (2017). Relationships between otolith size and total length of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) in Black Sea (Turkey). *North-West Journal of Zoology*, **13**(1), 169-171.