



## Samsun İli'ndeki Lotik Sulardan Örneklenen *Squalius* sp. Populasyonlarının Otolit Ölçümleri-Total Boy İlişkilerinde Alansal Varyasyon

Canan İMAMOĞLU<sup>1\*</sup>, Nazmi POLAT<sup>1</sup>, Semra SAYGIN<sup>1</sup>, Melek ÖZPİÇAK<sup>1</sup>, Savaş YILMAZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Biyoloji Bölümü, Fen Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Received: 23.07.2024

Accepted: 13.09.2024

Published: 30.09.2024

Atf yapmak için: İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M. & Yılmaz, S. (2024). Samsun İli'ndeki Lotik Sulardan Örneklenen *Squalius* sp. Populasyonlarının Otolit Ölçümleri-Total Boy İlişkilerinde Alansal Varyasyon. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 9(3), 422-429. <https://doi.org/10.35229/jaes.1521006>

How to cite: İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M. & Yılmaz, S. (2024). Spatial Variation in Otolith Measurements-Total Length Relationships of *Squalius* sp. Populations Sampled from Lotic Waters in Samsun Province. *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 9(3), 422-429. <https://doi.org/10.35229/jaes.1521006>

<https://orcid.org/0000-0001-9923-1316>  
 <https://orcid.org/0000-0001-9785-9927>  
 <https://orcid.org/0000-0002-3249-5074>  
 <https://orcid.org/0000-0003-3506-4242>  
 <https://orcid.org/0000-0003-2859-4886>

**\*Sorumlu yazar:**

Canan İMAMOĞLU  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Fakültesi,  
Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye  
✉: [canansimsekimamoglu@gmail.com](mailto:canansimsekimamoglu@gmail.com)

**Öz:** Bu çalışma, Samsun İli (Türkiye)'ndeki on lotik habitattan örneklenen *Squalius* sp. populasyonlarının asteriskus ve lapillus otolit ölçümleri ile balık boyu arasındaki ilişkilerde alansal varyasyonu ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Abdal Çayı, Akçay, Engiz Çayı, İstavloz Çayı, Kaynatma Deresi, Mert Irmağı, Taşkelik Deresi, Terme Çayı, Tersakan Çayı ve Yeşilpınar Deresi'nden total boyu 6,5- 36,80 cm (ort±ss, 13,62±3,30) ve ağırlığı 2,90-696,17 g (ort±ss, 38,11±45,94) arasında değişen toplam 400 birey örneklenmiştir. Her bir örneğe ait asteriskus ve lapillus çiftler halinde çıkarılmıştır ve analizlerde sağ otolitler değerlendirmeye alınmıştır. Otolitlerin boyu, yüksekliği/genişliği ölçülmüş ve ağırlıkları tartılmıştır. Otolit ölçümleri ve balık büyümesi arasındaki allometrik ilişkileri tanımlamak için üssel fonksiyon kullanılmıştır. Tüm ilişkiler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,001$ ). Balık boyu ile en yüksek ilişki gösteren ölçüm değişkeni asteriskus yüksekliği (Abdal Çayı) ( $r^2 = 0,97$ ) ve lapillus boyudur (Taşkelik Deresi) ( $r^2 = 0,96$ ). İlişki katsayıları ( $r^2$ ) 0,46 ile 0,97 arasında, yüzde tahmin hatasının ortalama değerleri ise 3,07 ile 11,45 arasında değişmiştir. Elde edilen tüm regresyon eğimleri lokasyonlar arasında farklılık göstermiştir (ANCOVA testi,  $p < 0,05$ ).

**Keywords:** Asteriskus, lapillus, otolit ölçümleri, Samsun, *Squalius*.

## Spatial Variation in Otolith Measurements-Total Length Relationships of *Squalius* sp. Populations Sampled from Lotic Waters in Samsun Province

**Abstract:** This study aimed to reveal spatial variation in the relationships between asteriscus and lapillus otolith measurements and fish length of *Squalius* sp. populations sampled from ten lotic habitats in Samsun Province (Türkiye). A total of 400 individuals were sampled from Abdal Stream, Akçay Stream, Engiz Stream, İstavloz Stream, Kaynatma Stream, Mert River, Taşkelik Stream, Terme Stream, Tersakan Stream, and Yeşilpınar Stream with a total length of 6.5-36.80 cm (mean±sd, 13.62±3.30) and weight ranging from 2.90-696.17 g (mean±sd, 38.11±45.94). The asteriscus and lapillus otoliths of each sample were removed in pairs and the right otoliths were used in the analysis. Otoliths were measured for length, height/width and weighed. A non-linear function was used to define allometric relationships between asteriscus measurements and body size. All relationships were statistically significant ( $p < 0.001$ ). The measurement variables showing the highest correlation with fish length are asteriscus height (Abdal Stream) ( $r^2 = 0.97$ ) and lapillus length (Taşkelik Stream) ( $r^2 = 0.96$ ). The coefficients of determination ( $r^2$ ) ranged from 0.46 to 0.97 and the mean values of the percentage prediction error ranged from 3.07 to 11.45. All regression slopes obtained were differed between locations (ANCOVA test,  $p < 0.05$ ).

**\*Corresponding author:**

Canan İMAMOĞLU  
Ondokuz Mayıs University, Faculty of  
Sciences, Biology Department, Samsun,  
Türkiye  
✉: [canansimsekimamoglu@gmail.com](mailto:canansimsekimamoglu@gmail.com)

**Anahtar kelimeler:** Asteriscus, lapillus, otolith measurements, Samsun, *Squalius*.

## GİRİŞ

Otolitler, kemikli balıkların iç kulağında bulunan kalsiyum karbonattan oluşan yapılardır. Morfofonksiyonel açıdan bakıldığında, otolitler sadece işitme ve denge ile ilgili değil, aynı zamanda yüzme, beslenme, mekânsal dağılım ve iletişim ile de bağlantılıdır (Popper vd., 2005; Tuset vd., 2016; Yang vd., 2024). Otolitlerin morfolojik ve morfometrik özellikleri türlerin tanımlanmasında önemli bir araçtır (Tuset vd., 2008). Balık boyu ve otolit boyutları arasındaki ilişkiyi kullanarak balık boyutu, yaşı, av boyutu (mide örneklerinden ve sindirim sistemi içeriğinin analizinden) ve beslenme alışkanlıkları gibi özellikleri belirlemek de mümkün olabilmektedir (Dehghani vd., 2015; Bulatović vd., 2021). Bir türde otolit boyutları ile total boy arasındaki ilişki belirlendiğinde, otolit boyutlarından bir balığın total boyu veya standart boyu tahmin edilebilir veya bunun tersi de gerçekleştirilebilir (Zengin Özpiçak vd., 2018; Souza vd., 2019). Bu veriler, balık ile beslenen canlıların arkeolojik özelliklerini ve beslenme alışkanlıklarını inceleyen araştırmacılar tarafından, elde edilen otolit boyundan balıkların büyüklüğünü belirlemek için kullanılabilir. Balık boyu ile otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler farklı balık türleri için birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Bostanci, 2009; Giménez vd., 2016; Şimşek vd., 2019; Yılmaz vd., 2019; Yedier, 2021; Saygın vd., 2024; Şen & Daban, 2024).

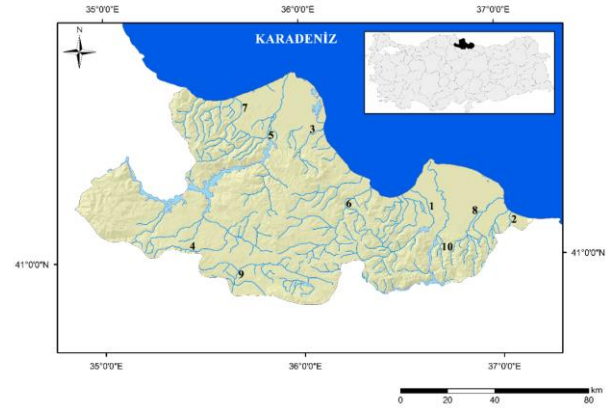
Bu araştırma, *Squalius* sp. türünün otolit ölçümleri ile balık boyu arasındaki ilişkileri hakkında yeni veriler sunmaktadır. *Squalius* cinsi, Leuciscidae familyasına aittir (Stout vd., 2016). Ülkemizde *Squalius* cinsine ait türlerin dağılımı, biyolojisi, populasyon parametreleri, morfometrik ve genetik özellikleriyle ilgili çalışmalar mevcuttur (Aksu vd., 2016; Bayçelebi, 2019; Dedeoğlu vd., 2020; Yedier, 2022; Bayçelebi, 2023; Çiçek vd., 2023; Yazıcıoğlu vd., 2023; Karakus, 2024). Bu çalışmada Samsun ilindeki on lotik habitatından örneklenen *Squalius* sp. populasyonlarının otolit ölçümleri ile balık boyu arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve alansal değişkenliğin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

*Squalius* sp. örnekleri Abdal Çayı (N=40), Akçay (N=40), Engiz Çayı (N=40), Istavloz Çayı (N=40), Kaynatma Deresi, (N=40), Mert Irmağı (N=40), Taşkelik Deresi (N=40), Terme Çayı (N=40), Tersakan Çayı (N=40) ve Yeşilpınar Deresi (N=40)'nden elektroşok yardımıyla yakalanmıştır (Şekil 1). Çalışmaya başlamadan önce Ondokuz Mayıs Üniversitesi Hayvan Deneyle Yerel Etik

Kurulu'ndan Etik Kurul onayı (Kabul no: 2021/33) alınmıştır.

Yakalanan örnekler soğuk zincir ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi İhtiyoloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Her bir balık örneğinin total boyları ölçülmüş ( $\pm 0,1$  cm) ve ağırlıkları ( $\pm 0,01$  g) tartılmıştır. Asteriskus ve lapillus çiftleri, sağ ve sol arasında ayırılarak çıkarılmış, temizlenmiş ve kuru olarak ependorf tüplerinde saklanmıştır.



Şekil 1. Örnekleme lokasyonları (1-Abdal Çayı, 2-Akçay, 3-Engiz Çayı, 4-Istavloz Çayı, 5-Kaynatma Deresi, 6-Mert Irmağı, 7-Taşkelik Deresi, 8-Terme Çayı, 9-Tersakan Çayı, 10- Yeşilpınar Deresi).

Figure 1. Sampling locations (1-Abdal Stream, 2-Akçay Stream, 3-Engiz Stream, 4-Istavloz Stream, 5-Kaynatma Stream, 6-Mert River, 7-Taşkelik Stream, 8-Terme Stream, 9-Tersakan Stream, 10-Yeşilpınar Stream).

Analizlerde sadece sağ otolitler değerlendirmeye alınmıştır. Her bir asteriskus (AW) ve lapillus (LW) ağırlığı ( $\pm 0,0001$  mg) tartılmıştır. Otolitler, görüntü analiz sisteminde Leica S8APO marka binoküler mikroskopla bağlantılı olan Leica DFC295 dijital kamera ile görüntülenmiş, asteriskuslar distal yüzeyden, lapilluslar ise dorsal yüzeyden fotoğraflanmıştır. Her bir fotoğrafın piksel-mm dönüşümü yapılarak Image J (version 1.53t) programı yardımıyla asteriskus boyu (AB), asteriskus yüksekliği (AY), lapillus boyu (LB) ve lapillus genişliği (LG) ölçümleri ( $\pm 0.001$  mm) alınmıştır (Şekil 2). Asteriskus ve lapillus için otolit boyu, ön ve arka kenar arasındaki en uzun mesafe olarak tanımlanmıştır. Asteriskus yüksekliği, dorsal ve ventral kenar arasındaki en uzun mesafe, lapillus genişliği ise lateralden mediale en uzun mesafe olarak tanımlanmıştır (Yılmaz vd., 2015).

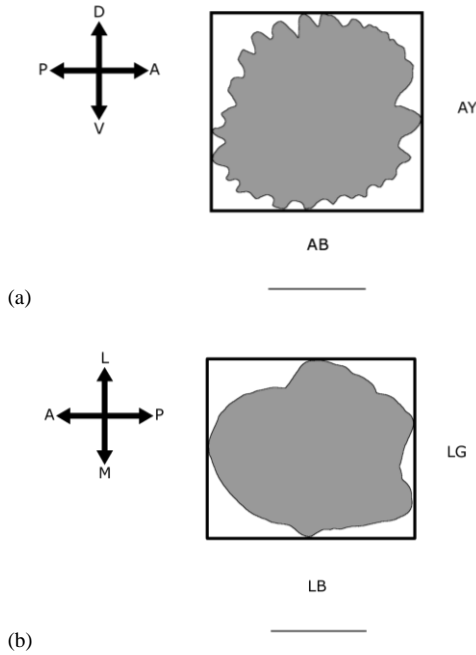
**İstatistiksel Analiz:** Otolit ölçümleri ile balık boyu arasındaki ilişkiler power model ( $y = ax^b$ ) ile belirlenmiştir (Zar, 1999; Leonart vd., 2000). Elde edilen regresyonların önemliliğini teyit etmek için F testi kullanılmıştır. Her bir regresyon eğiminin izometriden sapması ise t-testi ile kontrol edilmiştir (Zar, 1999). Balık boyu ile otolit boyu, yükseklik/genişlik arasındaki ilişkilerin b değerinin 1'den ( $b=1$  izometri,  $b<1$  negatif allometri,  $b>1$  pozitif allometri) ve balık boyu ile otolit ağırlığı arasındaki ilişkilerin b değerinin ise 2'den ( $b=2$  izometri,  $b<2$  negatif allometri,  $b>2$  pozitif allometri) farklılığı test edilmiştir (Bervian vd., 2006). Örnekleme

alanları arasındaki regresyon eğimlerindeki istatistiksel farklılıklar ANCOVA testi ile test edilmiştir (Zar, 1999).

*Squalius* sp. populasyonlarında otolit ölçümleri ile total boy arasındaki ilişkileri ortaya koyan regresyonların kuvvetliliği,  $r^2$  ve ortalama yüzde tahmin hatası (%TH) ile değerlendirilmiştir. Herhangi bir regresyon için ortalama %TH değeri, ilgili örneklemden her bir birey için ayrı ayrı elde edilen yüzde tahmin hatası değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Bir birey için % TH'nin hesaplanması Smith (1980) tarafından önerilen denklem kullanılarak gerçekleştirilmiştir:

$$\% TH = \frac{|x_{\bar{o}} - x_t|}{x_t} \times 100$$

Formülde  $x_{\bar{o}}$  ölçülen total boy ve  $x_t$  ise tahmin edilen total boydur. Her bir populasyonda her bir ölçüm için ölçülen ve hesaplanan total boy değerleri arasındaki farklılık değerlendirilmeden önce verilere normalite testi uygulanmıştır. Veriler normal dağılım gösteriyorsa bağımsız örneklem t-testi, normal dağılım göstermediğinde ise parametrik olmayan Mann-Whitney U testi kullanılarak ölçülen ve hesaplanan total boy değerleri arasındaki farklılık analiz edilmiştir (Zar, 1999).



**Şekil 2.** (a) Sağ asteriskusa ait morfometrik ölçümler, (b) sağ lapillusa ait morfometrik ölçümler (AB: asteriskus boyu, AY: asteriskus yüksekliği, LB: lapillus boyu, LG: lapillus genişliği, D: dorsal, V: ventral, L: lateral, M: medial, A: anterior, P: posterior, Ölçek: 1 mm).

**Figure 2.** (a) Morphometric measurements of the right asteriscus, (b) morphometric measurements of the right lapillus (AB: asteriscus length, AY: asteriscus height, LB: lapillus length, LG: lapillus width, D: dorsal, V: ventral, L: lateral, M: medial, A: anterior, P: posterior, Scale: 1 mm).

## BULGULAR

Çalışmada toplam 400 *Squalius* sp. örneği incelenmiştir. İncelenen balık örneklerinin total boyları

6,50-36,80 cm (ort±ss, 13,62±3,30), ağırlıkları ise 2,90-696,17 g (ort±ss, 38,11±45,94) arasında değişmiştir. *Squalius* sp. populasyonlarının boy ve ağırlık değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 1’de, otolit ölçümlerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 2 ve Tablo 3’te sunulmuştur.

**Tablo 1.** *Squalius* sp. populasyonlarının total boy ve ağırlık değerlerinin tanımlayıcı istatistikleri (N: Örnek sayısı, Ort: Ortalama, Ss: Standart sapma, Min: Minimum, Max: Maximum, TB: Total boy, W: Ağırlık).

**Table 1.** Descriptive statistics of total length and weight values of *Squalius* sp. populations (N: Number of samples, M: Mean, SD: Standard deviation, Min: Minimum, Max: Maximum, TB: Total length, W: Weighth).

Populasyon	N	Değişken	Ort±Ss	Min-Max
Abdal Çayı	40	TB	15,66±5,04	9,30-36,80
		W	70,02±111,65	8,81-696,17
Akçay	40	TB	13,38±2,47	10,20-22,30
		W	31,29±22,91	11,65-129,35
Engiz Çayı	40	TB	13,40±3,67	6,50-23,20
		W	41,29±43,56	2,90-206,19
İstavloz Çayı	40	TB	13,27±3,38	7,50-20,00
		W	36,12±26,81	5,24-107,35
Kaynatma Deresi	40	TB	13,08±2,53	8,60-21,50
		W	30,85±22,72	7,55-131,13
Mert Irmağı	40	TB	13,63±2,85	10,10-21,00
		W	35,18±22,54	12,36-89,86
Taşkelik Deresi	40	TB	13,20±4,04	6,60-27,70
		W	36,94±51,55	3,25-292,09
Terme Çayı	40	TB	11,30±2,21	6,60-17,60
		W	19,01±11,98	3,38-71,82
Tersakan Çayı	40	TB	15,75±1,29	13,10-19,60
		W	51,99±14,68	28,16-108,88
Yeşilpınar Deresi	40	TB	13,55±1,56	10,30-17,60
		W	28,45±10,11	13,16-59,44

**Tablo 2.** *Squalius* sp. populasyonlarının asteriskus otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri (AB: Asteriskus boyu, AY: Asteriskus yüksekliği, AW: Asteriskus ağırlığı).

**Table 2.** Descriptive statistics of asteriscus otolith measurements of *Squalius* sp. populations (AB: Asteriscus length, AY: Asteriscus height, AW: Asteriscus weighth).

Populasyon	N	Değişken	Ort±Ss	Min-Max
Abdal Çayı	40	AB	2,393±0,547	1,661-4,467
		AY	2,314±0,511	1,610-4,304
		AW	0,003±0,003	0,001-0,018
Akçay	40	AB	2,256±0,347	1,805-3,430
		AY	2,198±0,329	1,706-3,158
		AW	0,003±0,001	0,001-0,005
Engiz Çayı	40	AB	2,086±0,467	1,155-3,235
		AY	2,098±0,418	1,203-3,258
		AW	0,003±0,001	0,001-0,007
İstavloz Çayı	40	AB	2,086±0,463	1,229-3,136
		AY	1,898±0,368	1,146-2,691
		AW	0,002±0,001	0,001-0,005
Kaynatma Deresi	40	AB	2,053±0,302	1,546-3,149
		AY	1,949±0,273	1,542-2,816
		AW	0,002±0,001	0,001-0,006
Mert Irmağı	40	AB	2,124±0,374	1,645-3,174
		AY	1,998±0,317	1,597-2,765
		AW	0,002±0,001	0,001-0,005
Taşkelik Deresi	40	AB	2,019±0,457	1,206-3,888
		AY	1,989±0,438	1,197-3,645
		AW	0,002±0,002	0,001-0,012
Terme Çayı	40	AB	1,985±0,299	1,229-2,781
		AY	1,939±0,308	1,219-2,630
		AW	0,002±0,001	0,001-0,004
Tersakan Çayı	40	AB	2,344±0,213	1,824-2,938
		AY	2,209±0,152	1,814-2,637
		AW	0,003±0,001	0,002-0,004
Yeşilpınar Deresi	40	AB	2,281±0,209	1,728-2,883
		AY	2,185±0,164	1,766-2,470
		AW	0,003±0,001	0,002-0,004

**Tablo 3.** *Squalius* sp. populasyonlarının lapillus otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri (LB: Lapillus boyu, LG: Lapillus genişliği, LW: Lapillus ağırlığı).**Table 3.** Descriptive statistics of lapillus otolith measurements of *Squalius* sp. populations (LB: Lapillus length, LG: Lapillus width, LW: Lapillus weight).

Populasyon	N	Değişken	Ort±Ss	Min-Max
Abdal Çayı	40	LB	2,313±0,510	1,709-4,429
		LG	1,818±0,355	1,344-3,200
		LW	0,005±0,004	0,002-0,028
Akçay	40	LB	2,006±0,277	1,606-2,646
		LG	1,728±0,239	1,325-2,195
		LW	0,003±0,001	0,002-0,007
Engiz Çayı	40	LB	1,989±0,375	1,162-2,912
		LG	1,555±0,280	0,950-2,237
		LW	0,003±0,002	0,001-0,008
İstavloz Çayı	40	LB	1,843±0,369	1,130-2,602
		LG	1,429±0,285	0,877-2,099
		LW	0,003±0,001	0,001-0,007
Kaynatma Deresi	40	LB	1,853±0,282	1,354-2,768
		LG	1,488±0,218	1,043-2,102
		LW	0,003±0,001	0,001-0,007
Mert Irmağı	40	LB	1,930±0,298	1,517-2,749
		LG	1,521±0,241	1,210-2,170
		LW	0,003±0,001	0,001-0,007
Taşkelik Deresi	40	LB	1,979±0,442	1,178-3,728
		LG	1,545±0,340	0,934-2,733
		LW	0,003±0,003	0,001-0,017
Terme Çayı	40	LB	1,862±0,313	1,114-2,605
		LG	1,568±0,260	0,934-2,112
		LW	0,003±0,001	0,001-0,006
Tersakan Çayı	40	LB	2,130±0,159	1,818-2,528
		LG	1,679±0,161	1,299-2,093
		LW	0,003±0,001	0,002-0,006
Yeşilpınar Deresi	40	LB	2,123±0,182	1,645-2,547
		LG	1,741±0,147	1,488-2,064

**Tablo 4.** On farklı tatlısu kaynağından yakalanan *Squalius* sp. populasyonlarının asteriskus otolit ölçümleri ile balık boyu arasındaki ilişkilerin tahmini parametreleri ve her bir otolit değişkeninin ortalama yüzde tahmin hatası değeri ( $r^2$ : Belirleme katsayısı, %TH: Yüzde tahmin hatası).**Table 4.** Estimation parameters of the relationships between asteriscus otolith measurements and fish length of *Squalius* sp. populations captured from ten different freshwater sources and the mean percent prediction error value of each otolith variable ( $r^2$ : Coefficient of determination, %PE: Percent prediction error).

Lokasyon	N	İlişki	$r^2$	Ölçülen TB (Ort±Ss)	Hesaplanan TB (Ort±Ss)	%TH (Ort±Ss)
Abdal Çayı	40	AB=0,335TB <sup>0,718</sup>	0,93	15,66±5,04	15,67±5,25	6,33±4,17
		AY=0,329TB <sup>0,712</sup>	0,97		15,68±5,12	3,92±3,21
		AW=0,000017TB <sup>1,895</sup>	0,95		15,62±5,38	5,00±4,23
Akçay	40	AB=0,267TB <sup>0,824</sup>	0,92	13,38±2,47	13,37±2,53	4,21±2,56
		AY=0,263TB <sup>0,819</sup>	0,94		13,40±2,47	3,23±2,81
		AW=0,000015TB <sup>1,965</sup>	0,89		13,46±2,51	4,66±3,66
Engiz Çayı	40	AB=0,270TB <sup>0,789</sup>	0,92	13,40±3,67	13,45±3,88	5,84±4,77
		AY=0,326TB <sup>0,720</sup>	0,92		13,41±3,76	5,75±5,55
		AW=0,000017TB <sup>1,941</sup>	0,93		13,25±3,57	5,13±5,59
İstavloz Çayı	40	AB=0,250TB <sup>0,821</sup>	0,89	13,27±3,38	13,33±3,58	7,41±5,47
		AY=0,287TB <sup>0,733</sup>	0,92		13,28±3,46	6,31±4,82
		AW=0,000029TB <sup>1,613</sup>	0,83		13,32±3,78	9,98±6,24
Kaynatma Deresi	40	AB=0,326TB <sup>0,716</sup>	0,88	13,08±2,53	13,14±2,77	5,48±3,98
		AY=0,331TB <sup>0,691</sup>	0,91		13,09±2,73	4,73±3,48
		AW=0,000013TB <sup>1,951</sup>	0,94		12,87±2,64	3,89±3,12
Mert Irmağı	40	AB=0,276TB <sup>0,782</sup>	0,87	13,63±2,85	13,66±3,11	6,29±4,41
		AY=0,278TB <sup>0,756</sup>	0,97		13,65±2,89	3,07±2,24
		AW=0,000009TB <sup>2,052</sup>	0,95		14,01±2,95	4,47±2,69
Taşkelik Deresi	40	AB=0,311TB <sup>0,728</sup>	0,93	13,20±4,04	13,21±4,30	6,09±4,57
		AY=0,303TB <sup>0,732</sup>	0,95		13,22±4,12	5,32±3,94
		AW=0,000015TB <sup>1,960</sup>	0,94		13,00±4,09	5,92±4,38
Terme Çayı	40	AB=0,317TB <sup>0,758</sup>	0,90	11,30±2,21	11,30±2,19	5,08±4,39
		AY=0,279TB <sup>0,800</sup>	0,91		11,33±2,21	4,81±4,12
		AW=0,000013TB <sup>2,049</sup>	0,89		11,31±2,16	5,54±4,59
Tersakan Çayı	40	AB=0,240TB <sup>0,827</sup>	0,54	15,75±1,29	15,75±1,73	5,78±4,52
		AY=0,306TB <sup>0,717</sup>	0,70		15,77±1,51	4,12±3,23
		AW=0,000011TB <sup>1,995</sup>	0,71		15,43±1,48	4,60±3,29
Yeşilpınar Deresi	40	AB=0,395TB <sup>0,672</sup>	0,70	13,55±1,56	13,63±1,86	5,46±4,82
		AY=0,521TB <sup>0,550</sup>	0,67		13,61±1,81	6,45±5,04
		AW=0,000072TB <sup>1,393</sup>	0,74		13,61±1,73	5,54±3,73

LW 0,004±0,001 0,002-0,006

Asteriskus boyu, asteriskus yüksekliği ve asteriskus ağırlığı ile balık boyu arasındaki ilişkilerden elde edilen denklem parametreleri ve ilişkinin regresyon katsayısı Tablo 4'te sunulmuştur. İlişkilerin tümü istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,001$ ,  $r^2>0,53$ ). Söz konusu ilişkiler varyansın %53'ünden fazlasını açıklamıştır. Balık boyu ile en yüksek ilişki gösteren ölçüm değeri asteriskus yüksekliği (Abdal Çayı) ( $r^2=0,97$ ) iken; en düşük ilişkiye sahip olan ise asteriskus boyudur (Tersakan Çayı) ( $r^2=0,54$ ). ANCOVA testi sonuçlarına göre, TB-AB ( $P=0,010$ ), TB-AY ( $P=0,000$ ) ve TB-AW ( $P=0,000$ ) ilişkileri için on örneklem alanının eğimleri arasında anlamlı farklılıklar mevcuttur. Tersakan Çayı'nda yalnızca TB-AB ilişkisi ( $P=0,171$ ) izometriktir (t testi,  $P>0,05$ ); diğer tüm lokasyonlarda TB-AB ve TB-AY ilişkisi negatif allometriktir (t-testi,  $P<0,05$ ). TB-AW ilişkisi Abdal Çayı, İstavloz Çayı ve Yeşilpınar Deresi'nde negatif allometrik (t-testi,  $P<0,05$ ) iken; diğer tüm lokasyonlarda izometriktir (t testi,  $P>0,05$ ).

Asteriskus için elde edilen regresyonların ortalama %TH değerleri 3,07 ile 9,98 arasında değişmiştir (Tablo 4). On lokalite ayrı ayrı değerlendirildiğinde ölçülen ve geri hesaplanan total boy değerleri arasında istatistiksel farklılık gözlenmemiştir ( $P>0,05$ ).



**Tablo 5.** On farklı tatlısu kaynağından yakalanan *Squalius* sp. populasyonlarının lapillus otolit ölçümleri ile balık boyu arasındaki ilişkilerin tahmini parametreleri ve her bir otolit değişkeninin ortalama yüzde tahmin hatası değeri.**Table 5.** Estimation parameters of the relationships between lapillus otolith measurements and fish length of *Squalius* sp. populations captured from ten different freshwater sources and the mean percent prediction error value of each otolith variable.

Lokasyon	N	İlişki	r <sup>2</sup>	Ölçülen TB (Ort±Ss)	Hesaplanan TB (Ort±Ss)	%TH (Ort±Ss)
Abdal Çayı	40	LB=0,367TB <sup>0,672</sup>	0,93	15,66±5,04	15,73±5,59	6,12±4,77
		LG=0,358TB <sup>0,593</sup>	0,87		15,81±5,69	8,11±6,70
		LW=0,000022TB <sup>1,940</sup>	0,94		15,60±5,47	5,95±3,98
Akçay	40	LB=0,282TB <sup>0,757</sup>	0,90	13,38±2,47	13,40±2,46	4,45±3,77
		LG=0,244TB <sup>0,755</sup>	0,83		13,42±2,45	5,92±5,09
		LW=0,000017TB <sup>2,046</sup>	0,88		13,29±2,41	4,69±4,24
Engiz Çayı	40	LB=0,337TB <sup>0,686</sup>	0,92	13,40±3,67	13,46±3,75	5,75±5,10
		LG=0,300TB <sup>0,636</sup>	0,87		13,48±3,88	7,44±7,85
		LW=0,000023TB <sup>1,885</sup>	0,90		13,32±3,63	6,31±7,22
İstavloz Çayı	40	LB=0,265TB <sup>0,752</sup>	0,88	13,27±3,38	13,30±3,48	7,95±4,89
		LG=0,232TB <sup>0,705</sup>	0,81		13,33±3,72	11,45±5,84
		LW=0,000026TB <sup>1,756</sup>	0,81		13,41±3,85	11,08±6,10
Kaynatma Deresi	40	LB=0,260TB <sup>0,765</sup>	0,93	13,08±2,53	13,09±2,65	3,98±2,88
		LG=0,222TB <sup>0,741</sup>	0,88		13,10±2,61	5,49±4,14
		LW=0,000010TB <sup>2,135</sup>	0,95		13,25±2,62	3,35±2,56
Mert Irmağı	40	LB=0,294TB <sup>0,722</sup>	0,94	13,63±2,85	13,63±2,95	4,25±2,99
		LG=0,249TB <sup>0,694</sup>	0,84		13,67±3,18	6,89±5,47
		LW=0,000010TB <sup>2,130</sup>	0,94		13,87±2,98	4,39±2,67
Taşkelik Deresi	40	LB=0,304TB <sup>0,728</sup>	0,96	13,20±4,04	13,26±4,26	4,60±3,75
		LG=0,246TB <sup>0,715</sup>	0,89		13,23±4,18	7,97±5,90
		LW=0,000021TB <sup>1,934</sup>	0,94		13,21±4,31	6,05±3,92
Terme Çayı	40	LB=0,235TB <sup>0,854</sup>	0,92	11,30±2,21	11,32±2,20	4,33±3,90
		LG=0,208TB <sup>0,833</sup>	0,89		11,34±2,22	5,56±4,46
		LW=0,000010TB <sup>2,300</sup>	0,89		11,45±2,19	5,50±4,48
Tersakan Çayı	40	LB=0,295TB <sup>0,717</sup>	0,61	15,75±1,29	15,78±1,65	5,05±4,01
		LG=0,137TB <sup>0,908</sup>	0,58		15,80±1,67	5,58±4,03
		LW=0,000007TB <sup>2,242</sup>	0,74		15,74±1,48	3,59±3,11
Yeşilpınar Deresi	40	LB=0,376TB <sup>0,665</sup>	0,77	13,55±1,56	13,54±1,73	5,38±3,11
		LG=0,479TB <sup>0,495</sup>	0,46		13,65±2,33	9,96±7,73
		LW=0,000050TB <sup>1,659</sup>	0,67		13,54±1,84	6,91±3,93

Lapillus boyu, lapillus genişliği ve lapillus ağırlığı ile balık boyu arasındaki ilişkilerden elde edilen denklem parametreleri ve ilişkinin regresyon katsayısı Tablo 5'te sunulmuştur. İlişkilerin tümü istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0,001$ ,  $r^2 > 0,46$ ). Söz konusu ilişkiler varyansın %45'inden fazlasını açıklamıştır. Balık boyu ile en yüksek ilişki gösteren ölçüm değeri lapillus boyu (Taşkelik Deresi) ( $r^2 = 0,96$ ) iken; en düşük ilişkiye sahip olan ise lapillus genişliğidir (Yeşilpınar Deresi) ( $r^2 = 0,46$ ). ANCOVA testi sonuçlarına göre, TB-LB ( $P = 0,04$ ), TB-AY ( $P = 0,000$ ) ve TB-AW ( $P = 0,000$ ) ilişkileri için on örnekleme noktasının eğimleri arasında anlamlı farklılıklar mevcuttur. Tersakan Çayı'nda yalnızca TB-LG ilişkisi ( $P = 0,469$ ) izometrik (t testi,  $P > 0,05$ ); diğer tüm lokasyonlarda TB-LB ve TB-LG negatif allometriktir (t-testi,  $P < 0,005$ ). TB-LW ilişkisi ise yalnızca Terme Çayı'nda negatif allometriktir (t-testi,  $P < 0,005$ ); diğer tüm lokasyonlarda ise izometriktir (t testi,  $P > 0,05$ ).

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Otolitler, balık türlerinin tanımlanmasında ve populasyonlar arasında ayırım yapmada taksonomik araç olarak kullanılmaktadır (Tuset vd., 2008; Akbay vd., 2022; Yedier vd., 2023; Yang vd., 2024). Otolit ölçümleri ve balık boyu arasındaki ilişkileri kullanılarak, balıkların

midelerinde bulunan otolitlerden elde edilen veriler geri hesaplama analizlerinde balık boyutunu değerlendirmek için kullanılabilir. Otolitin uç kısımlarının (rostrum veya post-rostrum) hasar görmesi durumunda otolit boyundan balık boyu tahmin edilemeyeceğinden, otolit yüksekliği/genişliği kullanılabilir (Saygın vd., 2024). Ülkemizde *Squalius* cinsine ait türlerde otolit boyutları-balık boyu arasındaki ilişkileri inceleyen bazı çalışmalar mevcuttur (Bostancı, 2009; Kurucu & Bostancı, 2018; Zengin Özpiçak vd., 2018; Başusta & Girgin, 2023).

Otolit boyutları ile balık boyu arasındaki ilişkiler, balık biyolojisi ve balıkçılık çalışmaları için bir temel oluşturmaktadır. Söz konusu ilişkiler genellikle doğrusal ya da üssel regresyon modeli ile tanımlanmaktadır. Campana (2004), bu tip ilişkilerin daima doğrusal regresyonla açıklanamayacağını ifade etmiştir. Bu durum, doğrusal modelin şekil değişkenliğini tespit edememesi ve bağımsız "a" katsayısının morfometride bir anlam ifade etmemesi ile açıklanmaktadır (Leonart vd., 2000). Literatür incelendiğinde birçok çalışmada bu ilişkilerin üssel model kullanılarak belirlendiği tespit edilmiştir (Giménez vd., 2016; Zengin Özpiçak vd., 2018; Saygın vd., 2020; Bulatović vd., 2021; Yılmaz vd., 2022; Saygın vd., 2024).

Bu çalışma kapsamında otolit boyutları ile balık büyümesi arasındaki allometrik ilişkiler incelendiğinde yüksek  $r^2$  ve düşük ortalama yüzde tahmin hatası değerleri

nedeniyle *Squalius sp.* türü için total boy tahmininde en güvenilir değişkenin asteriskus yüksekliği ve lapillus ağırlığı olduğu belirlenmiştir. Kurucu & Bostancı (2018) Aşağı Melet Nehri ve Çamlıdere Baraj Gölü'nden örnekledikleri *Squalius cephalus* türünde en yüksek regresyon katsayısı değerinin asteriskus ağırlığı ile çatal boy ( $r^2= 0,81$ ) ilişkisinden elde edildiğini bildirmişlerdir. Zengin Özpiçak vd. (2018) *Squalius cephalus*'un Terme Çayı ve Yedikir Baraj Gölü popülasyonları için asteriskus ağırlığının, Abdal Çayı ve Akçay popülasyonları için asteriskus boyunun, diğer otolit ölçümlerine göre balık büyüklüğünü daha iyi tanımladığını rapor etmişlerdir. Bulatović vd. (2021) *Squalius platyceps* türü için total boy ile en güçlü ilişki gösteren değişkenin lapillus boyu olduğu sonucuna ulaşmıştır. Başusta & Girgin (2023) *Squalius semae* türünde otolith oluşumu ve büyümesinin balığın büyümesine paralel olarak gerçekleştiğini ve boy arttıkça otolit boyunun da artış göstereceğini bildirmişlerdir.

Otolit boyutu ve şekli, balığın büyümesiyle değişebilmektedir (Campana, 2004; Vignon, 2012). Bulgularımız hem asteriskus hem de lapillus gelişiminin somatik büyümeyi yansıttığını, ancak bu durumun örnekleme alanlarına göre değişiklik gösterdiğini (negatif allometrik veya izometrik) ortaya koymuştur. Farklı balık türlerinde otolit ölçümleri kullanılarak somatik büyümenin değerlendirildiği birçok çalışma mevcuttur (Uyan vd., 2019; Yılmaz vd., 2019; Romero vd., 2020; Yılmaz vd., 2022; Yazıcı, 2023; Yang vd., 2024). Otolit ve somatik büyüme her zaman paralel olarak gerçekleşmeyebilir ve otolitler somatik büyümenin yokluğunda veya yavaşlamasında bile büyümeye devam eder (Mosegaard vd., 1988; Munday vd., 2004). Otolit boyutları ve balık boyu arasındaki ilişkileri tespit ederek popülasyonlar arasındaki farklılığı ortaya koyan benzer çalışmalar mevcuttur (Bostancı vd., 2017; Nguyen & Dinh, 2020; Yılmaz vd., 2022).

Bu çalışmada elde edilen regresyonlardan *Squalius sp.* türünün boyu geri hesaplanabilir ancak ağırlıkları hesaplanamaz. Bu durumda, boy-ağırlık ilişkilerinin denklemleri balık ağırlıklarını tahmin etmek için kullanılabilir. Samsun ilinde yaşayan *Squalius sp.* türüne ait boy-ağırlık ilişkilerinin parametreleri İmamoğlu vd. (2024) çalışmasında verilmiştir.

Sonuç olarak, *Squalius sp.* türünün on farklı popülasyonunda hem asteriskus hem de lapillus otolit büyümesinin popülasyonlar arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen farklılıkların temel olarak örnekleme alanlarındaki sıcaklık, pH, tuzluluk, beslenme vb. abiyotik faktörlerdeki farklılıklardan kaynaklanıyor olabileceği düşünülmektedir (Yılmaz vd., 2022). Bu çalışmadan elde edilen ilişkilerin; piskivor hayvanların beslenme alışkanlıklarını çalışan araştırmacılara ve *Squalius* cinsine ait türler ile ilgili olarak gerçekleştirilecek olan

otolit temelli çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.FEN.1901.22.002 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akbay, R., Yılmaz, S., Ozpicak, M., Saygin, S. & Polat, N. (2022).** Lagenar otolith morphometry of gibel carp, *Carassius gibelio* (Cyprinidae): Comparisons among four populations in Samsun Province (Turkey). *Journal of Ichthyology*, **62**(5), 770-776. [DOI: 10.1134/S0032945222050022](https://doi.org/10.1134/S0032945222050022)
- Aksu, S., Turan, D. & Emiroğlu, Ö. (2016).** Nilüfer çayında *Squalius cii* Richardson, 1857'nin morfometrik ve meristik karakterlerinin belirlenmesi. *Biological Diversity and Conservation*, **9**(3), 64-69.
- Başusta, A. & Girgin, H. (2023).** Relationships between fish length-otolith dimensions of *Squalis semae* living in Murat River. *Ecological Life Sciences*, **18**(4), 166-172. [DOI: 10.12739/NWSA.2023.18.4.5A0203](https://doi.org/10.12739/NWSA.2023.18.4.5A0203)
- Bayçelebi, E. (2019).** Türkiye'de dağılım gösteren *Squalius cinsinin* taksonomik revizyonu (Doktora Tezi). Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Rize, Türkiye, 135s.
- Bayçelebi, E. (2023).** New data on the distribution of *Squalius seyhanensis* (Teleostei: Leuciscidae). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **8**(4), 668-670. [DOI: 10.35229/jaes.1331030](https://doi.org/10.35229/jaes.1331030)
- Bervian, G., Fontoura, N.F., & Haimovici, M. (2006).** Statistical model of variable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). *Journal of Fish Biology*, **68**(1), 196-208.
- Bostancı, D., Yedier, S., Konaş, S., Kurucu, G. & Polat, N. (2017).** Regional variation of relationship between total length and otolith sizes in the three *Atherina boyeri* Risso, 1810 populations, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **34**(1), 11-16. [DOI: 10.12714/egejfas.2017.34.1.02](https://doi.org/10.12714/egejfas.2017.34.1.02)
- 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. [DOI: 10.1080/02705060.2009.9664339](https://doi.org/10.1080/02705060.2009.9664339)
- Bulatović, I., Marić, D. & Milošević, D. (2021).** Relationships between Otolith Dimensions and Body Length of Five Cyprinid Fish Species from

- Lake Skadar, Adriatic Catchment of Montenegro. *Acta Zoologica Bulgarica*, In Press.
- Campana, S.E. (2004).** *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. Ottawa (Canada), NRC Research Press, 284p.
- Çiçek, E., Sungur, S., Fricke, R. & Seçer, B. (2023).** Freshwater lampreys and fishes of Türkiye; an annotated checklist-2023. *Turkish Journal of Zoology*, **47**(6), 324-468. DOI: [10.55730/1300-0179.3147](https://doi.org/10.55730/1300-0179.3147)
- Dedeoğlu, Y., Yeşilçiçek, T. & Kalaycı, F. (2020).** Borçka Baraj Gölü'ndeki (Artvin) tatlısu kefali (*Squalius orientalis* Heckel, 1847)'nin bazı büyüme parametreleri. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **1**(1), 38-53.
- Dehghani, M., Kamrani, E., Salarpouri, A. & Kamali, E. (2015).** Relationship between fish length and otolith dimensions (length, width) and otolith weight of *Sardinella sindensis*, as index for environmental studies, Persian Gulf. *Journal of Fisheries & Livestock Production*, **3**(2), 1-5. DOI: [10.4172/2332-2608.1000134](https://doi.org/10.4172/2332-2608.1000134)
- Giménez, 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**(4), 2195-2202. DOI: [10.1111/jfb.13115](https://doi.org/10.1111/jfb.13115)
- İmamoğlu, C., Polat, N., Saygı, S., Özpiçak, M. & Yılmaz, S. (2024).** Length-weight and length-length relationships of *Squalius* sp. populations living in freshwaters of Samsun (Türkiye). *Acta Biologica Turcica*, **37**(1), 5-1.
- Karakus, N. (2024).** Genetic distance reveals synonymy and new fish species in Balıkesir Streams, Türkiye. *Mugla Journal of Science and Technology*, **10**(1), 28-32. DOI: [10.22531/muglajsci.1387898](https://doi.org/10.22531/muglajsci.1387898)
- Kurucu, G. & 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.
- Lleonart, J., Salat, J. & Torres, G.J. (2000).** Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology*, **205**(1), 85-93.
- Mosegaard, H., Svedäng, H. & Taberman, K. (1988).** Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **45**(9), 1514-1524. DOI: [10.1139/f88-180](https://doi.org/10.1139/f88-180)
- Munday, P.L., Hodges, A.L., Choat, J.H. & Gust, N. (2004).** Sex-specific growth effects in protogynous hermaphrodites. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **61**(3), 323-327. DOI: [10.1139/f04-057](https://doi.org/10.1139/f04-057)
- Nguyen, T.H.D. & Dinh, Q.M. (2020).** Otolith dimensions and their relationship with the size of *Glossogobius sparsipapillus* fish along the coastline of Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, **24**(2), 525-533. DOI: [10.21608/EJABF.2020.86013](https://doi.org/10.21608/EJABF.2020.86013)
- Popper, A.N., Ramcharitar, J. & Campana, S.E. (2005).** Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and Freshwater Research*, **56**(5), 497-504.
- Romero, M.A., Ruiz, N.S., Medina, A.I. & González, R.A. (2020).** Biometric relationships between otolith and fish size of the main demersal resources of North Patagonia, Argentina. *Journal of Ichthyology*, **60**, 411-421.
- Saygı, 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**, 570-577.
- Saygı, S., Özpiçak, M., Yılmaz, S. & Polat, N. (2024).** The relationships between fish length and otolith measurements in *Alburnus derjugini* (Leuciscidae) and *Vimba vimba* (Leuciscidae) from the Harşit Stream, Türkiye. *Acta Biologica Turcica*, **37**(1), 1-1.
- Smith, R.J. (1980).** Rethinking allometry. *Journal of Theoretical Biology*, **87**(1), 97-111.
- Souza, G.M., Tubino, R.A., Monteiro-Neto, C. & Costa, M.R. (2019).** Relationships between fish and otolith dimensions of *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) (Perciformes: Pomatomidae) in southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, **17**(1), e180032.
- Stout, C.C., Tan, M., Lemmon, A.R., Lemmon, E.M. & Armbruster, J.W. (2016).** Resolving Cypriniformes relationships using an anchored enrichment approach. *BMC Evolutionary Biology*, **16**, 1-13. DOI: [10.1186/s12862-016-0819-5](https://doi.org/10.1186/s12862-016-0819-5)
- Şen, Y. & Daban, İ.B. (2024).** Relationships between otolith dimensions and total length of some small-sized fish species from the Marmara Sea, Türkiye. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, **7**(1), 12-22.
- Şimşek, C., Polat, N., Özpiçak, M., Saygı, S., & Yılmaz, S. (2019).** The relationships between otolith dimensions-total length and otolith features of European Perch (*Perca fluviatilis* L., 1758) sampled from Yedikır Dam Lake (Turkey). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, **4**(3), 348-353. DOI: [10.35229/jaes.594985](https://doi.org/10.35229/jaes.594985)
- Tuset, V.M., Farré, M., Otero-Ferrer, J.L., Vilar, A., Morales-Nin, B. & Lombarte, A. (2016).** Testing otolith morphology for measuring marine fish biodiversity. *Marine and Freshwater Research*, **67**(7), 1037-1048.
- 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)
- Uyan, U., Jawad, L.A., Filiz, H., Tarkan, A.S. & Çelik, M. (2019). Fish length and otolith size of in *Nemipterus randalli* Russel, 1986 (Actinopterygii: Perciformes: Nemipteridae) collected from Gökova Bay, Turkey. *Thalassia Salentina*, 41, 137-146.
- Vignon, M. (2012). Ontogenetic trajectories of otolith shape during shift in habitat use: Interaction between otolith growth and environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 420-421, 26-32. DOI: [10.1016/j.jembe.2012.03.021](https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.021)
- Yang, T., Xiao, P., Jiang, X., Zhang, Q. & Zhao, Y. (2024). Otolith morphometrics and variations between two populations of *Sillago sinica* (Perciformes, Sillaginidae) in the East China Sea and the Yellow Sea. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 40, 1007-1017. DOI: [10.1007/s41208-024-00711-4](https://doi.org/10.1007/s41208-024-00711-4)
- Yazıcıoğlu, O., Yazıcı, R. & Akkan, T. (2023). Harşit Çayı'nda yaşayan *Squalius orientalis* Heckel, 1847'in kondisyon faktörü boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(1), 140-145. DOI: [10.35229/jaes.1248403](https://doi.org/10.35229/jaes.1248403)
- Yazıcı, R. (2023). Sex-linked variations in the sagittal otolith biometry of *Nemipterus randalli* (Russell, 1986) from the eastern Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 102(1), 241-247. DOI: [10.1111/jfb.15256](https://doi.org/10.1111/jfb.15256)
- Yedier, S. (2021). Otolith shape analysis and relationships between total length and otolith dimensions of European barracuda, *Sphyræna sphyraena* in the Mediterranean Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(4), 1080-1096. DOI: [10.22092/ijfs.2021.124429](https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.124429)
- Yedier, S. (2022). Estimation of some population parameters of *Squalius cephalus* (Linnaeus 1758) in Tabakane Stream (Ordu-Turkey). *Sakarya University Journal of Science*, 26(1), 14-23. DOI: [10.16984/saufenbilder.998273](https://doi.org/10.16984/saufenbilder.998273)
- Yedier, S., Yalçınkaya, S.K., Türker, D., & Bostancı, D. (2023). Ecomorphological patterns and shape indices of otoliths in the *Pagellus acarne* (Actinopterygii, Sparidae) from the Aegean and Marmara Seas. *Turkish Journal of Zoology*, 47(4), 222-230. DOI: [10.55730/1300-0179.3135](https://doi.org/10.55730/1300-0179.3135)
- Yılmaz, S., Akbay, R., Özpiçak, M., Saygın, S. & Polat, N. (2022). Spatial variation in relationships of otolith measurements with body length of Prussian carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) collected from four lentic habitats in Samsun Province, Türkiye. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(4), 293-299. DOI: [10.12714/egejfas.39.4.04](https://doi.org/10.12714/egejfas.39.4.04)
- Yılmaz, S., Emiroğlu, Ö., Aksu, S., Başkurt, S. & Polat, N. (2019). Relationships between otolith dimensions and body growth of North African Catfish (Burchell, 1822) from the Upper Basin of the Sakarya River, Turkey. *Croatian Journal of Fisheries*, 77(1), 57-62. DOI: [10.2478/cjf-2019-0006](https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0006)
- 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)
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. New Jersey (USA), Prentice-Hall, 663p.
- Zengin Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S. & Polat, N. (2018). The relationships between otolith dimensions-total length of chub (*Squalius cephalus*, L. 1758) sampled from some inland waters of the Middle Black Sea Region. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 4(1), 17-24.