



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI



**YAMULA BARAJ GÖLÜ'NDE YAŞAYAN
GÜMÜŞ BALIĞI (*Atherina boyeri* Risso,
1810)'NİN OTOLİT BİYOMETRİSİ**

ÖZLEM IRMAK YAYLA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KIRŞEHİR

2025



T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI



**YAMULA BARAJ GÖLÜ'NDE YAŞAYAN
GÜMÜŞ BALIĞI (*Atherina boyeri* Risso,
1810)'NIN OTOLİT BİYOMETRİSİ**

ÖZLEM IRMAK YAYLA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Okan YAZICIOĞLU

KIRŞEHİR

2025

KIRŞEHİR AHİ EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI
ETİK BEYANI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesini okuduğumu ve anladığımı ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tez olarak sunduğum bu çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda bu konuda hakkımda yapılacak tüm yasal işlemleri ve aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

22/07/2025

Özlem IRMAK YAYLA

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

İÇİNDEKİLER DİZİNİ	I
TEŞEKKÜR.....	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT	V
TABLolar DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
1 GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. <i>Atherina boyeri</i> 'nin Biyolojisi Üzerine Yapılan Çalışmalar	5
2.2. <i>Atherina boyeri</i> 'nin Otolit Biyometrisi ve Morfolojisi Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	6
3. MATERYAL VE METOT	9
3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması	9
3.2. Çalışma Materyalinin Tanıtılması	9
3.2.1. <i>Atherina boyeri</i> 'nin taksonomik yeri	9
3.2.2. <i>Atherina boyeri</i> 'nin morfolojisi	10
3.2.3. <i>Atherina boyeri</i> 'nin ekolojisi ve biyolojisi	11
3.3. Örneklerin Temini	11
3.4. Örneklerle Laboratuvarda Uygulanan İşlemler	12
3.5. Otolitlerin Alınması, Temizlenmesi ve Saklanması	12
3.6. Otolitlerin Fotoğraflanması ve Otolit Ölçümleri	12
3.7. Örneklem Yapısının Belirlenmesi	13
3.7.1. Eşey dağılımı	13
3.7.2. Boy kompozisyonu	14
3.7.3. Ağırlık kompozisyonu	14
3.7.4. Boy-ağırlık ilişkisi	14
3.7.5. Boy-boy ilişkisi.....	14
3.8. Otolit Biyometrisi	15
3.8.1. Otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	15
3.8.2. Otolit ölçümleri ile balık total boyu arasındaki ilişkiler	15

3.8.3. Otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler	15
3.8.4. Otolit şekil indeksleri	16
3.8.5. İstatistiksel analizler	17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	19
4.1. Bulgular	19
4.1.1 Eşey dağılımı	19
4.1.2. Boy kompozisyonu	19
4.1.3. Ağırlık kompozisyonu	22
4.1.4. Boy-ağırlık ilişkisi	24
4.1.5. Boy-boy ilişkisi	26
4.1.6. Otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri	26
4.1.7. Otolit ölçümleri ile balık total boyu arasındaki ilişkiler	27
4.1.8. Otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler	36
4.1.9. Otolit şekil indeksleri	37
4.2. Tartışma	43
4.2.1. Eşey dağılımı	43
4.2.2. Boy-ağırlık dağılımı	43
4.2.3. Boy-ağırlık ilişkisi	44
4.2.4. Boy-boy ilişkisi	46
4.2.5. Otolit ölçümleri ile balık total boyu arasındaki ilişkiler	46
4.2.6. Otolit şekil indeksi	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
EKLER	63
EK-1	63
EK-2	64
ÖZGEÇMİŞ	65

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmamda bana yol gösteren, destek ve emeklerini esirgemeyen, bir bilim insanının nasıl çalışması gerektiğini kendisinden öğrendiğim değerli danışmanım Doç. Dr. Okan YAZICOĞLU'na büyük bir içtenlikle teşekkür ederim. Ayrıca eğitim hayatım boyunca bu günlere gelmemde emeği geçen başta Prof. Dr. Mahmut YILMAZ olmak üzere kıymetli tecrübeleriyle yoluma ışık tutan tüm değerli öğretmenlerime teşekkür etmek istiyorum.

Tüm hayatım boyunca ideallerimi gerçekleştirmem konusunda destek olup varlıklarıyla bana güç veren, fedakar ve değerli aileme teşekkür ediyorum tezimi de onlara ithaf ediyorum.

Temmuz, 2025

Özlem IRMAK YAYLA

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAMULA BARAJ GÖLÜ'NDE YAŞAYAN GÜMÜŞ BALIĞI (*Atherina boyeri* Risso, 1810)'NİN OTOLİT BİYOMETRİSİ

Özlem IRMAK YAYLA

KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Okan YAZICIOĞLU
Yıl: 2025, Sayfa: 65
Jüri: Doç. Dr. Okan YAZICIOĞLU
Prof. Dr. Savaş YILMAZ
Doç. Dr. Ramazan YAZICI

Bu çalışmada, *Atherina boyeri*'nin Yamula Baraj Gölü popülasyonundan elde edilen bireylerinde sagittal otolit biyometrisi analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra, örneklem grubuna ait cinsiyet oranı, boy ve ağırlık dağılımı ile boy-ağırlık ve boylar arası ilişkilere dair temel biyolojik parametreler de değerlendirilmiştir. Örnekler, Mart ve Mayıs 2024 ayları arasında, ticari balıkçılık faaliyetleri yoluyla elde edilmiştir. İncelenen balıklarda uzunluk ölçümleri (total, çatal ve standart) gerçekleştirilmiş ve her bireyin ağırlığı belirlenmiştir. Bireylerin cinsiyet ayrımı, gonadların makroskopik düzeyde değerlendirilmesiyle yapılmıştır. Her balık örneğinden sağ ve sol otolitler alınarak, temizlenmiş ve kurutularak depolanmıştır. Otolitlere ait uzunluk (OL), yükseklik (OH), çevre (OP) ve alan (OA) değerleri ölçülerek kaydedilmiştir. Altı şekil indeksi, otolit morfometrik verileri kullanılarak belirlenmiştir. Otolit parametreleri ile balık boyu arasındaki ilişkiler, üssel regresyon denklemi aracılığıyla analiz edilmiştir. Ortalama yüzde tahmin hataları, her bir ilişki bazında hesaplanmıştır. Araştırma için toplam 310 birey incelenmiştir. Örneklemin eşey oranı 1.0:0.72 olarak belirlenmiştir. Örneklerin total boyları (TB) 45.83-87.58 mm ve ağırlıkları 0.40-4.32 g arasında değişim göstermiştir. Cinsiyetler arasında boy ve ağırlık dağılımları farklı çıkmıştır. Boy-ağırlık ilişkisinin b parametresi tüm örnekler için 3.763 olarak hesaplanmıştır. Otolit parametreleri ile total boy arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu görülmüştür ($P < 0.001$). Çalışmada ortalama yüzde hata değerleri %5'den düşük çıkmıştır. Dişi ve erkek bireylerde TB-OA ($r^2 > 0.850$), arasındaki ilişki diğer ilişkilerinden daha kuvvetli belirlenmiştir. Tüm şekil indeksleri için sağ-sol bölge arasında fark gözlenmez iken, eşeyler arasında 3 şekil (şekil faktörü, dairesellik ve ovallik) indeksinde fark tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *Atherina boyeri*'de balık boyunun otolit ölçümleri kullanılarak güvenilir şekilde geri hesaplanabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Atherina boyeri*, Yamula Baraj Gölü, Otolit, Biyometri

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

OTOLITH BIOMETRY OF BIG SCALE SAND SMELT (*Atherina boyeri* Risso, 1810) LIVING IN YAMULA DAM LAKE

Özlem IRMAK YAYLA

KIRŞEHİR AHİ EVRAN UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF BIOLOGY

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Okan YAZICIOĞLU
Year: 2025, Pages: 65
Juries: Assoc. Prof. Dr. Okan YAZICIOĞLU
Prof. Dr. Savaş YILMAZ
Assoc. Prof. Dr. Ramazan YAZICI

In this study, sagittal otolith biometry was analyzed in individuals of *Atherina boyeri* obtained from the Yamula Dam Lake population. In addition, basic biological parameters related to sex ratio, length and weight distribution, length-weight and length-to-length relationships were evaluated. Samples were obtained through commercial fishing activities between March and May 2024. Length measurements (total, fork and standard) were performed on the examined fish and the weight of each individual was determined. Sex discrimination of individuals was made by evaluating the gonads at the macroscopic level. Right and left otoliths were taken from each fish sample, cleaned, dried and stored. Length (OL), height (OH), circumference (OP) and area (OA) values of otoliths were measured and recorded. Six shape indices were determined using otolith morphometric data. Relationships between otolith parameters and fish length were analyzed by exponential regression equation. The average percentage prediction errors were calculated for each relationship. A total of 310 individuals were examined for the study. The sex ratio of the sample was determined as 1.0:0.72. The total length (TB) of the samples varied between 45.83-87.58 mm and their weights varied between 0.40-4.32 g. The length and weight distributions were different between the sexes. The b parameter of the length-weight relationship was calculated as 3.763 for all samples. It was seen that the relationships between otolith parameters and total length were statistically significant ($P < 0.001$). The average percentage error values in the study were lower than 5%. The relationship between TB-OA ($r^2 > 0.850$) was determined to be stronger than the other relationships in female and male individuals. While no difference was observed between the right-left regions for all shape indices, differences were detected between the sexes in 3 shape indices (shape factor, circularity and ovality). As a result, it was determined that fish length in *Atherina boyeri* can be reliably back-calculated using otolith measurements.

Key Words: *Atherina boyeri* Yamula Dam Lake, Otolith, Biometry

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 3.1.	<i>Atherina boyeri</i> örneklerinin aylara ve eşeylere göre dağılımı.....	12
Tablo 3.2.	Otolit şekil indeks ve formülleri.....	16
Tablo 4.1.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde boy verilerinin tanımlayıcı istatistikleri...	20
Tablo 4.2.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde ağırlık verilerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	22
Tablo 4.3.	<i>Atherina boyeri</i> bireylerinin dişi, erkek ve tüm bireylerde boy-ağırlık ilişkisi parametreleri ve büyüme tipi.....	24
Tablo 4.4.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde boy-boy ilişkileri.....	26
Tablo 4.5.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi, erkek ve tüm bireyler için otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	27
Tablo 4.6	<i>Atherina boyeri</i> türünde otolit ölçümlerinin sağ ve sol bölge ile dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel karşılaştırılması.....	28
Tablo 4.7	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde otolit ölçümleri total boy ilişkilerinin regresyon parametreleri ve her bir ilişkinin ortalama yüzde tahmin hatası değeri.....	29
Tablo 4.8	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde otolit ölçümleri arasındaki ilişkileri.....	37
Tablo 4.9	<i>Atherina boyeri</i> türünde otolit şekil indekslerinin karşılaştırılması.....	38
Tablo 4.10.	<i>Atherina boyeri</i> türünde otolit şekil indeksi değerleri.....	38
Tablo 4.11.	<i>Atherina boyeri</i> türünün farklı çalışmalardan bildirilen boy ve ağırlık dağılımı.....	44
Tablo 4.12	<i>Atherina boyeri</i> türünde farklı habitatlardaki boy- ağırlık ilişkisi parametreleri.....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	Yamula Baraj Gölü.....	9
Şekil 3.2.	Gümüş Balığı, <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810.....	11
Şekil 3.3.	<i>Atherina boyeri</i> 'de sağ sagittal otolitin proksimal görünümü ve ölçümleri.....	13
Şekil 4.1.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde eşey dağılımı.....	19
Şekil 4.2.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerin total boy dağılımı.....	20
Şekil 4.3.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerin total boy dağılımı.....	21
Şekil 4.4.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde tüm bireylerin total boy dağılımı.....	21
Şekil 4.5.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerin ağırlık dağılımı.....	22
Şekil 4.6.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerin ağırlık dağılımı.....	23
Şekil 4.7.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde tüm bireylerin ağırlık dağılımı.....	23
Şekil 4.8.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireyler için boy- ağırlık ilişkisi.....	25
Şekil 4.9.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireyler için boy- ağırlık ilişkisi.....	25
Şekil 4.10.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde tüm bireyler için boy- ağırlık ilişkisi.....	26
Şekil 4.11.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde total boy- sağ otolit boyu ilişkisi.....	30
Şekil 4.12.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde total boy- sağ otolit boyu ilişkisi.....	30
Şekil 4.13.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde total boy- sağ otolit çevresi ilişkisi.....	31
Şekil 4.14.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde total boy- sağ otolit çevresi ilişkisi.....	31
Şekil 4.15.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde total boy- sağ otolit yüksekliği ilişkisi.....	32
Şekil 4.16.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde total boy- sol otolit yüksekliği ilişkisi.....	32
Şekil 4.17.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde total boy- sağ otolit yüksekliği ilişkisi.....	33
Şekil 4.18.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde total boy- sol otolit yüksekliği ilişkisi.....	33
Şekil 4.19.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde total boy- sağ otolit alanı ilişkisi.....	34
Şekil 4.20.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde total boy- sol otolit alanı ilişkisi.....	34
Şekil 4.21.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde total boy- sağ otolit alanı ilişkisi.....	35
Şekil 4.22.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde total boy- sol otolit alanı ilişkisi.....	35
Şekil 4.23.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde balık boyu ile şekil faktörü arasındaki ilişki.....	39

Şekil 4.24.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde balık boyu ile şekil faktörü arasındaki ilişki.....	39
Şekil 4.25.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde tüm bireylerde balık boyu ile boyu yükseklik oranı arasındaki ilişki.....	40
Şekil 4.26.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde balık boyu ile dairesellik arasındaki ilişki.....	40
Şekil 4.27.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde balık boyu ile dairesellik arasındaki ilişki.....	41
Şekil 4.28.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde tüm bireylerde balık boyu ile yuvarlaklık arasındaki ilişki.....	41
Şekil 4.29.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde tüm bireylerde balık boyu ile dikdörtgensellik arasındaki ilişki.....	42
Şekil 4.30.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde dişi bireylerde balık boyu ile ovallık arasındaki ilişki.....	42
Şekil 4.31.	<i>Atherina boyeri</i> örnekleminde erkek bireylerde balık boyu ile ovallık arasındaki ilişki.....	43



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
\pm	: Artı eksi
‰	: Binde
b	: Boy- ağırlık ilişkisini belirleyen eğrinin eğimi
a	: Boy-ağırlık ilişkisini belirleyen eğrinin y eksenini kestiği nokta
>	: Büyük
P	: Değişkenler arası önem düzeyi
X_g	: Gözlenen boy
g	: Gram
km	: Kilometre
<	: Küçük
mm	: Milimetre
mm^2	: Milimetrekare
n	: Örnek sayısı
π	: Pi
r^2	: Regresyon kuvvetliliği göstergesi
$^{\circ}\text{C}$: Santigrat derece
X_t	: Tahmin edilen boy
%	: Yüzde
%TH	: Yüzde tahmin hatası

Kısaltmalar	Açıklama
W	: Ağırlık
ÇB	: Çatal Boy
ANCOVA	: Kovaryans analizi
Mak	: Maksimum
Min	: Minimum
OA	: Otolitlerin Alanı
OH	: Otolitlerin Yüksekliği
OL	: Otolitlerin Boyu
OP	: Otolitlerin Çevresi

Ort : Ortalama
SB : Standart Boy
Sh : Standart hata
Ss : Standart sapma
TB : Total Boy



1 GİRİŞ

Yabancı ya da yerli olmayan türler olarak da bilinen istilacı türler, çevre, ekonomi ya da insan sağlığı açısından zarar verme potansiyeli taşıyan, doğal olarak bulunmadıkları ekosistemlere farklı yollarla giriş yapan organizmalardır. İstilacı türler, yerli türler ile kaynaklar için rekabete girer, ekosistem işlevlerini bozar ve giriş yaptıkları habitatları değiştirerek yerli türlerin yok olmasına sebep olurlar (Sesay ve ark., 2024). Ayrıca yerli olmayan türler, doğal popülasyonları doğrudan veya dolaylı trofik etkileşimler yolu ile etkileyebilir ve besin ağı yapısında değişimlere yol açabilir (Andolina ve ark., 2022). İstilacı türlerin yaşam stratejilerinde görülen esneklik, biyotik faktörlere karşı yüksek tolerans, geniş coğrafik alanlara yayılma ve çevredeki diğer türler ile mutualistik ilişkilere girebilme gibi özellikleri bu türlerin giriş yaptıkları habitatlarda başarılı olmalarına yardımcı olur (Polat ve ark., 2011). İstilacı türlerin yerli biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini incelemek, ekolojik dengenin sürdürülmesi, ekosistemlerin ve yerli türlerin korunması açısından önemlidir. Bu türlerin başarılı olmasına neden olan faktörleri ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini anlamak, istilaların olumsuz sonuçları azaltmak ve yerli flora-faunanın korunmasını teşvik etmek adına stratejiler geliştirilmesine yardımcı olacaktır (Sesay ve ark., 2024).

İstilacı balık türleri giriş yaptıkları yeni ortamlarda çeşitli zararlara sebep olmaktadır. Yeni bir ortama giriş yapan istilacı balık türleri, yalnızca yerli türlerin ortadan kalkmasına neden olmakla sınırlı kalmaz; aynı zamanda ekosistemin bütünlüğünü tehdit eden zararlı etkilere de sahiptir (Polat ve ark., 2011). Bu bağlamda istilacı türlerin biyolojik özelliklerin tespit edilmesi, ekosistemler ve yerli türler üzerine olan zarar etkilerin belirlenmesinde önem taşımaktadır. Gümüş balığı, *Atherina boyeri* ülkemiz iç suları için ciddi bir istilacılık potansiyeline sahip bir türdür. Bu tür aynı sucul habitatta yaşayan endemik ve ekonomik balık türleri ile rekabete girmesi halinde yerli türler üzerine olumsuz etkilere neden olmaktadır (Ekmekçi ve ark., 2013). *Atherina boyeri* küçük boyutlu, kısa ömürlü bir örihalin kemikli balık türüdür (Boudinar ve ark., 2016a). Bu tür çoğunlukla kıyı lagünleri, tuz bataklıkları ve daha nadiren iç sular da dahil olmak üzere kıyı ve haliç sularında, tatlı sudan hipersalin koşullara kadar geniş bir tuzluluk aralığında yaşar (Bartulović ve ark., 2006). Gümüş balığının tatlı sularda yaşayan formları lotik sistemlerin durgun ya da yavaş akan suları tercih etmekte olup, lentik sistemlerin ise pelajik bölgelerinde bulunmaktadır (Kottelat ve Freyhof, 2007).

Otolit biyometrisi, balık biyolojisi ve ekolojisi alanında giderek daha fazla önem kazanan yöntemlerden biridir. Görüntü analiz teknolojilerinin gelişmesiyle otolit morfolojisi ve biyometrisi çalışmaları son zamanlarda önem kazanmıştır. Balık uzunluğu ve otolit biyometrisi arasındaki ilişkileri kullanarak, balık uzunluğunu otolit boyutundan veya tam tersi şekilde belirlemek mümkündür. Bu bilgi özellikle yırtıcı hayvanların sindirim sistemi içeriklerinin analizi için çok faydalıdır, çünkü sindirim sistemlerinde bulunan otolitlerden av balıklarının boyutunu ve türünü tahmin etmek mümkündür (Kontas ve Bostancı, 2015). Otolit biyometrisi araştırmaları stok değerlendirme çalışmaları ve balıkçılık kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ile yönetimi için yararlı bilgiler sunar (Park ve ark., 2018). Otolitler, türe özgü olmaları ve somatik büyümedeki değişkenliğe kıyasla büyümedeki bireysel değişkenliğin sınırlı kapsamı nedeniyle morfometrik ve biyometrik analiz için ideal bir yapı olarak görülmektedir (Lattuca ve ark., 2015).

Otolitler, kemikli balıkların (teleostlar) iç kulağında bulunan, işitme ve denge işlevi gören (Morales ve ark., 2023) ve aragonit formunda kalsiyum karbonat kristalleri ile az miktarda protein organik matriksten oluşan çift kalsifiye yapılardır (Harvey ve ark., 2000; Poznar ve ark., 2020). Tüm kemikli balıklarda (Osteichthyes) sagitta, asteriscus ve lapillus olarak isimlendirilen üç çift otolit bulunmaktadır (Harvey ve ark., 2000). Sagitta otolit genellikle çoğu kemikli balık türünde en büyük yapıda iken, Ostariofizyan balıklarda (Cypriniformes ve Siluriformes) sagitta diğer otolitlerden daha küçüktür (Schulz-Mirbach ve Plath, 2011). Sagitta ve asteriskus otolitlerinin şekli türler arasında yüksek çeşitlilik göstermesine rağmen, lapilluslar daha tekdüzedir. (Campana, 2004).

Balıkların iç kulağındaki biyomineralize aragonit gövdeleri olan otolitler, uzun zamandır önemli biyolojik arşivler olarak kabul edilmektedir (Fablet ve ark., 2011). Otolitler özellikle sıcaklık, tuzluluk ve besin mevcudiyeti gibi çeşitli çevresel faktörlere tepki verirler, bu da onları ekolojik koşulların değerli indikatörleri haline getirmiştir (Federica ve ark., 2025). Geçmişte, otolitler esas olarak yaş ve büyüme çalışmalarında, özellikle stok tahminleri ve balık popülasyonlarının büyüme parametrelerine dair temel bilgilerin üretilmesinde kullanılmıştır (Matić-Skoko ve ark., 2011; Yazıcı ve ark., 2014; Hanson ve Stafford, 2017). Ayrıca otolitlerin kimyasal ve morfolojik özellikleri nedeniyle, son yıllarda aynı tür içindeki farklı popülasyonların ayrımı ve hatta tür tanımlamalarda (Mereles ve ark., 2021; Park ve ark., 2023), stokların

değerlendirilmesinde (Morawicki ve ark., 2022), ekolojik araştırmalarda (Schulz-Mirbach ve ark., 2011; Tuset ve ark., 2016) ve cinsiyet ayırımında (Yazici, 2023) sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Otolitler genellikle fosil kayıtlarında ve birçok türün mide içeriğinde korunmuş olarak bulunabildiğinden ötürü özellikle arkeoloji, paleontoloji ve hayvanların diyetlerinin araştırıldığı çalışmalarda oldukça önemli ve değerlidir (De Santana ve ark., 2018).

Bu tez çalışmasında, Kayseri ilinde bulunan Yamula Baraj Gölü'nde yaşayan Gümüş balığı (*Atherina boyeri* Risso, 1801)'nın sagittal otolit değişkenleri (otolit boyu, otolit yüksekliği, otolit çevresi ve otolit alanı) ile boyu arasındaki ilişkiler, otolit ölçümlerin kendi arasındaki ilişkiler ve otolit morfometrik ölçümlerinin kullanılması ile hesaplanan Şekil indeksleri analiz edilmiştir. Ayrıca popülasyon yapısının belirlenmesi (eşey dağılımı, boy ve ağırlık kompozisyonu, boy-ağırlık ve boy-boy ilişkisi) amaçlanmıştır. Bu çalışma, Gümüş balığının Yamula Baraj Gölü popülasyonunun otolit biyometrisi üzerine yapılan ilk araştırmadır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. *Atherina boyeri*'nin Biyolojisi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Türün biyolojik özellikleri üzerine yurt dışında ve yurt içinde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalar kronolojik sıra ile aşağıda verilmiştir.

Bartulović ve ark. (2006) Adriyatik Denizi'nin güneydoğusunda bulunan Mala Neretva Nehri haliçinde yaşayan *Atherina boyeri* türünün üreme özellikleri ve stoğa katılım süreçlerini incelemişlerdir.

Patimar ve ark. (2009) Hazar Denizi'nin güneydoğusunda yer alan bir bataklık lagünü olan Gomishan sulak alanında yumurtlama sezonunda yakalanan toplam 2256 *Atherina boyeri* örneğini bazı biyolojik özellikleri bakımından incelemişlerdir.

Gençoğlu (2010) yaptığı çalışmada Hirfanlı Baraj Gölü *Atherina boyeri* Risso, 1810 popülasyonunun İç Anadolu koşullarındaki büyüme ve üreme özelliklerini belirlemek amacıyla bazı biyolojik parametrelerin yaşa ve zamana göre değişimlerini ele almıştır.

Taşkavak ve ark. (2012) İzmir Körfezi'nde yayılış gösteren Gümüş Balığı *Atherina boyeri* Risso, 1801 popülasyonunda bazı morfometrik özelliklerini tespit etmişlerdir.

Acarlı ve ark. (2014) Homa Lagünü İzmir Körfezi'nde yaptıkları çalışmalarda içlerinde *Atherina boyeri* Risso, 1810'nun da bulunduğu farklı balık türlerinin boy-ağırlık ilişkilerini incelemişlerdir.

Bostancı ve ark. (2014) Eğirdir Gölü'nde yaşayan Gümüş Balığı *Atherina boyeri* Risso, 1810'nin morfometrik özellikleri ve kemiksi yapılarda biyometrik özellikleri incelemişlerdir.

Sevinç (2014) İznik Gölü'nden örneklenen *Atherina boyeri* Risso, 1810 popülasyonunda yaş tayini ve büyüme gibi bazı parametrelerini çalışmıştır.

Yağcı ve ark. (2015) Eğirdir Gölü'nde yaşayan *Atherina boyeri* Risso, 1810'nun büyüme ve üremesini incelemişleridir.

Baudinar ve ark. (2016b) Mellah Lagünü'nde türün yaş tayini, büyüme özellikleri, üreme dönemi cinsiyet oranı gibi bazı biyolojik parametrelerini belirlemişlerdir.

Benzer ve Benzer (2017) Hirfanlı Baraj Gölü'nde topladıkları 1449 *Atherina boyeri* Risso, 1810 örneğinin büyüme özelliklerini yapay sinir ağı modeli ve boy-ağırlık modeli ile karşılaştırmışlardır.

İlhan ve İlhan (2018) çalışmalarında tatlısu ve tuzlusu karakterindeki iki farklı ortamdan yakalanan Gümüş Balığının boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyonunun belirlenmesi ve karşılaştırmasını amaçlamışlardır.

Benzer ve Benzer (2019) Yamula Baraj Gölünde yaşayan *Atherina boyeri* Risso, 1810 popülasyonun bazı biyometrik özelliklerini yapay sinir ağı ile araştırmışlardır.

Partal ve ark. (2019) *Atherina boyeri* Risso, 1810'nun Karamenderes Çayı üzerinde bulunan Bayramiç Baraj Gölü üzerindeki ilk kayıtlarını gerçekleştirmişlerdir.

Ofluoğlu ve ark. (2021) *Atherina boyeri* Risso, 1810'nun , Bafa Gölü popülasyonunda bireylerin boy ve ağırlık ilişkilerini tespit etmişlerdir.

Cilbiz ve Uysal (2022) gümüş balığının İznik Gölü'nde yaşayan popülasyonunda bazı biyolojik özellikleri ve ilk üreme boyu gibi biyolojik özelliklerini tespit etmişlerdir.

2.2. *Atherina boyeri*'nin Otolit Biyometrisi ve Morfolojisi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Türün otolit biyometrisi ve morfolojisi üzerine yurt dışında ve yurt içinde yapılan çalışmalar kronolojik sıra ile aşağıda verilmiştir.

Boudinar ve ark. (2015) Doğu Cezayir'de üç farklı habitattan elde edilen gümüş balığı popülasyonlarında vücut morfoloji ve otolit şekil analizleri kullanılarak habitat ayrımını incelemişlerdir.

Boudinar ve ark. (2016a) tarafından Batı Akdeniz'deki farklı habitatlardan (lagün, girinti, deniz) elde edilen gümüş balığı örneklerinde otolit şekli analizleri ve moleküler belirteçleri kullanılarak morfolojik ve genetik çeşitlilik tespit edilmiştir.

Bostancı ve ark. (2017), *Atherina boyeri*'nin ülkemizdeki üç farklı habitattan yakalanan örneklerde otolit morfometrik karakterleri ile balık boyu, şekil indeksleri ve otolit karakterleri arasındaki ilişkileri saptamışlardır.

Ferri ve ark. (2018) tarafından Adriyatik Denizi'nde yaşayan *Atherina boyeri* türünün sagittal otolitlerin analiz yapılmış ve tanımlayıcı morfolojik karakterler ile morfometrik indeksler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Bostancı ve Yedier (2018) Hirfanlı Baraj Gölü, Eğirdir Gölü ve İznik Gölü'ndeki istilacı *Atherina boyeri* popülasyonlarını ayırt etmek için otolitlerin uzunluk, ağırlık,

evre, ykseklk ve alan gibi morfometrik karakterleri ile otolit Şekli indeksleri (en-boy oranı, yuvarlaklık, dairesellik, dikdrtgenlik, eliptiklik ve form faktörü) gibi otolit özelliklerini tespit etmişlerdir.

Yedier ve ark. (2019) farklı populasyonlarda Eğirdir Gölü, İznik Gölü ve Hirfanlı Baraj Gölü'nde *Atherina boyeri* Risso, 1810 'nin otolit morfolojisini ve otolit konturunu incelemişlerdir. Habitat ve ekosistem farklılığı gibi ekolojik ve çevresel faktörler otolit Őekillerini etkilemiŐ ve nedenle *Atherina boyeri* Risso, 1810'nun büyüme hızındaki bu farklılıkların, otolit morfometrisi, Őekilleri, otolit konturu ve hatta yüzey Őekillerindeki farklılıkların geliŐiminde birinci faktör olabileceğini ifade etmişlerdir.

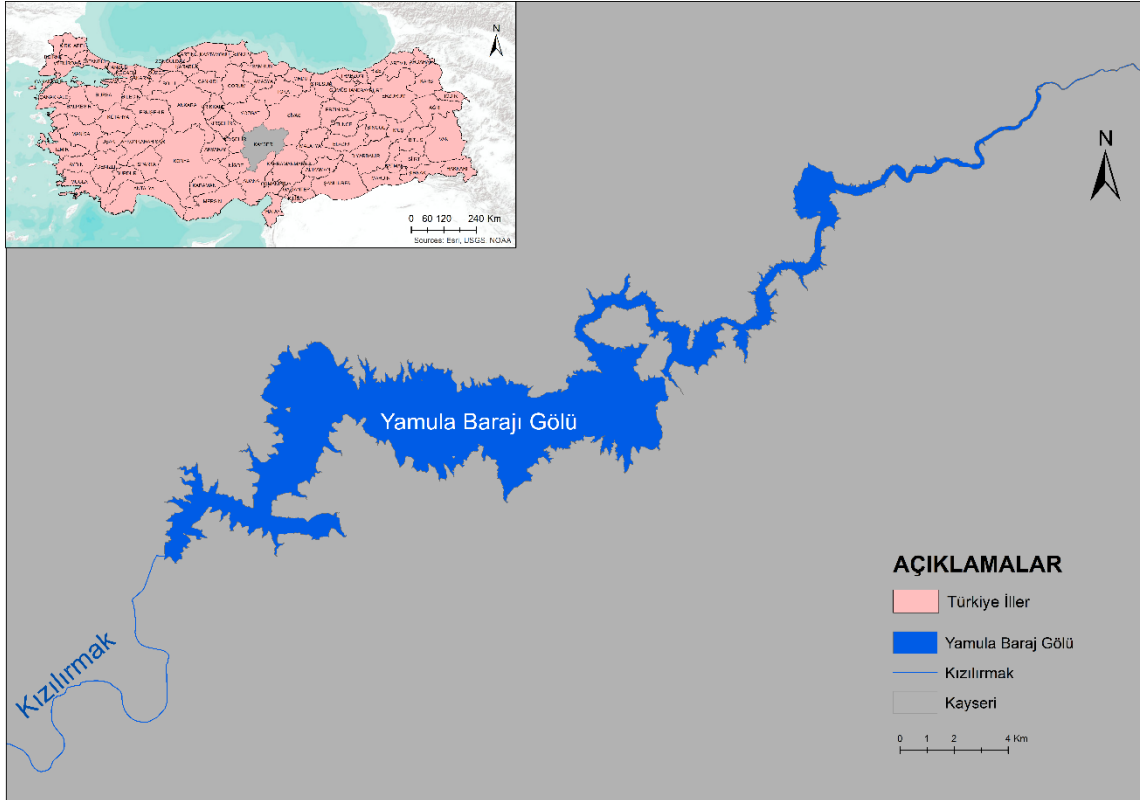
Alfergani ve ark. (2023) *Atherina boyeri* Risso, 1810'nun sagittal otolit morfometrik karakterleri ile balık boyu arasındaki ilişkileri ve otolit Şekil indekslerini analiz etmişlerdir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Yamula Baraj gölü, Kayseri'ye 30 km uzaklıkta bulunan Yamula beldesinin kuzey doğusunda Kızılırmak Nehri üzerinde kurulmuştur. Enerji ve sulama amaçlı yapılan Yamula Baraj Gölü'nün tek su kaynağı Kızılırmak nehridir. Baraj gölünün inşaatı 2005 yılında tamamlanmış ve enerji üretimine başlamıştır (Şekil 3.1). Baraj gölünün gövdesi merkezi kil çekirdekli kaya dolgu tipindedir (Çevlik ve Elibol, 2009).



Şekil 3.1. Yamula Baraj Gölü

3.2. Çalışma Materyalinin Tanıtılması

3.2.1. *Atherina boyeri*'nin taksonomik yeri

Gümüş balığı, *Atherina boyeri*'nin taksonomik yeri, Nelson (1994)'daki belirtilen taksonomik kategorilere göre verilmiştir.

Regnum	: Animalia
Phylum	: Chordata
Subphylum	: Vertebrata
Superclasis	: Gnathostomata
Classis	: Actinopterygii
Subclassis	: Neopterygii
Divisio	: Teleostei
Subdivisio	: Euteleostei
Superorder	: Acanthopterygii
Order	: Atheriniformes
Suborder	: Atherinoidei
Familia	: Atherinidae
Genus	: <i>Atherina</i>
Species	: <i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810

3.2.2. *Atherina boyeri*'nin morfolojisi

Atherina boyeri (Şekil 3.2), Atherinidae familyası üyesidir. Familyanın genel özelliklerini gösterir. Gümüş balığının vücudu ince ve uzun şekilli, lateral olarak çok az yassılaştırmış, büyük ve kolay dökülen sikloid pullarla kaplıdır. Vücudunda yan çizgi sistemi bulunmaz. Baş boyu yaklaşık olarak gövde yüksekliğine eşittir. Gözler iri ve çapı burun uzunluğundan daha büyüktür. Ağız tipi terminal olup, yarım protraktıl ve hafif yukarıya yönlüdür. Dudaklar incedir ve tam keratinleşmemiştir. Yanaklar ve operküllerde pullar bulunur. Gümüş balığında dorsal yüzgeç iki tane olup birinci dorsal yüzgeçte 7 adet diken ışın mevcuttur. Baş boyu, total boyunun yaklaşık beşte biri uzunluktadır. Vücudun genel rengi parlak beyazdır, yüzgeçler ise şeffaf olup üzerlerinde siyah küçük pigmentler bulundurulur. Sırt kısmı zeytin yeşili renkte olup, vücudun yan kısımları üst bölümünde sarı-gri, alt bölümünde gümüş beyazı renkler içerir. (Uğurlu, 2006; Geldiay ve Balık, 2007).



Şekil 3.2. Gümüş Balığı, *Atherina boyeri* Risso, 1810

3.2.3. *Atherina boyeri*'nin ekolojisi ve biyolojisi

Atherina boyeri (Risso, 1810), kısa ömürlü örihalin bir türdür (Leonardos, 2001). Sahil ve haliç sularında, lagünlerde, tuz bataklıklarında, sığ acı su ekosistemlerinde ve iç sularda yaşayan Bu tür tatlı sulardan tuzluluğu ‰110'a kadar olan sahil bölgeleri, haliç suları, lagünler, tuz bataklıkları ve sığ acı su ekosistemleri gibi çeşitli ortamlarda yaşayabilir (Leonardos ve Sinis, 2000; Andreu-Soler ve ark., 2003).

Atherina boyeri'de eşeyssel dimorfizm görülmemektedir. Gümüş balığı bireylerinin yetişkinleri sonbahar mevsiminde denize göç eder ve ilkbahar mevsiminde üreme için lagünlere giriş yaparlar (Congiu ve ark., 2002). Gümüş balığı 1 (bir) yaşında eşeyssel olgunluğa ulaşır ve üreme dönemi denizlerde nisan-temmuz, iç sularda ise mayıs-eylül arasındadır (Tomasini ve Laugier, 2002). Dişi bireylerin ilk üreme boyu yaklaşık 46 mm iken erkek bireylerin ise 42 mm civarındadır (Küçük ve ark., 2012).

3.3. Örneklerin Temini

Çalışma materyali olan Gümüş Balığı (*Atherina boyeri* Risso, 1810) Yamula Baraj Gölü'nden Mart 2024-Mayıs 2024 tarihleri arasında ticari olarak balıkçılık yapan kişilerden temin edilmiştir. Örneklerin aylara göre dağılımı Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. *Atherina boyeri* örneklerinin aylara ve eşeylere göre dağılımı

Örnekleme Tarihi	Dişi	Erkek	Toplam
Mart-2024	58	39	97
Nisan-2024	83	59	142
Mayıs-2024	39	32	71
Genel Toplam	180	130	310

3.4. Örneklerle Laboratuvarda Uygulanan İşlemler

Yamula Baraj Gölü'nden elde edilen Gümüş balığı örnekleri Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilerek, balık biyometrisi ve diseksiyonu için hazırlanmıştır. Bu amaçla balıklar yıkanmış ve kurulanmıştır. Daha sonra her bir örneğin total (TB), çatal (ÇB) ve standart boy (SB) verileri 0,01 mm duyarlılıkla Mitutoyo marka dijital kumpas ile alınmıştır. Balıkların ağırlıkları (W) Radwag marka terazi ile ± 0.01 g hassasiyetle tartılmıştır. Boy ve ağırlık ölçümleri standart formlara aktarılarak kaydedilmiştir. Ölçüm işlemlerinin ardından, eşey tayini için örneklerin karın bölgesi makas ile kesilerek açılmış ve gonadlar makroskopik olarak incelenmiştir. Eşey bilgisi de önceden hazırlanmış formlara kaydedilmiştir.

3.5. Otolitlerin Alınması, Temizlenmesi ve Saklanması

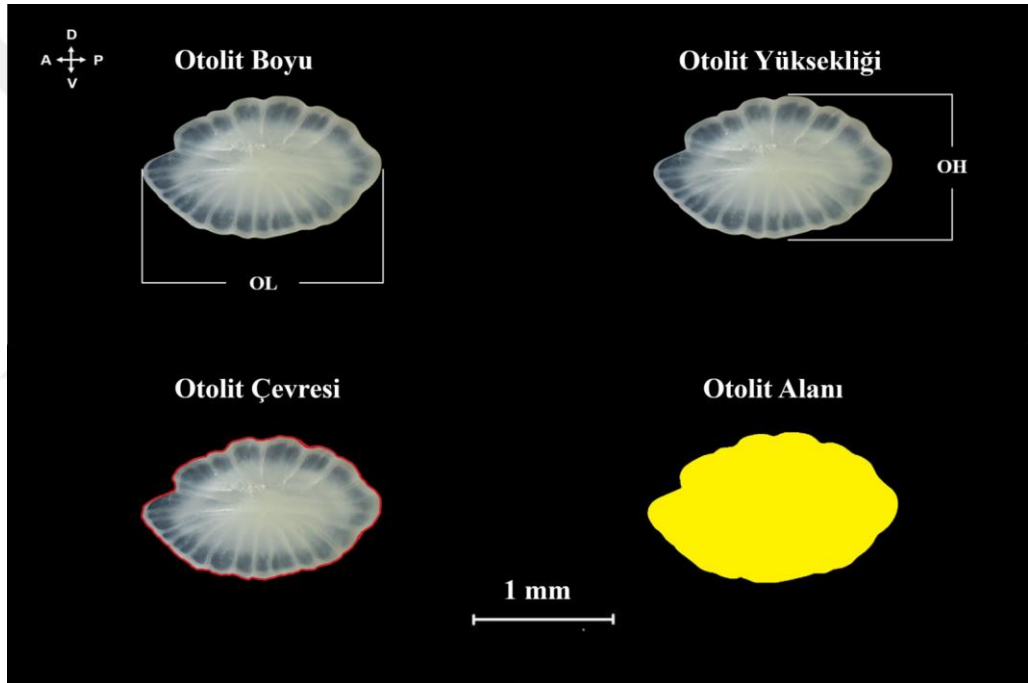
Eşey tayini yapılan balıklar baş bölgesinden kesilerek ayrılmıştır. Ardından başın üst bölgesi anterior-posterior doğrultuda makas yardımıyla açılarak beyin çıkarılmış. Açığa çıkan sakkulus kesesi içerisindeki en büyük otolit olan sagittal otolit çiftler halinde çıkarılmıştır. Çıkarılan sagittal otolitler saf su içerisine konulmuşlardır. Saf suda bir süre bekletilen otolitler pens ve yumuşak uçlu fırça ile temizlenmiş ve sonrasında 103 °C'lik etüvde 15 dakika bekletilerek kurutulmuştur (Chugunova, 1963). Sagittal otolit çiftleri önceden hazırlanmış ve üzerinde örnek numarası yazılı eppendorf tüpler içerisine yerleştirilmiştir.

3.6. Otolitlerin Fotoğraflanması ve Otolit Ölçümleri

Sagittal otolitlerin sağ ve sol ayrımı yapılmıştır. Her bir sagittal otolit çiftinin distal yüzeyine ait görüntüler, Zeiss marka binoküler mikroskoba entegre edilmiş AM Scope MU853B dijital kamera ile kaydedilmiştir. Otolitlerin biyometrik özelliklerini

belirlemek için otolit boyu (OL, mm), otolit yüksekliği (OH, mm), otolit çevresi (OP, mm) ve otolit alanı (OA, mm²) gibi ölçümler, R studio programı momocs ve vegan paketleri kullanılarak ile tespit edilmiştir.

Otolit morfometrik karakterlerinden olan OL: otolitın anterior ve posterior kenarları arasındaki en uzun mesafe, OH: dorsal ve ventral kenarları arasındaki en uzun mesafe (Battaglia ve ark., 2010), OP: otolitın tüm kenarlarının toplam uzunluğu ve OA: otolitın yüzey alanı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.3). Sağ ve sol otolitler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Otolitlerde morfometrik ölçümler yapılırken; otolitlerin boyu, yüksekliği ve çevresi ± 0.001 mm, otolit alanı ise ± 0.001 mm² hassasiyetle belirlenmiştir.



Şekil 3.3. *Atherina boyeri*'de sağ sagittal otolitın proksimal görünümü ve ölçümleri

3.7. Örneklem Yapısının Belirlenmesi

3.7.1. Eşey dağılımı

Yamula Baraj Gölü'nden elde edilen *Atherina boyeri* bireylerinin dişi ve erkek sayıları belirlenmiş ve yüzdelik oranları pasta grafikte verilmiştir. Ayrıca örneklemin eşey oranı (dişi:erkek) tespit edilmiş ve bu oranın beklenen 1/1'den farklı olup olmadığı Ki-kare (χ^2) testi ile analiz edilmiştir (Zar, 1999).

3.7.2. Boy kompozisyonu

Gümüş balığı (*Atherina boyeri*) örnekleminde dişi, erkek ve tüm bireyler için üç farklı boy (TB, ÇB ve SB) ölçümünün tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Cinsiyetler arasında ortalama total boy değerlerinde fark olup olmaması Mann-Whitney U testi ve boy-frekans dağılımlarının farkı ise Kolmogorov-Smirnov Z testi ile saptanmıştır. (Zar, 1999). Dişi, erkek ve tüm bireyler için ayrı ayrı boy-frekans dağılım grafikleri oluşturulmuştur.

3.7.3. Ağırlık kompozisyonu

Örnekleme dişi, erkek ve tüm bireyler için ağırlık ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Cinsiyetler arasında ortalama ağırlıklar bakımından farklılık Mann-Whitney U testi ile analiz edilirken, ağırlık-frekans dağılımları ise Kolmogorov-Smirnov Z testi ile belirlenmiştir (Zar, 1999).

3.7.4. Boy-ağırlık ilişkisi

Atherina boyeri'nin boy ve ağırlık arasındaki ilişki $W=aL^b$ (Ricker, 1975) denklemi ile belirlenmiştir. Denklemden W, ağırlık, L, total boy, a ve b ise ilişki parametrelerini belirtmektedir. İlişkideki a ve b parametreleri denklemin $\text{Log}W=\text{Log}a+b\text{Log}L$ şeklindeki dönüşümünün doğrusal regresyonu ile hesaplanmıştır. Boy-ağırlık ilişkisinden elde edilen r^2 değeri ilişkinin kuvvetliliğini göstermektedir. Boy-ağırlık arasındaki ilişki dişi, erkek ve tüm bireyler için tek tek hesaplanmıştır. İlişkinin b değerinin 3'ten farklı olup olmadığı t testi ile kontrol edilmiştir. Eşeylere göre balığın büyüme tipi belirlenmiştir (Zar, 1999). ANCOVA testi kullanılarak elde edilen ilişkilerin b parametreleri arasındaki fark tespit edilmiştir. Dişi, erkek ve tüm bireylerde boy-ağırlık ilişkisinin grafiği ayrı ayrı oluşturulmuştur.

3.7.5. Boy-boy ilişkisi

Atherina boyeri örnekleminde dişi, erkek ve tüm bireylerde farklı boy tipleri için boy- boy ilişkileri lineer regresyon modeli ile ($y= a+bx$) hesaplanmıştır (Zar, 1999).

3.8. Otolit Biyometrisi

3.8.1. Otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Atherina boyeri örnekleminde sagittal otolit çiftlerinin boy (OL), yükseklik (OH), çevre (OP) ve alan (OA) ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri dışı, erkek ve tüm bireyler için tabloda sunulmuştur.

3.8.2. Otolit ölçümleri ile balık total boyu arasındaki ilişkiler

İncelenen örneklerde, otolit değişkenleri ile total boy arasındaki ilişkiler (TB-OL, TB-OH, TB-OP, TB-OA) üssel denklem formu ($y=a.x^b$) temel alınarak analiz edilmiştir (Leonart ve ark., 2000). İlişkiler tespit edilmeden önce, sağ ve sol otolit verilerinde fark olup olmadığı Wilcoxon testi ile analiz edilmiştir. Sağ ve sol otolit ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığında, analizler sağ otolit verilerinden gerçekleştirilmiştir. Fark olması durumunda ilişkiler sağ ve sol otolit ölçümleri kullanılarak ayrı ayrı oluşturulmuştur. Benzer şekilde, otolit ölçümlerinde eşeyler arasında fark olup olmadığı Mann-Whitney-U testi ile ortaya çıkarılmıştır. Eşeyler arasında otolit ölçümlerinin farklı olması durumunda her bir eşey için ayrı ayrı, fark olmaması halinde ise tüm örnekler için söz konusu ilişkiler oluşturulmuştur. Örnekleme otolit biyometrisi için hesaplanan ilişkilerin kuvvetliliği r^2 ve ortalama yüzde tahmin hatası (%TH) değerlerine bakılarak belirlenmiştir. Herhangi bir regresyon için ortalama yüzde tahmin hatası, tüm bireyler için hesaplanan yüzde tahmin hatası değerlerinin ortalaması alınarak bulunmuştur. Yüzde tahmin hatası $\%TH=(|Xg-Xt|/Xt) \times 100$ denklemiyle hesaplanmıştır (Smith, 1980). Denklemden Xg gözlenen boy, Xt ise tahmin edilen boydur. Balıkların ölçülen ve denklemden hesaplanan boy değerleri arasındaki fark Mann-Whitney U testi ile sınanmıştır. Dört otolit ölçümünden elde edilen denklemlerin %TH değerleri arasındaki fark Kruskal-Wallis H testi kullanılarak analiz edilmiştir (Zar, 1999).

3.8.3. Otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler

Otolit değişkenlerinin kendi arasındaki ilişkileri (OL-OH, OL-OP, OL-OA, OH-OP, OH-OA, OP-OA) üssel regresyon ($y=ax^b$) modeli kullanılarak belirlenmiştir (Leonart ve ark., 2000). Belirlenen regresyonların kuvvetliliği r^2 ve önemliliği ise varyans analizi ile kontrol edilmiştir.

3.8.4. Otolit şekil indeksleri

Altı farklı şekil indeksi değeri (şekil faktörü, boy-yükseklik oranı, dairesellik, yuvarlaklık, dikdörtgensellik ve ovallık) sagittal otolitlerin boyu (OL), yüksekliği (OH), çevresi (OP) ve alanı (OA) kullanılarak hesaplanmıştır. Altı şekil indeksi değeri hesaplanmasında Tablo 3.2’de verilmiş olan formüllerden yararlanılmıştır (Russ, 1990; Bani ve ark., 2013).

Yamula Baraj Gölü’ne yaşayan Gümüş balığı popülasyonunda dişi ve erkek bireylerin boy ve ağırlık değerlerinde anlamlı derecede farklılık olduğu için, otolit şekil indeksleri standardize edilmiştir (Yazici, 2023). Şekil indeksi değişkenlerinin standardize edilmesinde kullanılan denklem aşağıda verilmiştir (Elliott ve Hurley 1995; Leonart ve ark., 2000).

$$M_s = M_o \left(\frac{\bar{x}}{x} \right)^b \quad (3.1)$$

Denklemden;

M_s = standardize edilmiş otolit şekil indeksi değişkeni

M_o = orijinal otolit şekil indeksi değişkeni,

\bar{x} = tüm bireylerin ortalama total boy uzunluğu,

x = her bireyin total boyu,

b = otolit şekil indeksi ile balığın toplam uzunluğu arasındaki ilişkinin eğimidir.

Tablo 3.2. Otolit şekil indeksi ve formülleri

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

İndeksler, belirli bir biyolojik anlamı olan boyutsuz özelliklerdir. Şekil faktörü, yüzey alanının düzensizliğini değerlendirmeye yönelik bir ölçüt sunar; değer 1.0 olması şeklin tam bir daire olduğunu, 1.0’ın altındaki değerler ise şeklin düzensizliğini gösterir. Boy-yükseklik oranı, otolit uzamasının derecesini ifade eder. Yuvarlaklık ve dairesellik, sırasıyla 1 ve 4π minimum değerlerini alarak çeşitli özelliklerin mükemmel bir daireye benzediğini gösterir. Dikdörtgensellik, uzunluk ve genişliğin alana göre değişimlerini tanımlar ve 1.0 değerinde mükemmel bir kare özelliği gösterir. Eliptiklik,

eksenlerdeki değişimlerin orantılı olup olmadığını gösterir (Russ, 1990; Bani ve ark., 2013).

Sağ ve sol otolit verilerinden elde edilene Şekil indeksi değerlerinin farklı olup olmadığı Wilcoxon ve Bağımlı İki Örnekleme T testleri aracılığıyla belirlenmiştir. Fark olması durumunda sağ ve sol otolit verileri kullanılarak Şekil indeksi değerleri hesaplanmıştır. Fark olmaması durumunda Şekil indeksinin hesaplanmasında sadece sağ otolit verilerinden faydalanılmıştır. Benzer Şekilde eşeyler arasında otolit Şekil indeksi değerlerinde bir fark olup olmaması Mann-Whitney U ve Bağımsız İki Örnekleme T testleri ile belirlenmiştir. Eşeyler arasında fark çıkması durumunda ayrı ayrı, fark olmaması durumunda ise popülasyon geneli için Şekil indeksi değerleri hesaplanmıştır.

3.8.5. İstatistiksel analizler

Balıklardan elde edilen tüm verilere istatistiksel analizler yapılmadan normalite testi (Kolmogorov-Smirov testi) ve varyans eşitliği testi (Levene's testi) uygulanmıştır. Veriler normal dağılıma uyduğu durumlarda parametrik testler, normal dağılım göstermediği durumlarda ise parametrik olmayan (non-parametrik) testlere tabi tutulmuşlardır. İstatistiksel analizler ve grafiklerin oluşturulmasında SPSS 21.0, Minitab 17.0 ve Microsoft Excel paket programları kullanılacaktır.

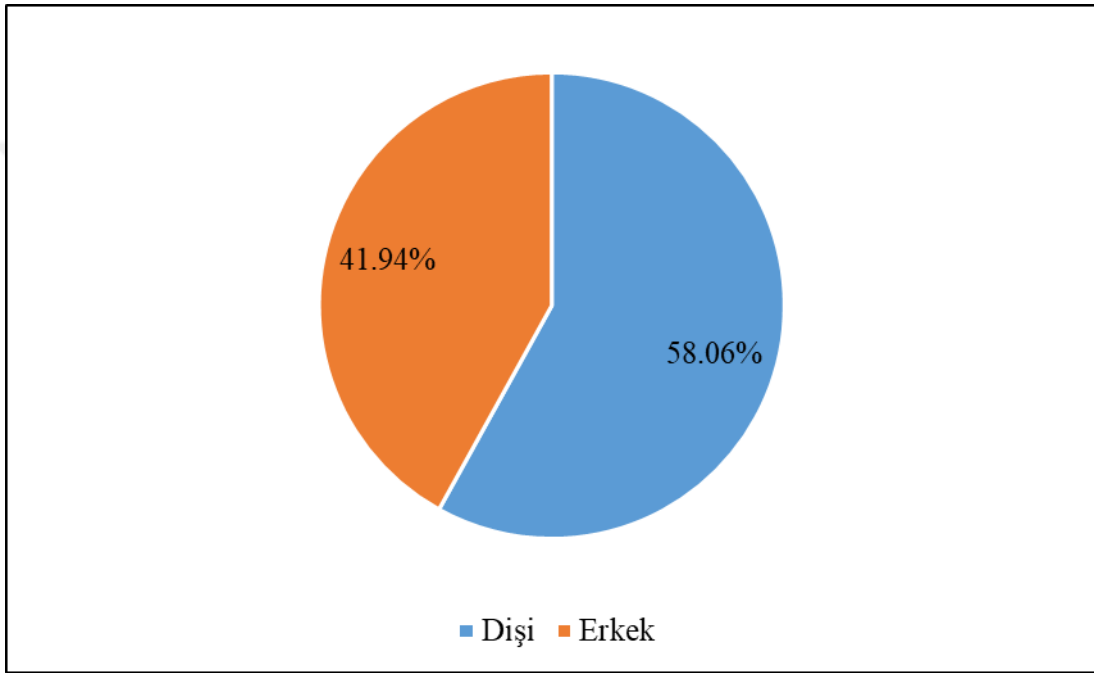


4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1 Eşey dağılımı

İncelenen toplam 310 örneğin %58.06 (180)'sı dişi ve %41.94 (130)'ü erkek bireylerden oluşmuştur (Şekil 4.1). Dişi/erkek oranı 1.0:0.72 olarak hesaplanmıştır. Eşey oranının beklenen 1:1 oranından farklı olduğu saptanmıştır ($\chi^2=8.065$, $df=1$, $P=0.0005$).



Şekil 4.1. *Atherina boyeri* örnekleminde eşey dağılımı

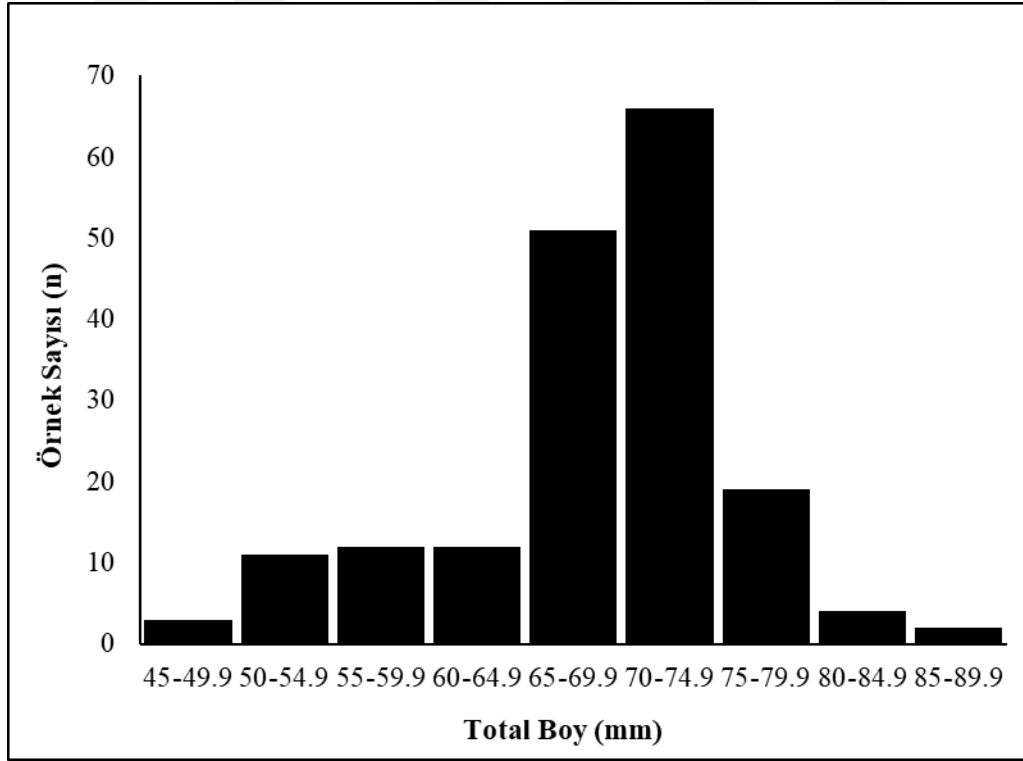
4.1.2. Boy kompozisyonu

İncelenen balıkların total, çatal ve standart boy ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Yamula Gölü'nden yakalanan toplam 310 *Atherina boyeri* örneğinde total boy değerleri 45.83 mm ile 87.58 mm arasında dağılım göstermiştir. Örneklemin ortalama total boy değeri 65.87 ($S_s= 7.894$) mm olarak tespit edilmiştir.

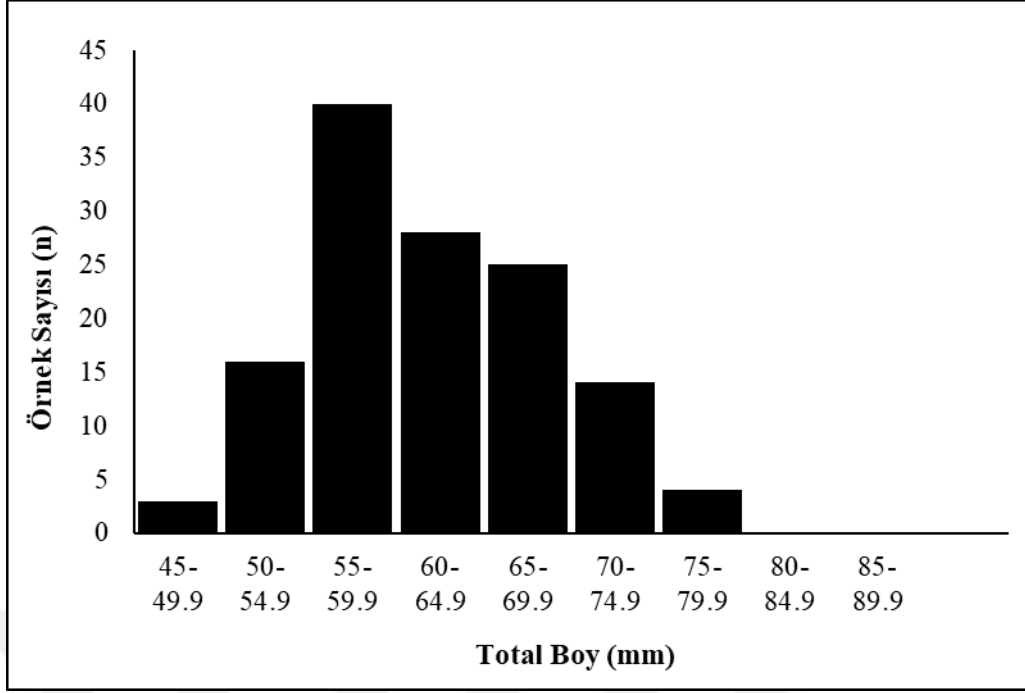
Cinsiyetler arasında ortalama total boy değerleri nde görülen fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (Mann-Whitney U testi, $P<0.001$). Örnekleminde total boy dağılımları eşeyler arasında farklılık göstermiştir (Kolmogorov-Smirnov testi, $Z= 4.127$, $P<0.001$). Dişi, erkek ve tüm bireylerin total boy dağılım grafikleri Şekil 4.2-Şekil 4.4'te sunulmuştur.

Tablo 4.1. *Atherina boyeri* örnekleminde boy verilerinin tanımlayıcı istatistikleri

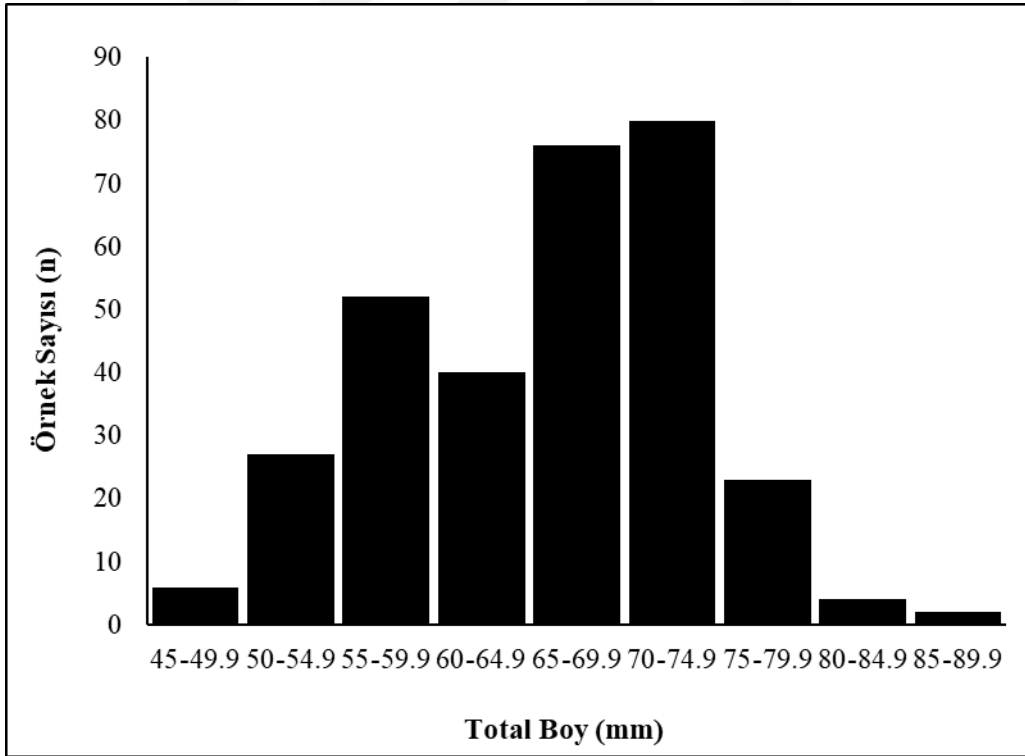
Değişken	Eşey	n	Ort	Sh	Ss	Min	Mak
Total Boy (mm)	Dişi	180	68.84	0.549	7.372	46.69	87.58
	Erkek	130	61.77	0.586	6.681	45.93	78.83
	Tüm Bireyler	310	65.87	0.448	7.894	45.93	87.58
Çatal Boy (mm)	Dişi	180	64.24	0.513	6.886	43.10	82.37
	Erkek	130	57.80	0.554	6.315	43.02	73.29
	Tüm Bireyler	310	61.54	0.418	7.366	43.02	82.37
Standart Boy (mm)	Dişi	180	59.53	0.478	6.417	40.13	76.14
	Erkek	130	53.42	0.520	5.923	40.35	67.55
	Tüm Bireyler	310	56.97	0.392	6.900	40.13	76.14



Şekil 4.2. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerin total boy dağılımı



Şekil 4.3. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerin total boy dağılımı



Şekil 4.4. *Atherina boyeri* örnekleminde tüm bireylerin total boy dağılımı

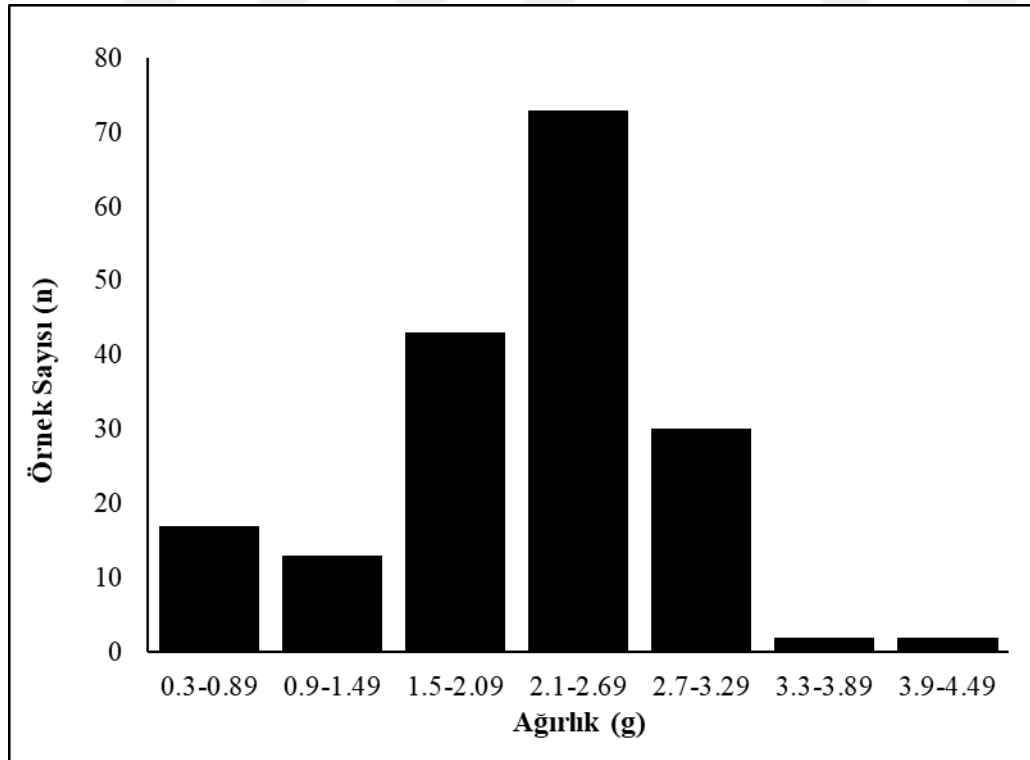
4.1.3. Ağırlık kompozisyonu

Atherina boyeri örnekleminde ağırlık verilerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.2’de sunulmuştur. İncelenen toplam 310 örneğin vücut ağırlığının 0.40 g ile 4.32 g arasında olduğu belirlenmiştir. Örneklemin ortalama ağırlık değeri 1.773 (Ss= 0.752) g olarak hesaplanmıştır.

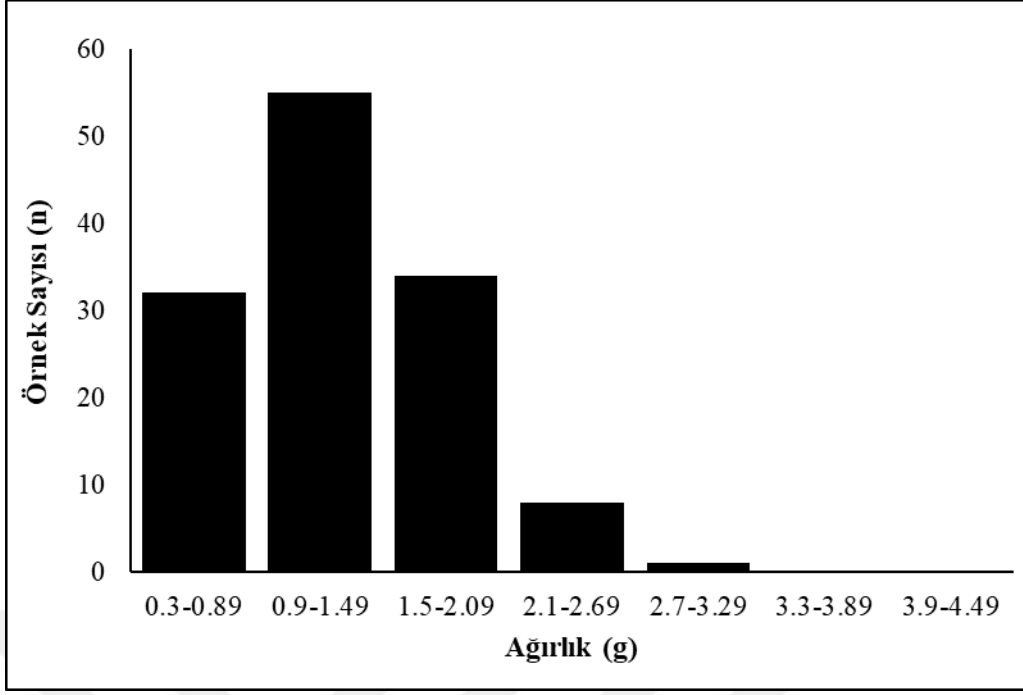
Tablo 4.2. *Atherina boyeri* örnekleminde ağırlık verilerinin tanımlayıcı istatistikleri

Değişken	Eşey	n	Ort	Sh	Ss	Min	Mak
Ağırlık (g)	Dişi	180	2.113	0.0532	0.714	0.50	4.32
	Erkek	130	1.301	0.0448	0.511	0.40	2.80
	Tüm Bireyler	310	1.773	0.0427	0.752	0.40	4.32

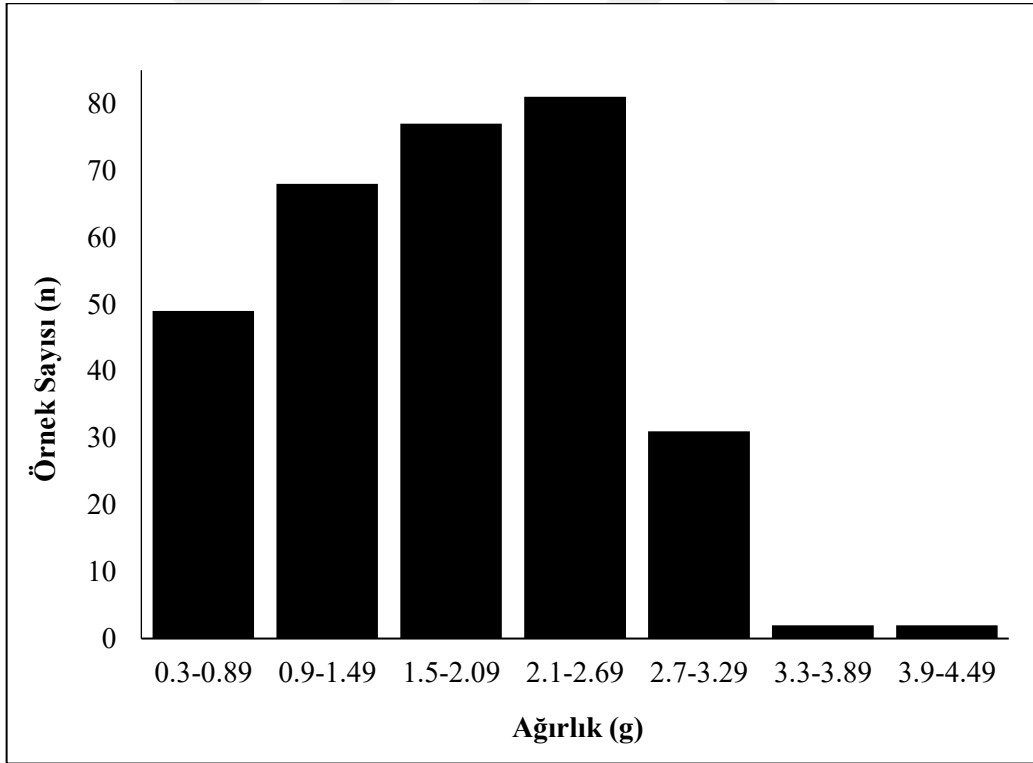
Örnekleme eşeyler arasında ortalama ağırlıkları değerleri (Mann-Whitney U testi, $P < 0.001$) ve ağırlık dağılımları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Kolmogorov-Smirnov testi, $Z = 5.131$, $P < 0.001$). Dişi, erkek ve tüm bireylerde ağırlık-dağılım grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 4.5-Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerin ağırlık dağılımı



Şekil 4.6. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerin ağırlık dağılımı



Şekil 4.7. *Atherina boyeri* örnekleminde tüm bireylerin ağırlık dağılımı

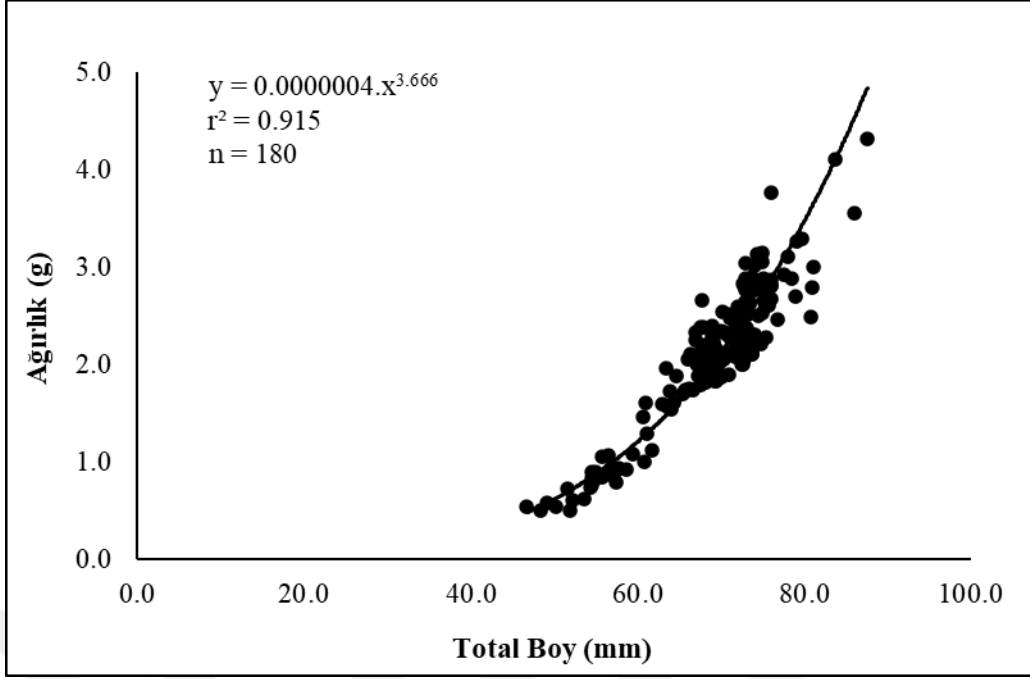
4.1.4. Boy-ağırlık ilişkisi

Gümüş balığında (*Atherina boyeri*) total boy-ağırlık ilişkisi parametreleri dişi, erkek ve tüm bireyler için ayrı ayrı elde edilmiştir (Tablo 4.3). Boy ve ağırlık arasındaki ilişkisinin b değeri dişi, erkek ve tüm bireylerde sırasıyla, 3.666, 3.485 ve 3.763 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.3'te görüldüğü üzere korelasyon katsayısının yüksek oluşu da boy ile ağırlık arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermiştir ($P < 0.001$, $r^2 > 0.891$).

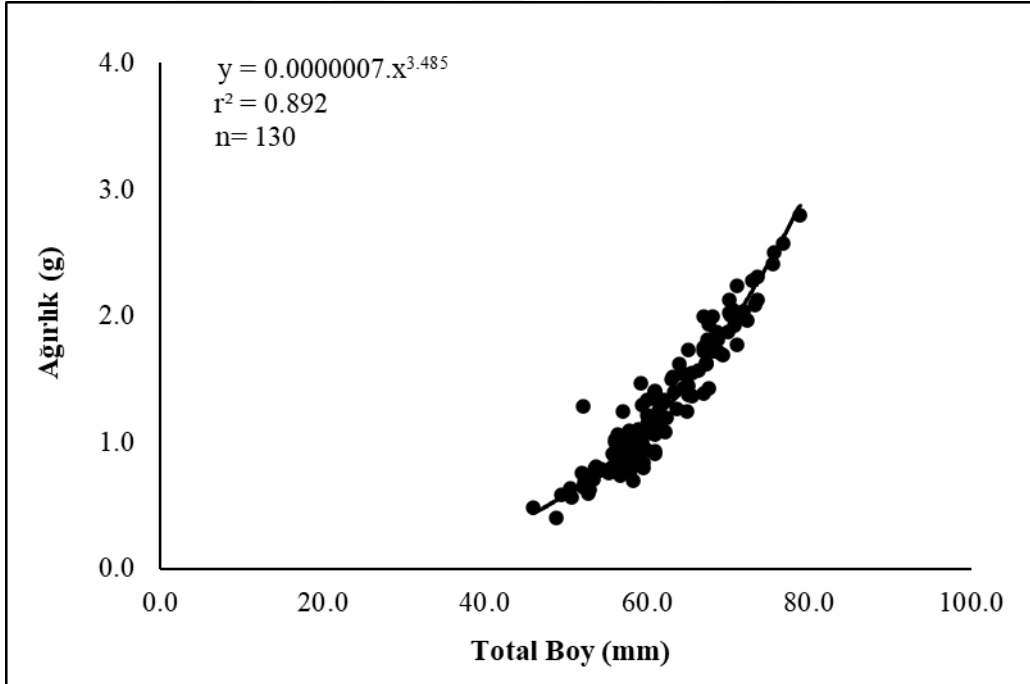
Tablo 4.3. *Atherina boyeri* bireylerinin dişi, erkek ve tüm bireylerde boy-ağırlık ilişkisi parametreleri ve büyüme tipi

Boy-Ağırlık İlişkisi Parametreleri							
Eşey	n	a	b	Sh (b)	b'nin % 95 Güven aralığı	r ²	Büyüme tipi
Dişi	180	0.0000004	3.666	0.0833	3.501-3.830	0.915	A (+)
Erkek	130	0.0000007	3.485	0.107	3.273-3.697	0.892	A (+)
Tüm Bireyler	310	0.0000002	3.763	0.0626	3.640-3.886	0.921	A (+)

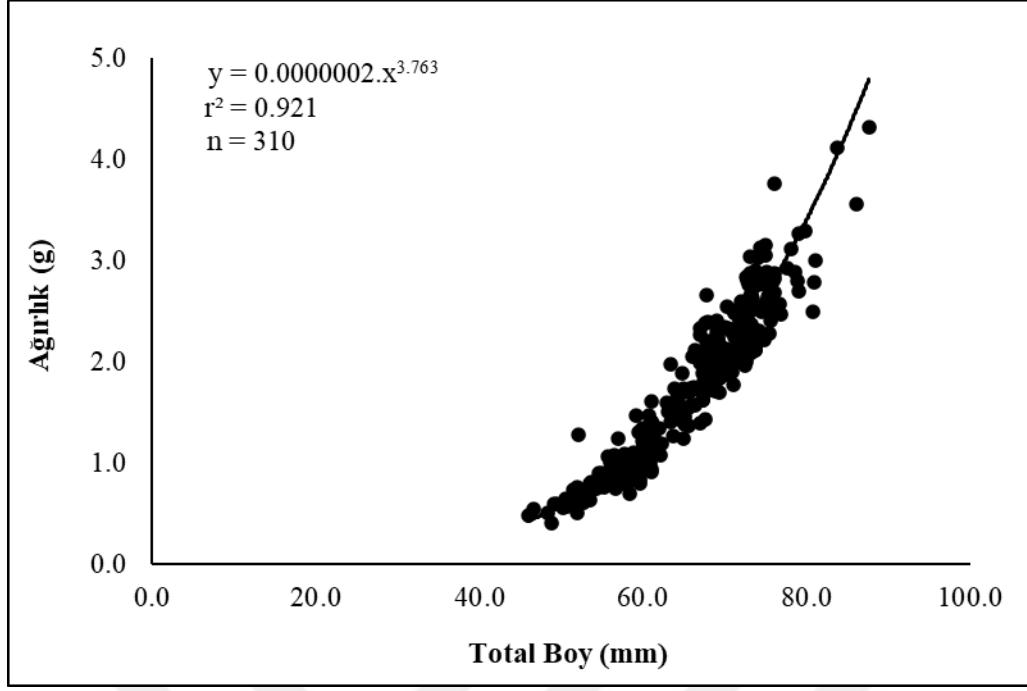
Dişi ve erkek bireylerin b değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir (ANCOVA, $F = 1.79$, $P = 0.181$). Belirlenen tüm b değerleri izometrik büyüme katsayısı olan 3'ten istatistiksel olarak önemli bir şekilde farklı olduğu gözlenmiştir (t-testi, $P < 0.05$). Yamula Baraj Gölü'ndeki populasyonda dişi, erkek ve tüm bireylerinde büyümenin pozitif allometrik (A+) olduğunu göstermiştir. Çizilen boy-ağırlık ilişkisi grafikleri Şekil 4.8-Şekil4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.8. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireyler için boy-ağırlık ilişkisi



Şekil 4.9. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireyler için boy-ağırlık ilişkisi



Şekil 4.10. *Atherina boyeri* örnekleminde tüm bireyler için boy-ağırlık ilişkisi

4.1.5. Boy-boy ilişkisi

Yamula Baraj Gölü'nde yaşayan *Atherina boyeri* örnekleminde total, çatal ve standart boy ölçümleri arasındaki doğrusal ilişki parametreleri Tablo 4.4'te verilmiştir. Örneklemin dişi, erkek ve tüm bireylerinde farklı boy uzunlukları arasında oldukça kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir ($P < 0.001$, $r^2 > 0.977$).

Tablo 4.4. *Atherina boyeri* örnekleminde boy-boy ilişkileri

Eşey	n	Eşitlik	a	b	r^2
Dişi	180	TB= a + b ÇB	0.585	1.062	0.985
		ÇB= a + b SB	1.054	1.061	0.978
		SB= a + b TB	0.074	0.864	0.985
Erkek	130	TB= a + b ÇB	1.118	1.049	0.984
		ÇB= a + b SB	1.349	1.057	0.982
		SB= a + b TB	-0.715	0.877	0.978
Tüm Bireyler	310	TB= a + b ÇB	0.345	1.065	0.987
		ÇB= a + b SB	1.223	1.059	0.984
		SB= a + b TB	-0.185	0.867	0.985

4.1.6. Otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Atherina boyeri örnekleminde otolit biyometrisinin belirlenmesi için çıkarılan otolitlerden dört farklı ölçüm alınmıştır. Ayrıca bu otolit ölçümleri kullanılarak otolit şekil indeksleri hesaplanmıştır.

Atherina boyeri örnekleminde otolit değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 4.5'te verilmiştir. Örneklem genelinde sol OL 1.659-3.161 mm ve sağ OL 1.667-3.141 mm, sol OH 1.111-2.055 mm ve sağ OH 1.125-2.051 mm, sol OP 4.652-8.659 mm ve sağ OP 4.695-8.658 mm, sol OA 1.355-4.490 mm² ve sağ OA 1.329-4.479 mm² arasında değişmiştir. Bu çalışmada dişi bireylerin otolit ölçümlerinin ortalama değerleri erkek bireylerinkinden daha büyük olduğu gözlenmiştir.

Tablo 4.5. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi, erkek ve tüm bireyler için otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Eşey	Değişken	Bölge	Ort	Sh	Ss	Min	Max	n	
Dişi	OL	Sağ	2.379	0.018	0.241	1.667	3.109	180	
		Sol	2.379	0.018	0.244	1.659	3.095	180	
	OH	Sağ	1.606	0.013	0.176	1.125	2.051	180	
		Sol	1.603	0.013	0.177	1.111	2.055	180	
	OP	Sağ	6.654	0.053	0.709	4.695	8.658	180	
		Sol	6.656	0.054	0.723	4.652	8.659	180	
	OA	Sağ	2.700	0.041	0.557	1.329	4.479	180	
		Sol	2.695	0.042	0.559	1.355	4.491	180	
	Erkek	OL	Sağ	2.224	0.019	0.225	1.714	3.141	130
			Sol	2.223	0.020	0.229	1.696	3.161	130
OH		Sağ	1.496	0.014	0.157	1.149	2.018	130	
		Sol	1.491	0.014	0.159	1.151	2.048	130	
OP		Sağ	6.177	0.056	0.644	4.854	8.569	130	
		Sol	6.167	0.057	0.652	4.729	8.565	130	
OA		Sağ	2.354	0.043	0.490	1.464	4.449	130	
		Sol	2.346	0.043	0.495	1.388	4.458	130	
Tüm Bireyler		OL	Sağ	2.314	0.014	0.246	1.667	3.141	310
			Sol	2.313	0.014	0.249	1.659	3.161	310
	OH	Sağ	1.560	0.010	0.176	1.125	2.051	310	
		Sol	1.556	0.010	0.178	1.111	2.055	310	
	OP	Sağ	6.454	0.041	0.721	4.695	8.658	310	
		Sol	6.445	0.042	0.732	4.652	8.659	310	
	OA	Sağ	2.555	0.032	0.556	1.329	4.479	310	
		Sol	2.549	0.032	0.560	1.355	4.490	310	

4.1.7. Otolit ölçümleri ile balık total boyu arasındaki ilişkiler

Gümüş balığı örnekleminde sağ ve sol otolit verilerinden elde edilen OH ve OA ölçümleri arasında fark tespit edilirken, OL ve OP ölçümleri arasında istatistiksel olarak fark önemli çıkmamıştır (Tablo 4.6). Tüm otolit ölçümlerinin (OL, OH, OP ve OA) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür. Otolit değişkenleri ile balık boyu arasındaki ilişkiler dişi ve erkek bireyler için ayrı ayrı üretilmiştir (Tablo 4.6). Eşeyler arasında TB-OL ve TB-OP arasındaki ilişkilerin hesaplanmasında sadece sağ otolit verileri kullanılırken (Şekil 4.11-4.14), TB-OH ve TB-OA arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde ise sağ ve sol otolit ölçümlerinden faydalanılmıştır (Şekil 4.15-4.22).

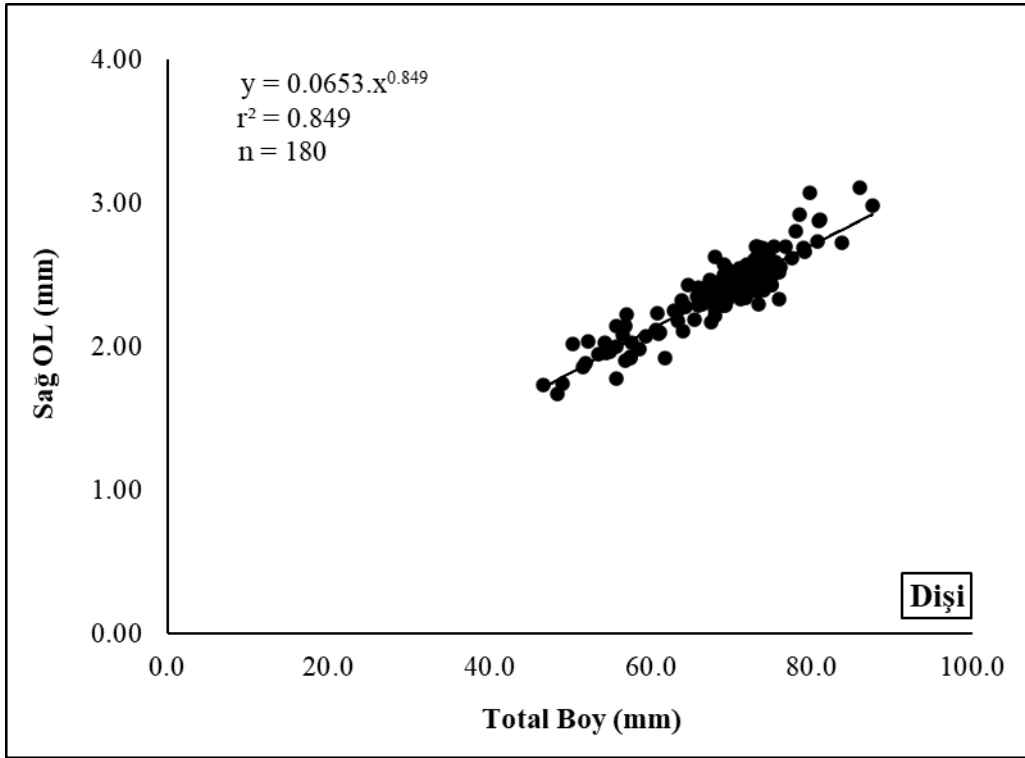
Tablo 4.6. *Atherina boyeri* türünde otolit ölçümlerinin sağ ve sol bölge ile dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel karşılaştırması

Karşılaştırma Türü	Otolit ölçümü	Test	P değeri
Sağ-Sol	OL	Wilcoxon testi	0.636
	OH	Wilcoxon testi	0.019
	OP	Wilcoxon testi	0.066
	OA	Wilcoxon testi	0.020
Dişi-Erkek	Sağ OL	Mann-Whitney-U testi	0.001
	Sağ OH	Mann-Whitney-U testi	0.001
	Sol OH	Mann-Whitney-U testi	0.001
	Sağ OP	Mann-Whitney-U testi	0.001
	Sağ OA	Mann-Whitney-U testi	0.001
	Sol OA	Mann-Whitney-U testi	0.001

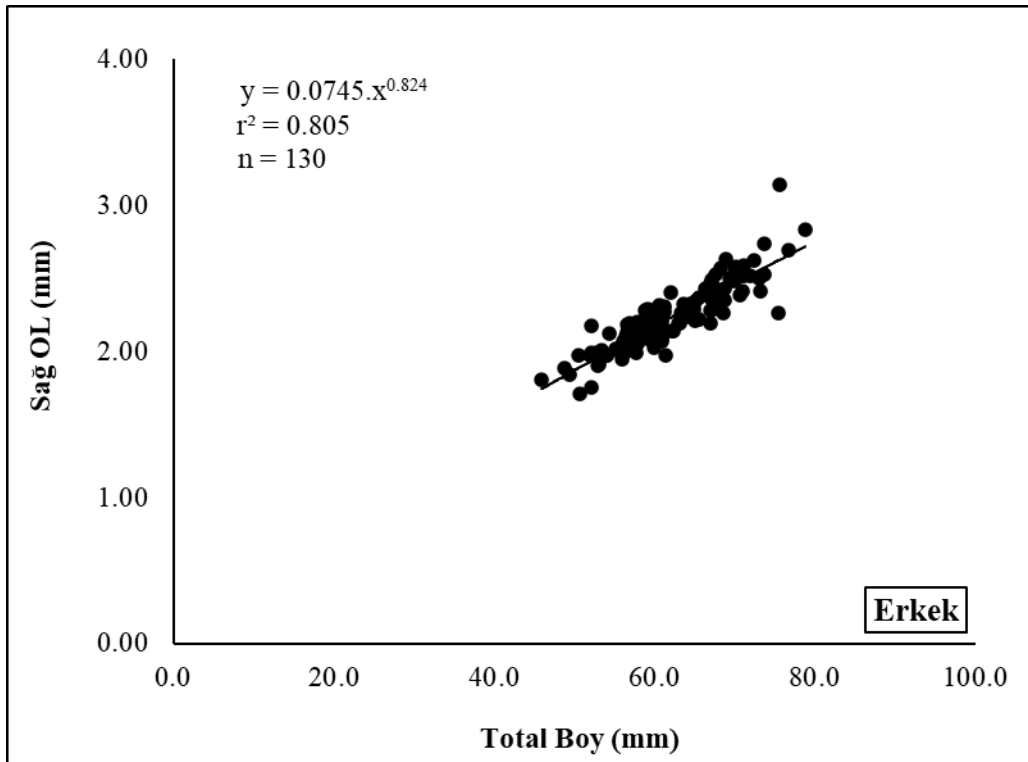
Otolit değişkenleri (OL, OH, OP ve OA) ile total boy (TB) arasındaki tüm ilişkiler oldukça önemli bulunmuştur ($P < 0.001$). Elde edilen regresyonlar varyansın %80'inden daha fazlasını açıklamıştır (Tablo 4.7). İlişkilerin r^2 değerleri 0.805-0.883 arasında değişim göstermiştir. Dişi ve erkek bireylerde en kuvvetli ilişkiler otolit alanı (OA) ile balık total boyu (TB) arasında tespit edilmiştir. Ölçülen ile denklemlerden hesaplanan total boy arasındaki fark, dişi bireylerin TB-sağ OA ve TB-sol OA ilişkilerinde önemli olduğu görülürken (Mann-Whitney U testi, $P < 0.05$), diğer ilişki tiplerinde ise önemsiz bulunmuştur (Mann-Whitney U testi, $P > 0.05$). Regresyonların ortalama yüzde tahmin hatası değerleri 3.34-4.014 arasında değişim göstermiştir. Dişi ve erkek bireylerin %TH değerleri arasında fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır (Kruskal-Wallis H testi $P > 0.05$). *Atherina boyeri* örnekleminde total boy-otolit değişkenleri arasındaki ilişkiler Şekil 4.11-Şekil 4.22'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. *Atherina boyeri* örnekleminde otolit ölçümleri-total boy ilişkilerinin regresyon parametreleri ve her bir ilişkinin ortalama yüzde tahmin hatası değeri

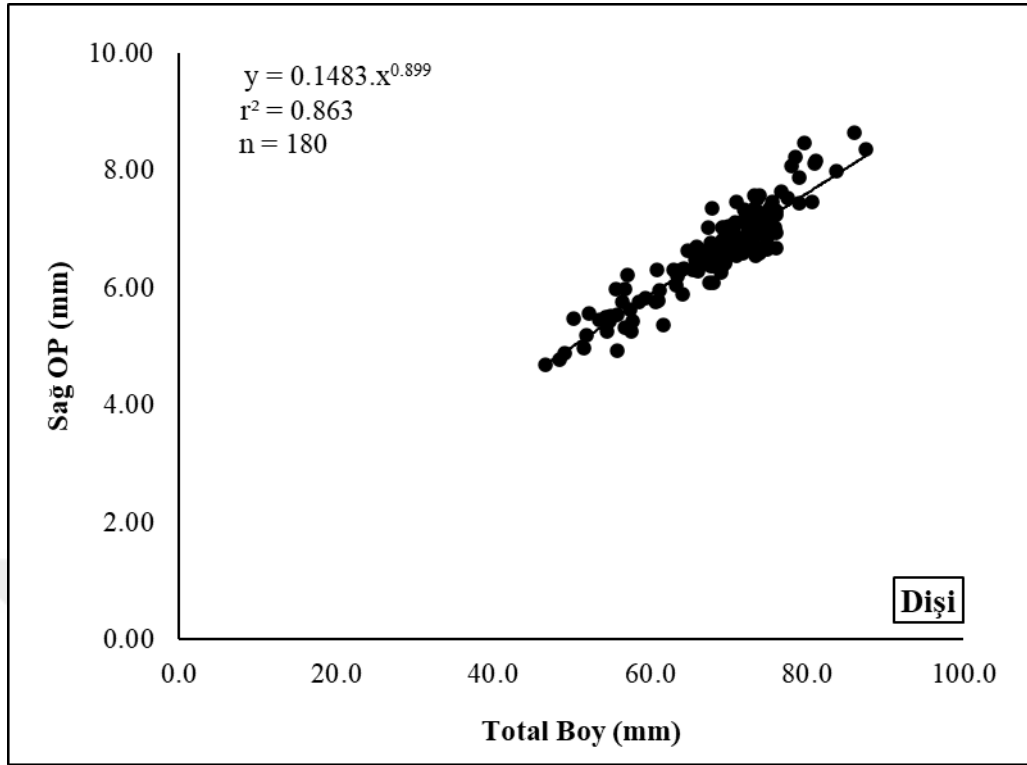
İlişki	Eşey	Bölge	n	a	b	Sh(b)	r ²	P	Ölçülen TB (Ort±Ss)	Hesaplanan TB (Ort±Ss)	%TH (Ort±Ss)
TB-OL	Dişi	Sağ	180	0.0653	0.849	0.0268	0.849	P<0.001	68.84±7.372	69.14±8.129	3.640±3.074
	Erkek	Sağ	130	0.0745	0.824	0.0268	0.805	P<0.001	61.77±6.681	61.75±7.631	4.014±3.511
TB-OH	Dişi	Sağ	180	0.0331	0.917	0.0288	0.851	P<0.001	68.84±7.372	69.00±8.232	3.755±2.906
	Dişi	Sol	180	0.0311	0.931	0.0284	0.858	P<0.001	68.84±7.372	69.06±8.192	3.551±2.968
	Erkek	Sağ	130	0.0417	0.868	0.0348	0.829	P<0.001	61.77±6.681	61.91±7.484	3.750±3.211
	Erkek	Sol	130	0.0375	0.893	0.0339	0.844	P<0.001	61.77±6.681	61.86±7.407	3.570±2.959
TB-OP	Dişi	Sağ	180	0.1483	0.899	0.0359	0.863	P<0.001	68.84±7.372	68.84±8.137	3.430±2.929
	Erkek	Sağ	130	0.1784	0.859	0.0346	0.828	P<0.001	61.77±6.681	62.01±7.559	3.719±3.175
TB-OA	Dişi	Sağ	180	0.0015	1.776	0.0496	0.878	P<0.001	68.84±7.372	67.71±7.971	3.700±2.850
	Dişi	Sol	180	0.0014	1.792	0.0490	0.883	P<0.001	68.84±7.372	67.69±7.952	3.640±2.812
	Erkek	Sağ	130	0.0022	1.694	0.0624	0.852	P<0.001	61.77±6.681	61.12±7.345	3.442±3.212
	Erkek	Sol	130	0.0019	1.724	0.0629	0.855	P<0.001	61.77±6.681	61.80±7.399	3.340±2.925



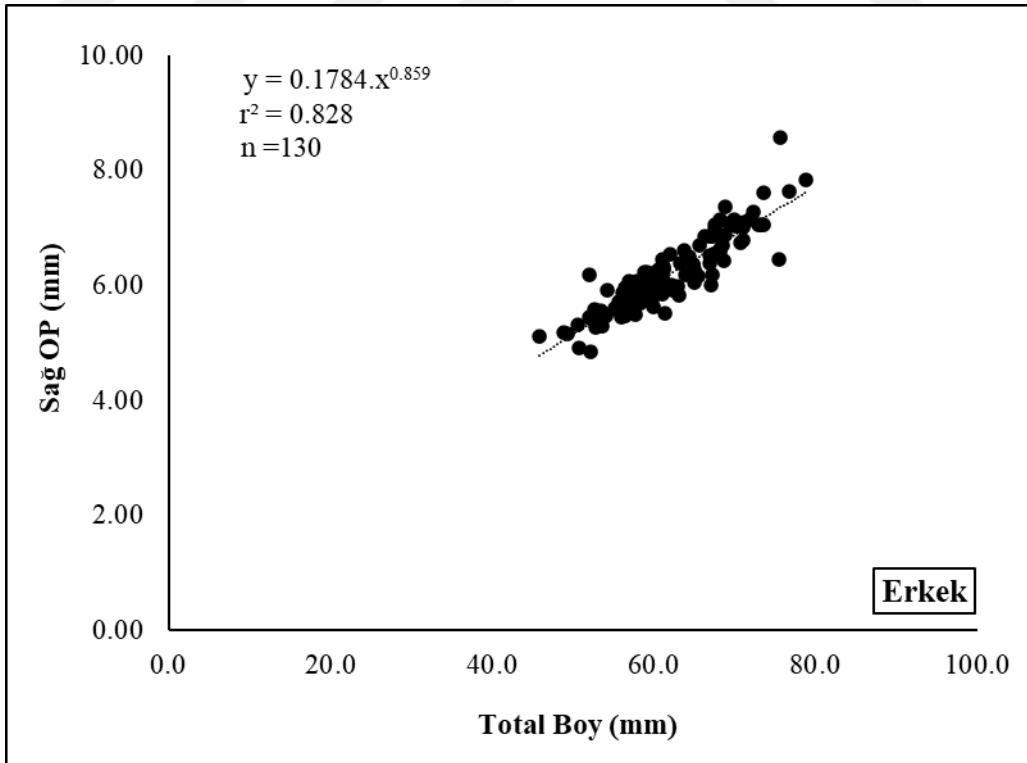
Şekil 4.11. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde total boy-sağ otolit boyu ilişkisi



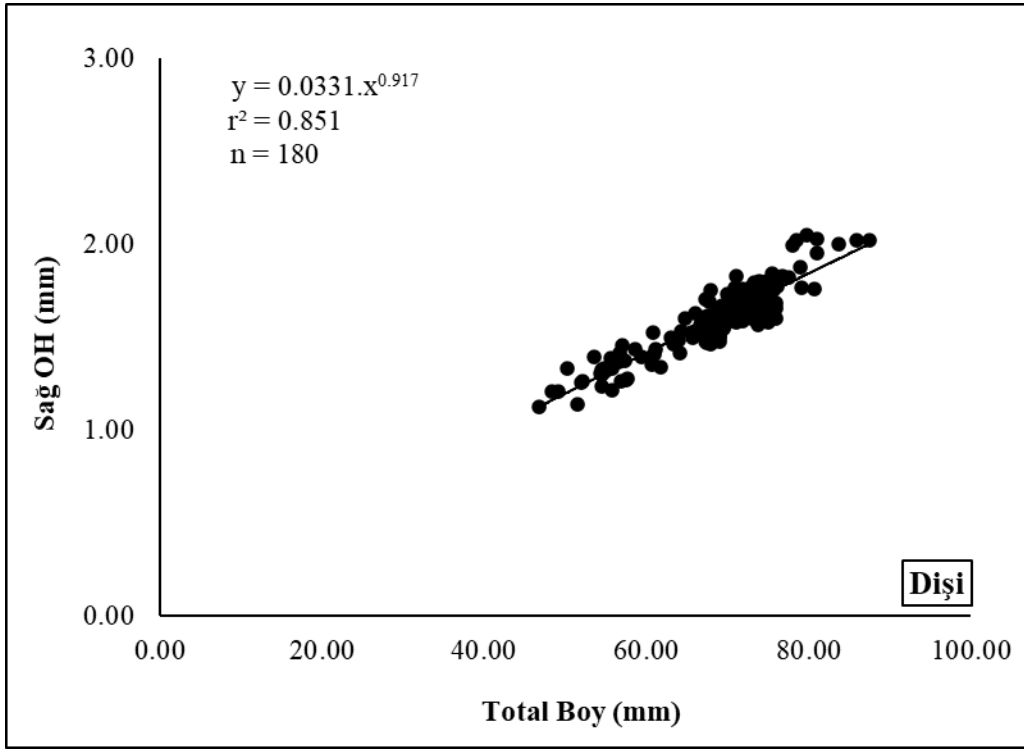
Şekil 4.12. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde total boy-sağ otolit boyu ilişkisi



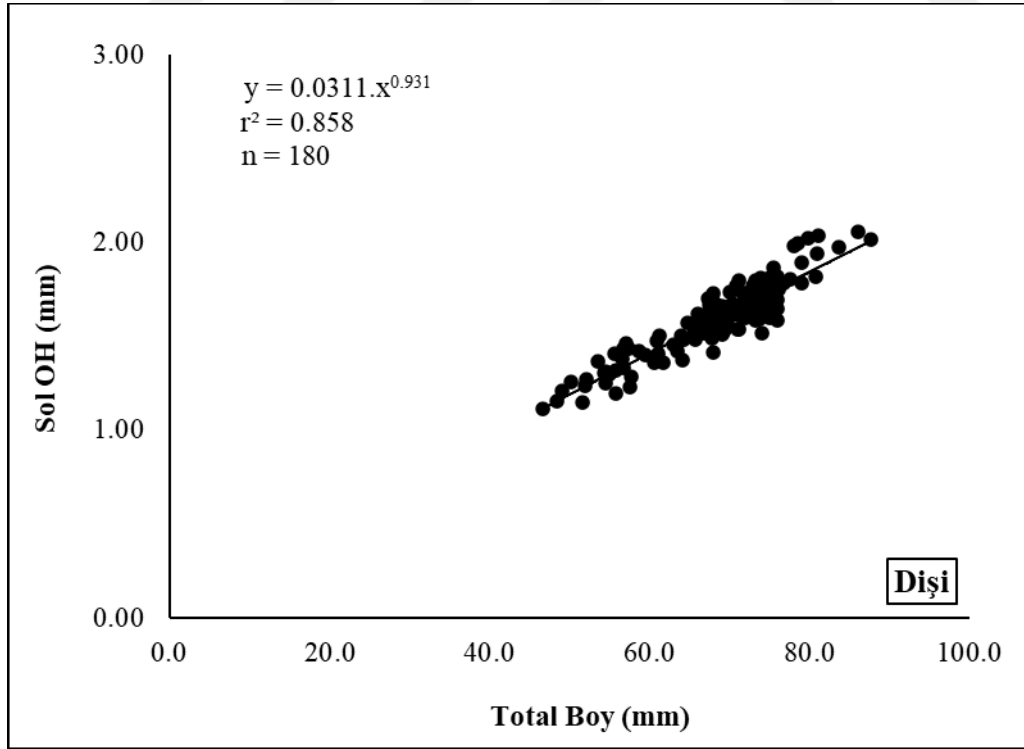
Şekil 4.13. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde total boy-sağ otolit çevresi ilişkisi



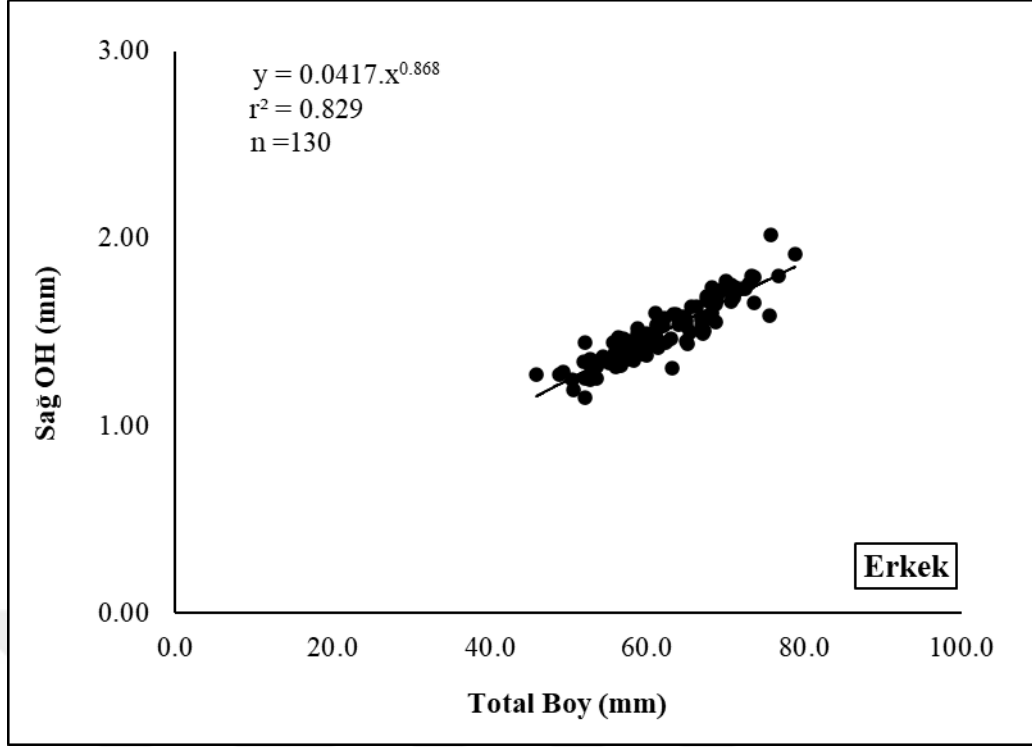
Şekil 4.14. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde total boy-sağ otolit çevresi ilişkisi



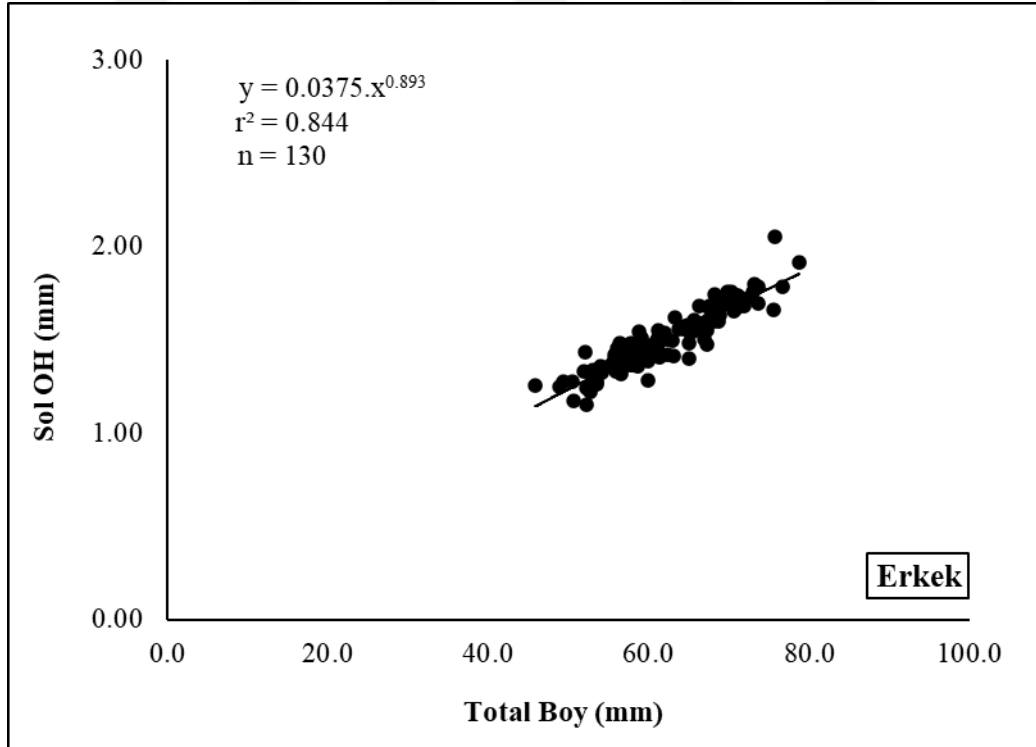
Şekil 4.15. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde total boy-sağ otolit yüksekliği ilişkisi



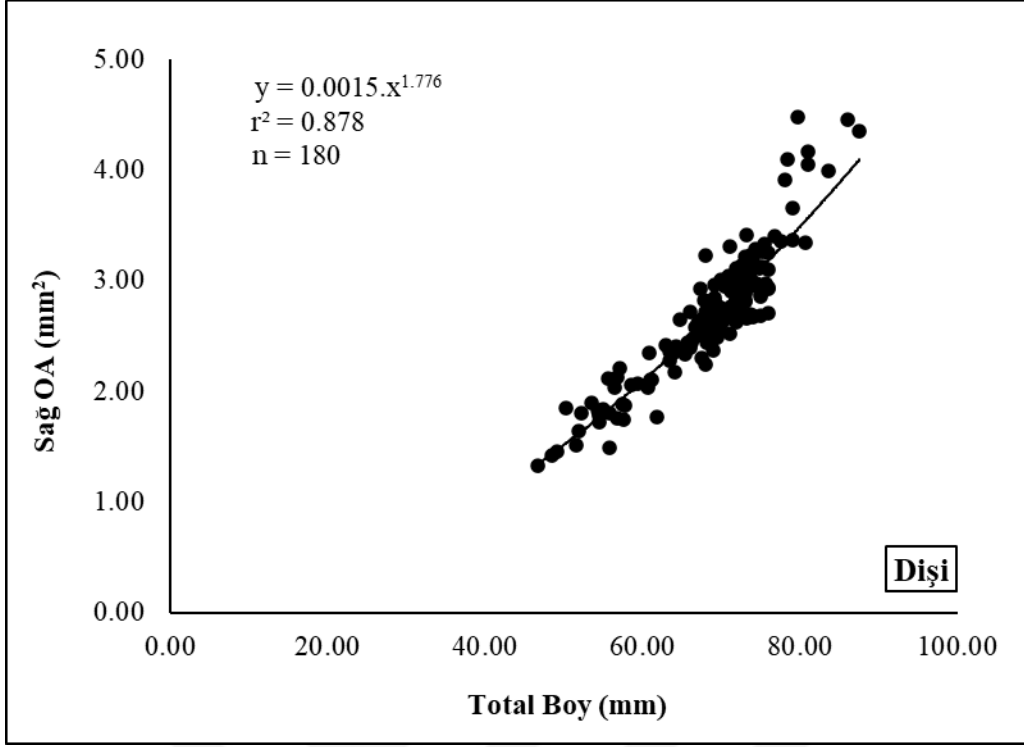
Şekil 4.16. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde total boy-sol otolit yüksekliği ilişkisi



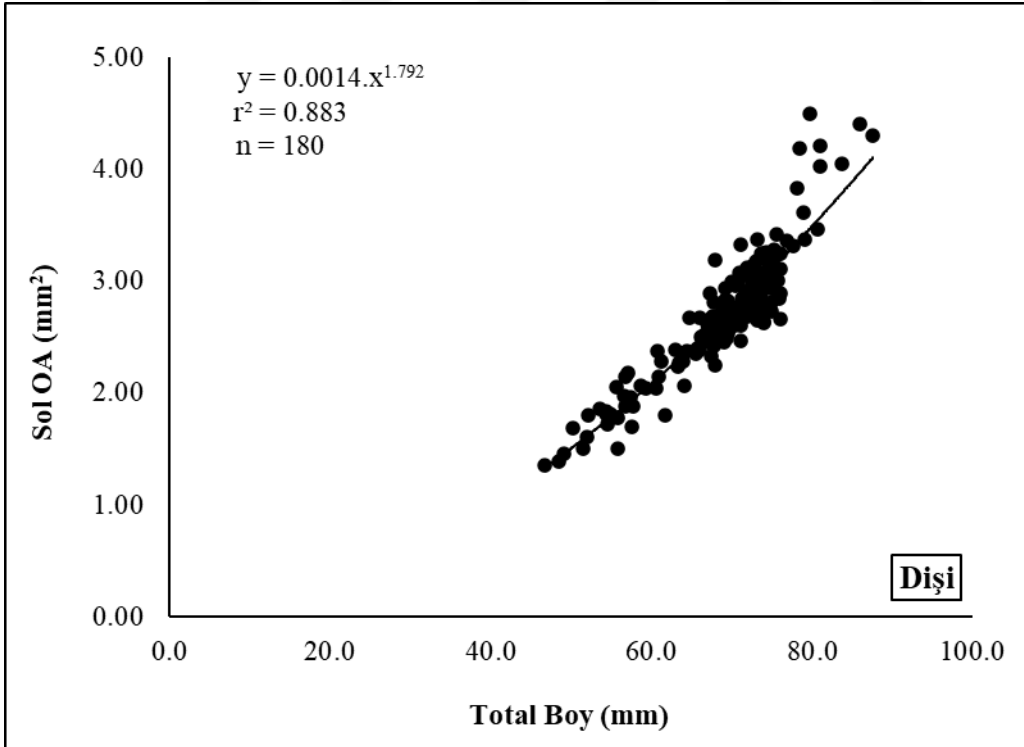
Şekil 4.17. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde total boy-sağ otolit yüksekliği ilişkisi



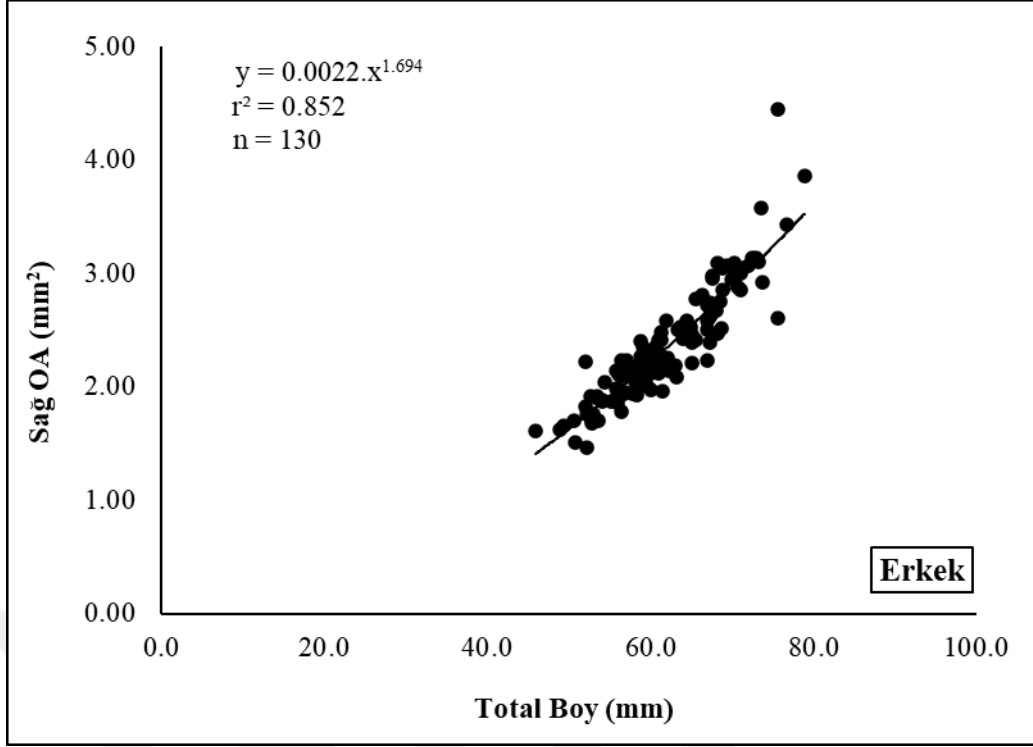
Şekil 4.18. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde total boy-sol otolit yüksekliği ilişkisi



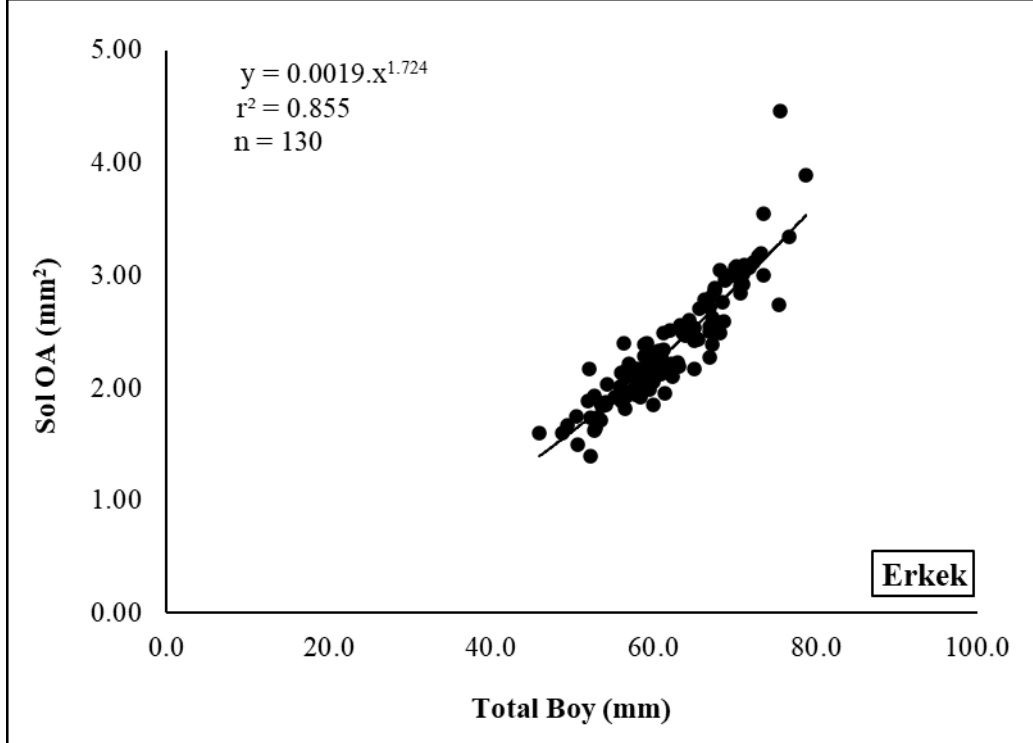
Şekil 4.19. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde total boy-sağ otolit alanı ilişkisi



Şekil 4.20. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde total boy-sol otolit alanı ilişkisi



Şekil 4.21. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde total boy-sağ otolit alanı ilişkisi



Şekil 4.22. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde total boy-sol otolit alanı ilişkisi

4.1.8. Otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler

Atherina boyeri örnekleminde dişi ve erkek bireylerin sagittal otolit çiftlerinden elde edilen dört farklı ölçümün birbirleri arasındaki ilişkileri Tablo 4.8’de verilmiştir. Yamula Baraj Gölü örnekleminde sağ ve sol otolit ölçümlerinin birbirleri ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.001$). Dişi bireylerde sol otolit ölçümleri arasında ilişkilerin r^2 değerleri 0.900-0.984 arasında ve sağ ölçümleri arasında ilişkilerin r^2 değerleri ise 0.898-0.986 arasında değişim göstermiştir. Erkek bireylerde otolit ölçümleri arasındaki ilişkinin r^2 değerleri sol bölge otolitleri için 0.873-0.985 arasında olduğu tespit edilirken, sağ bölge otolitleri için r^2 değerleri 0.861-0.983 arasında olduğu saptanmıştır. Regresyon modelleri varyansın %85’inden daha fazlasını açıklamıştır. Sağ ve sol sagittal otolit değişkenlerinden elde edilen OP-OA ilişkileri dişi ve erkek bireylerde en iyi model olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. *Atherina boyeri* örnekleminde otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler

Eşey	n	Bölge	Denklem	a	b	Sh(b)	r ²	P	
Dişi	180	Sağ	OL= axOH ^b	1.5667	0.878	0.022	0.898	<0.001	
			OL= axOP ^b	0.4022	0.937	0.012	0.968	<0.001	
			OL= axOA ^b	1.4884	0.477	0.007	0.963	<0.001	
			OH= axOP ^b	0.2385	1.006	0.015	0.957	<0.001	
			OH= axOA ^b	0.9665	0.516	0.007	0.969	<0.001	
			OP= axOA ^b	4.0439	0.506	0.005	0.986	<0.001	
			OL= axOH ^b	0.6608	0.881	0.022	0.900	<0.001	
		Sol	OL= axOP ^b	0.4061	0.933	0.011	0.972	<0.001	
			OL= axOA ^b	1.4859	0.479	0.007	0.961	<0.001	
			OH= axOP ^b	0.2435	0.994	0.016	0.952	<0.001	
			OH= axOA ^b	0.9634	0.518	0.007	0.968	<0.001	
			OP= axOA ^b	4.0178	0.513	0.005	0.984	<0.001	
			Sağ	OL= axOH ^b	1.5509	0.894	0.031	0.861	<0.001
				OL= axOP ^b	0.3921	0.953	0.016	0.961	<0.001
OL= axOA ^b	1.4729	0.486		0.010	0.947	<0.001			
OH= axOP ^b	0.2519	0.978		0.021	0.940	<0.001			
OH= axOA ^b	0.9725	0.508		0.009	0.960	<0.001			
OP= axOA ^b	4.0101	0.510		0.005	0.983	<0.001			
Erkek	130	Sol		OL= axOH ^b	1.5526	0.898	0.030	0.873	<0.001
			OL= axOP ^b	0.3865	0.961	0.014	0.972	<0.001	
			OL= axOA ^b	1.4721	0.489	0.009	0.954	<0.001	
			OH= axOP ^b	0.2493	0.982	0.022	0.938	<0.001	
			OH= axOA ^b	0.9692	0.511	0.009	0.961	<0.001	
			OP= axOA ^b	4.0134	0.509	0.005	0.985	<0.001	

4.1.9. Otolit şekil indeksleri

Atherina boyeri örnekleminde otolit ölçümleri kullanılarak hesaplanan altı farklı şekil indeksinin karşılaştırılmasında, sağ ve sol bölge arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4. 9). Tüm şekil indeksleri için sadece sağ otolit indeks değerleri kullanılmıştır. Analizler sonucunda dişi ve erkek bireylerin otolit değişkenlerinden hesaplanan şekil faktörü, dairesellik ve ovallik indekslerinde fark tespit edilmiştir (Tablo 4. 9). Bu nedenle analizlerde şekil faktörü, dairesellik ve ovallik indeksleri için dişi ve erkek bireylerin sağ otolit verileri kullanılırken, boy-yükseklik

oranı, yuvarlaklık ve dikdörtgensellik indekslerinde tüm bireylerin sağ otolit verilerinden hesaplamalar yapılmıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4.9. *Atherina boyeri* türünde otolit şekil indekslerinin karşılaştırması

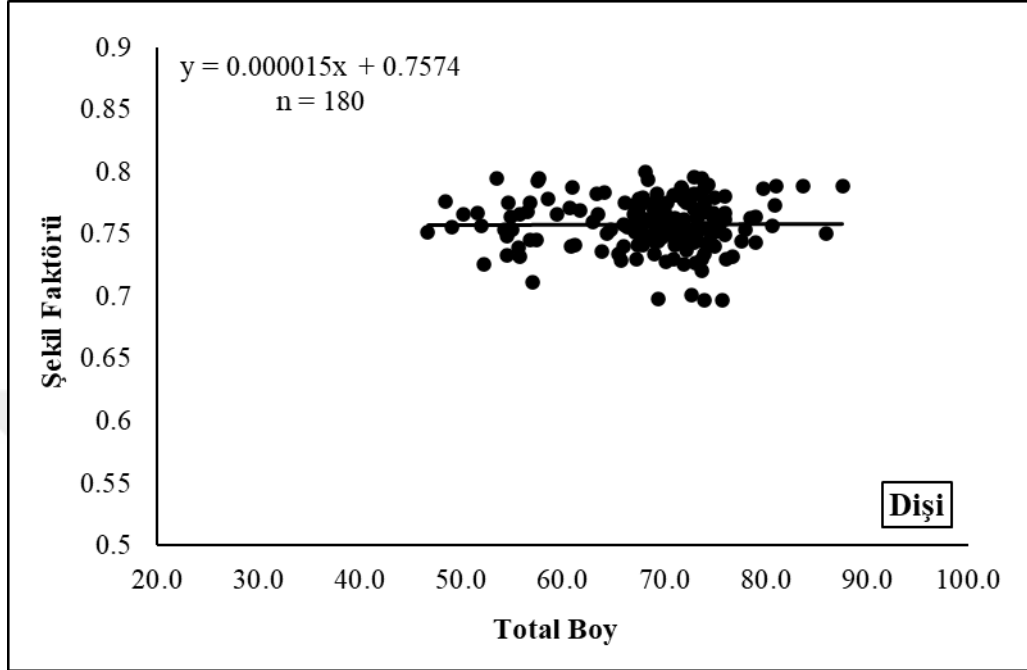
Karşılaştırma Türü	Otolit Ölçümü	Test	P değeri
Sağ-Sol	Şekil Faktörü	Wilcoxon testi	0.807
	Boy-Yükseklik Oranı	Bağımlı iki örneklem t-testi	0.085
	Dairesellik	Wilcoxon testi	0.837
	Yuvarlaklık	Bağımlı iki örneklem t-testi	0.214
	Dikdörtgensellik	Bağımlı iki örneklem t-testi	0.774
	Ovallık	Bağımlı iki örneklem t-testi	0.329
Dişi-Erkek	Şekil Faktörü	Bağımsız iki örneklem t-testi	0.000
	Boy-Yükseklik Oranı	Bağımsız iki örneklem t-testi	0.427
	Dairesellik	Mann-Whitney-U testi	0.000
	Yuvarlaklık	Bağımsız iki örneklem t-testi	0.850
	Dikdörtgensellik	Bağımsız iki örneklem t-testi	0.347
	Ovallık	Bağımsız iki örneklem t-testi	0.000

Tablo 4.10. *Atherina boyeri* türünde otolit şekil indeksi değerleri

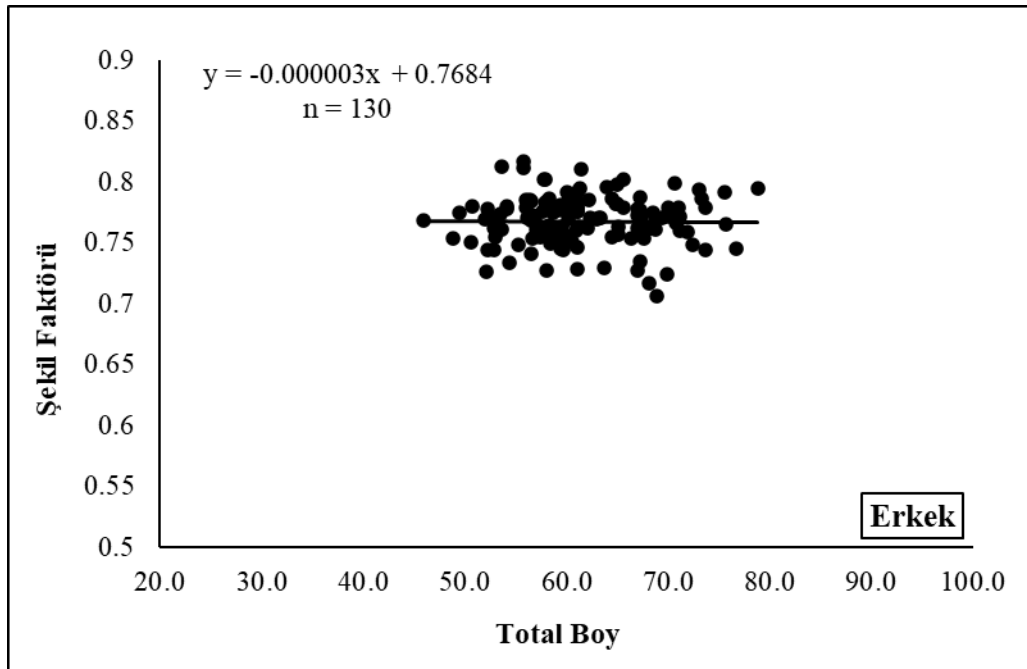
Şekil İndeksleri	Eşey	n	Ort	Sh	Ss	Min	Max
Şekil Faktörü	Dişi	180	0.7585	0.0197	0.01967	0.6968	0.8004
	Erkek	130	0.7682	0.0201	0.02005	0.7067	0.8165
Boy-Yükseklik Oranı	Tüm birey	310	1.4848	0.0031	0.05425	1.3012	1.6765
Dairesellik	Dişi	180	16.5787	0.0325	0.43632	15.7000	18.0352
	Erkek	130	16.3693	0.0379	0.43180	15.3900	17.7819
Yuvarlaklık	Tüm birey	310	0.6009	0.0015	0.02582	0.5338	0.7066
Dikdörtgensellik	Tüm birey	310	0.6998	0.0008	0.01365	0.6650	0.7409
Ovallık	Dişi	180	3.0906	0.0268	0.35933	2.2353	4.1089
	Erkek	130	2.7189	0.0313	0.35736	1.8452	4.2160

Sağ otolitinden hesaplanan şekil indeksleri ile balık boyu (TB) arasındaki ilişkiler Şekil 4. 23-Şekil 4. 31’de gösterilmiştir. Tüm bireylerde, balık boyu (TB) artışı ile boy-yükseklik oranı indeksinde azalma eğilimi, yuvarlaklık ve dikdörtgensellik indekslerinde ise artma eğilimi tespit edilmiştir. Dişi bireylerde balık boyu (TB) artışı ile şekil faktörü indeksinde artma eğilimi, dairesellik ve ovallık indekslerinde ise

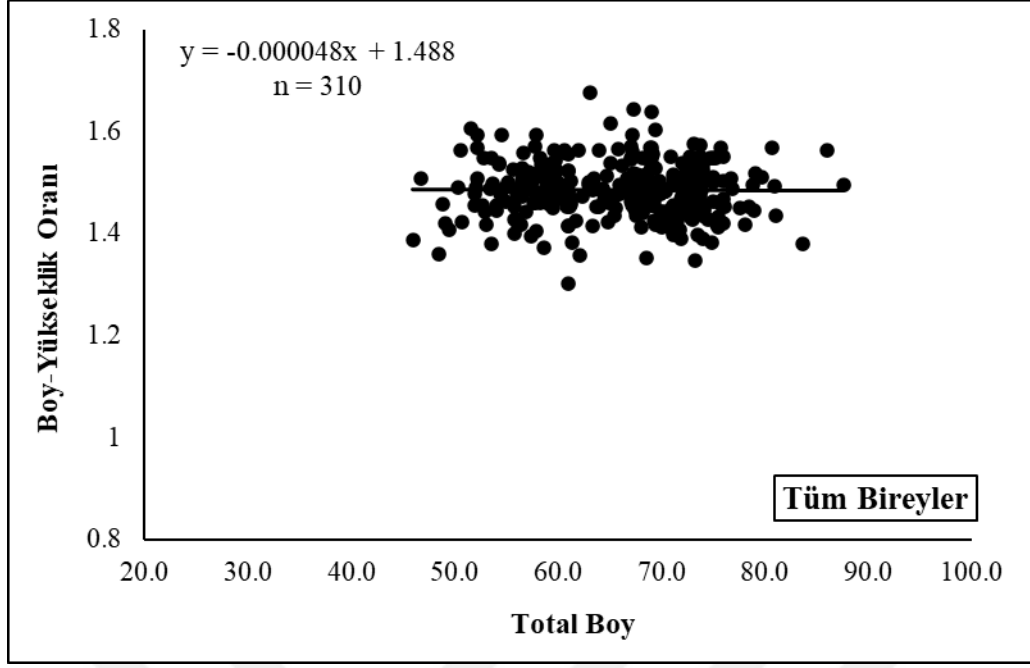
azalma eğilimi görülmüştür. Erkek bireylerde ise tam tersi bir durum gözlenmiş olup, şekil faktörü indeksinde azalma eğilimi görülürken, dairesellik ve ovallık indekslerinde ise artma eğilimi saptanmıştır.



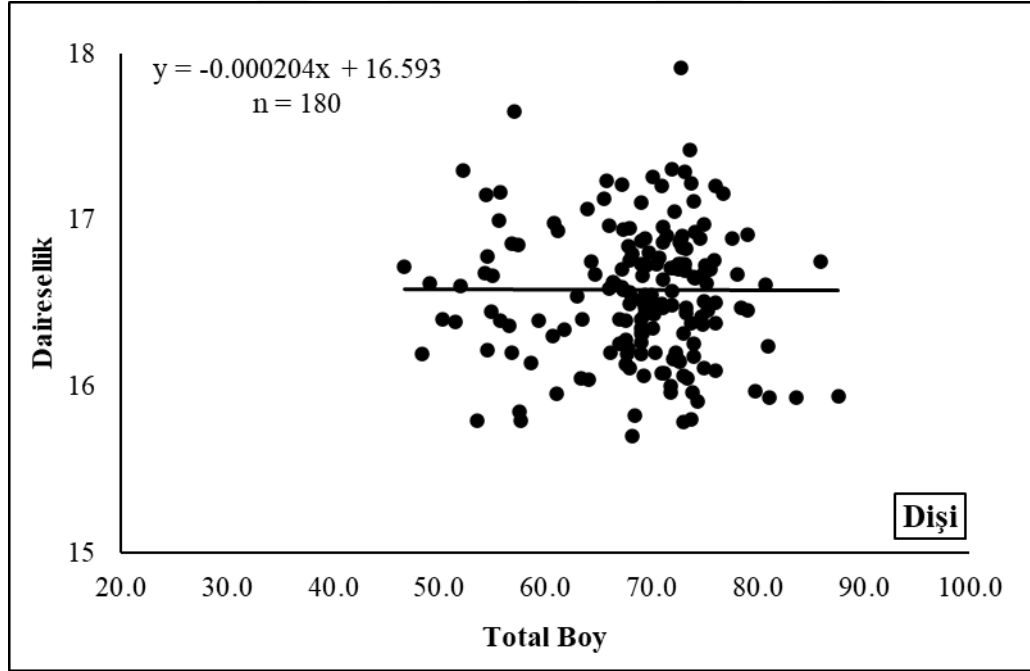
Şekil 4.23. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde balık boyu ile şekil faktörü arasındaki ilişki



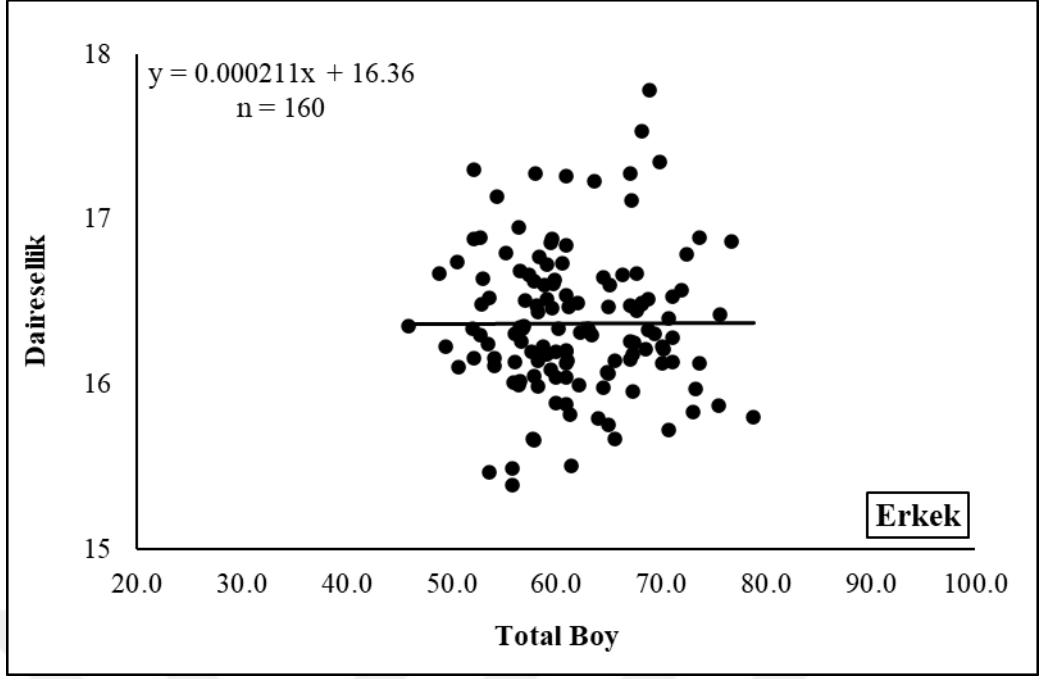
Şekil 4. 24. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde balık boyu ile şekil faktörü arasındaki ilişki



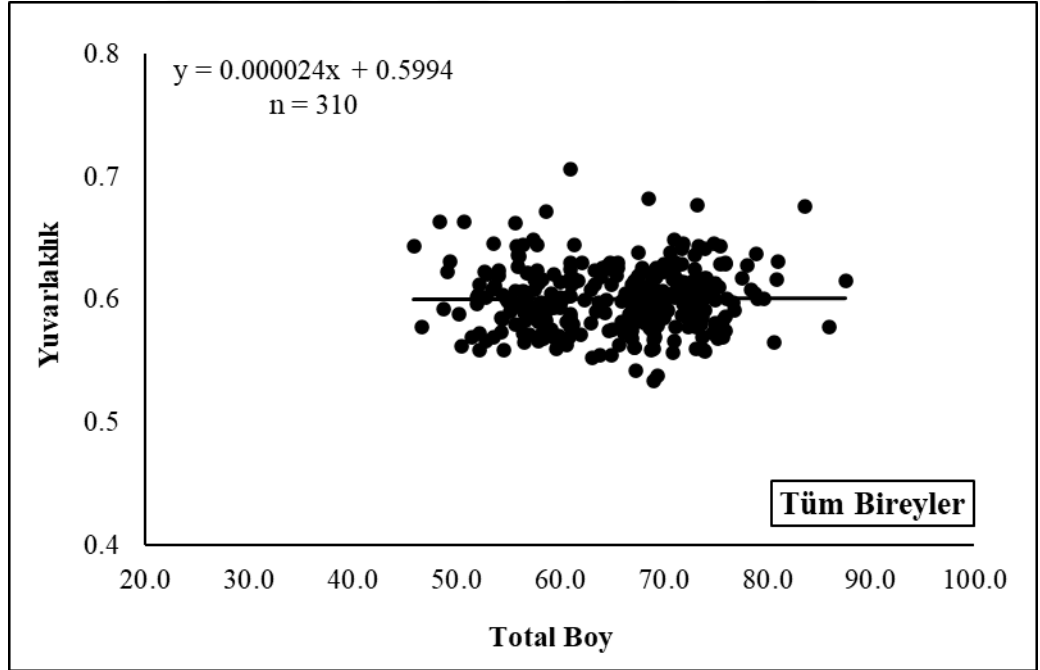
Şekil 4.25. *Atherina boyeri* örnekleminde tüm bireylerde balık boyu ile boy-yükseklik oranı arasındaki ilişki



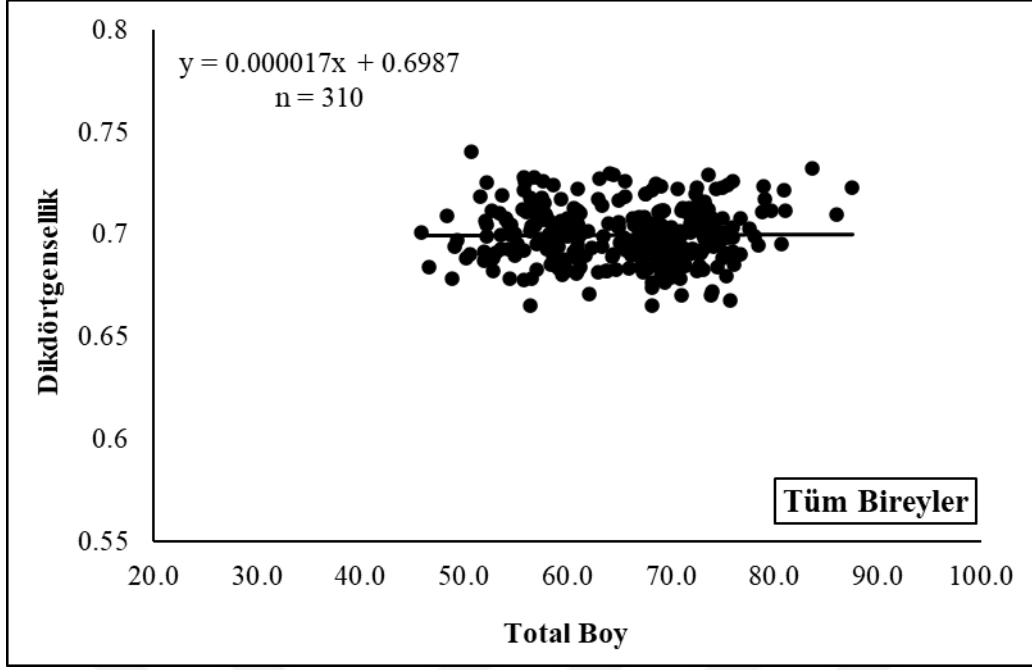
Şekil 4.26. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde balık boyu ile dairesellik arasındaki ilişki



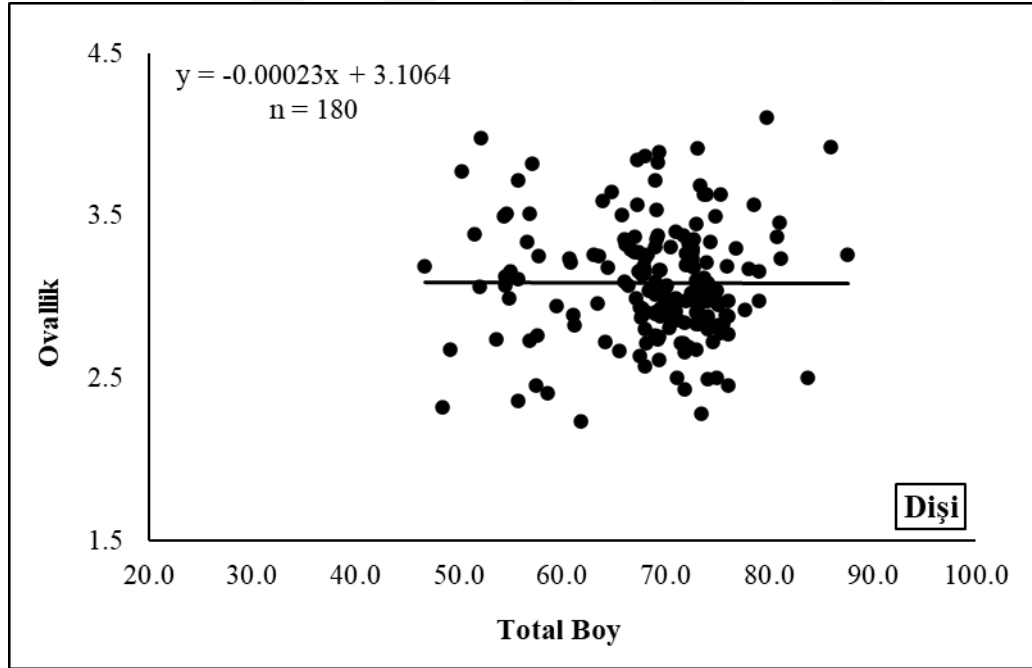
Şekil 4.27. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde balık boyu ile dairesellik arasındaki ilişki



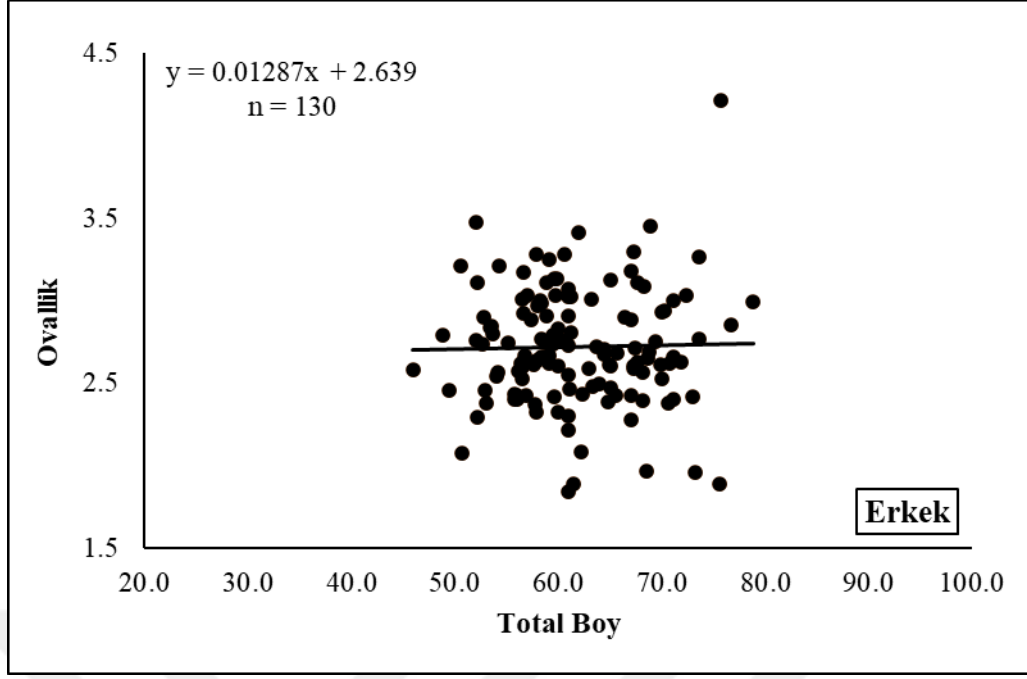
Şekil 4.28. *Atherina boyeri* örnekleminde tüm bireylerde balık boyu ile yuvarlaklık arasındaki ilişki



Şekil 4.29. *Atherina boyeri* örnekleminde tüm bireylerde balık boyu ile dikdörtgensellik arasındaki ilişki



Şekil 4.30. *Atherina boyeri* örnekleminde dişi bireylerde balık boyu ile ovallık arasındaki ilişki



Şekil 4.31. *Atherina boyeri* örnekleminde erkek bireylerde balık boyu ile ovallık arasındaki ilişki

4.2. Tartışma

4.2.1. Eşey dağılımı

Yamula Baraj Gölü'nden elde edilen örneklerde dişi:erkek oranı 1.0:0.72 olarak hesaplanmıştır. Farklı habitatlarda yapılan çalışmalarda gümüş balığının eşey oranları (D:E) İznik Gölü'nde 2.5:1.0 (Çetinkaya ve ark., 2011); Eğirdir Gölü'nde 1.0:1.39 (Küçük ve ark., 2012); Trasimeno Gölü'nde 1.0: 0.7 (Lorenzoni ve ark., 2015); Eğirdir Gölü'nde 0.99:1.0 (Yagci ve ark., 2015); Hirfanlı Baraj Gölü'nde 1.14:1.0 (Gençoğlu ve Ekmekçi, 2016); Mellah Lagünü'nde 1.0:1.16 (Boudinar ve ark., 2016b); Karacaören 1 Baraj Gölü'nde 1:1.24 (Becer ve Kilic, 2018); İznik Gölü'nde 1.0:1.46 (Cilbiz ve Uysal, 2022) olarak tespit edilmiştir. Eşey oranı açısından bulgumuz önceki çalışmalardan farklı gözükmemektedir. Balıklarda eşey oranı türden türe, aynı türün farklı popülasyonları arasında ve aynı popülasyonda yıldan yıla değişebileceği bildirilmiştir (Nikolsky, 1963).

4.2.2. Boy-ağırlık dağılımı

Atherina boyeri örnekleminde total boylar 45.83-87.58 mm ve ağırlıklar 0.40 g ile 4.32 g arasında değişim göstermiştir (Tablo 4.1 ve 4.2). Yamula Baraj Gölü'nden el edilen örneklerde dişilerin ortalama total boy ve ağırlık değerleri açısından erkeklerden daha büyük olduğu görülmüştür. Gençoğlu ve Ekmekçi (2016) Hirfanlı Baraj Gölü'nde türün dişi bireylerinin erkeklerden önemli ölçüde boyca ve ağırlıkça daha büyük

olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Trasimeno Gölü'nde dişilerin erkeklerden daha uzun, daha yaşlı ve daha ağır olduğu rapor edilmiştir (Lorenzoni ve ark., 2015).

İncelenen örneklerin boy ve ağırlık dağılımları, diğer habitatlarda yapılan çalışmaların büyük bir kısmıyla benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte bazı habitatlarda yapılan çalışmalarda farklı boy ve ağırlık dağılımları görülmüştür (Tablo 4.11). Değişik habitatlarda yapılan çalışmalarda görülen boy ve ağırlık dağılımlarındaki farklılık balıkları avlama zamanı, avlamada kullanılan araç gereç tipi, çalışmalarda kullanılan birey sayısı, kullanılan boy tipi ve somatik büyümenin sucul ortamlara ve cinsiyete göre değişkenlik göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bagenal ve Tesch (1978) farklı populasyonlarda cinsiyetler arasında boy ve ağırlık kompozisyonunun farklılık göstermesinde örneklem sayısı, sucul alanların özellikleri, büyüme hızı ve çevresel faktörler gibi etmenlerin önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Tablo 4.11. *Atherina boyeri* türünde farklı çalışmalardan bildirilen boy ve ağırlık dağılımı

Referans	Lokalite	Boy Tipi	Eşey	Boy dağılımı	Ağırlık dağılımı (g)
Gaygusuz (2006)	İznik Gölü	TB	Dişi	47.5-119 mm	0.4002-10.3646
			Erkek	30-100 mm	0.3108-7.6492
Çetinkaya ve ark. (2011)	İznik Gölü	ÇB	Genel	2.0-10.6 cm	0.06-10.5
Bostancı ve ark. (2014)	Eğirdir Gölü	TB	Genel	58.98- 95.00 mm	1.35- 5.39
Yagci ve ark. (2015)	Eğirdir Gölü	TB	Genel	1.6-9.8 cm	0.15-9.42
Lorenzoni ve ark. (2015)	Trasimeno Gölü	TB	Genel	2.80-10.10 cm	0.15-8.20
Gençoğlu ve Ekmekçi (2016)	Hirfanlı Gölü	TB	Dişi	34.29-115.65 mm	0.23-10.48
			Erkek	29.20-88.92 mm	0.12-5.42
Boudinar ve ark. (2016b)	Mellah Lagünü	TB	Genel	2.5-8.5 cm	0.09-4.42
Ünlü ve ark. (2017)	Devegeçidi Baraj Gölü	TB	Genel	43.3-59.9 mm	0.7-8.0
Becer ve Kilic (2018)	Karacaören 1 Baraj Gölü	TB	Dişi	4.8-8.5 cm	0.7- 4.1
			Erkek	4.6-6.9 cm	0.633-2.282
			Genel	4.5-8.5 cm	0.633- 4.1
Partal ve ark. (2019)	Bayramiç Baraj Gölü	ÇB	Genel	2.7-8.8 cm	0.06-4.31
Prato ve ark. (2020)	Lesina Lagünü	TB	Genel	15.0-110 mm	0.02-8.20
Ofluoğlu ve ark. (2021)	Bafa Gölü	TB	Genel	5.0-10.7 cm	1.10-10.87
Şimşek (2022)	Reyhanlı Baraj Gölü	TB	Genel	6.52-8.57 cm	1.44-3.46
Alfergani ve ark. (2023)	Bingazi Kıyıları, Libya	TB	Genel	5.9-8.90 cm	1.30-4.68
Bu Çalışma	Yamula Baraj Gölü	TB	Dişi	46.69-87.58 mm	0.50-4.32
			Erkek	45.93-78.83 mm	0.40-2.80

4.2.3. Boy-ağırlık ilişkisi

Boy ve ağırlık arasındaki ilişki denkleminde yer alan “a” katsayısı, bireylerin genel kondisyon düzeyini yansıtırken, “b” katsayısı ise balığın büyüme biçimi hakkında ipuçları sunar (Ricker, 1975). İlişki modelinde yer alan b parametresi 2 ile 4 arasında bir değerde olduğu rapor edilmiştir (Bagenal ve Tesch, 1978). Gümüş balığının Yamula Baraj Gölü populasyonunda total boy ile ağırlık arasında kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir ($P<0.001$, $r^2>0.893$). İlişki modellerinden elde edilen b değerleri izometrik büyüme katsayısı olan 3’ten önemli derecede büyük olduğu görüşmüştür. Bu sonuç dışı, erkek ve tüm bireylerinde pozitif allometrik büyümenin olduğunu göstermiştir (Tablo 4.3). Türle ilgili farklı habitatlarda yapılmış önceki çalışmalarda boy ağırlık ilişkisi parametreleri Tablo 4.12’de verilmiştir. Önceki çalışmaların tümünde boy ile ağırlık değerleri arasında kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında tür için hesaplanan boy-ağırlık ilişkisi parametrelerinin değerleri, farklı habitatlarda yapılmış araştırmaların büyük bir kısmından farklı çıkmıştır (Tablo 4.12). Söz konusu ilişkinin parametreleri üzerinde; çalışmada kullanılan birey sayısı, boy-ağırlık kompozisyonları, örnekleme yöntemi ve örnekleminin gerçekleştiği dönem ile birlikte, ölçüm kriterleri (boy tipi) ve sucul ortamların kolojik özelliklerinin belirleyici olduğu düşünülmektedir. Yapılan araştırmalarda, boy-ağırlık ilişkisinde kullanılan parametrelerin sabit olmadığı ve bu değişkenliğin; balık türü, yaşam alanının özellikleri, besin miktarı, bireylerin beslenme sıklığı, üreme dönemi ve gonad gelişim düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak şekillenebileceği rapor edilmiştir (Bagenal ve Tesch, 1978).

Tablo 4.12. *Atherina boyeri* türünde farklı habitatlardaki boy-ağırlık ilişkisi parametreleri

Referans	Lokalite	Boy Tipi	Eşey	a	b	r ²
Gaygusuz (2006)	İzник Gölü	TB	Dişi	0.0036	3.278	0.9725
			Erkek	0.0036	3.2679	0.9745
			Genel	0.0032	3.3366	0.9825
Çetinkaya ve ark. (2011)	İzник Gölü	ÇB	Dişi	0.007452	3.0508	0.996
			Erkek	0.008018	2.9819	0.993
			Genel	0,007345	3.0511	0.994
Sevinç (2014)	İzник Gölü	TB	Genel	0.010	2.90	-
Yagci ve ark. (2015)	Eğirdir Gölü	ÇB	Dişi	0.0055	3.2686	0.9603
			Erkek	0.0071	3.0649	0.9597
			Genel	0.0059	3.2015	0.9597
Gençoğlu ve Ekmekçi (2016)	Hirfanlı Gölü	TB	Dişi	2x10 ⁻⁶	3.2929	0.9763
			Erkek	2x10 ⁻⁶	3.2313	0.9783
			Jüvenil	2x10 ⁻⁶	3.5001	0.9726
Boudinar ve ark. (2016b)	Mellah Lagünü	TB	Dişi	0.0047	3.176	0.935
			Erkek	0.0054	3.077	0.942
			Genel	0.0046	3.179	0.944
Becer ve Kiliç (2018)	Karacaören 1 Baraj Gölü	TB	Dişi	0.0099	2.7746	0.8997
			Erkek	0.0097	2.7826	0.8277
			Genel	0.0096	2.7912	0.8722
Portal ve ark. (2019)	Bayramiç Baraj Gölü	ÇB	Genel	0.0044	3.2556	0.9888
Prato ve ark. (2020)	Lesina Lagünü	TB	Genel	0.012	3.10	0.84
Ofluoğlu ve ark. (2021)	Bafa Gölü	TB	Genel	0.0082	2.9418	0.947
Şimşek (2022)	Reyhanlı Baraj Gölü	TB	Genel	0.004	3.091	0.613
Cilbiz ve Uysal (2022)	İzник Gölü	ÇB	Dişi	0.005	3.160	0.97
			Erkek	0.006	3.067	0.96
			Genel	0.005	3.159	0.96
Alfergani ve ark. (2023)	Bingazi Kıyıları, Libya	TB	Genel	0.0134	2.636	0.76
Bu çalışma	Yamula Baraj Gölü	TB	Dişi	0.0000004	3.666	0.915
			Erkek	0.0000007	3.485	0.892
			Genel	0.0000002	3.763	0.921

4.2.4. Boy-boy ilişkisi

Atherina boyeri örnekleminde farklı boy tipleri (total, çatal ve standart boy) arasında oluşturulan doğrusal ilişkileri oldukça önemli çıkmıştır ($r^2 > 0.974$, $P < 0.001$). Farklı habitatlarda yayılış gösteren gümüş balığı örneklerinde boy tipleri arasında oluşturulan doğrusal modellerde de benzer sonuçlar alınmıştır (Gaygusuz, 2006; Gençoğlu, 2010). Farklı uzunluk ölçümlerine dayanan çalışmaların karşılaştırılabilirliğini artırmak amacıyla, balıklarda boy-boy ilişkilerinin raporlanması önemli bir katkı sağlamaktadır (Moutopoulos ve Stergiou, 2002).

4.2.5. Otolit ölçümleri ile balık total boyu arasındaki ilişkiler

Yamula Baraj Gölü'nden elde edilen *Atherina boyeri* örnekleminde otolit yüksekliği (OH) ve otolit alanı (OA) ölçümleri sağ ve sol bölge arasında farklılık gösterirken ($P < 0.05$), otolit boyu (OL) ve otolit çapı (OP) ölçümleri arasında farklılık göstermemiştir (P. Dişi ve erkek bireylerin dört otolit ölçümleri arasında farklılıklar belirlenmiştir (Tablo 4.6). Gümüş balığının İznik Gölü, Eğirdir Gölü ve Hirfanlı Baraj Gölü popülasyonlarında sağ ve sol otolit morfometrik ölçümleri arasında fark olmadığı gözlenmiştir (Yedier ve ark., 2019). Benzer şekilde, Gümüş balığı türünün Doğu Adriyatik Sahili (Ferri ve ark., 2018) ve Bingazi Kıyı Sahili/Doğu Libya (Alfergani ve ark., 2023) popülasyonunda, sağ ve sol otolitlerin morfometrik ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığını rapor etmişlerdir. Bizim bulgularımızla benzer şekilde Akbay (2019) *Carassius gibelio* türünün Altınkaya Baraj Gölü popülasyonunda tüm otolit ölçümlerinde sağ ve sol bölge arasında fark olmadığını, buna rağmen Bafra Balık Gölleri popülasyonunda otolit çapı, Ladik Gölü popülasyonunda otolit boyu ve Simenit Gölü popülasyonunda ise otolit ağırlığı ve otolit alanı ölçümlerinin sağ ve sol bölge arasında farklılık gösterdiğini rapor etmiştir. Farklı balık türlerinde otolit değişkenlerinin sağ ve sol bölge yada eşeyler arasında anlamlı farkların tespit edildiği çalışmalarda mevcuttur (Yılmaz ve ark., 2014; Ozpicak ve ark., 2021; Jawad ve Mahê, 2022).

Otolit ölçümleri balık boyu ya da ağırlığı arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde genellikle doğrusal regresyon modelinden yararlanılmaktadır (Bostancı, 2009; Assis ve ark., 2018; Yazıcı ve ark., 2020; Dörtbudak ve ark., 2023; Koca ve Küçükköse, 2023). Fakat bu tip ilişkilerin her zaman doğrusal model ile açıklanamayacağı bildirilmiştir (Campana, 2004). Lieonart ve ark. (2000), doğrusal modelin morfometrik analizlerde şekil değişimlerini yeterince yansıtmadığını ve bazı durumlarda a parametresinin anlamsız hale geldiğini belirterek bu modelin uygun olmadığını vurgulamışlardır. Bu nedenle, bu çalışmada otolit ölçümleri ile balık boyu arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla üssel model tercih edilmiştir (Tablo 4.7). Farklı habitatlarda yaşayan değişik balık türleri üzerine benzer çalışmalarda üssel model sıklıkla kullanılmıştır (Tarkan ve ark., 2007; Yılmaz ve ark., 2014; Saygın ve ark., 2020; Alfergani ve ark., 2023).

Bu çalışmada gümüş balığı örnekleminde otolit değişkenleri (OL, OH, OP ve OA) ile balık total boyu arasında oldukça kuvvetli ilişkiler elde edilmiştir ($r^2 > 0.800$). Elde edilen regresyon modelleri arasında en kuvvetli ilişki dişi ve erkek bireylerde hem sağ hem de sol otolit alanı (OA) ile balık total boyu arasında tespit edilmiştir ($r^2 > 0.850$). Bostancı ve ark. (2017) gümüş balığının Eğirdir Gölü, İznik Gölü ve Hirfanlı Baraj

Gölü populasyonunda otolit genişliği balık boyu arasındaki regresyon modelinin en kuvvetli ilişki olduğunu rapor etmişlerdir. Ozpicak ve ark. (2021) *Alburnus escherichii* türünde en kuvvetli ilişkiyi asteriskus için otolit alanı (OA)-balık boyu ve lapillus için otolit boyu (OL)-balık boyu ilişkisinin gösterdiğini belirtmişlerdir. Otolit değişkenlerinin balık boyu ile kuvvetli ilişkiler göstermesi balıkların boyutlarının tespit edilmesinde kullanılabilir. Benzer şekilde Alfergani ve ark. (2023) *sagitta* otolitinin morfolojik özellikleri, türleri ve boyutları tanımlamada kullanılabileceğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada balık boyunu tespit etmede en doğru veriyi otolit alanının verebileceği tespit edilmiştir.

Otolit boyutları ile balık boyu arasında oluşturulan ilişkilerin regresyon modelinde ortalama yüzde hata değerleri 3.34-4.014 arasında değişim göstermiştir. Türle ilgili ortalama yüzde hata değeri ile ilgili bir veriye rastlanılmamıştır. Yılmaz ve ark. (2014) Ladik Gölü'nden temin ettikleri *Perca fluviatilis* türünde ortalama yüzde hata oranlarının %8'den daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Yazıcı ve ark. (2020) Sıddıklı Baraj Gölü'nde yaşayan *Silurus glanis* türünde hata payı değerinin 4.847- 7.661 arasında değiştiğini ve asteriskus ölçümleri balık boyu arasındaki ilişkilerin ortalama yüzde hata değeri lapillus otolitindeki değerlerden daha küçük olduğunu bildirmişlerdir. Yıldız ve Yılmaz (2021) Çam Deresi'nde yakalan *Salmo coruhensis* türünde ortalama yüzde hata değerinin 5.24-6.12 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Yılmaz ve Sakallı (2021) Terme Çayı'ndan örneklenen *Ponticola turani* türünde ortalama yüzde tahmin hatası değerleri 4.69-20.16 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Otolit morfometrik ölçümleri (otolit boyu, eni, yüksekliği, çevre ve alanı) ve balık boyu arasındaki ilişkilerden arkeolojik çalışmalarda faydalanılmaktadır. Bu ilişkiler, beslenme çalışmalarında predatörün midesinden elde edilen otolit ölçümlerinden yola çıkılarak balık boyunun tahmininde de kullanılmaktadır (Echeverria, 1987). Otolit ölçümleri, beslenme ekolojisinin yanı sıra balık boyutları ve yaşının tahmin edilmesinde de önemlidirler (Dehghani ve ark., 2015). Ortalama yüzde hata değeri ne kadar düşük tespit edilirse, bu ilişkilerden tahmin edilen balık boyu ve ağırlığı değerleri gerçeğe daha yakın değerler vermektedir. Bu çalışmada hata payı değerinin düşük olması, ilişkilerden tahmin edilecek balık boyu verilerinin gerçek verilere yakın olduğunu göstermiştir.

4.2.6. Otolit şekil indeksi

Otolit şekli türe özgüdür ve bir balığın yaşam tarihi boyunca karşılaşılan çevresel faktörlere bağlı olarak tür içinde de değişiklik gösterir (Morat ve ark., 2018). Bu durum birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Devries ve ark., 2002; Zorica ve ark., 2010; Tuset ve ark., 2016; Morat ve ark., 2018). Ayrıca Bostanci ve Yedier (2018) Otolit morfometrisi, farklı ekolojik habitatlarda istilacı bir tür olan gümüş balığı popülasyonlarının ayrımı ve belirlenmesi için yararlı bir yöntem olabileceğini bildirmişlerdir. Hesaplanan altı şekil indeksi sağ-sol bölge arasında varyasyon göstermemiştir. Şekil faktörü, dairesellik ve ovallik indekslerinde eşeyler arasında farklılık tespit edilirken, boy-yükseklik oranı, yuvarlaklık ve dikdörtgensellik indekslerinde fark tespit edilmemiştir (Tablo 4.9). Şekil indekslerinin otolit boyutundan nispeten bağımsız olduğunu ve indekslerin balık boyu ile ilişkilendirilmesi gerektiği bildirilmiştir (Pavlov, 2016). Yamula Baraj Gölü popülasyonunda tüm bireyler için boy-yükseklik oranı indeksi balık boyu ile azalma eğilimi gösterirken, yuvarlaklık ve dikdörtgensellik indekslerinde ise artma eğilimi tespit edilmiştir. Dişi bireylerde şekil faktörü balık boyu ile doğru orantılı, dairesellik ve ovallik indekslerinde ise ters orantılı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Erkek bireylerde bu indekslerin ise tam tersi bir durum gözlenmiştir. Fernandez-Jover and Sanchez- Jerez (2015) gümüş balığının çiftlik ve doğal yaşam alanlarındaki popülasyonlarında otolit şekil indeksi değerlerinde farklılık görüldüğünü bildirmişlerdir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında istilacı bir tür olan *Atherina boyeri* (Gümüş balığı)'nin Yamula Baraj Gölü populasyonunda eşey oranı, boy ve ağırlık dağılımları, boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri ortaya konulmuş, ayrıca sagittal otolitlerin biyometrik özellikleri değerlendirilmiştir.

Çalışma bulgularına göre; *Atherina boyeri* türünün Yamula Baraj Gölü populasyonunda eşey oranının dişi bireyler lehine olduğu görülmüştür. Dişi, erkek ve populasyon genelinde büyüme pozitif allometrik olarak tespit edilmiştir. Türün farklı boy tipleri arasında kuvvetli ilişkiler belirlenmiştir.

Balık biyolojisi ile ilgili araştırmalarda otolitler son yıllarda artarak önemini artırmıştır. Yamula Baraj Gölü populasyonuna ait sagittal otolit biyometrisi özellikleri belirlenmiş ve bu ölçümler ile balıkların total boyları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Elde edilen bulgular, otolit değişkenleri ile balık boyu arasında istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü üssel ilişkiler bulunduğunu ortaya koymuştur. Ortalama yüzde tahmin hatası değerleri oldukça düşük tespit edilmesi, tüm ilişkilerin balık total boyunu tahmin etmede güvenle kullanılabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, elde edilen denklemlerin verilen boy sınırları içerisinde dikkate alınması önerilmektedir. Otolitlerden elde edilen ölçüm değerleri ve şekil indeksleri, otolit biyometrisinin yanı sıra morfolojik tanımlama ve türlerin ayırımında önemli kriterler arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, incelenen türün sagittal otolit ölçümleri ile şekil indeksi değerlerinin sunulması, ileride yapılacak benzer araştırmalar için karşılaştırmalı değerlendirmelere olanak sağlayacaktır.

Yürütülen bu tez çalışması türün bazı temel biyolojik verileri ortaya koyması, otolit biyometrisi üzerine eşsiz bilgiler sunması, yapılacak sonraki çalışmalara ışık tutması beklenmektedir. Türün otolit biyometrisine dair elde edilen verilerin, gümüş balığının taksonomik sınıflandırılmasıyla ilgilenen bilim insanlarına, pisivor türlerin beslenme alışkanlıklarını araştıran ekolojistlere ve fosil balık faunası üzerine çalışan paleo ihtiyooglara önemli katkılar sunması beklenmektedir."



KAYNAKLAR

- Acarlı, D., Kara, A., & Bayhan, B. (2014). Length-weight relations for 29 fish species from Homa Lagoon, Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44(3), 249–257. <https://doi.org/10.3750/AIP2014.44.3.09>
- Akbay, R. (2019). *İstilacı bir tür olan Carassius gibelio (Bloch, 1782)'nun laganar otolit morfolojisi ve morfometrisi: Samsun (Türkiye)'daki dört populasyon arasında karşılaştırmalar*. (Tez No. 554974) [Yüksek Lisans Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Alfergani, E., El-Mabrok, M., Ahmed, R., & Mostafa, S. (2023). Morphometric traits of the sagittae of big scaled silverside (*Atherina boyeri* (Risso, 1810)) captured from the east coast of Libya. *AlQalam Journal of Medical and Applied Sciences*, 59-64. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7662278>
- Andolina, C., Signa, G., Cilluffo, G., Iannucci, S., Mazzola, A., & Vizzini, S. (2022). Coexisting with the alien: Evidence for environmental control on trophic interactions between a native (*Atherina boyeri*) and a non-indigenous fish species (*Gambusia holbrooki*) in a Mediterranean coastal ecosystem. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 958467. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.958467>
- Andreu-Soler, A., Oliva-Paterna, F. J., Fernández-Delgado, C., & Torralva, M. (2003). Age and growth of the sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in the Mar Menor coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). *Journal of Applied Ichthyology*, 19(4), 202-208.
- Assis, D. A. S., Santos, J. A., Moraes, L. E., & Santos, A. C. A. (2018). Biometric relation between body size and otolith size of seven commercial fish species of the south-western Atlantic. *Journal Applied Ichthyology*, 34(5), 1176-1179. <https://doi.org/10.1111/jai.13744>
- Bagenal, T.B., & Tesch, FW. (Editör; Bagenal, T.) (1978). Age and growth. Methods for assessment of fish production in freshwaters. *Blackwell Science Publications*, 101-136, Oxford
- 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 . <https://doi.org/10.1111/jfb.12073>

- Bartulović, V., Branko Glamuzina, B., Conides, A., Gavrilović, A., & Dulčić, J. (2006). Maturation, reproduction and recruitment of the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of Mala Neretva River (southeastern Adriatic, Croatia), *Acta Adriatica*, 47(1), 5-11.
- 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. <https://doi.org/10.3989/scimar.2010.74n3605>
- Becer, Z. A., & Kılıç, S. (2018). Effect on lake fishery and some biological characters of the sand smelt, (*Atherina boyeri* Risso, 1810) introduced to Karacaoren I Dam Lake (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(12A), 9392-9398.
- Benzer, S., & Benzer, R. (2017). Comparative growth models of big-scale sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) sampled from Hirfanlı Dam Lake, Kırşehir, Ankara, Turkey. *Computational Ecology and Software*, 7(2), 82-90.
- Benzer, S., & Benzer, R. (2019). Artificial neural networks model biometric features of marine fish sand smelt. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 28(2), 115-126.
- Bostancı, D., & Yedier, S. (2018). Discrimination of invasive fish *Atherina boyeri* (Pisces: Atherinidae) populations by evaluating the performance of otolith morphometrics in several lentic habitats. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(6), 4493-4501.
- Bostancı, D., Apaydın Yağcı, M., Kondaş, S., Kurucu, G., & Polat, N. (2014). İstilacı bir tür *Atherina boyeri* Risso, 1810'nin Eğirdir Gölü popülasyonunda morfometrik ve bazı kemiksi yapıların biyometrik özellikleri. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(1), 1-11.
- Bostancı, D., Yedier, S., Kondaş, 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. <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. <https://doi.org/10.1080/02705060.2009.9664339>

- Boudinar, A. S., Chaoui, L., & Kara, M. H. (2016b). Age, growth and reproduction of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in Mellah Lagoon (Eastern Algeria). *Journal of Applied Ichthyology*, 32(2), 302-309. <https://doi.org/10.1111/jai.12992>
- Boudinar, A. S., Chaoui, L., Mahe, K., Cachera, M., & Kara, M. H. (2015). Habitat discrimination of big-scale sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Atheriniformes: Atherinidae) in eastern Algeria using somatic morphology and otolith shape. *Italian Journal of Zoology*, 82(3), 446-453. <https://doi.org/10.1080/11250003.2015.1051139>
- Boudinar, A. S., Chaoui, L., Quignard, J. P., Aurelle, D., & Kara, M. H. (2016a). Otolith shape analysis and mitochondrial DNA markers distinguish three sand smelt species in the *Atherina boyeri* species complex in western Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 182, 202-210.
- Campana, S. E. (2004). *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*.(No. 133) NRC Research press
- Chugunova, N. I. (1963). Age and growth studies in fish: a systematic guide for ichthyologists. (No Title).
- Cilbiz, M., & Uysal, R. (2022). Some growth properties and length at first maturity of big scale sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) in İznik Lake, Turkey. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 8(1), 44-51. <https://doi.org/10.17216/limnofish.869342>
- Congiu, L., Rossi, R., & Colombo, G. (2002). Population analysis of the sand smelt *Atherina boyeri* (Teleostei Atherinidae), from Italian coastal lagoons by random amplified polymorphic DNA. *Marine Ecology Progress Series*, 229, 279-289.
- Çetinkaya, S., Uysal, R., Yegen, V., Cesur, M., & Bostan, H. (2011). The growth characteristics of sand smelt (*Atherina boyeri*, Risso 1810) in Lake İznik (Türkiye). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(4) https://doi.org/10.4194/1303-2712-v11_4_19
- Çevlik, H., & Elibol, M. İ. (2009). Yamula baraj gölü limnolojisi. Ankara.
- 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. Iran. *J Fisheries Livest Prod*, 3(134), 2. <https://doi.org/10.4172/2332-2608.1000134>
- Devries, D. A., Grimes, C. B., & Prager, M. H. (2002). Using otolith shape analysis to distinguish Eastern Gulf of Mexico and Atlantic Ocean stocks of king

- Dörtbudak, M. Y., Jawad, L. A., Yalçın, H., & Park, J. M. (2023). Biometric relation between body size and otolith size of *Cyprinion kais* and *C. macrostomum* collected from Tigris River, Şırnak Province, Türkiye. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 52(2), 221-227.
- Echeverria, T. W. (1987). Relationship of otolith length to total length in rockfishes from northern and central California. *Fishery Bulletin*, 85(2), 383-387.
- Ekmekçi, F. G., Kırankaya, Ş. G., Gençoğlu, L., & Yoğurtçuoğlu, B. (2013). Türkiye içsularındaki istilacı balıkların güncel durumu ve istilanın etkilerinin değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 28, 105-140.
- Elliott, J. M., & Hurley, M. A. (1995). The functional relationship between body size and growth rate in fish. *Functional Ecology*, 625-627.
- Fablet, R., Pecquerie, L., de Pontual, H., Hoie, H., Millner, R., Mosegaard, H., & Kooijman, S. A. (2011). Shedding light on fish otolith biomineralization using a bioenergetic approach. *PLoS One*, 6(11), e27055. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027055>
- Federica, S., Silvio, K., Umberto, S., Andrea, D. G., & Massimiliano, S. (2025). Population-level shape variation and otolith asymmetry in *Diplodus annularis*. *Scientific Reports*, 15(1), 2464. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-87096-3>
- Fernandez-Jover, D., & Sanchez-Jerez, P. (2015). Comparison of diet and otolith growth of juvenile wild fish communities at fish farms and natural habitats. *ICES Journal of Marine Science*, 72(3), 916-929. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu153>.
- Ferri, J., Bartulin, K., & Škeljo, F. (2018). Variability of otolith morphology and morphometry in eight juvenile fish species in the coastal eastern Adriatic. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 76(3), 91-98. <https://doi.org/10.2478/cjf-2018-0012>
- Gaygusuz, Ö. (2006). *İznik Gölünde yaşayan gümüş balığı (Atherina boyeri Risso, 1810)'nun üreme ve büyüme biyolojisi* (Tez No. 184001) [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Geldiay, R., & Balık, S. (2007). Freshwater fishes of Turkey. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 46.
- Gençoğlu, L. (2010). *Gümüş Balığı (Atherina boyeri, Risso 1810)'nın Hirfanlı Baraj Gölü'ndeki (Kırşehir-Türkiye) Populasyonunun Büyüme ve Üreme Özelliklerinin*

- Belirlenmesi*, (Tez No. 270196) [Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Gençoğlu, L., & Ekmekçi, F. G. (2016). Growth and reproduction of a marine fish, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in a freshwater ecosystem. *Turkish Journal of Zoology*, 40(4), 534-542. <https://doi.org/10.3906/zoo-1406-42>
- Hanson, S. D., & Stafford, C. P. (2017). Modeling otolith weight using fish age and length: Applications to age determination. *Transactions of the American Fisheries Society*, 146(4), 778–790. <https://doi.org/10.1080/00028487.2017.1310138>
- Harvey, J. T., Loughlin, T. R., Perez, M. A., & Oxman, D. S. (2000). Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the Eastern North Pacific Ocean. *NOAA Technical Report NMFS*, 150, 1-36.
- İlhan, A., & İlhan, D. (2018). Marmara Gölü (Manisa) ve Homa Lagünü (İzmir)'nden yakalanan Gümüş Balığı (*Atherina boyeri* Risso, 1810)'nın boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyonu. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 25-34.
- Jawad, L., & Mahé, K. (2022). Fluctuating asymmetry in asteriscii otoliths of common carp (*Cyprinus carpio*) collected from three localities in Iraqi Rivers linked to environmental factors. *Fishes*, 7(2), 91. <https://doi.org/10.3390/fishes7020091>
- Koca, H. U., & Küçükköse, A. G. (2023). Otolith biometry of pikeperch Sander lucioperca from the lakes region of Turkey. *Inland Water Biology*, 16(2), 193–197. <https://doi.org/10.1134/S1995082923020116>
- Kontas, S., & Bostancı, D. (2015). Morphological and biometrical characteristics on otolith of *Barbus tauricus* Kessler, 1877 on light and scanning electron microscope. *Int. J. Morphol*, 33(4), 1380-1385.
- Kottelat, M., & Freyhof, J. (2007). Handbook of European Freshwater Fishes (Vol. 13),. Publications Kottelat, Cornol, 660 p.
- Küçük, F., Güçlü, S. S., Gülle, İ., Güçlü, Z., Çiçek, N. L., & Diken, G. (2012). Reproductive features of big Scale-sand Smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810), an exotic fish in Lake Eğirdir (Isparta, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12(3), 729-733. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v12_3_22
- Lattuca, M. E., Lozano, I. E., Brown, D. R., Renzi, M., & Luizon, C. A. (2015). Natural growth, otolith shape and diet analyses of *Odontesthes nigricans* Richardson (Atherinopsidae) from southern Patagonia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 166, 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.03.019>

- Leonardos, D. (2001). Ecology and exploitation pattern of a landlocked population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in Trichonis Lake (western Greece), *Journal of Applied Ichthyology*, *17*, 262-266.
- Leonardos, I., & Sinis, A. (2000). Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). *Fisheries research*, *45*(1), 81-91.
- 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. <https://doi.org/10.1006/jtbi.2000.2043>
- Lorenzoni, M., Giannetto, D., Carosi, A., Dolciami, R., Ghetti, L., & Pompei, L. (2015). Age, growth and body condition of big-scale sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 inhabiting a freshwater environment: Lake Trasimeno (Italy). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (416), 09. <https://doi.org/10.1051/kmae/2015005>
- mackerel. *Fisheries Research*, *57*, 51-62
- Matić-Skoko, S., Ferri, J., Škeljo, F., Bartulović, V., Glavić, K., & Glamuzina, B. (2011). Age, growth and validation of otolith morphometrics as predictors of age in the forkbeard, *Phycis phycis* (Gadidae). *Fisheries Research*, *112*(1-2), 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.08.010>
- Mereles, M. A., Sousa, R. G., Barroco, L. S., Campos, C. P., Pouilly, M., & Freitas, C. E. (2021). Discrimination of species and populations of the genus *Cichla* (Cichliformes: Cichlidae) in rivers of the Amazon basin using otolithic morphometry. *Neotropical Ichthyology*, *19*(4), e200149. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2020-0149>
- Morales, C. J. C., Barnuevo, K. D. E., Delloro Jr, E. S., Cabebe-Barnuevo, R. A., Calizo, J. K. S., Lumayno, S. D. P., & Babaran, R. P. (2023). Otolith morphometric and shape distinction of three redbfin species under the genus *Decapterus* (Teleostei: Carangidae) from Sulu Sea, *Philippines. Fishes*, *8*(2), 95. <https://doi.org/10.3390/fishes8020095>
- Morat, F., Gibert, P., Reynaud, N., Testi, B., Favriou, P., Raymond, V., Carrel, G., & Maire, A. (2018). Spatial distribution, total length frequencies and otolith morphometry as tools to analyse the effects of a flash flood on populations of

- roach (*Rutilus rutilus*). *Ecology of Freshwater Fish*, 27(1), 421-432. <https://doi.org/10.1111/eff.12357>
- Morawicki, S., Solimano, P. J., & Volpedo, A. V. (2022). Unravelling stock spatial structure of silverside *Odontesthes argentinensis* (valenciennes, 1835) from the north argentinian coast by otoliths shape analysis. *Fishes*, 7(4), 155. <https://doi.org/10.3390/fishes7040155>
- Moutopoulos, D. K., & Stergiou, K. I. (2002). Length-weight and length-length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 18(3), 200-203.
- Nelson, J. S. (1994). *Fishes of the World*, Third Edition, Part I, II. John Wiley&Sons Inc. 616, Newyork.
- Nikolsky, G. V. (1963). *The ecology of fishes*. Academic Press, 352, London.
- Ofluoğlu, Ö., Kurtul, İ., Sarı, H., & İlhan, A. (2021). Bafa Gölü (Aydın)'ndeki Gümüş Balığı (*Atherina boyeri*) Popülasyonunun Boy-Ağırlık İlişkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 29-40. <https://doi.org/10.31466/kfbd.831737>
- Ozpicak, M., Saygin, S., Yilmaz, S., & Polat, N. (2021). Otolith phenotypic analysis for the endemic anatolian fish species, Caucasian bleak *Alburnus escherichii* Steindachner, 1897 (Teleostei, Leuciscidae), from Selevir Reservoir, Akarçay Basin, Turkey. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 50(4), 430-440. <https://doi.org/10.2478/oandhs-2021-0037>
- Park, J. M., Gaston, T. F., Riedel, R., & Williamson, J. E. (2018). Biometric relationships between body and otolith measurements in nine demersal fishes from north-eastern Tasmanian waters, Australia. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(4), 801-805. <https://doi.org/10.1111/jai.13612>
- Park, J. M., Kang, M. G., Kim, J. H., Jawad, L. A., & Majeed, S. (2023). Otolith morphology as a tool for stock discrimination of three rockfish species in the East Sea of Korea. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1301178. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1301178>
- Partal, N., Özdilek, Ş. Y., & Ekmekçi, F. G. (2019). The Introduction of a Marine Species *Atherina boyeri* into Bayramiç Reservoir, Çanakkale. *Natural and Engineering Sciences*, 4(2), 141-152.
- Patimar, R., Yousefi, M., & Hosieni, S. M. (2009). Age, growth and reproduction of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the Gomishan wetland–southeast

- Caspian Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81(4), 457-462.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.12.007>
- Pavlov, D. A. (2016). Differentiation of three species of the genus *upeneus* (Mullidae) based on otolith shape analysis. *Journal of Ichthyology*, 56(1), 37-51.
<https://doi.org/10.1134/S0032945216010094>
- Polat, N., Zengin, M., & Gümüş, A. (2011). İstilacı balık türleri ve hayat stratejileri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 63-86
- Poznar, M., Stolarski, J., Sikora, A., Mazur, M., Olesiak-Bańska, J., Brach, K., Ozyhar, A., & Dobryszycski, P. (2020). Fish otolith matrix macromolecule-64 (OMM-64) and its role in calcium carbonate biomineralization. *Crystal Growth & Design*, 20(9), 5808-5819. <https://doi.org/10.1021/acs.cgd.0c00413>
- Prato, E., Grattagliano, A., Lumare, D., Lumare, F., Ruscito, A., & Biandolino, F. (2020). Growth, mortality and yield of *Atherina boyeri* Risso, 1810 from Lesina lagoon (Adriatic Sea, Italy). *Acta Adriatica*, 61(2), 163-174.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Board Can. Bull.*, 191, 1-382.
- Russ, J. C. (1990). *Computer-assisted microscopy: the measurement and analysis of images*. Plenum Press, 453, New York.
- Santana, H. S. D., Rodrigues, A. C., & Minte-Vera, C. V., (2018). Otolith morphometry provides length and weight predictions and insights about capture sites of *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae). *Neotropical Ichthyology*, 16, e180094. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20180094>
- 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, 570-577. <https://doi.org/10.1134/S0032945220040190>
- Schulz-Mirbach, T., Heß, M., & Plath, M. (2011). Inner ear morphology in the *Atlantic molly Poecilia mexicana*—first detailed microanatomical study of the inner ear of a cyprinodontiform species. *PLoS One*, 6(11), e27734. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0027734>
- Sesay, R. E. V., Sesay, F., Azizi, M. I., & Rahmani, B. (2024). Invasive Species and Biodiversity: Mechanisms, Impacts, and Strategic Management for Ecological

- Preservation. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 23(9), 82-95.
<https://doi.org/10.9734/ajee/2024/v23i9600>
- Sevinç, N. (2014). *İzmit Gölü (Bursa-Türkiye) Gümüş Balığı (Atherina boyeri Risso, 1810)'nın Bazı Biyolojik Özellikleri.*(Tez No. 377224) [Yüksek lisans tezi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]
- Smith, R. J. (1980). Rethinking allometry. *Journal of Theoretical Biology*, 87, 97-111.
- Şimşek, E. (2022). First record of economically important big-scale sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810, Pisces: Atherinidae) with some biological parameters from Reyhanlı Dam Lake, Türkiye. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 51(4), 337-343.
- Tarkan A. N., Bilge G., Gaygusuz Ö., Tarkan A. S., Gürsoy Ç. & Acıpınar H. (2007). On the use of a Ponto-Caspian gobiid *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) from Lake İzmit (Turkey) in prey-predator studies. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1(3), 29-33.
- Taşkavak, E., Gürkan, S., & Bayhan, B. (2012). İzmir Körfezi (Ege Denizi)'nde Gümüş Balığı *Atherina Boyeri* Risso, 1810'nin biyometrik özellikleri. *Journal Of Fisheriesciences. Com*, 6(1), 18.
- Tomasini, J. A., & Laugier, T. (2002). Male reproductive strategy and reserve allocation in sand smelt from brackish lagoons of southern France. *Journal of fish Biology*, 60(3), 521-531. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb01681.x>
- Tuset, V. M., Otero-Ferrer, J. L., Gómez-Zurita, J., Venerus, L. A., Stransky, C., Imondi, R., ... & Lombarte, A. (2016). Otolith shape lends support to the sensory drive hypothesis in rockfishes. *Journal of Evolutionary Biology*, 29(10), 2083-2097. <https://doi.org/10.1111/JEB.12932>
- Uğurlu, S., & Polat, N. (2006). Miliç Irmağı (Terme, Samsun) Balık Faunası. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(3), 441-444.
- Ünlü, E., Gaygusuz, Ö., Çiçek, T., Bilici, S., & Coad, B. W. (2017). New record and range extension of the big-scale sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Atherinidae) in the Devegeçidi Dam Lake, Tigris River basin, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(1), 63-68. <https://doi.org/10.1111/jai.13192>
- Yagci, M. A, Alp, A., Yagci, A., Cesur, M., & Bilgin, F. (2015). Growth and reproduction of sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in Lake Egirdir, Isparta, Turkey. *Indian J Fish*, 62(1), 1-5.

- Yazıcı, R., Yazıcıoğlu, O., & Yılmaz, M. (2020). Otolith morphometry of wels catfish, *Silurus glanis* L., 1758. *LimnoFish*, 6(3), 215-222. <https://doi.org/10.17216/limnofish.717925>
- 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
- 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, 241-247. <https://doi.org/10.1111/jfb.15256>
- Yedier, S., Bostancı, D., Kondaş, S., Kurucu, G., Apaydın, Yağcı, M., & Polat, N. (2019). Comparison Of Otolith Morphology Of Invasive Big-Scale Sand Smelt (*Atherina Boyeri*) From Natural And Artificial Lakes İn Turkey. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 18(4), 635-645. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2018.116980>
- Yıldız, R., & Yılmaz, S. (2021). Morphometric analysis of sagittal otoliths in Coruh trout (*Salmo coruhensis* Turan, Kottelat & Engin, 2010). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(2), 270-277. <https://doi.org/10.35229/jaes.913183>
- 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. <https://doi.org/10.35229/jaes.876512>
- 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.
- Zar, J. H. (1999). Biostatistical analysis (Third Edition), Prentice Hall, New Jersey, USA, 663p.
- Zorica, B., Sinovic, G., & Jec, V. C. (2010). Preliminary data on the study of otolith morphology of five pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). *Acta Adriat*, 51(1), 89-96.

EKLER

EK-1

Fen ve Mühendislik Birimleri Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu
FR-347- Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul Kararı

Toplantı Tarihi	Toplantı Sayısı	Toplantı Saati	Karar Sayısı
28/ 02/ 2024	04	14: 00	4

T.C.
KIRŞEHİR AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
HAYVAN DENEYLERİ YEREL ETİK KURUL KARARLARI

Prof. Dr. Muttalip ÇİÇEK başkanlığında yapılan Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu toplantısında aşağıdaki karar alınmıştır.

KARAR NO – 4: Araştırma yürütücüsü Doç. Dr. Okan YAZICIOĞLU Liderliğinde yapılması planlanan “ Yamula Baraj Gölü’nde Yaşayan Gümüş Balığı (Atherina Boyeri Risso, 1810)’nın Otolit Biyometrisi ” başlıklı araştırmanın etik açıdan AEÜHADYEK Yönergesinin (MADDE10-b) Ölü hayvan veya dokusu, mezbaha materyalleri, atık fetuslar ile yapılan prosedürler kapsamında olduğu, etik kurulu raporu alınmasına ihtiyaç olmadığı ve konunun ilgiliye tebliğine oybirliği ile karar verildi.

Prof. Dr. Muttalip ÇİÇEK
(Başkan)

Dr.Öğr.Üyesi. Zeynel ~~Abidin~~ ERBESLEİ Doç.Dr. Atilla TAŞKIN Doç.Dr. Ertuğrul KUL
Üye Üye Üye

Dr.Öğr.Üyesi, Cihat ÖZTÜRK Dr. Hakan AHI Ecz. Suat YAĞMUR
Üye Üye Üye

Veteriner Hekim Demirel ERGÜN
Üye

(Form No: FR- 347 ; Revizyon Tarihi: .../.../... ; Revizyon No: ...)

Kongre Katılım Belgesi



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER	
Adı Soyadı	Özlem IRMAK YAYLA
Uyruğu	TC
Orcid Numarası	0009-0004-9048-8210

EĞİTİM BİLGİLERİ	
Lisans	
Üniversite	Kırıkkale Üniversitesi
Fakülte	Fen Edebiyat Fakültesi
Bölümü	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	2011
Yüksek Lisans	
Üniversite	Kırşehir Ahi Evran
Enstitü	Fen Bilimleri
Anabilim Dalı	Biyoloji
Mezuniyet Yılı	2025

Tezden Üretilen Makaleler ve Bildiriler
Uluslararası Konferans ve Sempozyumlarda Sunulan Bildiriler Irmak Yayla, Ö., & Yazıcıoğlu, O. (2025). <i>Yamula Baraj Gölü'nde Yaşayan Gümüş Balığı (Atherina boyeri Risso, 1810)'nın Boy-Ağırlık ve Boy-Boy İlişki Parametreleri</i> . [Konferans sunum özeti]. VI. International Mediterranean Scientific Research Congress. 14-16 March, 2025, Girne, Kıbrıs.