

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI



**SAMSUN İLİ TATLISULARINDA YAŞAYAN *Squalius* sp.
POPULASYONLARININ MORFOMETRİK, GENETİK VE
OTOLİT BİYOMETRİSİ YÖNTEMLERİYLE
BELİRLENMESİ**

Doktora Tezi

Canan İMAMOĞLU

Danışman

Prof. Dr. Nazmi POLAT

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından PYO.FEN.1901.22.002 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Canan İMAMOĞLU tarafından, Prof. Dr. Nazmi POLAT danışmanlığında hazırlanan “SAMSUN İLİ TATLISULARINDA YAŞAYAN *Squalius* sp. POPULASYONLARININ MORFOMETRİK, GENETİK VE OTOLİT BİYOMETRİSİ YÖNTEMLERİYLE BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 8.5.2025 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Nazmi POLAT Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Aysun GÜMÜŞ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Derya BOSTANCI Ordu Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Muhitdin YILMAZ Sinop Üniversitesi Çevre Sağlığı Programı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Savaş YILMAZ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyoloji Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☒ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☐

30 /05 / 2025
Canan İMAMOĞLU

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: SAMSUN İLİ TATLISULARINDA YAŞAYAN *Squalius* sp. POPULASYONLARININ MORFOMETRİK, GENETİK VE OTOLİT BİYOMETRİSİ YÖNTEMLERİYLE BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 24.03.2025 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 12

Tek kaynak oranı : % 4 çıkmıştır.

24 /03/ 2025
Prof. Dr. Nazmi POLAT

ÖZET

SAMSUN İLİ TATLISULARINDA YAŞAYAN *Squalius* sp. POPULASYONLARININ MORFOMETRİK, GENETİK VE OTOLİT BİYOMETRİSİ YÖNTEMLERİYLE BELİRLENMESİ

Canan İMAMOĞLU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyoloji Ana Bilim Dalı

Doktora, Mayıs/2025

Danışman: Prof. Dr. Nazmi POLAT

Bu çalışma, Samsun ilindeki bazı tatlısu kaynaklarında yaşayan *Squalius* sp. populasyonlarının morfolojik, otolit biyometrisi ve moleküler özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışma kapsamında Abdal Çayı, Akçay, Altinkaya Baraj Gölü, Engiz Çayı, Kızılırmak Nehri, Mert Irmağı, Taşkelik Deresi, Terme Çayı, Tersakan Çayı ve Yeşilırmak Nehri'nden toplam 400 balık örneği yakalanmıştır.

Yakalanan örneklerin hem morfolojik hem de genetik olarak benzerlikleri ve farklılıkları, hangi özellikler bakımından birbirlerinden ayrıldıkları, farklı lokasyonlar arasındaki tür içi varyasyonları üç farklı yöntem ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen morfolojik analizler, 13 morfolojik ölçüm değerinin %76.5 oranla populasyonların ayırımında kullanılabileceğini ortaya çıkarmıştır. Otolit şekil indeksleri ile yapılan populasyon ayırımında %25.0 (asteriskus) ve %25.5 (lapillus) oranında başarı sağladığı belirlenmiştir. Bununla birlikte Fourier analizi ile yapılan populasyon ayırımında %21.0 (asteriskus) ve %40.0 (lapillus) oranlarında başarı sağlanmıştır. Dalgacık analizi ile gerçekleştirilen populasyon ayırımında ise %36.0 (asteriskus) ve %41.0 (lapillus) başarı oranları elde edilmiştir. Gerçekleştirilen moleküler analizler sonucunda *Squalius* sp. türüne ait örneklerin COI gen bölgesi sekansında 652 bp'lik, cyt b gen bölgesi sekansında ise 573 bp'lik kısmı belirlenmiştir. COI gen bölgesi sekansında *Squalius* sp.'nin tür içi Haplotip çeşitliliği (H_d) 0.704 ve Haplotip Varyans (V_{Hd}) değeri 0.00263 olarak saptanmıştır. Cyt b gen bölgesi sekansında ise *Squalius* sp.'nin tür içi Haplotip çeşitliliği (H_d) 0.00115 ve Haplotip Varyans (V_{Hd}) değeri 0.544 olarak hesaplanmıştır.

Morfolojik, otolit biyometrisi (şekil indeksi, Fourier analizi, dalgacık analizi) ve moleküler (mtDNA COI ve cyt b gen bölgesi) yöntemlerle elde edilen ve birbirini destekleyen bulgular, incelenen bireylerin *Squalius cephalus*'un farklı populasyonları olduğunu ortaya koymuştur. Bu bağlamda, elde edilen sonuçların *Squalius* cinsine ait türlerin sistematik karışıklığını gidermek için taksonomik revizyon çalışmalarına katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler: *Squalius*, Morfoloji, Moleküler, Otolit Biyometrisi, Samsun

ABSTRACT

DETERMINATION of *Squalius* sp. POPULATIONS LIVING IN FRESHWATERS of SAMSUN PROVINCE by MORPHOMETRIC, GENETIC and OTOLITH BIOMETRY METHODS

Canan İMAMOĞLU

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Biology

Ph.D., May/2025

Supervisor: Prof. Dr. Nazmi POLAT

This study was carried out in order to determine the morphometric, otolith biometric and molecular characteristics of *Squalius* sp. populations living in some freshwater resources in Samsun province. As part of the study, a total of 400 fish samples were caught from Abdal Stream, Akçay Stream, Altınkaya Dam Lake, Engiz Stream, Kızılırmak River, Mert River, Taşkelik Stream, Terme Stream, Tersakan Stream, and Yeşilirmak River.

The similarities and differences of the captured specimens both morphologically and genetically, the distinguishing characteristics among them, and the intraspecific variations between different locations were evaluated using three different methods. The morphometric analyses revealed that 13 morphometric measurement values can be used to differentiate populations with a rate of 76.5%. It was determined that population discrimination based on otolith shape indices achieved a success rate of 25.0% (asteriscus) and 25.5% (lapillus). However, population discrimination using Fourier analysis achieved success rates of 21.0% (asteriscus) and 40.0% (lapillus). Success rates of 36.0% (asteriskus) and 41.0% (lapillus) were obtained in population discrimination with wavelet analysis. As a result of the molecular analyses performed, a 652 bp region of the COI gene sequence and a 573 bp region of the cyt b gene sequence were determined in the samples belonging to the *Squalius* sp. species. In the COI gene region sequence, the intraspecific haplotype diversity (H_d) of *Squalius* sp. was determined to be 0.704, and the Haplotype Variance (V_{Hd}) was 0.00263. In the cyt b gene region sequence, the intraspecific Haplotype Diversity (H_d) of *Squalius* sp. was calculated as 0.00115, and the Haplotype Variance (V_{Hd}) was 0.544.

The complementary findings obtained through morphometric analyses, otolith biometry (shape index, Fourier analysis, and wavelet analysis) and molecular methods (mtDNA COI and cyt b gene regions) revealed that the examined individuals belong to different populations of *Squalius cephalus*. In this context, the results obtained are expected to contribute to taxonomic revision studies aimed at resolving the systematic ambiguities within species of the genus *Squalius*.

Keywords: *Squalius*, Morphometry, Molecular, Otolith Biometry, Samsun

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim süresince engin bilgi birikimi ve akademik rehberliği ile yol gösteren, tezin planlanmasından tamamlanmasına kadar her aşamada yanımda olan, bilimsel yaklaşımıyla akademik gelişimime katkı sağlayan, öğrencisi olmaktan mutluluk duyduğum kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Nazmi POLAT’a içtenlikle teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Tez süreci boyunca değerli bilgi, görüş ve önerilerini paylaşan, desteklerini esirgemeyen, Tez İzleme Komitesi’nde yer alan Sayın Prof. Dr. Derya BOSTANCI ve Sayın Prof. Dr. Savaş YILMAZ hocalarıma,

Tez çalışmasının tüm basamaklarında yardımcı ve destek olan, emeği geçen, tecrübelerini özenle ve fedakarca paylaşan Sayın Doç. Dr. Melek ÖZPİÇAK ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Semra SAYGIN hocalarıma,

Eğitim hayatım boyunca her yönden yanımda olan canım aileme, her an ve her koşulda destekleyerek güven veren sevgili eşim Doç. Dr. Mehmet İMAMOĞLU’na teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından PYO.FEN.1901.22.002 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Canan İMAMOĞLU

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Balıklarda Tür ve Populasyon Ayırımında Kullanılan Yöntemler.....	3
1.1.1. Morfolojik Yöntemler	3
1.1.2. Moleküler Yöntemler.....	9
1.2. Cypriniformes Takımı Hakkında Genel Bilgi.....	11
1.2.1. Leuciscidae Familyası Hakkında Genel Bilgi.....	12
1.3. <i>Squalius</i> Cinsi Hakkında Genel Bilgi	14
1.3.1. <i>Squalius</i> Cinsinin Filogenisi	16
1.4. Leuciscidae Familyası ile İlgili Yapılan Çalışmalar	17
1.5. <i>Squalius</i> Cinsi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	20
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
2.1. Arazi Çalışmaları	25
2.1.1. Örnekleme Alanlarının Tanıtılması	27
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	33
2.2.1. Balık Morfometrisine Dayalı Çalışmalar	33
2.2.2. Otolit Biyometrisi Çalışmaları	35
2.2.3. Moleküler Çalışmalar.....	37
2.3. Veri Analizleri	39
2.3.1. Balık Morfometrisine Dayalı Verilerin Analizleri	39
2.3.2. Otolit Biyometrisi Yöntemi ile Elde Edilen Verilerin Analizi.....	40
2.3.3. Genetik Verilerin Analizleri.....	43
3. BULGULAR.....	45
3.1. Çalışma Alanı ve Su Parametreleri	45
3.2. Balık Morfometrisine Dayalı Bulgular	46
3.2.1. Abdal Çayı Populasyonunun Morfometrik Bulguları	47
3.2.2. Akçay Populasyonunun Morfometrik Bulguları.....	50
3.2.3. Altinkaya Baraj Gölü Populasyonunun Morfometrik Bulguları.....	53
3.2.4. Engiz Çayı Populasyonunun Morfometrik Bulguları	56
3.2.5. Kızılırmak Nehri Populasyonunun Morfometrik Bulguları	59
3.2.6. Mert Irmağı Populasyonunun Morfometrik Bulguları.....	62
3.2.7. Taşkelik Deresi Populasyonunun Morfometrik Bulguları	65
3.2.8. Terme Çayı Populasyonunun Morfometrik Bulguları	68
3.2.9. Tersakan Çayı Populasyonunun Morfometrik Bulguları	71
3.2.10. Yeşilirmak Nehri Populasyonunun Morfometrik Bulguları	73
3.2.11. Morfometrik Veriler İçin Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri.....	76
3.3. Otolit Biyometrisi Bulgular	80
3.3.1. Otolit Morfolojisinin Tanımlanması	80
3.3.2. Otolit Morfometrisi	82
3.3.3. Otolit Şekil Analizi	93
3.4. Genetik Bulgular	107
3.4.1. mtDNA COI Gen Bölgesi Analizleri.....	108
3.4.2. mtDNA Cyt b Gen Bölgesi Analizleri	128
4. TARTIŞMA.....	140

4.1. Balık Morfometrisine Dayalı Verilerin Değerlendirilmesi	140
4.2. Otolit Biyometrisi Verilerinin Değerlendirilmesi	146
4.3. Genetik Özelliklerin Değerlendirilmesi	150
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	154
KAYNAKLAR	157
EKLER	186
Ek-1 Etik Kurul Kararı.....	186
ÖZ GEÇMİŞ.....	187



SİMGELER VE KISALTMALAR

A	: Ağırlık
AA	: Asteriskus Alanı
AB	: Asteriskus Boyu
ABÇ	: Abdal Çayı
ABG	: Altinkaya Baraj Gölü
AÇ	: Asteriskus Çevresi
AG	: Ağız Genişliği
AIC	: Akaike Bilgi Kriterleri
AK	: Akçay
A-K	: Anal- Kaudal Arası Mesafe
ANCOVA	: Kovaryans Analizi
ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi
AU	: Ağız Uzunluğu
AY	: Asteriskus Yüksekliği
AY ₁	: Anal Yüzgeç Basit ve Dallanmış Işın Sayısı
AYU	: Anal Yüzgeç Uzunluğu
AYY	: Anal Yüzgeç Yüksekliği
BB	: Baş Boyu
BG ₁	: Ense Hizasından Baş Genişliği
BG ₂	: Gözün Arka Kenarından Baş Genişliği
BG ₃	: Gözün Ön Kenarından Baş Genişliği
BIC	: Bayesian Bilgi Kriterleri
BOLD	: Barcode Of Life Data Systems
BU	: Burun Uzunluğu
BY	: Baş Yüksekliği
BYO	: Boy- Yükseklik Oranı
CDA	: Kanonik Ayrım Analizi
COI	: Sitokrom Oksidaz Altbirim I
Cyt b	: Sitokrom b
ÇB	: Çatal Boy
D	: Dişi
DA	: Ayrım Analizi
DAİ	: Dairesellik

DY ₁	: Dorsal Yüzgeç Basit ve Dallanmış Işın Sayısı
DİK	: Dikdörtgensellik
D-K	: Dorsal- Kaudal Arası Mesafe
DYU	: Dorsal Yüzgeç Uzunluğu
DYY	: Dorsal Yüzgeç Yüksekliği
E	: Erkek
EÇ	: Engiz Çayı
EF	: Eliptik Fourier
FD	: Farinks Dişi Sıra Sayısı
FG	: Fourier Güç
GÇ	: Göz Çapı
Hap	: Haplotip
H _d	: Haplotip Çeşitliliği
İNM	: İnternasal Mesafe
İOM	: İnterorbital Mesafe
KFG	: Kümülatif Fourier Güç
KN	: Kızılırmak Nehri
KS	: Kuyruk Sapı Çevresinde Bulunan Pul Sıra Sayısı
KSU	: Kuyruk Sapı Uzunluğu
KSY	: Kuyruk Sapı Yüksekliği
KY ₁	: Kuyruk Yüzgeç Işın Sayısı
KYU	: Kaudal Yüzgeç Üst Lob Uzunluğu
KYY	: Kaudal Yüzgeç Yüksekliği
LA	: Lapillus Alanı
LB	: Lapillus Boyu
LÇ	: Lapillus Çevresi
LG	: Lapillus Genişliği
L. lat.	: Linealateraldeki Pul Sayısı
L.tran. _A	: Anal Yüzgeç Başlangıcı ile Linealateral Arasındaki Pul Sıra Sayısı
L.tran. _D	: Dorsal Yüzgeç Başlangıcı ile Linealateral Arasındaki Pul Sıra Sayısı
MAKS	: Maksimum Vücut Yüksekliği
MI	: Mert Irmağı
MİN	: Minimum Vücut Yüksekliği

mtDNA	: Mitokondriyal DNA
N	: Birey Sayısı
NCBI	: National Center for Biotechnology Information
OVA	: Ovallik
P-A	: Pektoral- Anal Arası Mesafe
PCA	: Temel Bileşenler Analizi
PostDU	: Postdorsal Uzunluk
PostOM	: Postorbital Mesafe
PostPU	: Postpektoral Uzunluk
PreAU	: Preanal Uzunluk
PreDU	: Predorsal Uzunluk
PreOM	: Preorbital Mesafe
PrePU	: Prepektoral Uzunluk
PreVU	: Preventral Uzunluk
P-V	: Pektoral- Ventral Arası Mesafe
PY _I	: Pektoral Yüzgeç Işın Sayısı
PYU	: Pektoral Yüzgeç Uzunluğu
SB	: Standart Boy
SD _{DY}	: Birinci Solungaç Yayının Dış Tarafındaki Solungaç Diken Sayısı
SH	: Standart Hata
SS	: Standart Sapma
Std	: Standart
ŞF	: Şekil Faktörü
TAÇ	: Tersakan Çayı
TB	: Total Boy
TÇ	: Terme Çayı
TD	: Taşkelik Deresi
V-A	: Ventral- Anal Arası Mesafe
V _{Hd}	: Haplotip Varyans
VK	: Varyasyon Katsayısı
VY _I	: Ventral Yüzgeç Işın Sayısı
VYU	: Ventral Yüzgeç Uzunluğu
YN	: Yeşilırmak Nehri
YUV	: Yuvarlaklık

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Cypriniformes takımına ait <i>Cyprinus carpio</i> 'nun baş kısmında yer alan otolitlerin konumu (Bilgisayar tomografisi, Schulz-Mirbach ve Reichenbacher (2006)'den alıntıdır)	6
Şekil 1.2. Leuciscidae'nin ana soylarını ve Cypriniformes balıklarının diğer gruplarını/soylarını gösteren maksimum likelihood ağacı (Schönhuth vd., 2018'den alıntıdır)	14
Şekil 1.3. <i>Squalius</i> sp. türünün genel görünümü (Total boy: 21.5 cm; Ölçek: 1 cm) (orijinal)	16
Şekil 2.1. Örnekleme lokasyonları	25
Şekil 2.2. Elektroşok cihazı ile örneklerin yakalanması (orijinal)	26
Şekil 2.3. Multimetre cihazı ve ölçüm (orijinal)	27
Şekil 2.4. Altinkaya Baraj Gölü'ne dökülen Islavloz Çayı örnekleme alanı (orijinal)	28
Şekil 2.5. Engiz Çayı örnekleme alanı (orijinal)	28
Şekil 2.6. Kızılırmak Nehri Kaynatma Deresi kolu örnekleme alanı (orijinal)	29
Şekil 2.7. Taşkelik Deresi örnekleme alanı (orijinal)	29
Şekil 2.8. Abdal Çayı örnekleme alanı (orijinal)	30
Şekil 2.9. Akçay örnekleme alanı (orijinal)	30
Şekil 2.10. Mert Irmağı örnekleme alanı (orijinal)	31
Şekil 2.11. Terme Çayı örnekleme alanı (orijinal)	31
Şekil 2.12. Tersakan Çayı örnekleme alanı (orijinal)	32
Şekil 2.13. Yeşilirmak Nehri Yeşilpınar Deresi kolu örnekleme alanı (orijinal)	32
Şekil 2.14. Çalışmada kullanılan a) metrik ve b) meristik karakterler (Bayçelebi, (2019)'dan uyarlanmıştır)	34
Şekil 2.15. a) Sağ asteriskusun distal görünümü ve alınan morfometrik ölçümler, b) Sağ lapillusun dorsal görünümü ve alınan morfometrik ölçümler (Balık boyutu TB: 13.30 cm; D, Dorsal; V, Ventral; L, Lateral; M, Medial; A, Anterior; P, Posterior; Ölçek: 1 mm)	36
Şekil 2.16. Kuyruk dokusu örneklerinin saklanması (orijinal)	38
Şekil 3.1. <i>Squalius</i> sp. bireylerine ait gonad görüntüleri (a) Dişi birey (b) Erkek birey (orijinal)	46
Şekil 3.2. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının ve ilgili morfometrik ölçümlerin PCA ile gösterimi	77
Şekil 3.3. SPSS 21.0 kullanılarak Ayrım Analizi (DA) ile lokalitelerin gösterimi	79
Şekil 3.4. <i>Squalius</i> sp. türüne ait sağ asteriskus otolit örneklerinin SEM fotoğrafları (a) distal yönden görünüş, (b) proksimal yönden görünüş (Abdal Çayı; üstteki örnek: TB 9.3 cm, alttaki örnek: TB 36.8 cm), D-dorsal, V-ventral, A-anterior, P-posterior, Ölçek: 1 mm	81
Şekil 3.5. <i>Squalius</i> sp. türüne ait sağ lapillus otolit örnekleri (a) dorsal yönden görünüş, (b) ventral yönden görünüş (Abdal Çayı; üstteki örnek: TB 9.3 cm, alttaki örnek: TB 36.8 cm), L-lateral, M-medial, A-anterior, P-posterior, Ölçek: 1 mm	82
Şekil 3.6. <i>Squalius</i> sp.'nin asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin PCA grafiği	88

Şekil 3.7. Asteriskus otolit değişkenleri ile <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının kanonik ayrım analizi grafiği.....	90
Şekil 3.8. <i>Squalius</i> sp.'nin lapillus otolit şekil indeksi değişkenlerinin PCA grafiği	91
Şekil 3.9. Lapillus otolit değişkenleri ile <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının kanonik ayrım analizi grafiği.....	93
Şekil 3.10. Asteriskus etkin EF katsayıları ile <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının kanonik ayrım analizi grafiği.....	96
Şekil 3.11. Her bir populasyonda asteriskus otolitlerin ortalama şekli (a) Abdal Çayı, (b) Akçay, (c) Altinkaya Baraj Gölü, (d) Engiz Çayı, (e) Kızılırmak Nehri, (f) Mert Irmağı, (g) Taşkelik Deresi, (h)Terme Çayı, (i) Tersakan Çayı, (j) Yeşilirmak Nehri.....	97
Şekil 3.12. Lapillus etkin EF katsayıları ile <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının kanonik ayrım analizi grafiği.....	100
Şekil 3.13. Her bir populasyonda lapillus otolitlerin ortalama şekli (a) Abdal Çayı, (b) Akçay, (c) Altinkaya Baraj Gölü, (d) Engiz Çayı, (e)Kızılırmak Nehri, (f) Mert Irmağı, (g) Taşkelik Deresi, (h)Terme Çayı, (i) Tersakan Çayı, (j) Yeşilirmak Nehri.....	101
Şekil 3.14. Farklı lokasyonlardan elde edilen on populasyon için asteriskus otolitinin dalgacık 5 fonksiyon katsayılarının kanonik ayrım analizi grafiği.....	103
Şekil 3.15. On populasyon için asteriskus otolitlerinin dalgacık 5 sinyalleri	104
Şekil 3.16. Farklı lokasyonlardan elde edilen on populasyon için lapillus otolitinin dalgacık 5 fonksiyon katsayılarının kanonik ayrım analizi grafiği	106
Şekil 3.17. On populasyon için lapillus otolitlerinin dalgacık 5 sinyalleri	107
Şekil 3.18. Jel görüntülemesi gerçekleştirilmiş olan DNA.....	108
Şekil 3.19. COI bölgesinin ChromasPro programı kullanılarak baz dizilimlerinin görüntülenmesi	108
Şekil 3.20. COI bölgesinin MEGA 11.0.13 programı kullanılarak baz dizilimlerinin belirlenmesi	109
Şekil 3.21. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (PAUP).....	116
Şekil 3.22. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (PAUP).....	117
Şekil 3.23. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir) (MEGA)	118
Şekil 3.24. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan ML ağaç modeli (Orijinal ağaç) (MEGA)	119
Şekil 3.25. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan ML ağaç modeli (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir) (MEGA)	120
Şekil 3.26. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için SplitsTree programı (Huson ve Bryant, 2006) kullanılarak oluşturulmuş olan ağaç modeli (UPGMA).....	121
Şekil 3.27. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan PAUP programı yardımıyla NJ ağacı	123
Şekil 3.28. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA) (Orijinal ağaç).....	124

Şekil 3.29. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA) (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir).....	125
Şekil 3.30. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan phyML ağacı.....	126
Şekil 3.31. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan ML ağacı.....	127
Şekil 3.32. cyt b gen bölgesinin F ve R primerler kullanılarak okunması ile elde edilen dizilerin ChromasPro ile görüntülenmesi (F: Forward. R: Reverse).....	128
Şekil 3.33. cyt b bölgesinin MEGA 11.0.13 programı kullanılarak baz dizilimlerinin belirlenmesi	129
Şekil 3.34. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (MEGA)	134
Şekil 3.35. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir) (MEGA)	135
Şekil 3.36. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için oluşturulmuş olan ML ağaç modeli (Orijinal ağaç) (MEGA)	135
Şekil 3.37. <i>Squalius</i> cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için SplitsTree programı (Huson ve Bryant, 2006) kullanılarak oluşturulmuş olan ağaç modeli (UPGMA).....	136
Şekil 3.38. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının cyt b gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA) (Orijinal ağaç).....	137
Şekil 3.39. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının cyt b gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA) (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir).....	138
Şekil 3.40. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının cyt b gen bölgesi bakımından oluşturulan ML ağacı.....	139

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Ülkemizde dağılım gösteren <i>Squalius</i> cinsine ait türler	17
Tablo 2.1. Örneklem lokasyonlarına ait veriler.....	26
Tablo 2.2. Çalışmada kullanılan metrik ve meristik karakterler	33
Tablo 2.3. mtDNA gen bölgelerinin çoğaltılmasında kullanılacak olan primerler	39
Tablo 2.4. Uygulanan PCR programları	39
Tablo 2.5. Asteriskus ve lapillus otolitler için hesaplanan altı şekil indeksi ve formülleri....	41
Tablo 3.1. Örneklem yapılan tarih, lokasyon ve yakalanan örnek sayısı	45
Tablo 3.2. Çalışma kapsamında lokasyonlardan elde edilen su parametreleri.....	45
Tablo 3.3. Abdal Çayı'ndan yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	47
Tablo 3.4. Abdal Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	48
Tablo 3.5. Abdal Çayı populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%).....	49
Tablo 3.6. Akçay'dan yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	50
Tablo 3.7. Akçay örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	51
Tablo 3.8. Akçay populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı	52
Tablo 3.9. Altinkaya Baraj Gölü'nden yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	53
Tablo 3.10. Altinkaya Baraj Gölü örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	54
Tablo 3.11. Altinkaya Baraj Gölü populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)	55
Tablo 3.12. Engiz Çayı'ndan yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	56
Tablo 3.13. Engiz Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	57
Tablo 3.14. Engiz Çayı populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%).....	58
Tablo 3.15. Kızılırmak Nehri'nden yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	59
Tablo 3.16. Kızılırmak Nehri örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	60
Tablo 3.17. Kızılırmak Nehri populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)	61

Tablo 3.18. Mert Irmağı'ndan yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	62
Tablo 3.19. Mert Irmağı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	63
Tablo 3.20. Mert Irmağı populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%).....	64
Tablo 3.21. Taşkelik Deresi'nden yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	65
Tablo 3.22. Taşkelik Deresi örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	66
Tablo 3.23. Taşkelik Deresi populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)	67
Tablo 3.24. Terme Çayı'ndan yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	68
Tablo 3.25. Terme Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	69
Tablo 3.26. Terme Çayı populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%).....	70
Tablo 3.27. Tersakan Çayı'ndan yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	71
Tablo 3.28. Tersakan Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	72
Tablo 3.29. Tersakan Çayı populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%).....	73
Tablo 3.30. Yeşilırmak Nehri'nden yakalanan <i>Squalius</i> sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı).....	74
Tablo 3.31. Yeşilırmak Nehri örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri	75
Tablo 3.32. Yeşilırmak Nehri populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)	76
Tablo 3.33. Ayrım Analizine göre populasyonların morfometrik veriler ile karşılaştırılma sonuçlarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri	78
Tablo 3.34. Ayrım Analizine göre populasyonların morfometrik veriler ile karşılaştırılma sonuçlarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri	78
Tablo 3.35. Morfometrik karakterler kullanılarak <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının sınıflandırılmasındaki başarı oranları	80
Tablo 3.36. Tüm populasyonların asteriskus otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri....	83
Tablo 3.37. Tüm populasyonların lapillus otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	84

Tablo 3.38. Tüm populasyonların standardize edilmiş verilerle hesaplanan asteriskus otolit şekil indekslerinin tanımlayıcı istatistikleri	85
Tablo 3.39. Tüm populasyonların standardize edilmiş verilerle hesaplanan lapillus otolit şekil indekslerinin tanımlayıcı istatistikleri	86
Tablo 3.40. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri..	88
Tablo 3.41. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri.....	88
Tablo 3.42. <i>Squalius</i> sp. türünün populasyonlarını ayırmak için asteriskus şekil indekslerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen CDA sonuçları	89
Tablo 3.43. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında lapillus otolit şekil indeksi değişkenlerinin Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri..	91
Tablo 3.44. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında lapillus otolit şekil indeksi değişkenlerinin Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri.....	91
Tablo 3.45. <i>Squalius</i> sp. türünün populasyonlarını ayırmak için lapillus şekil indekslerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen CDA sonuçları.....	92
Tablo 3.46. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında asteriskus EF katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri	94
Tablo 3.47. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında asteriskus EF katsayılarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri	94
Tablo 3.48. Asteriskus otolitinin etkin EF katsayıları ile gerçekleştirilen CDA sonuçları	95
Tablo 3.49. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında lapillus EF katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri	98
Tablo 3.50. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında lapillus EF katsayılarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri.....	98
Tablo 3.51. Lapillus otolitinin etkin EF katsayıları ile gerçekleştirilen CDA sonuçları.....	99
Tablo 3.52. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında asteriskus dalgacık 5 katsayısına ait Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri	102
Tablo 3.53. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında asteriskus dalgacık 5 katsayısına ait Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri	102
Tablo 3.54. Asteriskus dalgacık 5 katsayıları ile <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının sınıflandırılmasındaki başarı oranları	103
Tablo 3.55. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında lapillus dalgacık katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri	105
Tablo 3.56. <i>Squalius</i> sp. populasyonlarında lapillus dalgacık katsayılarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri.....	105
Tablo 3.57. Lapillus dalgacık 5 katsayıları ile <i>Squalius</i> sp. populasyonlarının sınıflandırılmasındaki başarı oranları	106
Tablo 3.58. COI gen bölgesi için nükleotit dönüşümlerinin hesaplanması (*Transisyon oranları koyu; Transversiyon oranları italik olarak verilmiştir.)	109
Tablo 3.59. COI gen bölgesine ait moleküler analizlerde kullanılan türlerin listesi ve GenBank erişim numaraları.....	110
Tablo 3.60. GenBank verilerini kapsayan COI gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler.....	111

Tablo 3.61. On lokasyondan örneklenen <i>Squalius</i> sp. bireylerinin COI gen bölgesi için tür içi ve türler arası ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri.....	112
Tablo 3.62. <i>Squalius</i> sp. türüne ait COI gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler	114
Tablo 3.63. On lokasyondan örneklenen <i>Squalius</i> sp. bireylerinin COI gen bölgesi için tür içi ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri	115
Tablo 3.64. cyt b gen bölgesi için nükleotit dönüşümlerinin hesaplanması (*Transisyon oranları koyu; Transversiyon oranları italik olarak verilmiştir.)	129
Tablo 3.65. cyt b gen bölgesine ait moleküler analizlerde kullanılan türlerin listesi ve GenBank erişim numaraları.....	130
Tablo 3.66. GenBank verilerini kapsayan cyt b gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler.....	131
Tablo 3.67. GenBank verileri ve Samsun ilinde yer alan on tatlısu kaynağından örneklenen <i>Squalius</i> sp. türüne ait bireylerin cyt b gen bölgesi için tür içi ve türler arası türler arası ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri	132
Tablo 3.68. cyt b gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler.....	133
Tablo 3.69. On lokasyondan örneklenen <i>Squalius</i> sp. bireylerinin cyt b gen bölgesi için tür içi ve türler arası ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri.....	133

1. GİRİŞ

Tatlısu ekosistemlerinin kendilerine özgü ekolojik, sosyal ve ekonomik önemleri mevcuttur (He et al., 2019; Chen et al., 2024; He et al., 2024). Tatlısular dünyadaki sucul ekosistemin küçük bir kısmını oluşturmalarına rağmen biyoçeşitlilik bakımından oldukça zengindirler. Ancak bu ekosistemlerin biyolojik çeşitlilikleri, diğer tüm ekosistemlere kıyasla çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır (Reid et al., 2019; Tickner et al., 2020; Albert et al., 2021). Özellikle tatlısularda yaşayan omurgalı hayvan popülasyonlarının azalma hızı, karasal veya denizel habitatlarda yaşayanlara göre çok daha yüksektir (He et al., 2019). Tatlısu balıkları, çevresel değişikliklere yüksek duyarlılıkları sebebiyle, en çok tehlike altında olan taksonomik gruplardan biridir (Reid et al., 2019; Albert et al., 2021). Çeşitli sucul habitatlara uyum sağlama kabiliyeti oldukça yüksek olan balıklar, tatlısu ekosistemlerinde önemli bir yeri temsil etmektedir. Bu bağlamda tür koruma stratejilerinin geliştirilebilmesi için güncel biyoçeşitlilik doğru, hızlı ve etkili bir şekilde belgelenmelidir. Mevcut türlerin kayıt altına alınmasının zorunluluğu taksonomi alanındaki araştırmaları ön plana çıkarmıştır.

Balık taksonomisi, sucul habitatlarda görülen biyoçeşitliliğin anlaşılması için temel bilgileri sağlamaktadır (Rivot, 2022). Güncel taksonomik araştırmalar ile yeni türlerin tanımlanması, mevcut tür sayısını her geçen yıl arttırmaktadır. Küresel çeşitliliğin önemli bir parçası olan Palearktik Tatlısu Zoocoğrafik Bölgesi içerisinde yer alan Türkiye’de (Avcı, 2000) 427 balık türünün yaşadığı rapor edilmiştir (Çiçek et al., 2023). Devam eden sistematik çalışmalar sonucunda yeni kayıt bildirimleri ve yeni tür tanımlamaları ile tür sayısı artarken sinonimlikler nedeniyle tür sayısı azalmaktadır.

Anadolu’daki tatlısu balık faunasının sistematğini anlayabilmek için, Anadolu’nun jeolojik oluşumunu, su sistemlerinin izolasyonunu, bu izolasyonların zamanlarını ve türleşmeye olan etkilerini göz önünde bulundurmak gerekir (Özdemir, 2013). Türkiye topraklarının büyük bölümünü oluşturan Anadolu, üç tarafı Karadeniz, Ege ve Akdeniz ile çevrili bir yarımada (Okay, 2008; Bilgin, 2011). Anadolu, Asya ve Avrupa kıtalarının kesişme noktasında yer alması sebebiyle farklı kökenli canlıların geçiş noktası konumundadır ve çeşitli canlı türlerine farklı dönemlerde barınak işlevi görmüştür (Demirsoy, 2008).

Anadolu’nun Miyosen başlarına kadar sular altında olması, tatlısu balıkları açısından tür çeşitliliğindeki en büyük etken olarak gösterilebilir (Demirsoy, 2008;

İlhan vd., 2014). Miyosen'in başlarından itibaren yükselmeye başlayan ve Miyosen'in ortalarına doğru su üzerine çıkan Anadolu'da, ilk tatlısu formlarının yerleşimi görülmeye başlamıştır (Demirsoy, 2008). Türkiye'nin Orta Miyosen'de yükselmeye başladığı, bu tektonik yükselmenin Pliyosen boyunca devam ettiği genel olarak kabul edilmektedir (Şengör, 1988). Miyosen döneminde Anadolu'nun güncel biyocoğrafyasını şekillendiren bir dizi gelişme olmuştur. Bunlar arasında Ege Denizi'nin oluşumu, Alpin orojenezinin artan etkisi ile birlikte Anadolu'da Toroslar ve Kuzey Anadolu Dağları'nın oluşumu, Cebelitarık Boğazı'nın kapanması ile Akdeniz'in önemli ölçüde (veya tamamen) kuruması sayılabilir (Meulenkamp and Sissingh, 2003; Aksu et al., 2021; Yahyaoğlu, 2023). Bu gelişmeler, tatlısu balıklarının jeolojik süreçler boyunca çeşitli yolları takip ederek Anadolu'ya girdiğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Bănărescu, 1990; Bianco, 1990; Ketmaier et al., 2008; Leroy et al., 2019).

Tatlısu balık türlerinin dağılımı, vikaryans ve coğrafi dağılım olaylarına, tatlısuya özgü izolasyon süreçlerine bağlıdır (Birmingham and Martin, 1998; Levy et al., 2009; Leroy et al., 2019). Coğrafi ve jeolojik değişikliklere ek olarak uzun dönem iklim değişiklikleri balık türlerinin vikaryans ve dağılım senaryolarını şekillendirmektedir. Karadeniz nehirleri, tatlısu ihtiyofaunasının oluşumu sırasında buzul sığınakları olarak işlev görmüş olabilir (Durand et al., 2000; Kotlík et al., 2004; Makhrov and Bolotov, 2006; Perea et al., 2010; Seifertová et al., 2012). Holosen döneminde Karadeniz'de ani bir su baskınının olduğu varsayılmaktadır (Ryan et al., 1997; Ryan and Pitman, 1999). Akdeniz'den Karadeniz'e giren tuzlu su, Karadeniz'in tatlısu faunasını acısu faunasına dönüştürmüştür (Ryan et al., 2003). Bu dönüşüm sürecinde Karadeniz ile ona dökülen akarsular arasında meydana gelen doğal bariyerler, balıkların göç yollarını engelleyerek yerel popülasyonları oluşturmuştur (Bănărescu, 1991; Durand, 1999a). Tarihsel süreçlere bağlı olarak ortaya çıkan hem tatlısu hem de deniz balıkların tür çeşitliliğinin tespiti, güvenilir tür teşhis yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir.

Tür teşhisinde morfometrik yöntemler sıkça başvurulan tekniklerin en başında gelmektedir. Morfometrik ve meristik ölçümler, balık popülasyonlarında morfolojik farklılaşmanın olup olmadığını ortaya koyar. Morfolojik özelliklerdeki varyasyon hem çevresel hem de genetik faktörlerden etkilenebilir. Bir organizmanın morfolojik özellikleri, farklı ve çeşitli çevresel koşullara yanıt olarak değişkenlik gösterebilir (Shuai et al., 2018; Nishio et al., 2019; Pranata et al., 2024). Morfolojik varyasyon

analizleri, balık populasyonlarını ayırt etmek, taksonomik karakterler arasındaki farklılıkları ve ilişkileri ortaya koymak, habitatla ilişkili morfolojik varyasyonu daha iyi anlayabilmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Cadrin and Silva, 2005; Mouludi-Saleh et al., 2020; Seçer et al., 2020). Hem türlerin hem de populasyonların belirlenmesinin yanı sıra tür içi ve türler arası varyasyonların karşılaştırıldığı çalışmalarda, kendilerine özgü morfolojiye sahip olan otolitler de kullanılabilmektedir (Granados-Amores et al., 2020; Ozpicak, 2020; Lam et al., 2021). Otolit zelliklerinin çevresel, fizyolojik ve genetik faktörlerin kontrolü altında olduğu bilinmektedir (Javor et al., 2011). Çevresel farklılıklar ve populasyonların coğrafik olarak ayrılması balıkların otolit şekillerinde bazı değişimlere sebep olmaktadır (Lombarte, 1992; Wiff et al., 2020). Otolit şeklindeki değişimler, yenilikçi bir yaklaşım olan otolit biyometrisi yöntemleri ile hassas ve detaylı bir şekilde incelenebilmektedir. Son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte, klasik sistematik moleküler çalışmalarla da desteklenmektedir. DNA tabanlı karakterler, kalıtsal oldukları için çevresel faktörlerden etkilenmezler ve bu nedenle elde edilen genetik bilginin miktarı ve niteliğine güvenilebilir (Avise, 1987; Briolay et al., 1998). Morfolojik verilerin moleküler açıdan yapılan değerlendirmeler ile uyumlu sonuçlar vermesi, araştırmaların güvenilirliğini arttırmaktadır.

Türlerin sistematik konumlarının belirlenmesinde yaşanılan zorluklar tür tayinlerini karmaşık hale getirmektedir. Literatür incelendiğinde ülkemiz sularında yeni kayıtlar ile birlikte farklı tatlısu kefali türlerinin mevcut olduğu görülmektedir. Tez alışması, “Samsun ili iç su kaynaklarında mevcut olan *Squalius* sp. populasyonlarının *Squalius cephalus* mu yoksa farklı bir *Squalius* türü m olduğu” sorusuna yanıt aramaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen tez çalışmasının amacı Samsun ili sınırları içerisinde yer alan bazı tatlısu kaynaklarında yaşayan *Squalius* sp. populasyonlarının morfometrik, otolit biyometrisi ve moleküler özelliklerinin belirlenmesi olmuştur.

1.1. Balıklarda Tür ve Populasyon Ayrımında Kullanılan Yöntemler

1.1.1. Morfolojik Yöntemler

1.1.1.1. Kaba Dış Morfoloji

Morfolojik taksonomi çalışmalarının teşhis ve sınıflandırma olmak üzere iki önemli aşaması bulunmaktadır. Teşhis aşamasında örnekler, daha önceden tanımlanmış ve taksonomide konumlandırılmış bireylerle karşılaştırılır. Sınıflandırma

safhasında ise taksonomik gruplar çeşitli özellikleri bakımından birbirleriyle karşılaştırılarak düzenlenir. Balıklarda tür teşhisinde öncelikli olarak morfolojik çalışmalardan faydalanılmaktadır. Morfometri; organizmalarda, grup içi ya da gruplar arası şekilsel farklarının istatistiksel analizi ile şekil varyasyonlarının tanımlanmasını amaçlamaktadır (Adams et al., 2004). Ayrıca nesnelerin veya organizmaların formlarındaki (büyüklük ve şekil) varyasyonlar ve değişimler ile de ilgilenmektedir. Başka bir deyişle morfometri, vücut şeklinin analizini ya da çeşitli vücut ölçülerinin veya parçalarının morfolojik özelliklerini içermektedir.

Morfolojik özellikler bir balık türünün taksonomik tanımlanmasında, ilk adım olarak kabul edilir (Berraich and Akhter, 2015). Balık türlerinin tanımlanması geleneksel olarak vücut şekli, renk, pul tipi ve sayısı, yüzgeçlerin bağlantı pozisyonları ve sayısı, yüzgeç ışınlarının tipi veya çeşitli vücut kısımlarından alınan ölçümler vb. gibi dış morfolojik yapılara dayanmaktadır (Strauss and Bond, 1990; Takács et al., 2016). Bu yöntem köklü geleneği ve basitliği nedeniyle, ihtiyoloji ve su ürünleri yetiştiriciliğinde hala kullanılan ana araştırma yaklaşımlarından biridir (Petrtyl et al., 2014; Takács et al., 2016). Türlerin morfolojik olarak tanımlanması ve sınıflandırılmasına yardımcı olacak olan ölçüler, karakteristik şekiller, büyüklükler, diseksiyon sonucu kontrol edilebilen iç yapılar; metrik (ölçülebilen) ve meristik (sayılabilen) karakterler olarak tanımlanmaktadır (Karataş, 2010).

Metrik karakter, iki vücut özelliği arasındaki ölçülebilirliği ifade eder. İncelenen balık türüne göre tercih edilen metrik karakterler farklılık gösterebilmektedir (Turan, 1999; Bostancı vd., 2014; Birecikligil, 2016; Bayçelebi, 2019; Özpiçak and Polat, 2019a; Yazici and Yazicioğlu, 2020; Yedier, 2020; Turan, 2022). Zira belirli bir taksona ait balık bireylerinde bazı özellikler ayırt edici olabilirken aynı özellik bir başka takson için ayırt edici bir nitelik taşımayabilir (Birecikligil, 2016). Meristik karakterler ise yüzgeç ışınlarının sayısı ya da omurlar gibi tekrar eden sayıya dayalı karakterlerdir (Coyle, 1998; Chase, 2014). Çoğunlukla organizmada gelişimin erken aşamalarında belirlenir ve yaşam süresince sabittir (Barlow, 1961; Swain et al., 2005). Yaşamın erken dönemlerinde sabitlenen meristik karakterlerin aksine, morfometrik karakterler yaşam boyunca çevresel etmenlerin etkisiyle gelişimlerini devam ettirirler (Swain et al., 2005). Meristik karakterler organizmanın genotip özelliklerini yansıtırken; metrik yani ölçülebilen karakterler ise fenotip özelliklerini yansıtmaktadır (Avşar, 2016). Hem çevresel hem de genetik faktörler tarafından kontrol edilen morfometrik ve meristik karakterler (Barlow, 1961; Swain et al., 2005); farklı türlerin

tanımlanması, stoklar arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi gibi birçok çalışmada tercih edilmektedirler (Casselman et al., 1981; Ihssen et al., 1981; Bookstein, 1982; Bird et al., 1986; Friedland and Reddin, 1994; Turan, 2000; Turan et al., 2023; Rakhi et al., 2024).

Morfolojik çalışmalar, metrik ve meristik değişkenlerin karşılaştırılmasına ve analiz edilmesine imkân tanımaktadır (Turan et al., 2004). Morfolojik analiz, tür karakterizasyonunda önemli bir yaklaşım olmuştur. Ancak bu yaklaşım, tür komplekslerini (yakından ilişkili türler grubu) ayırt etmek söz konusu olduğunda yetersiz olabilmektedir (Aminan et al., 2020). Bazı türlerde morfolojik karakterler düşük varyasyonlar gösterdiği için tür ayrımında ayırt edici olmayabilir (Doadrio and Carmona, 1998).

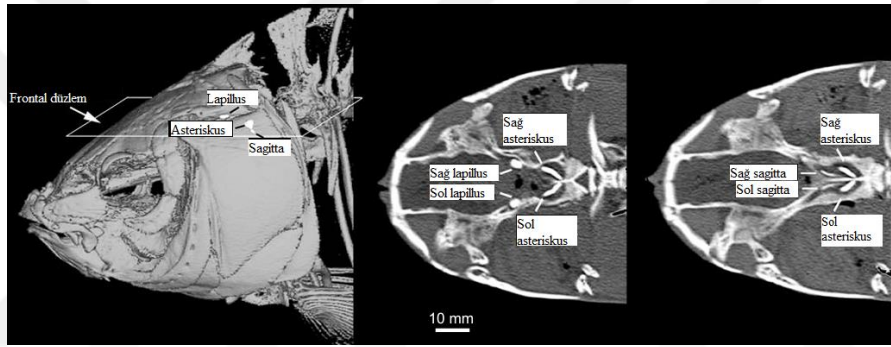
Balıklar çevresel değişikliklere karşı oldukça hassas olup gerekli morfometrik karakteri değiştirerek bulundukları habitata hızla uyum sağlarlar (Cabral et al., 2003; Hossain et al., 2010). Aynı habitatta dağılım gösteren bir tür içinde bile çok fazla morfolojik değişim meydana gelebilir (Ehlinger and Wilson, 1988). Tek bir genotipin farklı çevresel koşullara yanıt olarak birden fazla alternatif morfoloji, fizyolojik durum ve/veya davranış biçimi üretebilme yeteneği olarak tanımlanan fenotipik esneklik (West-Eberhard, 1989) kavramı balıklarda da görülebilmektedir. Fenotipik esneklik (plastisite), çevresel değişime tepki bir genotipin ifadesinin değiştiği derecedir. Balık populasyonları arasındaki fenotipik varyasyon, sıcaklık, oksijen, tuzluluk, radyasyon, su derinliği ve akıntı gibi çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Thompson, 1991). Geleneksel taksonomik çalışmalarda türlerin tanımlanması ve tür ayrımında kullanılan morfolojik karakterler, tür içi farklılıkların (eşeyssel dimorfizm veya populasyon düzeyindeki varyasyonların ortaya çıkarılması) belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Doadrio et al., 2002; Gürlek ve Turan, 2006; Kitano et al., 2007; Çoban vd., 2013; Bogutskaya et al., 2019; Levin et al., 2019).

1.1.1.2. Otolit Biyometrisi

1.1.1.2.1. Otolit Morfometrisi

Otolitler, Teleost balıkların iç kulağının membranöz bölgesinde, protein bir matriks içerisinde aragonit formda yer alan, esas olarak kalsiyum karbonattan oluşan sert yapılardır (Degens et al., 1969; Pannella, 1971; Barnuevo et al., 2023). Otolitler, çözünmeye veya emilmeye maruz kalmayan aselüler yapılardır (Campana and Neilson, 1985; Campana and Thorrold, 2001). Kemikli balıkların tümünde başın iki

yanında bulunan yarım daire kanallarında üçer adet olarak bulunan otolitler (Şekil 1.1); işitme, denge ile ilgili olan ve ivmeölçer görevi gören kalsiyum karbonat birikimleri olarak da tanımlanmaktadır (Campana and Casselman, 1993; Panfili et al., 2002; Campana, 2004; Krysl et al., 2012). Balık yumurtadan çıktığı andan itibaren başlayan karbonat kristallerinin birikimi, tüm yaşamı süresince devam eder (Brothers et al., 1976). Sakkular kanaldaki sagitta, lagenar kanaldaki asteriskus ve utrikular kanal içerisindeki ise lapillus olarak isimlendirilmektedir (Secor et al., 1992; Campana, 2004). Sakkular ve lagenar kanaldakiler ses algılamada rol oynar (Popper, 1980) ve işitme uzmanlığıyla yakın ilişki içinde evrimleşmiş gibi görünürler (Popper and Coombs, 1982), oysa utrikular kanaldaki ise dengeyi koruma işlevine sahiptir (Lombarte and Popper, 2004).



Şekil 1.1. Cypriniformes takımına ait *Cyprinus carpio*'nun baş kısmında yer alan otolitlerin konumu (Bilgisayar tomografisi, Schulz-Mirbach ve Reichenbacher (2006)'den alıntıdır)

Üç çift otolit, şekil ve boyutlarına göre kolayca ayırt edilebilir. Otolitlerin morfolojisi belirgin bir şekilde türe özgüdür ve farklı türler arasında boyut ve şekil açısından büyük farklılıklar vardır (Lombarte and Cruz, 2007). Otofizan (Rosen and Greenwood, 1970) balıklarda asteriskus ve/veya lapillus, sagittadan daha büyüktür (Harvey et al., 2000; Campana, 2004; Schulz-Mirbach and Plath, 2012). Şekil bakımından değerlendirildiğinde en fazla şekil farklılığı sagittal otolitlerde, en az ise lapillus otolitlerde görülmektedir. Ayrıca asteriskus otolitlerinin şekil farklılığı lapillus otolitlerden fazla, sagittal otolitlerden ise daha azdır (Tuset et al., 2008).

Otolitlerin morfolojisi, balıkların yaşam öyküsü ve davranışları hakkında bilgiler sağlar (Lattuca et al., 2015). Aynı zamanda türler arası ve tür içi önemli farklılıklarla birlikte filogeniyi ve yaşam evresini de yansıtır (La Mesa et al., 2020). Otolitlerin görünüm ve şekillerindeki farklılıklar, tür ve populasyon ayırımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Campana and Neilson, 1985; Campana and Casselman, 1993; Begg and Waldman, 1999; Popper et al., 2005; Ferguson et al., 2011; Bacha et al., 2014;

Jemaa et al., 2015a; Jemaa et al., 2015b; Tuset et al., 2019). Bu kalsifiye yapı genetik ve çevresel parametrelerden etkilenmektedir (Griffiths et al., 2010). Türler arası farklılıklardan büyük oranda genetik faktörler sorumludur (Tuset et al., 2016; Vasconcelos et al., 2021; Soeth et al., 2022). Aynı türün farklı habitatlarda yaşayan popülasyonlarının otolitlerindeki morfolojik farklılıklar ise genellikle habitat derinliği, su sıcaklığı, tuzluluk ve besin temini gibi dış faktörlerin etkisi ile açıklanmaktadır (Lombarte and Lleonart, 1993; Capoccioni et al., 2011). Çevresel strese maruz kaldığı durumlarda bireyin otolit morfolojisi, balığın fizyolojik koşullarında meydana gelen değişimlere bağlı olarak değişikliğe uğrayabilmektedir (Campana and Neilson, 1985; Campana, 1994).

1.1.1.2.2. Otolit Şekil Analizi

Otolit şekli genellikle türe özgü olmakla birlikte çevresel faktörlere bağlı olarak tür içi coğrafi farklılıklar da meydana gelebilmektedir (Mosegaard et al., 1988; Campana and Thorrold, 2001; Reichenbacher et al., 2009; Vieira et al., 2014; Libungan et al. 2015; Berg et al., 2018).

Morfolojik çalışmalarda formu tanımlamak ve karşılaştırmak için doğrusal boyutların oranları, öklid uzaklık matrisi analizi, özşekil analizi ve Fourier analizinin çeşitli varyasyonları gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır (Chen et al., 2000; Iwata and Ukai 2002; Reig-Bolaño et al., 2010; Zhang et al., 2017). Otolit dış hat (kontur) yapısının tanımlanması şekil analizi ile ifade edilmektedir. Görüntü işleme tekniklerinin geliştirilmesiyle Eliptik Fourier analizi ve dalgacık (wavelet) dönüşümü en yaygın kullanılan şekil analizi yöntemleri olarak ön plana çıkmıştır. Bu bağlamda görüntü elde etme ve veri analizindeki ilerlemeler yüzlerce otolit örneğinin rutin olarak işlenmesini sağlayarak güçlü istatistiksel sonuçların elde edilmesine olanak tanımaktadır (Geffen et al., 2016).

1.1.1.2.3. Fourier Analizi

Fourier analizi, kapalı bir şeklin matematiksel ifadesinin karmaşık problemini çözmek için sıklıkla uygulanmakta olup otolit şekil ana hatlarını doğru bir şekilde karşılaştırmayı mümkün kılmaktadır (Yu et al., 2014). Morfometrik çalışmalarda önemli bir rol oynayan bu analiz, otolit ana hatlarını karakterize eder ve kontur bilgilerini yakalar (Kuhl and Giardina, 1982; Lestrel, 1997; Cadrin and Friedland, 1999). Bir dizi daha basit bileşen (harmonik) sağlayarak otolit konturunu ayrıştırır ve

her biri daha ayrıntılı şekil açıklaması ekler (Lestrel, 1997).

Şekil indekslerinden elde edilen bilgileri tamamlamak için, daha karmaşık bir geometrik yaklaşımın uygulanması olan otolit şeklinin görüntüye bağlı analizi, genellikle eliptik Fourier tanımlayıcılarının tahmin edilmesiyle elde edilmektedir (Cadrin and Friedland, 1999; Tracey et al., 2006). Eliptik Fourier analizi, bir nesnenin sınır çizgisini bir dizi harmonik olarak kapalı eğriler halinde ayrıştırır ve kümenin sonunda nesnenin orijinal ana hatları oluşturulur. Eliptik Fourier yöntemi objeyi oluşturan şeklin kapalı konturunu matematiksel esasa göre modellemekte ve bunun için kontur eğrisini tanımlayan bileşenler oluşturmaktadır. Otolitlerin şeklini tanımlamak için eliptik Fourier tanımlayıcılarının kullanılması, populasyonları tanımlamak için hızlı, objektif ve yarı otomatik bir yöntemdir (Bird et al., 1986). Eliptik Fourier analizi en yaygın yöntem olmasına rağmen, her harmonik katsayısının tek başına morfolojik bir anlamı olmadığından ve yerel tekillikleri ayırt edemediğinden, sadece anahat değişkenliğinin küresel bir yaklaşımını verir (Parisi-Baradad et al., 2005; Reig-Bolaño et al., 2010; Tuset et al., 2021).

1.1.1.2.4. Dalgacık Analizi

Dalgacıklar belirli matematiksel gereklilikleri yerine getiren, veri ve diğer fonksiyonların gösteriminde kullanılan fonksiyonlardır (Bilgin, 2003). Dalgacık dönüşümü, şekil analizinde daha yaygın olarak uygulanan Fourier dönüşümüne güçlü bir alternatiftir (Libungan and Pálsson, 2015). Görüntü işlemede dalgacık fonksiyonlarının kullanımı keskin geçişe sahip veri veya fonksiyonlara yaklaşıklık açısından oldukça önemli bir adımdır (Bilgin, 2003).

Dalgacık analizi, şekil konturunu ana dalgacık olarak bilinen benzersiz bir fonksiyonun genişlemeleri ve ötelemeleri olarak elde edilen bir fonksiyonlar ailesine genişletmeye dayanır. Bu fonksiyonlar hem uzayda hem de dalga sayısında eğrinin en belirgin özelliklerini (keskin geçişler) tanımlar. Dalgacıkların sinyalleri farklı genliklere sahiptir. Bu nedenle küçük (düşük) dalga sayıları (frekanslar) düzgün bir şekilde değişen bir konturla ilişkilendirilirken, büyük dalga sayıları küçük bir uzamsal ölçekteki varyasyonla ilişkilendirilir (Parisi-Baradad et al., 2005; Parisi-Baradad et al., 2010).

Dalgacık dönüşümü gösterimi, şeklin düzensizliklerini ölçmeye ve kesin konumunu belirlemeye yarar. Dalgacık dönüşümü yöntemi, otolit ana hattında belirli bir açıda bulunan belirli bölgelerdeki şekil farklılıklarını tespit etmek için

kullanılırken; Fourier yöntemi yalnızca otolit şeklindeki genel farklılıklar hakkında bilgi sağlar (Libungan and Pálsson, 2015). Fourier dönüşümüne kıyasla dalgacık analizinin avantajı yorumun daha doğrudan olmasıdır (Parisi-Baradad et al., 2010).

1.1.2. Moleküler Yöntemler

Organizmalar arasındaki genetik farklılıkları ve çeşitliliği incelemek için geliştirilmiş olan moleküler yöntemler, güvenilir ve doğrulanabilir veriler sunması ile biyolojik araştırmalarda önemli bir yaklaşım haline gelmiştir. Balık türlerinin tanımlanması, tür içi ve türler arası genetik varyasyonun ortaya çıkarılması gibi genetik temelli araştırmalarda, uygulama alanlarına ve maliyetlerine göre çeşitlilik gösteren moleküler yöntemler kullanılmaktadır. Gerçekleştirilecek çalışmanın amacına uygun olan moleküler yöntemin seçilmesi güvenilir sonuçların ortaya çıkmasına katkı sağlayacaktır.

Evrimsel ve doğal süreçler, mutasyonlar, gen aktarımı gibi değişimler sonucu organizmalarda gerçekleşen genetik varyasyonun moleküler belirteçler kullanılarak ham bir veri seti şeklinde elde edilmesinden sonra, bu verilerin anlamlı ve somut sonuçlara dönüşmesi için bir dizi istatistiksel ve moleküler filogeni işlemleri gerçekleştirilir. Günümüzde NCBI (National Center for Biotechnology Information)-GenBank® ve BOLD (Barcode of Life Data Systems) gibi cins düzeyinde veya daha düşük düzeyde adlandırılan 300.000'den fazla organizma için nükleotit dizilerini içeren kapsamlı kamuya açık veri tabanları bulunmaktadır (Benson et al., 2009). GenBank veri tabanında mevcut balık türlerinin yalnızca %9,7'si bulunmaktadır (Fricke et al., 2023; Sayers et al., 2023; Alvarenga et al., 2024). Çeşitli özellikleri nedeniyle hayvanlarda en fazla çalışılan kısım mitokondriyal DNA'dır.

Mitokondriyal DNA (mtDNA), mitokondride bazı proteinleri bağımsız olarak kodlayabilen ökaryotik hücrelerin çekirdek dışı genetik materyalidir. mtDNA, omurgalı hayvanlarda olduğu gibi balıklarda da 2 rRNA (küçük 12S ve büyük 16S rRNA), 22 tRNA, 13 tane protein ve 1 tane de kontrol bölgesi (D-loop) olarak adlandırılan 38 genden oluşan kapalı bir moleküldür (Wolstenholme, 1992; Boore and Brown, 1998; Boore, 1999; Turan, 2000; Wilhelm et al., 2003). Mitokondriyal fonksiyonun korunması için hayati öneme sahip mtDNA, 16 ila 20 kbp büyüklüğündedir ve çoğu hücre tipinde birden fazla kopya halinde bulunmaktadır (Guo et al., 2006). Balık mtDNA'sı, sitoplazmada otonom replikasyon, transkripsiyon ve translasyon yeteneklerine sahip, ağır zincir (H) ve hafif zincir (L) içeren kapalı

döngü çift sarmallı bir DNA'dır.

Balık mitokondriyal genomları haploittir (Bermingham, 1990). Mitokondriyal DNA'nın maternal (anasal) kalıtımı ve nükleer DNA'ya kıyasla daha hızlı evrimleşmesi, onu birçok balık grubunun farklı taksonomik seviyelerde genetik çalışmalarını gerçekleştirmek için uygun bir araç haline getirmektedir (Kocher and Stepien, 1997; Durand et al., 2000; Guo et al., 2006). mtDNA gen bölgeleri, balık türlerinin populasyon içi ve/veya populasyonlar arasındaki genetik varyasyonlarının araştırılmasında tercih edilmektedir (Saraswat et al., 2014). Hem tür içi hem de türler arası varyasyonların ortaya çıkarılması için mtDNA gen bölgelerinin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur (Durand et al., 1999b; Almada and Sousa-Santos, 2010; Henriques et al., 2010; Perea et al., 2016; Özpicak 2017; Yedier, 2020; Lukač et al., 2025).

mtDNA'nın gen bölgeleri, evrim hızlarındaki farklılıklar nedeniyle yapılan araştırmanın amacına ve incelenen türe bağlı olarak seçilmektedir. Filogenetik araştırmalarda özellikle tür ve aile düzeyindeki analizlerde sitokrom oksidaz alt birim I (COI) ve sitokrom b (cyt b) genleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Brito et al., 1997; Briolay et al., 1998; Behrens-Chaupis et al., 2015; Levin et al., 2019; Özpiçak and Polat, 2019b; Sheraliev, 2021; Yılmaz et al., 2021; Lukač et al., 2025). Sitokrom oksidaz altbirim I (COI), sitokrom c oksidaz'ın alt birimidir. Ana işlevi, elektron taşıma sisteminin son adımında elektronları sitokrom c'den oksijene taşıyarak ATP sentezinin gerçekleşmesini sağlamaktır. Sitokrom c oksidaz enzimi, mitokondrilere bulunan büyük bir transmembran proteindir. Her organizmada farklı uzunluklarda görülen COI gen bölgesi balıklarda 1551 baz çifti (bç) uzunluğundadır. Birçok organizmanın tür tayini, populasyon farklılaşması ve filogenetik ilişkilerinin incelenmesinde kullanılan önemli bir moleküler işaretleyici olan COI geninin 5' ucundan 600-700 baz çifti uzunluğundaki bölgesi en uygun barkod geni olarak işlev görmektedir (Hebert et al., 2003; Hebert and Gregory, 2005; Ward et al., 2005).

DNA barkodu kavramı ilk kez 1993 yılında kullanılmıştır; Hebert vd. (2003) tarafından yayınlanan eserle bilim dünyasının ilgisini çekmeyi başarmıştır ve o zamandan beri yöntem ilgi görmeye devam etmektedir. Türleri ayırmada ve tanımlamada kullanılan DNA barkodlaması, DNA dizisi farklılıklarının herhangi bir canlının tür seviyesinde tanımlanmasını sağlayacak biyolojik barkodlar olarak kullanılabilmesine dayanır (Keskin ve Atar, 2013b). DNA barkodlamanın hem deniz hem de tatlısu balık türlerini ayırt etmek için kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır

(Triantafyllidis et al., 2011; Keskin and Atar, 2013a; Geiger et al., 2014; Knebelsberger et al., 2014; Behrens-Chaupis et al., 2015; Levin et al., 2019; Zangl et al., 2022, Turan et al., 2024). DNA barkodlarının taksonomik güvenilirliği, yeni verilerin halihazırda yayınlanmış dizilerle birlikte analiz edilmesiyle değerlendirilmektedir (Knebelsberger et al., 2014). Yöntemin verimliliği, türler arasındaki dizi farklılığının derecesine bağlıdır (Hubert et al., 2008; Behrens-Chaupis et al., 2015). Tür içindeki bireyler arasındaki ortalama genetik mesafe, kardeş türler arasındaki ortalama genetik mesafeyi aşmadığında tür düzeyinde doğru tanımlamalar yapmak daha kolay hale gelir (Hubert et al., 2008; Keskin ve Atar, 2013b; Knebelsberger et al., 2014; Behrens-Chaupis et al., 2015).

Sitokrom b (cyt b) ise mitokondride, solunum işleminin gerçekleşmesi aşamasında elektron taşıma sisteminde görevli transmembran bir proteindir. Sitokrom b geninin nükleotit uzunluğu organizmalara göre değişmekle beraber balıklarda 1140 bp uzunluğundadır. Hem yavaş hem de hızlı gelişen kodon pozisyonları ve çok sayıda değişken bölge içermektedir (Lydeard and Roe, 1997). Cyt b gen bölgesinin evrimsel süreç içerisinde en fazla korunan gen bölgeleri arasında olduğu bilinmektedir. Bu nedenle cyt b gen bölgesi popülasyon genetiğinden üst düzey sistematığa kadar değişen filogenetik ilişkileri analiz etmek için sıklıkla tercih edilmektedir (Kocher and Stepien, 1997). Ayrıca cyt b geni, popülasyon içi ve popülasyonlar arası genetik varyasyonun tespiti, tür tayini gibi çeşitli taksonların genetik çalışmalarında popülasyon yapısını ve çeşitliliğini belirlemek için moleküler bir belirteç olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Lydeard and Roe, 1997; Almada and Sousa-Santos, 2010; Henriques et al., 2010; Baharum and Nurdalila, 2012; Perea et al., 2016; Buj et al., 2019; Sousa-Santos et al., 2019; Zhou et al., 2023a).

1.2. Cypriniformes Takımı Hakkında Genel Bilgi

Cypriniformes türlerinin vücutları genellikle pullarla kaplıdır. Ön omurların birbirleriyle kaynaşması sonucunda oluşan ve yüzme kesesi ile iç kulak arasında bulunan Weber organları vardır. Yüzme keseleri iki veya üç odacıklıdır (Kuru, 2009). Çoğu türde çıkıntılı bir çene ile karakterize edilir, bir sırt yüzgecine sahiptirler, ağızda diş bulunmaz, ancak boğazlarında (faringeal çeneler) benzersiz diş plakalarına sahiptirler (Van der Sleen and Albert, 2021). Eosenden günümüze kadar varlıklarını sürdürmektedirler ve üyelerinin büyük bir çoğunluğu tatlısularda bulunmaktadır (Kuru, 2009).

Bazı balık takımlarının dünyanın belirli bölgelerinde baskın olmasının nedeni Dünya'nın jeolojik geçmişine ve Pangea'nın parçalanmasına dayanmaktadır. Kıtasal balık faunalarının ayırt ediciliği, bu kara kütlelerindeki organizmaların birbirlerinden ne kadar süreyle izole kaldığını kabaca yansıtmaktadır (Van der Sleen and Albert, 2021). Cypriniformes takımı, tatlısu balıklarının çeşitliliği en yüksek grubudur (Bird and Hernandez, 2007; Stout et al., 2016; Schönhuth et al., 2018; Tan and Armbruster, 2018). Doğal dağılımları Asya, Avrupa, Afrika ve Kuzey Amerika'yı kapsamaktadır, bilinen en yüksek tür çeşitliliği Güneydoğu Asya'da görülmektedir (Nelson et al., 2006; Winfield and Nelson, 2012; Imoto et al., 2013; Sharma et al., 2014; Tan and Armbruster, 2018; Kuchta et al., 2020; Van der Sleen and Albert, 2021; Froese and Pauly, 2025). Güney Amerika ve Avustralya'da ise doğal olarak bulunmazlar (Nelson et al., 2006; Bird and Hernandez, 2007; Van der Sleen and Albert, 2021). Bu takım 23 familya ve 4207 tür ile temsil edilmektedir (Fricke et al., 2025). Cypriniformes takımı içerisinde Cyprinidae 1785 tür ile en baskın olan familya olup, bunu 702 türle temsil edilen Leuciscidae familyası izlemektedir (Fricke et al., 2025). Bu familyalarda gözlenen yüksek tür çeşitliliği, filogeninin açıklığa kavuşturulmasını zorlaştırmaktadır (Mayden et al. 2009; Tang et al., 2010). Türkiye'de sırasıyla Leuciscidae (126 tür, %29.8) ve Cyprinidae (59 tür, %13.8), en yüksek tür çeşitliliğine sahip familyalardır (Çiçek et al., 2023).

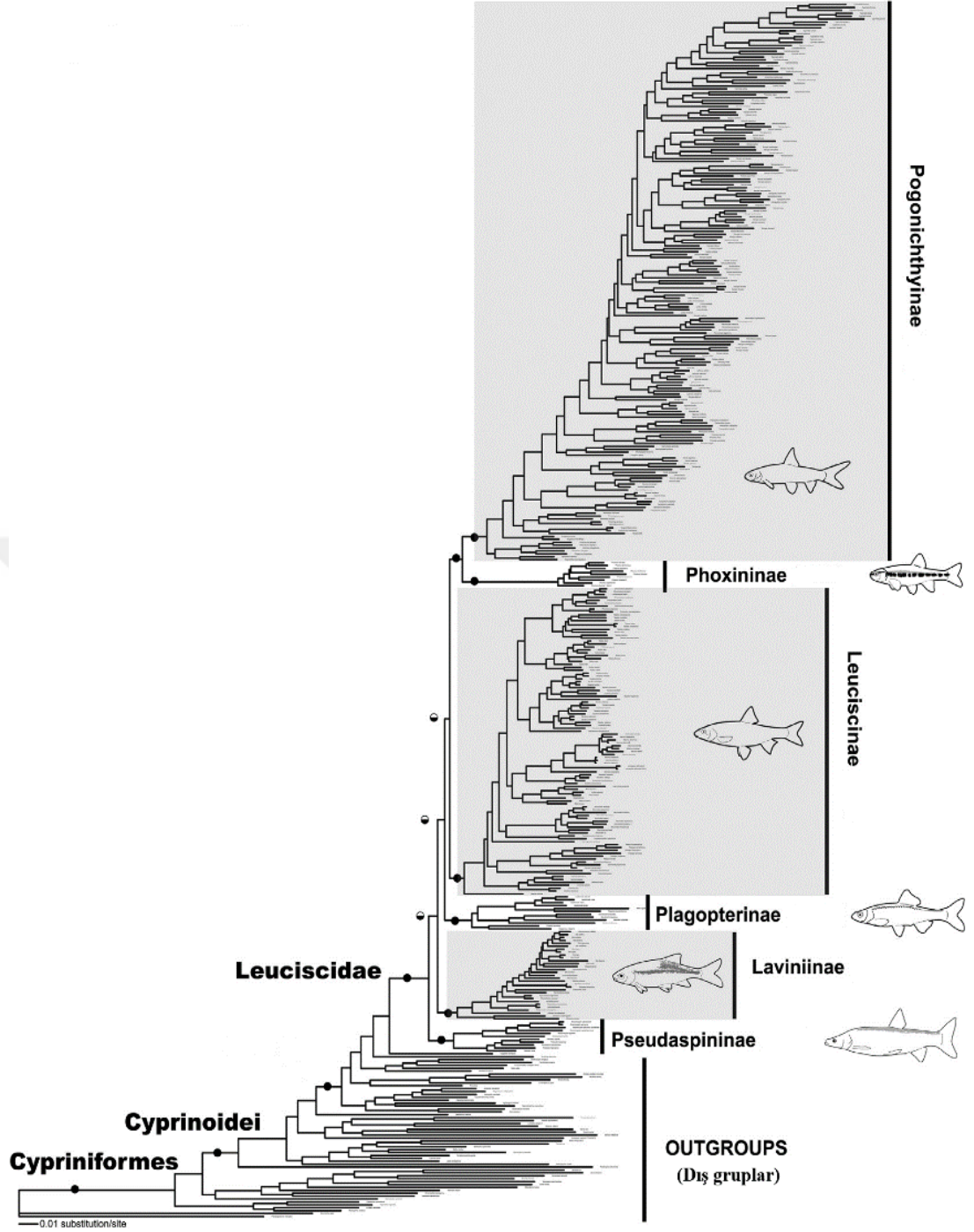
1.2.1. Leuciscidae Familyası Hakkında Genel Bilgi

Cyprinidae familyası taksonomik kolaylık sağlamak ve varsayılan doğal grupları temsil etmek için çeşitli zamanlarda farklı "gruplara" ayrılmıştır; genellikle bu gruplandırmalar alt familyalar olarak değerlendirilmiştir (He et al., 2008). Bu familya Acheilognathinae, Cultrinae, Cyprininae, Barbinae, Labeoninae, Squaliobarbinae, Tincinae, Xenocyprinae, Gobioninae, Rasborinae (ayrıca Danioninae) ve Leuciscinae olmak üzere on bir alt familyayı kapsamaktadır (Saitoh et al., 2011). Antik kökene sahip Cyprinidae familyası ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu familyaya ait Cyprininae ve Leuciscinae olmak üzere iki ana alt familyanın Oligosen döneminin farklı zamanlarında ortaya çıktığı düşünülmektedir (Chen et al., 1984; Cavender and Coburn, 1992; Zardoya and Doadrio, 1998; Sanjur et al., 2003). Bu alt familyaların filogenetik ilişkileri ve sistematiki belirsizliğini korumaktadır (Saitoh et al., 2006, Saitoh et al., 2011; Imoto et al., 2013). Leuciscinae alt familyası Avrasya ve Kuzey Amerika'da yaygın olarak dağılmış birçok türden oluşmaktadır (Imoto et al., 2013).

Cypriniformes üzerine yapılan son çalışmalar, bu alt familyaların bazılarının familya statüsüne yükseltilmesini önermiştir (Chen and Mayden, 2009; Conway et al., 2010; Mayden and Chen, 2010; Stout et al., 2016). Yapılan alışmalar sonucunda Leuciscinae alt familyası Leuciscidae olarak familya düzeyine yükseltilmiştir (Stout et al., 2016).

Leuciscidae familyası, Holarktik Cypriniformes takımının en fazla çeşitlenmiş monofiletik familyalarından biri olup geniş bir yayılış alanına sahiptir (Schönhuth et al., 2018). Miyosen periyodu boyunca Paratetis Denizi'nin tuzluluğunun azalmasıyla birlikte, Palearktik Tatlısu Zoocoğrafik Bölgesi'ne özellikle sazangiller ve birincil tatlısu balıkları yayılmışlardır (Bianco, 1990). Leuciscid türleri ilk olarak Messiniyen tuzluluk krizinden önce Kuzey Afrika'da kolonileşmiştir. Pliyosen başlangıcında nemin artması ve yeni kurulan tatlı su ortamlarında kolonileşmelerinin Leuciscidae'nin bölgesel çeşitliliğini desteklemiş olabileceği düşünülmektedir (Perea et al., 2010; Morsi et al., 2021).

Leuciscidae familyasına ait türleşme ve familya içi çeşitlenme konusunda farklı hipotezler bulunmaktadır. Schönhuth vd. (2018) araştırmalarında morfolojik karakterlere göre Leuciscinae, Abraminae, Chondrostominae, Cultrinae, Elopichthinae, Hypothalmichthinae ve Xenocyprininae olmak üzere 7 alt familyaya (Gosline, 1978); osteolojiye göre Danioninae, Leuciscinae, Cultrinae, Xenocyprinae, Gobioninae ve Acheliognathinae olmak üzere 6 alt familyaya (Chen et al., 1984), moleküler karakterlere göre ise Pogonichthyinae, Leuciscinae, Plagopterinae, Laviniinae, Phoxininae ve Pseudaspininae (Schönhuth et al., 2018) olmak üzere 6 alt familyaya sınıflandırılabilceğini bildirmişlerdir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Leuciscidae'nin ana soylarını ve Cypriniformes balıklarının diğer gruplarını/soylarını gösteren maksimum likelihood ağacı (Schönhuth vd., 2018'den alıntıdır)

1.3. *Squalius* Cinsi Hakkında Genel Bilgi

Leuciscidae familyasının bir üyesi olan *Squalius* Bonaparte, 1837 cinsine ait bireyler, tüm Avrupa'da Karadeniz, Hazar Denizi ve Azak Denizi havzaları ile Kafkaslar'da geniş bir yayılım alanına sahiptir (Durand et al., 2000; Sanjur et al., 2003; Geldiay ve Balık, 2009; Naseka and Bogutskaya, 2009; Stout et al., 2016).

Anadolu'daki tüm iç sulara dağılmış olan *Squalius*, Van Gölü çevresi hariç tüm Türkiye'ye yayılmıştır (Geldiay ve Balık, 2009).

Squalius (tatlısu kefali) cinsi, Avrupa ve Batı Asya'da yaygın olarak dağılım gösteren orta büyüklükteki balıklardır (Turan et al., 2013; Vatandoust et al., 2016). Yüksek çevresel toleransa sahip olması nedeniyle tatlısu kefali sucul sistemlerde geniş bir dağılıma sahiptir (Arlinghaus and Wolter, 2003). *Squailus* cinsine ait türler hızlı akan temiz sulardan yavaş akışlı ve bitkili alanlarda ve göllerde dağılım gösterebilirler. Yumurtlama periyodu türlere göre az çok değişkenlik göstermekle birlikte genel olarak Nisan-Ağustos ayları arasındadır (Kottelat and Freyhof, 2007; Raikova-Petrova et al., 2012; Emiroğlu vd., 2020; Sarı and Becer, 2021b; Dedeoğlu vd., 2024).

Squalius cinsine ait bazı türlerin sportif ve yerel düzeyde ekonomik balıkçılık açısından potansiyele sahip olmasına karşın ticari su ürünleri yetiştiriciliğinde önemi düşük ya da yoktur. Bu nedenle, Avrupa'daki tatlısu kefali türlerinin farklı ekosistemlere taşınması tercih edilmediğinden diğer bazı tatlısu balıklarına kıyasla, havzalar arası yayılma kapasitesi düşüktür (Zardoya and Doadrio, 1999). Bu nedenle, bu balık türlerinin dağılımının, izolasyon ve ara bağlantı süreçleri de dahil olmak üzere (Durand et al., 1999a; Sanjur et al., 2003), hidrografik havzaların hem jeolojik hem de iklimsel tarihsel gelişimini yakından yansıttığı varsayılabilir (Ketmaier et al., 2004).

Squalius cinsinin taksonomik yeri, Kuru (2009), Stout vd. (2016) ve Schönhuth vd. (2018) esas alınarak aşağıda sunulmuştur:

Alem : Animalia
Şube : Chordata
Grup II : Craniata
Alt Şube : Gnathostomata
Üstsinif : Pisces
Sınıf : Osteichthyes
Altsınıf : Actinopterygii
Üsttakım : Teleostei
Takım : Cypriniformes
Familya : Leuciscidae
Genus : *Squalius*

Squalius sp. türünün genel görünümü Şekil 1.3'te verilmiştir.



Şekil 1.3. *Squalius* sp. türünün genel görünümü (Total boy: 21.5 cm; Ölçek: 1 cm) (orijinal)

1.3.1. *Squalius* Cinsinin Filogenisi

Miyosen döneminde Alp orojenezinin başlamasıyla izole olan *Squalius* cinsi, Akdeniz ve Avrasya olmak üzere iki evrimsel soya ayrılmaktadır (Sanjur et al., 2003; Perea et al., 2010). Akdeniz soyu Adriyatik havzası ile sınırlandırılırken, Avrupa – Asya soyu ise İspanya'daki Ebro'dan, Uralların doğusu ile Güney İran ve Suriye arasındaki bölgede yayılış göstermektedir (Durand et al., 2000; Sanjur et al., 2003). Literatür incelendiğinde, Türkiye iç sularında dağılım gösteren bazı *Squalius* türlerinin soy gruplarının Ege soyu, Doğu soyu ve Batı soyu olmak üzere üç ana soy grubuna ayrıldığı görülmektedir (Durand et al., 2000; Sanjur et al., 2003; Özuluğ and Freyhof, 2011). Yaygın olarak dağılım gösteren *Squalius cephalus* (Avrupa tatlısu kefalı)'un soy grupları ise 1) Batı soyu: Tuna'nın güney kolları (Ren/Rhone drenajlarındaki ikincil Atlantik sığınağı), 2) Doğu soyu: Karadeniz ve Hazar denizlerinin çevresi, 3) Ege soyu: Doğu Yunanistan (Ege nehirleri) ve 4) Adriyatik soyu: Balkanların Adriyatik tarafı şeklindedir (Durand et al., 1999a; Durand et al., 2000; Seifertová et al., 2012).

Leuciscinae alt grubuna dahil olduğu bilinen *Squalius* cinsi, Paleartik Bölgedeki birçok sucul topluluğun önemli ekolojik ve evrimsel bir bileşenidir (Sanjur et al., 2003). Morfolojik ve moleküler veriler *Leuciscus*'un başka bir Leuciscinae soyunu temsil ettiğini gösterene kadar *Squalius* cinsinin, *Leuciscus* cinsinin altında değerlendirildiği bilinmektedir (Doadrio and Carmona, 1998; Zardoya and Doadrio, 1999). Filogenetik çalışmalar, *Squalius* türlerinin *Leuciscus* cinsi ile yakın akraba

olmadığını ortaya koymuştur (Briolay et al., 1998; Sanjur et al., 2003). Mevcut veriler ışığında *Squalius* cinsine ait toplam 56 türün olduğu tespit edilmiştir (Van der Laan, 2025). Türkiye’de ise *Squalius* cinsine dahil olan 23 tür kaydedilmiştir ve bunlardan 14’ü endemik olarak rapor edilmiştir (Çiçek et al., 2015, Çiçek et al., 2018; Bayçelebi, 2019; Çiçek et al., 2020b; Çiçek et al., 2023; Froese and Pauly, 2025). Ülkemizde dağılım gösteren *Squalius* cinsine ait türler Tablo 1.1’de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Ülkemizde dağılım gösteren *Squalius* cinsine ait türler

Tür	Türkçe isim
<i>Squalius adanaensis</i> Turan, Kottelat & Doğan, 2013	Adana tatlısu kefali
<i>Squalius agdamicus</i> Kamensky, 1901	Akdam tatlı su kefali
<i>Squalius anatolicus</i> (Bogutskaya, 1997)	Beyşehir tatlısu kefali
<i>Squalius aristotelis</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Tuzla tatlısu kefali
<i>Squalius berak</i> Heckel, 1843	Mezopotamya tatlısu kefali
<i>Squalius cappadocicus</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Kapadokya tatlısu kefali
<i>Squalius carinus</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Işıklı tatlısu kefali
<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Avrupa tatlısu kefali
<i>Squalius cii</i> (Richardson, 1857)	Marmara tatlısu kefali
<i>Squalius fellowesii</i> (Günther, 1868)	Ege tatlısu kefali
<i>Squalius irideus</i> (Ladiges, 1960)	Anadolu tatlısu kefali
<i>Squalius kosswigi</i> (Karaman, 1972)	İzmir tatlısu kefali
<i>Squalius kottelati</i> Turan, Yılmaz & Kaya, 2009	Banlı tatlısu kefali
<i>Squalius lepidus</i> Heckel, 1843	Dicle tatlısu kefali
<i>Squalius orientalis</i> (Nordman, 1840)	Çoruh tatlısu kefali
<i>Squalius orpheus</i> Kottelat & Economidis, 2006	Ergene tatlısu kefali
<i>Squalius pursakensis</i> (Hankó, 1925)	Sakarya tatlısu kefali
<i>Squalius recurvirostris</i> Özuluğ & Freyhof, 2011	Akşehir tatlısu kefali
<i>Squalius semae</i> Turan, Kottelat & Bayçelebi, 2017	Fırat tatlısu kefali
<i>Squalius seyhanensis</i> Turan, Kottelat & Doğan, 2013	Seyhan tatlısu kefali
<i>Squalius spurius</i> Heckel, 1843	Asi tatlısu kefali
<i>Squalius turcicus</i> De Filippi, 1865	Kafkas tatlısu kefali
<i>Squalius verepi</i> Turan, 2022	Akbalık

1.4. Leuciscidae Familyası ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Leuciscidae familyası ve bu familyaya dahil olan türlerin morfometrik, otolit biyometrisi veya moleküler özelliklerinin incelendiği çalışmalardan bazıları aşağıda kronolojik olarak sıralanmıştır.

Stout vd. (2016) Cypriniformes takımını temsil eden 172 takson kullanarak kapsamlı bir filogenomik analiz gerçekleştirmişlerdir ve *Squalius* cinsinin Leuciscidae olarak adlandırılan familyaya ait olduğunu bildirmişlerdir.

Schönhuth vd. (2018) Cypriniformes takımına dahil olan Holarktik Leuciscidae familyasının filogenetik ilişkilerini ve taksonomisini mitokondriyal gen veri seti (cytb + COI), nükleer gen veri seti (Rag1 + IRBP) ve birleştirilmiş veri seti (Rag1 + IRBP + cytb + COI) kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonuçları bu balık grubunun

karmaşık bir evrimsel geçmişi olduğunu göstermektedir.

Tan ve Armbruster (2018) en son filogenetik sınıflandırmalara dayanarak Cypriniformes takımının mevcut balık cinslerinin güncellenmiş sınıflandırmasını yapmışlardır.

Corral-Lou vd. (2019) *Phoxinus*'un İber Yarımadası'ndaki filocoğrafyasını ve ayrışma zamanlarını anlamak için hem nükleer hem de mitokondriyal moleküler genetik belirteçleri analiz etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları *Phoxinus*'un İber soy hatlarının polifiletik olduğunu göstermektedir.

Levin vd. (2019) çalışmalarında morfolojik veriler ve COI barkod genini kullanarak Amu Darya (Orta Asya) havzasında dağılım gösteren *Alburnoides* örneklerinin *Alburnoides holciki* türüne ait olduğunu bildirmişlerdir.

Bektas vd. (2020) Türkiye tatlısularında dağılım gösteren *Alburnus* cinsinin filogenisini, 24 türe ait 112 popülasyonu temsil eden örneklerin mitokondriyal cyt b geni (1141 bp) ve COI geni (1551 bp) dizilerini analiz ederek ortaya koymuşlardır.

Bogutskaya vd. (2020) Hırvatistan'daki Krka Nehri'nin (Adriyatik Havzası) üst kesimlerinde dağılım gösteren ve tanımlaması yeni yapılan *Phoxinus krkae* (Actinopterygii: Leuciscidae) türünün morfometrik ve meristik karakterlerini kullanarak bu türün coğrafi olarak komşu türlerden (*P. lumaireul*, *P. marsilii* ve *P. csikii*) morfolojik ayrımını ortaya çıkarmışlardır.

Çiftci vd. (2020) *Chondrostoma* cinsine ait türlerin moleküler filogenisini mitokondriyal cyt b geninin dizilenmesiyle ortaya çıkarmışlardır.

Rodríguez vd. (2020) Güney Yunanistan'da yaygın olarak bulunan iki tür olan *Pelasgus stymphalicus* ve *Pelasgus marathonicus*'un dağılımını ve genetik çeşitliliğini incelemişlerdir.

Morsi vd. (2021) Z'hor Nehri'nden yakaladıkları *Tropidophoxinellus callensis* (Guichenot, 1850) türüne ait 52 adet bireyin morfometrik ölçümlerini ele aldıkları çalışmalarında, erkek ve dişi bireylerin morfometrik karakterleri arasında anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymaktadır.

Ozpıcak vd. (2021) Akarçay Havzası Selevir Baraj Gölü'nden örnekledikleri *Alburnus escherichii* türüne ait utrikular ve lagenar otolit çiftlerinin fenotipik varyasyonunu belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, gonadal gelişim aşamalarının otolitlerin şeklini etkilediğini göstermektedir.

Sheraliev vd. (2021) hem morfolojik hem de moleküler verilere dayanarak Özbekistan'ın iç sularındaki *Alburnoides* örneklerini *A. holciki* olarak tanımlamıştır.

Turan vd. (2021) gerçekleştirmiş oldukları morfolojik, osteolojik ve birleştirilmiş veri seti (mtDNA COI + Cytb) dizilerine dayalı filogenetik analizler sonucunda, Güneybatı Anadolu'da Leuciscidae familyası için yeni bir cins (*Turcichondrostoma*) rapor etmişlerdir.

Kalaycı (2022) Palaearktik leuciscid cinsi olan *Petroleuciscus*'un Türkiye'deki dağılım gösteren türlerinin filogenetik ilişkilerini mitokondriyal sitokrom b (cyt b) geni kullanarak araştırmıştır.

Petrosino vd. (2022) *Sarmarutilus rubilio*'nun genetik çeşitliliğini iki farklı mitokondriyal belirteç (COI ve kontrol bölgesi) kullanarak analiz etmişlerdir.

Yedier vd. (2022) Türkiye iç sularında bulunan Leuciscidae familyasına ait *Alburnus* cinsine dahil olan dört türün (*A. chalcoides*, *A. tarichi*, *A. escherichii* ve *A. mossulensis*) otolitlerinin dalgalı asimetri düzeylerini araştırmışlardır.

Acar (2023) Düden Çayı havzasındaki endemik *Pseudophoxinus antalyae* populasyonlarının bazı büyüme ve geometrik morfometri parametrelerini değerlendirmiştir. *P. antalyae* alt populasyonlarının morfolojik varyasyon (vücut büyüklüğü ve şekli) örüntülerini belirlemiştir.

Küçük vd. (2023) *Chondrostoma* cinsine ait türlerin sistematik konumlarını belirlemek amacıyla dış morfoloji, osteoloji (bazı çene kemikleri ve 5. ceratobranchial) ve moleküler özellikleri birlikte değerlendirerek bir tanımlama anahtarı oluşturulmuşlardır.

Turan vd. (2023) Abant Gölü havzasında *Phoxinus abanticus* türünü tanımlamışlardır. Yeni tür olan *P. abanticus*'un, en yakın akrabası olan *P. strandjae*'den, mtDNA sitokrom b genindeki en az %3.40'lık genetik uzaklıkla ayrıldığını rapor etmişlerdir.

Artaev vd. (2024) *Phoxinus* spp. örneklerinin morfolojik ve moleküler analizlerini gerçekleştirerek *Phoxinus* cinsinin taksonomik revizyonunu rapor etmişlerdir.

Bayçelebi vd. (2024) Ergene Nehri'nden yakaladıkları örneklerin morfometrik ve genetik analizleri sonucunda *Phoxinus* cinsine ait yeni bir tür (*Phoxinus radeki*) tanımlamışlardır.

Belogurova ve Karpova (2024) Rusya'nın güneyindeki nehirlerden elde ettikleri *Alburnoides* Jeitteles, 1861 cinsinin morfolojik karakterlerinin değişkenliğini ele almışlardır.

Saygin vd. (2024) Harşit Çayı'ndan örneklenen *Alburnus derjugini* ve *Vimba*

vimba türlerinin balık büyüklüğü ile otolit uzunluğu/yüksekliği/genişliği arasındaki ilişkileri rapor etmişlerdir.

Lukač vd. (2025) *Delminichthys* cinsine ait türlerin arasındaki çeşitliliği ve filogenetik ilişkileri mitokondriyal DNA (cyt b ve COI) gen bölgelerini inceleyerek ortaya çıkarmışlardır.

1.5. *Squalius* Cinsi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Squalius cinsi ve bu cinse dahil olan türlerin morfometrik, otolit biyometrisi veya moleküler özelliklerinin incelendiği çalışmalardan bazıları aşağıda kronolojik olarak sıralanmıştır.

Brito vd. (1997) Portekiz iç sularında dağılım gösteren *Leuciscus* cinsine ait türler arasındaki filogenetik ilişkileri mitokondriyal DNA sitokrom b geni kullanarak incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları *L. pyrenaicus* ve *L. carolitertii*'nin tür düzeyinde tanımlanmasını desteklemiştir.

Briolay vd. (1998) Avrupa sazangilleri arasındaki filogenetik ilişkileri, 29 türün sitokrom b gen dizilerini karşılaştırarak ortaya çıkarmışlardır. *Leuciscus* cinsinin parafiletik olduğunu bildirmişlerdir.

Doadrio ve Carmona (1998) *Leuciscus* cinsinin Yunan populasyonlarındaki genetik farklılaşmasını incelemişlerdir. Çalışmada, *Squalius*'u *Leuciscus* cinsinin altında değerlendirdiklerini ancak *Leuciscus* olarak bilinen cinsin *Squalius*'un sinonimi olduğunu rapor etmişlerdir.

Imsiridou vd. (1998) Yunanistan'dan örneklenen *Leuciscus cephalus*'un 12 populasyonu arasındaki filogenetik ve sistematik ilişkilerin araştırılmasında mitokondriyal DNA (D-loop ve sitokrom b)'nın kesici enzim parçaları uzunluk polimorfizm (RFLP) analizini kullanmışlardır.

Zardoya ve Doadrio (1998) tüm İberya endemik sazangil türleri arasındaki filogenetik ilişkileri, sitokrom b geninin tam nükleotid dizisini kullanarak ortaya çıkarmıştır. İberya sazangilleri yalnızca *Barbus*, *Luciobarbus*, *Chondrostoma*, *Leuciscus* ve *Anaecypris* olmak üzere beş soyda gruplandırılmıştır.

Durand vd. (1999a) Avrupa Nehirleri'nden yakalanan *Leuciscus cephalus* bireylerinin filocoğrafyasını ve buzul sonrası dağılımını sitokrom b genini kullanarak araştırmışlardır. Avrupa Nehirleri'ndeki kefallerin dört farklı soy grubuna ayrıldığını raporlamışlardır.

Durand vd. (1999b) Yunanistan, Bulgaristan, Romanya, Slovakya, Slovenya ve Karadağ'daki yirmi nehirden yakalanan *Leuciscus cephalus*'un populasyonları arasındaki filogenetik ilişkileri sitokrom b genini kullanarak incelemişlerdir. Yunanistan'daki populasyonların önemli ölçüde farklılaştığını bildirmişlerdir.

Durand vd. (2000) Türkiye ve Avrupa'daki iç sulardan örnekledikleri *Leuciscus* populasyonları arasındaki filogenetik ilişkileri cyt b gen bölgesine ait 600 baz çifti kullanarak değerlendirmişlerdir.

Doadrio ve Carmona (2003) *Chondrostoma* ve *Squalius* cinslerindeki türlerin filogenisini tam mitokondriyal sitokrom b genine dayalı oluşturmuşlardır.

Assis (2005) Teleost balıkların utrikular otolitlerinin genel morfolojisini tanımlamıştır. *Squalius torgalensis* türünün de bulunduğu farklı türlerin lapillusunun ventral yüzeyi ile ilgili bilgi içerikli şekilsel gösterimlerde bulunmuştur.

Doadrio ve Carmona (2006) İber Yarımadası'ndaki *Squalius* cinsine ait tür çeşitliliğini morfolojik ve moleküler karakterler kullanarak ortaya çıkarmışlardır.

Schulz-Mirbach ve Reichenbacher (2006) Cypriniform balıkların günümüzde yaşayan taksonlarında lapillus otolitlerin morfolojisini detaylı analiz etmişlerdir. Araştırmalarında *Leuciscus* cinsine ait *L. cephalus*, *L. idus*, *L. leuciscus* ve *L. souffia* türleri de yer almaktadır.

Stoumboudi vd. (2006) Yunanistan Lesbos Adası'ndaki 11 lokasyondan örnekleme yapmışlardır. Evergetoulas Deresi (11 örnek) ve Milapotamos Nehri (10 örnek) örneklerinin morfometrik verilerine göre türün *Squalius cii* olduğunu bildirmişlerdir.

Doadrio vd. (2007) Orta İspanya'daki Gallo Nehri'nde (Tagus Havzası), morfolojik ve genetik karakterlere dayanarak *Squalius* cinsine ait yeni bir tür tanımlamışlardır.

Turan vd. (2007) Istranca, Kura, Koca, Sakarya, Çoruh, Gediz, Seyhan ve Mimikhan nehirlerinde yaşayan *Squalius cephalus* türündeki morfometrik varyasyonları incelemişlerdir.

Bostancı (2009) *Carassius gibelio* (Topçam Baraj Gölü), *Cyprinus carpio* (Sarıyer Baraj Gölü), *Squalius cephalus* (Çamlıdere Baraj Gölü) ve *Sander lucioperca* (Bafra Balık Gölü) türlerinde otolit biyometrisi-balık boyu ilişkilerini tespit etmiştir.

Almada ve Sousa-Santos (2010) Portekiz'in Atlantik ve Akdeniz tipi akarsularındaki (altı farklı morfoiklimatik bölgeye ayrılmış) *Squalius* popülasyonlarının genetik yapısını, sitokrom b ve betaactin genlerinin dizilerini kullanarak karşılaştırmışlardır.

Henriques vd. (2010) Mira Havzası'nda (Portekiz) *Squalius torgalensis* türünün genetik çeşitliliğinin değerlendirilmesi amacıyla hem mitokondriyal (sitokrom b) hem de nükleer (mikrosatelit) belirteç kullanmışlardır.

Triantafyllidis vd. (2011) Kuzey Yunanistan'daki Doirani, Volvi ve Mikri Prespa Gölü ile Kerkini Baraj Gölü'nde dağılım gösteren 37 türe ait 145 örneğin DNA barkodlamasını yapmışlardır. Elde ettikleri verilerin genel olarak Kottelat ve Freyhof (2007) tarafından önerilen *Squalius* ve *Alburnus* gibi bazı balık cinslerinin yakın zamandaki taksonomik değerlendirmesini desteklediğini belirtmişlerdir.

Seifertová vd. (2012) Avrupa'da dağılım gösteren *Squalius cephalus* türünün genetik çeşitliliği ve popülasyon yapısını, mtDNA ve nükleer belirteçleri kullanarak araştırmışlardır.

Denys vd. (2013) Fransız drenajlarında yaşayan *Squalius cephalus* ve *S. laietanus* türlerini birbirinden ayıran morfolojik ve moleküler karakterleri ele almışlardır.

Behrens-Chapuis vd. (2015) Orta Doğu ve Avrupa'dan temin edilen *Squalius* cinsinin de yer aldığı 14 cinse ait 193 örneğin mtCOI ve ncRHO'ya dayalı genetik mesafelerinin doğrudan bir karşılaştırmasını ortaya koymuşlardır.

Gouskov ve Vorburger (2016) İsviçre Alpleri çevresindeki nehirlerde dağılım gösteren *Squalius cephalus* türünde morfolojik ve genetik analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda doğal ve antropojenik süreçlerin kefal soylarının mevcut dağılımını nasıl şekillendirdiğini ortaya çıkarmışlardır.

Khaefi vd. (2016) İran'daki Namak Gölü havzasında *Squalius namak* türünü metrik ve meristik özellikler ile mtDNA COI barkod bölgesi kullanarak tespit etmişlerdir.

Kirtiklis vd. (2016) Leuciscinae alt familyasından beş cyprinid (*Leuciscus idus*, *Leuciscus leuciscus*, *Leuciscus aspius*, *Rutilus rutilus* ve *Squalius cephalus*) larvalarının tür ayrımını moleküler ve morfometrik yöntemler ile ortaya koymuşlardır.

Tür ayırımında yalnızca morfometrik özelliklerin kullanılmasının birçok belirsizlik oluşturduğunu, moleküler tekniklerin ise tür ayırımında balıkların gelişim aşamasına bakılmaksızın larva tanımlaması için büyük bir destek sağladığını bildirmişlerdir.

Perea vd. (2016) Yunanistan'ın batı Mora bölgesindeki *Squalius* cinsine ait iki farklı türü moleküler ve morfolojik veriler kullanarak araştırmışlardır.

Mouludi-Saleh ve Keivany (2018) Namak Havzası'nda yaşayan *Squalius namak*'ın populasyonlar arası farklılıklarını incelemiştir.

Özpiçak vd. (2018a) Orta Karadeniz'deki dört tatlısudan örneklenen *Squalius cephalus* türüne ait populasyonların ayırımında otolit şekil indekslerini kullanmışlardır.

Zengin Özpiçak vd. (2018) Abdal Çayı, Akçay, Terme Çayı ve Yedikır Baraj Gölünde dağılım gösteren *Squalius cephalus* türünün total boy ile otolit özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemiştir.

Bayçelebi (2019) Türkiye iç sularında dağılım gösteren *Squalius* cinsine ait türleri sistematik açıdan detaylı bir şekilde ele almıştır. Türlerin morfolojik özelliklerini incelemiş ve dağılım alanlarını belirlemiştir.

Bogutskaya vd. (2019) *Squalius microlepis* türünün morfometrik ve meristik özelliklerini kullanarak tür içi varyasyonu araştırmışlardır.

Bounket vd. (2019) deneysel ortamda yetiştirilen tatlısu kefalinin (*Squalius cephalus*) larva ve genç bireylerinden elde ettikleri otolitlerin ontogenetik şekil varyasyonunu incelemiştir.

Buj vd. (2019) Hırvatistan ve Bosna Hersek'in Adriyatik havzasında yayılış gösteren kefallerin taksonomik belirsizliklerini çözmek amacıyla mitokondriyal (cyt b) ve nükleer (rekombinasyon aktive edici gen 1 ve rodopsin geni) DNA kullanmışlardır.

Sousa-Santos vd. (2019) İber Yarımadası'ndaki nehirlerde dağılım gösteren *Achondrostoma*, *Iberochondrostoma*, *Pseudochondrostoma* ve *Squalius* cinsine ait 14 türün filogenetik ilişkilerini ortaya çıkarmışlardır.

Türkay (2019) Uzunçay Baraj Gölü'nde yaşayan *Squalius cephalus* populasyonunda otolit morfometrisini ele almıştır.

Perea vd. (2020) *Squalius* cinsinin İber türlerinin filogenetik ilişkilerini

mitokondriyal (cyt b) ve altı nükleer (RAG1, S7, EFA1 α , EGR2b, RHO ve ACTB) gen ile analiz ederek ortaya çıkarmışlardır.

Bulatović vd. (2021) Skadar Gölü'nden (Karadağ) örnekledikleri *Alburnus scoranza*, *Chondrostoma ohridanum*, *Rutilus albus*, *Rutilus prespensis* ve *Squalius platyceps* türlerinin balık boyu ile otolit boyutları arasındaki ilişkileri incelemişlerdir.

Muntean vd. (2021) *Squalius cephalus*'un Romanya'daki lotik ve lentik popülasyonunun karşılaştırmalı morfometrisini incelerken 33 morfometrik karakteri analiz etmişlerdir.

Perea vd. (2021) *Squalius pyrenaicus* ve *Squalius carolitertii* popülasyonlarının filogenetik ilişkilerini ve diğer İber *Squalius* türleriyle ilişkilerini, mitokondriyal ve nükleer belirteçleri analiz ederek ortaya koymuşlardır.

Bayçelebi vd. (2022) Güney Marmara Denizi Havzası'nda dağılım gösteren *Squalius cephaloides* türünün *S. cii*'nin sinonimi olduğunu morfometrik ve moleküler (mtDNA cyt b gen bölgesi) analizler sonucunda rapor etmişlerdir.

Başusta ve Girgin (2023) Murat Nehri'nde yaşayan *Squalius semae* türünde, otolit biyometrisi-balık boyu arasındaki ilişkiyi incelemiştir.

Çetin (2023) *Barbus tauricus*, *Capoeta tinca*, *Abramis brama*, *Alburnoides kurui*, *Scardinius erythrophthalmus* ve *Squalius cephalus* türlerinin ayrımını otolit morfometrisi ve şekil analizi yöntemleri ile değerlendirmiştir.

Doadrio vd. (2023) İber Yarımadası'nda morfolojik ve genetik özelliklere dayanarak *Squalius gaditanus* sp. nov. ve *Squalius tartessicus* sp. nov. türlerini tanımlamışlardır.

Çetin ve Yılmaz (2024) Tersakan Çayı'nda (Samsun) dağılım gösteren *Squalius cephalus* dahil olmak üzere 6 farklı balık türüne ait örneklerin lagenar (asteriskus) ve utrikular (lapillus) otolitlerinin morfolojik karakterlerini incelemişlerdir.

Valić vd. (2024) Krka Nehri'nden (Hırvatistan) örnekledikleri morfolojik olarak benzer *Squalius illyricus* ve *Squalius zrmanjae* türlerinin ayrımında mitokondriyal ve nükleer belirteçleri kullanmışlardır.

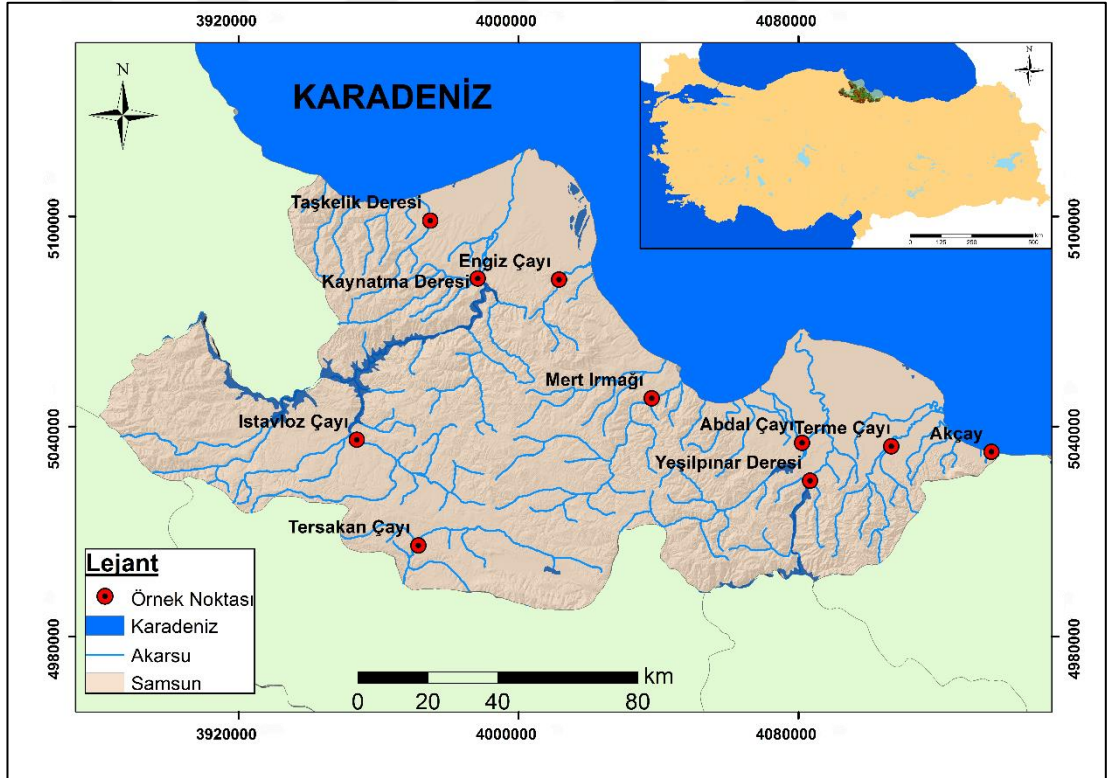
Mendes vd. (2025) Sado Nehri havzasında (Portekiz) dağılım gösteren *Squalius* cinsine ait 20 örneğin morfometrik, meristik ve genetik özelliklerini inceleyerek, yeni bir tür *Squalius caetobrigus* sp. nov tanımlamışlardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasında Samsun ili sınırları içerisinde yer alan bazı tatlısu kaynaklarında yaşayan *Squalius* sp. populasyonlarının morfolometrik, otolit biyometrisi ve moleküler özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.1. Arazi Çalışmaları

Örnekleme çalışmaları T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'na bağlı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü ile Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nden alınan yasal izinler çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. *Squalius* sp. örnekleri Samsun ili sınırlarında yer alan bazı tatlısu kaynaklarındaki 10 farklı lokasyondan elde edilmiştir (Şekil 2.1). Örneklerin yakalanmasında elektroşok cihazı (SAMUS 725MP) kullanılmıştır (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Örnekleme lokasyonları



Şekil 2.2. Elektroşok cihazı ile örneklerin yakalanması (orijinal)

Örnek alınan tüm lokasyonların koordinat bilgileri GPS cihazı ile kayıt altına alınmıştır ve ilgili lokasyonlara ait veriler Tablo 2.1’de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Örnekleme lokasyonlarına ait veriler

Havza	Lokasyon	Kısaltma	Koordinat	Örnekleme Zamanı
Kızılırmak Havzası	Altinkaya Baraj Gölü	ABG	41°09'39.5"N 35°30'58.9"E	09/2022
	Engiz Çayı	EÇ	41°28'17.5"N 36°01'56.3"E	08/2022
	Kızılırmak Nehri	KN	41°28'29.2"N 35°49'54.7"E	08/2022
	Taşkelik Deresi	TD	41°34'58.0"N 35°42'17.9"E	05/2022
Yeşilirmak Havzası	Abdal Çayı	ABÇ	41°09'01.5"N 36°39'32.9"E	08/2022
	Akçay	AK	41°07'30.6"N 37°09'49.9"E	08/2022
	Mert Irmağı	MI	41°14'29.7"N 36°16'26.4"E	08/2022
	Terme Çayı	TÇ	41°08'56.4"N 36°53'17.9"E	05/2022
	Tersakan Çayı	TAC	40°57'05.4"N 35°57'53.9"E	11/2022
	Yeşilirmak Nehri	YN	41°04'43.0"N 36°40'45.2"E	08/2022

Arazi çalışmaları sırasında her bir lokasyondan su numuneleri alınmıştır. Hach Lange Marka multimetre cihazı kullanılarak suyun fizikokimyasal parametrelerinden sıcaklık (°C), pH, çözülmüş oksijen (mg/L), tuzluluk (‰), toplam çözülmüş madde (TDS) (mg/L), elektriksel iletkenlik (µS/cm) ve elektriksel direnç (kΩ.cm) değerleri ölçülmüştür (Şekil 2.3). Elde edilen veriler hazırlanan kataloglara kaydedilmiştir.



Şekil 2.3. Multimetre cihazı ve ölçüm (orijinal)

Arazi çalışmaları sonucu elde edilen balık örnekleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü İhtiyoloji Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Sistematik konumları ilgili tayin anahtarları (Kottelat and Freyhof, 2007; Geldiay ve Balık 2009; Polat ve Uğurlu, 2011; Bayçelebi, 2019) kullanılmak suretiyle belirlenen örnekler daha sonraki laboratuvar çalışmaları için etiketlenerek -20 °C'de muhafaza edilmiştir.

2.1.1. Örneklem Alanlarının Tanıtılması

Araştırma sahası olan Samsun ili; 40° 50'-41° 51' kuzey enlemleri, 37° 08'-34° 25' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Karadeniz sahil şeridinin orta kesiminde, 9.083 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirleri denize il sınırları içerisinde dökülmektedir.

Samsun ili Karadeniz havzasına açılan ilk deniz kapısı ve İç Anadolu'ya açılan ilk kara kapısı olması özelliğiyle dikkat çekmektedir (Hekimoğlu vd., 2007). Hidrografik bakımdan Türkiye'nin en zengin illerinden biridir (Yılmaz ve Zeybek, 2016). Kuzeyinin Karadeniz'le çevrili olması dışında, il sınırları içerisinde çok sayıda akarsu ve göl bulunmaktadır (Kızıltan, 1992). Genel olarak ılıman bir iklime sahip olmasına karşın kıyı kesimleri ile iç bölgelerinin iklim özellikleri topografik özelliklerden kaynaklı farklılık göstermektedir (Hekimoğlu vd., 2007). İlin coğrafik konumu, uygun iklim yapısı ve sahip olduğu tatlısu potansiyeli ile birçok balık türünün yaşayabileceği ekolojik şartlara sahiptir (Uğurlu ve Polat, 2007; Polat ve Uğurlu, 2011).

2.1.1.1. Kızılırmak Havzası

2.1.1.1.1. Altinkaya Baraj Gölü

Altinkaya Barajı, enerji üretmek maksadıyla 1980-1988 yılları arasında Kızılırmak Nehri üzerine inşa edilmiştir. Barajın esas kuruluş yeri Bafra ilçe

sınırlarında olmasına rağmen baraj gölünün büyük kısmı Vezirköprü ilçe sınırları içerisinde. Örnekleme Altinkaya Baraj Gölü'ne dökülen Islavloz Çayı'ndan yapılmıştır (Şekil 2.4).

Tavşan Dağı'nın kuzey yamacından doğan Istavloz Çayı, Duruçay Köyü'ne kadar Göladağı Deresi, Duruçay Köyü ile Köprübaşı Bucağı arasında Kuyma Deresi olarak bilinmektedir. Köprübaşı'ndan itibaren ise Istavloz Çayı adını alarak Kuzdere, Esenli ve Uluçay ile birleşir ve Akçay mevkiinde Altinkaya Baraj Gölü'ne dökülür. Istavloz Çayı düzensiz rejimli akarsulardandır (Çoban, 2013).



Şekil 2.4. Altinkaya Baraj Gölü'ne dökülen Islavloz Çayı örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.1.2. Engiz Çayı

Kocadağ mevkiinde yaklaşık 1300 m'den doğan Engiz Çayı, yaklaşık 30 km yol katederek Ondokuzmayıs ilçesi Kumcağız Mahallesi yakınlarından Karadeniz'e dökülür. Engiz Çayı örnekleme alanı Şekil 2.5'te yer almaktadır. Toplam yağış alanı 151.4 km²'dir (İmamoğlu, 2012).



Şekil 2.5. Engiz Çayı örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.1.3. Kızılırmak Nehri

Kızılırmak Nehri, Sivas-İmranlı çevresindeki Kızıldağ'dan doğar ve Bafra Ovası'ndan Karadeniz'e dökülür. Adını içerisinde tuz ve jips bulunan genellikle kırmızı renkli, kumlu-killi topraktan almaktadır. Yağmur ve kar sularıyla beslenen nehrin rejimi düzensizdir. Toplamda 1.151 km nehir uzunluğuna ve 82.182 km²'lik havza alanına sahiptir (Kılıç, 2017). Delice, Devrez ve Gökırmak Kızılırmak'ın önemli kollarındandır. Örnekleme Kızılırmak Nehri'nin Kaynatma Deresi kolundan gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Kızılırmak Nehri Kaynatma Deresi kolu örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.1.4. Taşkelik Deresi

Taşkelik Deresi Alaçam ilçesinde yer almaktadır. Yukarı Isırganlı Köyü yakınlarından doğan ve yaklaşık 33 km yol kat eden Taşkelik Deresi, Geyikkoşan sahilinin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir. Taşkelik Deresi örnekleme alanı Şekil 2.7'de yer almaktadır.



Şekil 2.7. Taşkelik Deresi örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.2. Yeşilırmak Havzası

2.1.1.2.1. Abdal Çayı

Çarşamba Deltası'nın ana akarsuyu olan Abdal Çayı, Akkuş Yaylası'ndan doğar, Karaboğaz önlerinde Karadeniz'e dökülür. Yeşilırmak Nehri'nin batısında yer alır ve Yeşilırmak Nehri'ne paralel şekilde uzanır (Yılmaz, 2017). Uzunluğu 137 km'dir. Abdal Çayı örnekleme alanı Şekil 2.8'de yer almaktadır.



Şekil 2.8. Abdal Çayı örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.2.2. Akçay

Akçay, Yeşilırmak deltasının güneyindeki dağlık alandan doğar, 50 km mesafe kat ederek Karadeniz'e dökülür. Akarsu Samsun ve Ordu illeri sınırında geçişli olarak akmakta, Ordu ili, İkizce ilçesinin ortasından geçmektedir. Akçay örnekleme alanı Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Akçay, yöredeki diğer akarsular gibi yıl içerisinde birden çok alçalma ve yükselme gösteren düzensiz rejimli bir akarsudur (Altunoğlu, 2008).



Şekil 2.9. Akçay örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.2.3. Mert Irmağı

Mert Irmağı, Kavak ilçesi Hacılar Dağı'ndan doğar ve güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda akarak Samsun il merkezinin doğusundan Karadeniz'e dökülmektedir. Toplam uzunluğu 78 km'dir (Bakan ve Şenel, 2000). Mert Irmağı örnekleme alanı Şekil 2.10'da yer almaktadır.



Şekil 2.10. Mert Irmağı örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.2.4. Terme Çayı

Terme Çayı, Kara Orman'dan doğar ve Canik Dağları'nın kuzeye bakan yamaçlarından kaynağını alır. İlçe merkezini ikiye bölerek Terme'nin doğusundaki Çaltı Burnu'ndan Karadeniz'e ulaşır. Toplam uzunluğu yaklaşık 55 km'dir (Uncu, 1995). Terme Çayı örnekleme alanı Şekil 2.11'de yer almaktadır.



Şekil 2.11. Terme Çayı örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.2.5. Tersakan Çayı

Tersakan Çayı, Akdağ eteklerinden doğar. Ladik Gölü'nden Havza İlçesi'ne oradan Amasya'ya ulaşarak Yeşilırmak Nehri ile birleşir (Maraşlıoğlu vd., 2016). Tersakan Çayı örnekleme alanı Şekil 2.12'de gösterilmiştir. 100 km uzunluğunda olan Tersakan Çayı'nın önemli kolları; Şeyhsuyu, Gümüşsuyu, Derinöz ve Salhan Çayı'dır.



Şekil 2.12. Tersakan Çayı örnekleme alanı (orijinal)

2.1.1.2.6. Yeşilırmak Nehri

Yeşilırmak Nehri, Sivas ilinin Suşehri ilçesinin güneybatısında yer alan Köse Dağları'ndan doğar, yaklaşık 519 km akar ve Çarşamba ilçesinden Karadeniz'e dökülür. 1980'li yılların başı itibari ile Yeşilırmak, Anadolu Yarımadası'ndan Karadeniz'e en çok sediman taşıyan akarsu konumundadır (Atalay, 1982). Karadeniz'e dökülmeden önce üç önemli kol olan Çekerek Nehri, Tersakan Çayı ve Kelkit Çayı ile birleşmektedir. Örnekleme Yeşilırmak Nehri'nin Yeşilpınar Deresi kolundan yapılmıştır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Yeşilırmak Nehri Yeşilpınar Deresi kolu örnekleme alanı (orijinal)

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.2.1. Balık Morfometrisine Dayalı Çalışmalar

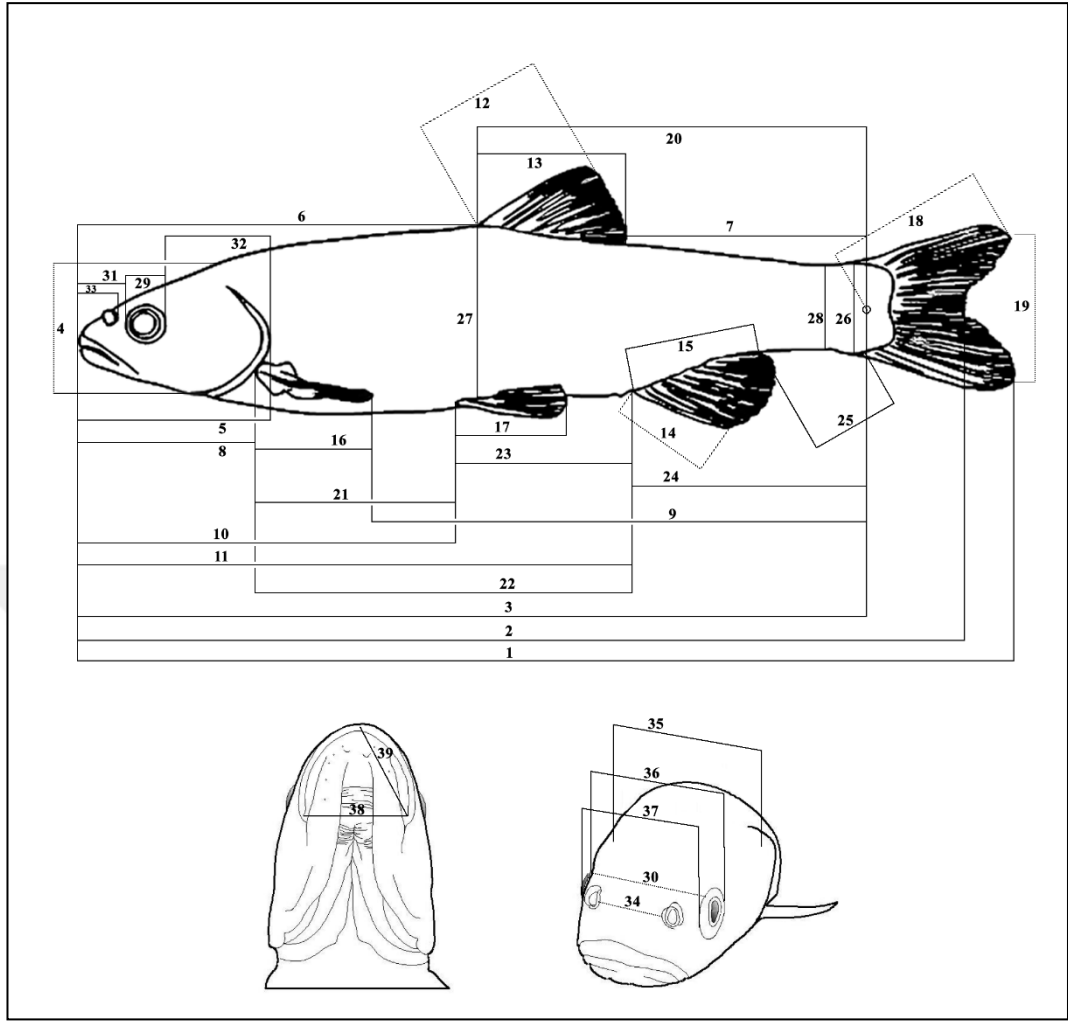
Laboratuvarda -20 °C’de muhafaza edilen örnekler derin dondurucu içerisinden çıkartılarak çözünene kadar bekletilmiştir. Çözünen örnekler incelenmeye başlanmadan önce yıkanarak üzerlerindeki kalıntı maddelerden (mukus, kaba kirleticiler gibi) arındırılmıştır.

Her bir balık örneğinin sırasıyla total boy (TB), çatal boy (ÇB) ve standart boyları (SB) (± 0.1 cm) ölçüm tahtası ile ölçülmüştür ve ağırlıkları (A) (± 0.01 g) tartılmıştır. Aynı araştırmacı tarafından her bir bireyden dijital kumpas (± 0.01 mm) kullanılarak 39 metrik ölçüm alınmış ve 11 meristik sayım gerçekleştirilmiştir (Tablo 2.2, Şekil 2.14). Morfometrik ölçümleri ve ağırlıkları alınan örneklerin gonadlarına bakılarak makroskobik olarak eşey tayini gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm veriler ilgili standart kataloglara kaydedilmiştir.

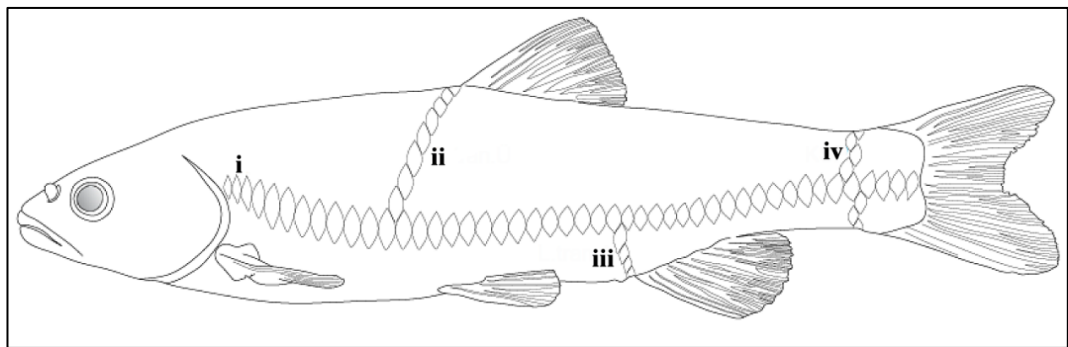
Tablo 2.2. Çalışmada kullanılan metrik ve meristik karakterler

Metrik karakterler	
1. Total boy (TB)	21. Pektoral- ventral arası mesafe (P-V)
2. Çatal boy (ÇB)	22. Pektoral-anal arası mesafe (P-A)
3. Standart boy (SB)	23. Ventral- anal arası mesafe (V-A)
4. Baş yüksekliği (BY)	24. Anal- kaudal arası mesafe (A-K)
5. Baş boyu (BB)	25. Kuyruk sapı uzunluğu (KSU)
6. Predorsal uzunluk (PreDU)	26. Kuyruk sapı yüksekliği (KSY)
7. Postdorsal uzunluk (PostDU)	27. Maksimum vücut yüksekliği (MAK)
8. Prepektoral uzunluk (PrePU)	28. Minimum vücut yüksekliği (MIN)
9. Postpektoral uzunluk (PostPU)	29. Göz çapı (GÇ)
10. Preventral uzunluk (PreVU)	30. İnterorbital mesafe (İOM)
11. Preanal uzunluk (PreAU)	31. Preorbital mesafe (PreOM)
12. Dorsal yüzgeç yüksekliği (DYY)	32. Postorbital mesafe (PostOM)
13. Dorsal yüzgeç uzunluğu (DYU)	33. Burun uzunluğu (BU)
14. Anal yüzgeç yüksekliği (AYY)	34. İnternasal mesafe (İNM)
15. Anal yüzgeç uzunluğu (AYU)	35. Ense hizasından baş genişliği (BG ₁)
16. Pektoral yüzgeç uzunluğu (PYU)	36. Gözün arka kenarından baş genişliği (BG ₂)
17. Ventral yüzgeç uzunluğu (VYU)	37. Gözün ön kenarından baş genişliği (BG ₃)
18. Kaudal yüzgeç üst lob uzunluğu (KYU)	38. Ağız genişliği (AG)
19. Kaudal yüzgeç yüksekliği (KYY)	39. Ağız uzunluğu (AU)
20. Dorsal- kaudal arası mesafe (D-K)	
Meristik karakterler	
i. Linealateraldeki pul sayısı (L. lat.)	vii. Pektoral yüzgeç ışın sayısı (PY _i)
ii. Dorsal yüzgeç başlangıcı ile linealateral arasındaki pul sıra sayısı (L.tran.đ)	viii. Ventral yüzgeç ışın sayısı (VY _i)
iii. Anal yüzgeç başlangıcı ile linealateral arasındaki pul sıra sayısı (L.tran.Λ)	ix. Kuyruk yüzgeç ışın sayısı (KY _i)
iv. Kuyruk sapı çevresinde bulunan pul sıra sayısı (KS)	x. Birinci solungaç yayının dış tarafındaki solungaç diken sayısı (SD _{DY})
v. Dorsal yüzgeç basit ve dallanmış ışın sayısı (DY _i)	xi. Farinks dişi sıra sayısı (FD)
vi. Anal yüzgeç basit ve dallanmış ışın sayısı (AY _i)	

a)



b)



Şekil 2.14. Çalışmada kullanılan a) metrik ve b) meristik karakterler (Bayçelebi, (2019)'dan uyarlanmıştır)

2.2.2. Otolit Biyometrisi Çalışmaları

2.2.2.1. Otolitlerin Elde Edilmesi

Eşey tayini yapılan her bir örneğin baş kısmından lagenar (asteriskus) ve utrikular (lapillus) otolitler çıkarılmıştır. Hem sağ hem de sol bölgeden elde edilen asteriskus ve lapillus otolitler öncelikle saf su ile yıkanmıştır, ardından %96'lık etil alkolde temizlenmiştir. Son aşamada ise etüvde 103°C'de 15 dakika bekletilerek kurutulmuş ve eppendorf tüplerine çiftler halinde yerleştirilerek saklanmıştır (Chugunova, 1963).

2.2.2.2. Otolitlerin Fotoğraflanması

Otolitlerin vateritik, kırık veya kayıp durumları dikkate alınarak analizlerde sadece sağ otolitler değerlendirmeye alınmıştır. Otolitler, görüntü analiz sisteminde Leica S8APO marka binoküler mikroskopla bağlantılı olan Leica DFC295 dijital kamerayla görüntülenmiş, asteriskuslar distal yüzeyden, lapilluslar ise dorsal yüzeyden fotoğraflanmıştır. Ayrıca asteriskuslar distal ve proksimal, lapilluslar ise dorsal ve ventral yüzeylerinden Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde JEOL JSM 7001F tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak fotoğraflanmıştır.

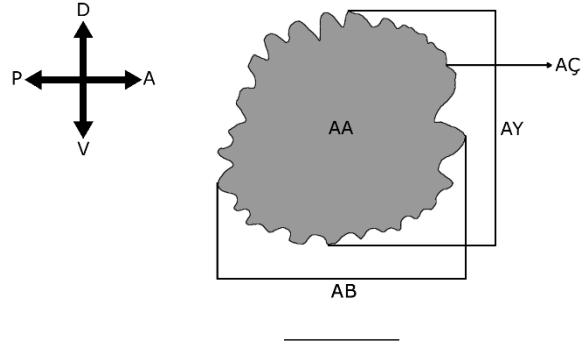
2.2.2.3. Otolit Morfolojisi

Squalius sp. türüne ait bireylerden elde edilen asterikuskus ve lapillus otolitlerinin morfolojisi Assis (2003) ve Schulz-Mirbach ve Reichenbacher (2006) tarafından önerilen terminolojiye göre tanımlanmıştır.

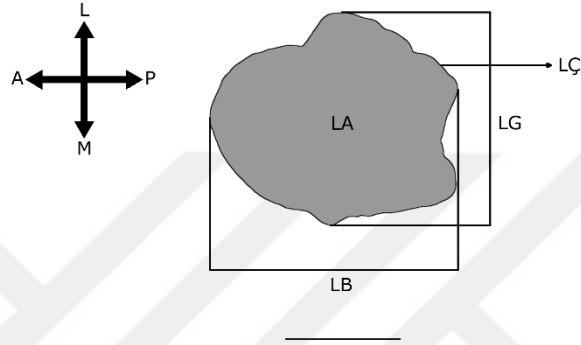
2.2.2.4. Otolit Morfometrisi

Her bir fotoğrafın piksel-mm dönüşümü yapılarak Image J (Image Processing and Analysis in Java, version 1.53t) programı yardımıyla asteriskus boyu (AB, mm), asteriskus yüksekliği (AY, mm), asteriskus çevresi (AÇ, mm), asteriskus alanı (AA, mm²), lapillus boyu (LB, mm), lapillus genişliği (LG, mm), lapillus çevresi (LÇ, mm) ve lapillus alanı (LA, mm²) ölçümleri (± 0.001 mm) alınmıştır (Şekil 2.15). Asteriskus ve lapillus için otolit boyu, ön ve arka kenar arasındaki en uzun mesafe olarak tanımlanmıştır. Asteriskus yüksekliği, dorsal ve ventral kenar arasındaki en uzun mesafe; lapillus genişliği ise lateralinden mediale en uzun mesafe olarak tanımlanmıştır (Yılmaz et al., 2015).

a)



b)



Şekil 2.15. a) Sağ asteriskusun distal görünümü ve alınan morfometrik ölçümler, b) Sağ lapillusun dorsal görünümü ve alınan morfometrik ölçümler (Balık boyutu TB: 13.30 cm; D, Dorsal; V, Ventral; L, Lateral; M, Medial; A, Anterior; P, Posterior; Ölçek: 1 mm)

2.2.2.5. Otolit Şekil Analizi

2.2.2.5.1. Fourier Analizi

Asteriscus ve lapillus otolit fotoğrafları BMP formatına dönüştürülmüştür. Her bir otolitın şekli eliptik Fourier analizi ile değerlendirilmiştir (Kuhl and Giardina, 1982; Lestrel, 1997).

Eliptik Fourier analizi, harmonikler olarak bilinen çeşitli bileşenleri baz alarak şeklin ana hatlarını ortaya çıkarır. Her harmonik, şekil konturunun her bir noktasının (x) ve (y) eksenlerine yansıtılmasının bir sonucu olarak 4 katsayı (a, b, c, d) verir. Eliptik Fourier (EF) katsayılarının hesaplanmasında SHAPE ver 1.3 programı (Iwata and Ukai, 2002) kullanılmıştır. Her otolit için 20 harmonik analiz edilmiş ve toplam 80 EF katsayısı üretilmiştir. Bu katsayılar ilgili programda ilk harmoniğe göre normalleştirilerek boyut, yön ve kontur başlangıç noktasındaki farklılıklara karşı değişmez hale getirilmiştir. Ancak bu işlem ilk üç katsayının sabit değerlere ($a_1=1$, $b_1=c_1=0$) dönüşmesine neden olmuştur (Kuhl and Giardina, 1982; Iwata and Ukai, 2002). Otolit ana hattını en iyi şekilde yeniden yapılandırılmasında gerekli olan

optimum harmonik sayısını belirlemek için aşağıdaki denklem yardımıyla Fourier Güç (FG) spektrumu hesaplanmıştır (Crampton, 1995).

$$FG_n = \frac{(a_n^2 + b_n^2 + c_n^2 + d_n^2)}{2}$$

Formülde a_n , b_n , c_n ve d_n n. harmonik için Fourier katsayılarıdır. Sonrasında yüzde FG ve yüzde kümülatif FG (%KFG) hesaplanmıştır. İlgili formüller aşağıda gösterilmiştir.

$$\%FG_n = \left(\frac{FG_n}{\sum_1^n FG_n} \right) \times 100$$

$$\%KFG_n = \sum_1^n \%FG_n$$

Kümülatif gücün %99.99'u asteriskus için ilk beş ve lapillus için ilk yedi harmonik tarafından tanımlandığından, asteriskus otolit şekli 20 EF katsayısı, lapillus otolit şekli ise 28 EF katsayısı ile özetlenmiştir. Fakat ilk üç katsayı (a_1 , b_1 , c_1) normalizasyon sürecinde deformasyona uğradığından dikkate alınmamıştır. Elde edilen tüm veriler daha sonra gerçekleştirilecek olan analizler için kaydedilmiştir.

2.2.2.5.2. Dalgacık Analizi

Asteriskus ve lapillus otolit fotoğrafları PNG formatına dönüştürülmüştür. Her bir otolitin şekli dalgacık analizi ile değerlendirilmiştir (Parisi-Baradad et al., 2005; Parisi-Baradad et al., 2010). Otolit konturunu elde etmek için bir nesnenin dikey görüntüsü olan ortogonal izdüşümlerinin her biri üzerinde toplam 512 eşit mesafeli kartezyen koordinat, AFORO sitesinin çevrimiçi uygulaması (<http://aforo.cmima.csic.es>, Lombarte et al., 2006) kullanılarak çıkarılmıştır. Bu nedenle, otolit konturunu temsilen dalgacık 5 seçilmiştir. Birçok çalışma, dalgacık 5'in otolit konturunun spesifik özelliklerini daha iyi tanımladığını göstermiştir (Sadighzadeh et al., 2014a; Tuset et al., 2015; Tuset et al., 2020; Tuset et al., 2021; Kumar et al., 2022). Bu aşamada elde edilen tüm veriler daha sonra gerçekleştirilecek olan analizler için kaydedilmiştir.

2.2.3. Moleküler Çalışmalar

Bu çalışmada *Squalius* sp. türünün sistematik konumunun belirlenmesi, filogenetik ilişkilerinin ve tür içi varyasyonların tespit edilmesi amacıyla mtDNA'nın

COI ve cyt b gen bölgelerinin sekans analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında her bir lokasyondan en az 3'er adet örnek genetik analizlerde kullanılmıştır.

Genetik çalışmalarda kullanılacak her bir örneğin kuyruk yüzgeci dokusu (2-3 cm² boyutunda) makas yardımıyla kesilmiş ve 1.5 ml'lik eppendorf tüplere yerleştirilmiştir. Ardından bu tüplere %98'lik etanol eklenmiş ve laboratuvar çalışması yapılana kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Kuyruk dokusu örneklerinin saklanması (orijinal)

2.2.3.1. Toplam DNA Eldesi

Bu aşamada %98'lik etanolde muhafaza edilen kuyruk yüzgeci dokularından DNA izolasyonu yapılmıştır. Toplam DNA izolasyonu için her bir doku örneğinden yaklaşık olarak 15-20 mg kullanılmıştır. Toplam DNA'nın ekstraksiyonu, Invitrogen PureLink™ Genomic DNA Mini ticari kiti kullanılarak üretici firmanın protokolüne uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde çok kısa sürede çok fazla sayıda örnekten DNA izolasyonu sağlanmıştır. Elde edilen genomik DNA'nın yaklaşık miktarı ve bütünlüğü agaroz jelde kontrol edilmiştir. DNA örnekleri -20 °C'de saklanmıştır.

2.2.3.2. mtDNA Dizi Analizi ve PCR Protokolü

Mitokondriyal gen bölgeleri, kuyruk yüzgeci dokusundan elde edilmiş toplam DNA kullanılarak polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) ile çoğaltılmıştır. PZR reaksiyonunda *Squalius* sp. türü için literatür taramaları ile belirlenmiş primer dizileri kullanılmıştır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. mtDNA gen bölgelerinin çoğaltılmasında kullanılacak olan primerler

Gen Bölgesi	Primer	Kaynak
COI	LCO1490A, 5'-TCTCTACCAACCACAAAGACATTGG-3'	Tang et al., 2010
	HCO2198A, 5'-TAAACTTCNGGGTGNCCAAAGAATCA-3'	
	Glu-F, 5'-GAAGAACCACCGTTGTTATTCAA-3'	
Cyt b	Cytb-R, 5'-TCTTT-ATATGAGAARTANGGGTG-3'	Zardoya and Doadrio, 1998

Çalışmada kullanılan PCR protokolü literatür taramalarına göre belirlenmiş ve uygun sıcaklık aralıklarının tespiti için farklı denemeler gerçekleştirilmiştir (Tablo 2.4). PZR tamamlandıktan sonra, çoğaltım ürünleri agaroz jelde yürütülerek kontrol edilmiştir.

Tablo 2.4. Uygulanan PCR programları

Reaksiyon Basamağı	COI			Cyt b		
	Sıcaklık (°C)	Süre	Döngü	Sıcaklık (°C)	Süre	Döngü
Başlangıç Denatürasyonu	94-95	30s-240s	1	94	120s	1
Denatürasyon	94-95	40-60s		94	60s	
Primer Bağlanma	40-55	40-60s	35-40	45-50	60s	35-40
Zincir Uzama	72	60-120s		72	105-180s	
Son Uzama	72	420s	1	72	300-600s	1
Saklama	4	∞		4	∞	

Her iki gen bölgesi için DNA izolasyonu tamamlanan, primerlerin optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve PZR çoğaltımı yapılmış doku örneklerinin DNA dizileri belirlenmiştir.

2.3. Veri Analizleri

2.3.1. Balık Morfometrisine Dayalı Verilerin Analizleri

İlk olarak örneklere ait verilerin normal dağılıma uyup uymadıkları ve varyansların homojenliği belirlenmiştir. Analizlerde kullanılan istatistiksel önemlilik düzeyi P=0.05 olarak alınmıştır.

Örneklerden alınan morfometrik ölçümlerin tanımlayıcı istatistik değerleri, önemlilik düzeyleri ve varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Varyasyon katsayısını hesaplamak için aşağıda verilen denklem kullanılmıştır:

$$\%VK = \frac{S.S}{\bar{X}} 100$$

Formülde VK: Varyasyon katsayısını, S.S: Standart sapmayı, $\bar{X}$: Aritmetik ortalamayı temsil etmektedir. Populasyon bazında türe ait morfometrik karakterlerin total boyla olan regresyon denklemleri ve korelasyon katsayısı belirlenmiştir. Denklem parametrelerinin hesaplanmasında hem üssel ($y = ax^b$) hem de doğrusal ($y = a + bx$) model ayrı ayrı denenmiştir.

Morfometrik ölçümler değerlendirilirken balık örneklerinin boyut farklılıklarından kaynaklanabilecek olan hataları en aza indirmek ve bu sayede tüm morfometrik ölçümlerde standardın sağlanması için Elliot vd. (1995)'nin önermiş oldukları aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$M_{adj} = M(L_S/L_0)^b$$

M_{adj} : Standardize edilmiş ölçüm değeri

M: Orijinal ölçüm değeri (mm)

L_S : Tüm örneklerin ortalama total boyu (mm)

L_0 : Balık örneğinin total boyu (mm)

b: Tüm örnekler kullanılarak orijinal ölçümlerin total boy ile olan ilişkilerinin regresyon eğrisinden hesaplanmış olan parametre

Her bir örneğin gövde ve kuyruk kısımlarının morfometrik değerleri standart boya oranlanarak %Standart boy (%SB), baş kısmından ölçülen karakterler ise baş boyuna oranlanarak %Baş boyu (%BB) hesaplanmıştır.

Tüm lokasyonlarda balık boyundan etkilenen morfometrik değişken olup olmadığı ANCOVA testi ile değerlendirilmiştir. Daha sonra ise Doğrusal Regresyon Analizi ile morfometrik değişkenler arasında çoklu doğrusallık durumu olup olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen ölçüm değerleri üzerinden verilerin değerlendirilmesinde Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve Ayrım Analiz (DA) analizleri gerçekleştirilmiştir. Morfometrik verilerin analizinde Excel, Minitab 21.2, SPSS 21.0 ve Past 4.12b yazılımları kullanılmıştır.

2.3.2. Otolit Biyometrisi Yöntemi ile Elde Edilen Verilerin Analizi

Otolit biyometrisi yöntemi ile elde edilen verilerin analizinde Excel, OriginPro 2023b, Minitab 21.2, Past 4.12b ve SPSS 21.0 istatistiksel veri analiz paket programları kullanılmıştır.

2.3.2.1. Otolit Morfometrisi

Otolit ölçümlerinde balığın boyut farklılıklarından kaynaklanacak hataların en az seviyeye düşürülmesi için elde edilen ölçümler standart hale getirilmelidir. Otolit verilerinin standart hale getirilmesi aşamasında aşağıdaki denklem kullanılmıştır (Elliott et al., 1995; Lleonart et al., 2000).

$$M_s = M_o((\bar{x})/x)^b$$

Denklemdaki M_s standardize edilmiş otolit ölçümünü, M_o orijinal otolit ölçümünü, $\bar{x}$ tüm bireylerin ortalama total boyunu, x her bir örneğin total boyunu, b orijinal otolit ölçümü ile balık total boyu arasındaki ilişkinin b parametresini ifade etmektedir.

Her bir populasyon için standartlaştırılan otolit morfometrik ölçümleri kullanılarak 6 şekil indeksi hesaplanmıştır (Russ, 1990; Tuset et al., 2021). Asteriskus ve lapillus otolitler için hesaplanan şekil indeksleri ve formülleri Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5. Asteriskus ve lapillus otolitler için hesaplanan altı şekil indeksi ve formülleri

Şekil indeksleri	Kısaltma	Formül	
		Asteriskus	Lapillus
Şekil Faktörü	ŞF	$(4\pi AA)/AÇ^2$	$(4\pi LA)/LÇ^2$
Boy-Yükseklik (Genişlik) Oranı	BYO/BGO	AB/AY	LB/LG
Dairesellik	DAİ	$AÇ^2/AA$	$LÇ^2/LA$
Yuvarlaklık	YUV	$(4AA)/(\pi AB^2)$	$(4LA)/(\pi LB^2)$
Dikdörtgensellik	DİK	$AA/(AB*AY)$	$LA/(LB*LG)$
Ovallık	OVA	$(AB-AY)/(AB + AY)$	$(LB-LY)/(LB + LG)$

Standartlaştırılan otolit şekil indeksleri, normal dağılım (Kolmogrov-Smirnov testi) ve varyans eşitliği (Levene's testi) testlerine tabi tutulmuşlardır. Veriler normal dağılım gösteriyorsa tek yönlü (One-way) ANOVA, normal dağılım göstermiyorsa Kruskal-Wallis testi ile populasyonlar arasında kıyaslanmıştır. Asteriskus ve lapillus otolitler için hesaplanan şekil indeksleri birbirleriyle önemli ölçüde ilişkili (çoklu doğrusallık) olduğundan gruplar arası varyans-kovaryans matrisi kullanılarak ana bileşen analizi (PCA) yapılmış ve bu sayede populasyon ayrımı amacıyla ileride yapılacak olan kanonik ayrım analizi (CDA) için yeni bir veri seti (ana bileşen skorları) elde edilmiştir (Song et al., 2018). Varyansın büyük bir kısmını açıklayan PC sayısını tespit etmek için yamaç eğim (scree plot) grafiğine bakılmış ve kırık-çubuk modeli

kullanılmıştır. Ana bileşen skorları ile CDA yapılmış ve populasyon ayrımının doğruluğu tespit edilmiştir. Populasyonlar arası otolit şekil farklılığı parametrik olmayan tek yönlü PERMANOVA testi (Anderson, 2001) ile belirlenmiştir. PERMANOVA testinde 9999 permütasyon kullanılmıştır. Populasyonlar arası benzerlik ve farklılıkları tespit etmek için ikili karşılaştırma yapılmıştır.

2.3.2.2. Otolit Şekil Analizi Yöntemleri

2.3.2.2.1. Fourier Analizi

EF katsayılarına balık boyunun etkisini kontrol etmek için ANCOVA testi uygulanmıştır (Song et al., 2019). Bu test yapılırken faktör olarak populasyon, kovaryet olarak balık boyu (TB) alınmıştır ve “populasyon×TB” etkileşiminin önemli olması halinde ilgili değişken sonraki analizlere dahil edilmemiştir (Begg and Brown, 2000). Geriye kalan EF katsayılarının balık boyu ile olan doğrusal ilişkilerine bakılmış ve önemli ilişki sergileyen katsayılar $Y_i^* = Y_i + b(x_0 - x_i)$ denklemi yardımıyla standart hale getirilmiştir (Cardinale et al., 2004). Denklemden Y_i^* standartlaştırılan parametre, Y_i orijinal değişken, x_0 ortalama balık boyu, x_i her bir bireyin total boyu ve b ilgili değişken ile balık boyu arasındaki doğrusal ilişkinin regresyon katsayısını temsil etmektedir. Standartlaştırılan ve standartlaştırılmayan EF katsayılarının birbirleriyle olan ilişkilerinde çoklu doğrusallık durumu olmadığından, değişken sayısını azaltmak ve etkili değişkenleri tespit etmek amacıyla varyans-kovaryans matrisi kullanılarak PCA yapılmıştır.

Sonrasında etkin EF katsayılarının orijinal değerleri ile CDA yapılmıştır ve populasyon ayrımının doğruluğu belirlenmiştir. Grup kovaryans matrisleri benzer olmadığından (Box's M testi, $P < 0.001$) karesel CDA uygulanmıştır. Ayrıca lagenar ve utrikular otolit şeklinin populasyonlar arasında farklı olup olmadığı çok değişkenli analiz testi (tek yönlü PERMANOVA) ile kontrol edilmiştir.

2.3.2.2.2. Dalgacık Analizi

Asteriskus ve lapillus otolitlerin her biri için elde edilen dalgacık 5 fonksiyonuna ait 512 veri noktasının boyutunu, herhangi bir bilgi kaybı olmadan azaltmak ve aynı zamanda çoklu doğrusallık probleminden de kaçınmak için varyans-kovaryans matrisine dayalı bir PCA yapılmıştır (Sadighzadeh et al., 2014a; Tuset et al., 2021). Otolit konturundaki değişkenliği en fazla açıklayan ana bileşenler kırık-çubuk yöntemi ile belirlenmiştir. Populasyonlar arası varyasyonların balık boyundan

kaynaklanabileceği göz önüne alınarak etkin ana bileşenler ile balık total boyu arasındaki korelasyonlar test edilmiştir. Balık boyunun etkisi doğrusal model (linear regresyon) kullanılarak bertaraf edilmiştir. Total boy ile önemli ilişki sergileyen etkin ana bileşenler standart hale getirilmiştir (Cardinale et al., 2004). Oluşturulan yeni PCA matrisi ile CDA yapılmış ve populasyon ayrımının doğruluğu tespit edilmiştir. Grup kovaryans matrislerindeki farklılıktan dolayı (Box's M testi, $P < 0.001$), karesel CDA kullanılmıştır. Parametrik olmayan çok değişkenli analiz yöntemi (tek yönlü PERMANOVA) (Anderson, 2001) ile otolit şekil varyasyonları populasyonlar arasında kıyaslanmıştır.

2.3.3. Genetik Verilerin Analizleri

Dizi dosyaları ilk olarak Chromas-Pro 2.0.1 paket programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Her birey için çift yönlü okuma işlemi yapılarak ham dizi verileri FASTA formatında tek bir dizi haline getirilmiştir. Daha sonra mtDNA dizi dosyaları ile GenBank verileri, MEGA 11.0.13 (Kumar et al., 2004) programı içinde yer alan Clustal W (Thompson et al., 1994) modül seçeneği yardımıyla hizalanmıştır. Bu sayede gen bölgelerine ait sekansların GenBank veri tabanına girilen ilgili sekanslarla ilk karşılaştırmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen COI ve cyt b genlerine ait DNA baz dizileri önce Nexus (Maddison, 1997) formatına dönüştürülmüş ve kaydedilmiştir.

Hizalanmış veri setindeki nükleotid içeriği ile ilgili istatistikler, korunmuş bölgelerin analizi, değişken bölgelerin analizi, parsimonik bilgi verici baz pozisyonları, haplotip sayısı, haplotip çeşitliliği (H_d), haplotip varyans değeri (V_{Hd}) ve nükleotid çeşitliliği (P_i) DnaSP 6.12.03 (Rozas et al., 2017) programı vasıtasıyla hesaplanmıştır. Sekans verilerinin değerlendirilmesi aşamasında MEGA 11.0.13 (Kumar et al., 2004), PAUP 4.0a169 (Swofford, 2003), PhyML (Felsenstein, 1993) programları bağlantılı olarak kullanmıştır. Gerçekleştirilen analizlerde *Rutilus rutilus* türü dış grup olarak kullanılmıştır. Her iki gen bölgesi için tür içi ve türler arasındaki genetik uzaklık matrisi Kimura 2-parametre (K2P) (Kimura, 1980) mesafe metodu kullanılarak hesaplanmıştır.

Filogenetik analizler öncesinde veri setine en uygun baz değişim modelini (substitution model) belirlemek için jModel Test v.0.1 (Posada, 2008) programı yardımıyla Akaike Information Criterion (AIC: Akaike, 1974) ve Bayesian Information Criterion (BIC) analizleri yapılmıştır. Daha sonra Komşu Birleştirme (Neighbor-Joining) (NJ) ve Maksimum Olasılık (Maksimum Likelihood) (ML) olmak

üzere iki farklı algoritma kullanılarak türler arasındaki filogenetik ilişkiler belirlenmiştir. NJ analizleri, PAUP 4.0a169 (Swofford, 2003) programı kullanılmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen filogenetik ağaçların güvenilirliklerini belirlemek amacıyla Bootstrap analizleri (1.000 tekerrürlü) yapılmıştır ve %50'nin üzerinde desteklenen düğümler için Bootstrap değerleri ağaçlar üzerinde gösterilmiştir. ML analizleri ise, PhyML v.3.6 (Guindon and Gascuel, 2003) programı kullanılmıştır ve Bootstrap analizleri (1.000 tekerrürlü) gerçekleştirilmiştir. Ağaçlar üzerinde %50'nin üzerinde desteklenen düğümler için Bootstrap değerleri gösterilmiştir. Başka bir yaklaşım olarak haplotipler arası ilişkileri çıkarsamak için SplitsTree 4.15.1 (Huson and Bryant, 2006) programı kullanılmıştır. SplitsTree yazılımı ile oluşturulan haplotip ağı, bir populasyon veya tür içindeki DNA dizileri arasındaki ilişkileri analiz etmek ve görselleştirmek için yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır.

3. BULGULAR

3.1. Çalışma Alanı ve Su Parametreleri

Squalius sp. örnekleri Samsun ili sınırları içerisinde yer alan 10 tatlısu kaynağından elde edilmiştir. Örnekleme yapılan tarih, lokasyon ve yakalanan örnek sayısı Tablo 3.1’de detaylandırılmıştır.

Tablo 3.1. Örnekleme yapılan tarih, lokasyon ve yakalanan örnek sayısı

Örnekleme Tarihi	Lokasyon	Örnek Sayısı
Ağustos 2022	Abdal Çayı	40
Ağustos 2022	Akçay	40
Eylül 2022	Altınkaya Baraj Gölü	40
Ağustos 2022	Engiz Çayı	40
Ağustos 2022	Kızılırmak Nehri	40
Ağustos 2022	Mert Irmağı	40
Mayıs 2022	Taşkelik Deresi	40
Mayıs 2022	Terme Çayı	40
Kasım 2022	Tersakan Çayı	40
Ağustos 2022	Yeşilırmak Nehri	40

Çalışma kapsamında suyun fizikokimyasal değişkenleri ölçülmüştür ve elde edilen veriler Tablo 3.2’de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Çalışma kapsamında lokasyonlardan elde edilen su parametreleri

Parametre	Lokaliteler									
	ABÇ	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN
Sıcaklık (°C)	27.2	27.0	24.0	17.7	21.6	25.8	23.0	22.8	12.8	27.5
pH	8.38	9.25	6.19	8.32	7.99	8.35	8.54	8.25	8.65	8.49
Çözünmüş Oksijen (mg/L)	8.44	8.08	8.33	9.60	8.45	8.64	8.21	8.72	11.53	9.42
Tuzluluk (‰)	0.17	0.14	0.31	0.11	0.22	0.18	0.17	0.07	0.11	0.17
Toplam çözünmüş madde miktarı (TDS) (mg/L)	176.0	140.5	317.0	96.6	213.4	186.9	175.8	72.8	111.5	169.4
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	364	292	619	222	450	383	365	153	240	369
Elektriksel Direnç (kΩ.cm)	2.75	3.44	15.35	4.50	2.24	2.50	2.74	6.51	4.21	2.71

3.2. Balık Morfometrisine Dayalı Bulgular

On lotik habitattan elde edilen toplam 400 *Squalius* sp. bireyi incelenmiştir. Her birey üzerinden 39 metrik ölçüm, 11 meristik sayım değerlendirilmiştir. *Squalius* sp. türünün meristik karakterleri L. Lat. = 42- 46, L.tran.D = 4-5, L.tran.A = 3-4, KS= 6-14, DY_I= II-III 8-9, AY_I= II-III 8, PY_I= I 15, VY_I= II 8, KY_I= 32-42, SD_{DY}= 10 ve FD= 2.5-5.2 şeklinde belirlenmiştir.

Örneklerin eşey tayini makroskobik olarak gonadlardan yapılmıştır. *Squalius* sp. türünün dişi ve erkek bireylerinin gonadları çift lobludur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. *Squalius* sp. bireylerine ait gonad görünümleri (a) Dişi birey (b) Erkek birey (orijinal)

Populasyon bazında örneklerle ait tanımlayıcı istatistik değerleri belirlenmiş olup, %Varyasyon Katsayısı (VK) hesaplanmıştır. Her bir morfometrik değişkenin total boy ile olan ilişkileri tespit edilmiştir. R² katsayısı doğrusal modelde daha yüksek saptandığı için denklem parametrelerinin hesaplanmasında doğrusal model tercih edilmiştir. Ağırlık ile total boy ilişkilerinde ise üssel model kullanılmıştır. Daha sonra morfometrik veriler boyut farkından doğacak sapmaların ortadan kaldırılması için standardize edilmiştir (Elliot et al., 1995). Standardize edilmiş olan morfometrik veriler üzerinden %Standart Boy (SB) ve %Baş Boyu (BB) her populasyon için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Böylece *Squalius* sp. türünün populasyonlar arası morfometrik farklılıkları belirlenmiştir.

3.2.1. Abdal Çayı Populasyonun Morfometrik Bulguları

Abdal Çayı'ndan yakalanan *Squalius* sp. örneklerinin 9 adedi dişi, 31 adedi ise erkek bireydir. Abdal Çayı populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermemektedir (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$).

Abdal Çayı örneklerinin total boyları 9.30 cm ile 36.80 cm, ağırlık değerleri ise 8.81- 696.17 g arasında değişim göstermektedir. Örneklerin ortalama total boyları 15.66 cm ve ortalama ağırlıkları 70.02 g olarak belirlenmiştir. Abdal Çayı için en yüksek %VK değerleri Burun uzunluğu (38.846) ve Baş yüksekliği (38.045) olarak hesaplanmıştır. Abdal Çayı populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %Varyasyon katsayısı değerleri Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Abdal Çayı'ndan yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	8.81	696.17	70.02	17.653	111.647	-
TB	40	9.30	36.80	15.66	0.797	5.041	32.198
ÇB	40	8.70	34.80	14.80	0.765	4.841	32.708
SB	40	7.70	30.80	12.97	0.669	4.229	32.618
BY	40	16.05	79.25	29.03	1.746	11.046	38.045
BB	40	21.48	79.81	33.17	1.678	10.613	31.999
PreDU	40	39.54	159.68	68.44	3.464	21.906	32.007
PostDU	40	23.74	99.08	42.28	2.180	13.786	32.606
PrePU	40	21.45	83.34	36.36	1.840	11.636	32.004
PostPU	40	42.70	190.22	77.00	4.305	27.224	35.357
PreVU	40	40.78	168.28	68.77	3.714	23.493	34.161
PreAU	40	55.19	238.14	95.31	5.199	32.879	34.498
DYY	40	13.19	49.75	20.97	1.122	7.099	33.856
DYU	40	7.70	35.62	14.72	0.772	4.880	33.152
AYY	40	9.71	38.03	15.74	0.875	5.532	35.156
AYU	40	8.21	34.16	14.18	0.765	4.838	34.120
PYU	40	14.79	54.89	23.36	1.185	7.495	32.084
VYU	40	10.21	42.87	20.05	0.958	6.058	30.211
KYU	40	17.87	57.56	26.52	1.145	7.244	27.317
KYY	40	15.58	61.38	26.53	1.425	9.011	33.969
D-K	40	32.77	138.83	55.84	3.027	19.144	34.284
P-V	40	19.96	91.90	36.45	2.096	13.259	36.376
P-A	40	34.45	160.21	63.99	3.645	23.050	36.023
V-A	40	17.08	69.31	28.83	1.608	10.173	35.288
A-K	40	20.93	90.40	36.40	2.022	12.787	35.126
KSU	40	11.34	56.99	22.28	1.307	8.263	37.089
KSY	40	8.20	40.46	15.59	0.878	5.553	35.609
MİN	40	8.10	35.10	13.96	0.758	4.796	34.351
MAKS	40	17.27	86.49	31.90	1.909	12.072	37.850
GÇ	40	5.81	13.31	8.35	0.232	1.467	17.570
İOM	40	7.85	24.81	13.88	0.638	4.032	29.041
PreOM	40	5.45	22.27	9.66	0.483	3.052	31.610
PostOM	40	8.87	39.21	15.91	0.882	5.577	35.056
BU	40	2.74	14.17	4.81	0.295	1.869	38.846
İNİM	40	4.45	18.65	8.22	0.480	3.036	36.931
BG ₁	40	8.99	29.45	16.16	0.713	4.510	27.901
BG ₂	40	7.94	27.17	14.76	0.661	4.184	28.348

Tablo 3.3. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₃	40	6.52	23.38	12.22	0.581	3.675	30.074
AG	40	4.56	15.73	8.25	0.378	2.392	29.001
AU	40	5.64	18.36	10.17	0.427	2.702	26.562

Squalius sp. bireylerinin morfometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri Tablo 3.4'te sunulmuştur. ÇB (0.9988), SB (0.9980), A (0.9962), PreVU (0.9959), PreA (0.9944), PreDU (0.9942), PostDU (0.9926), BB (0.9825), P-V (0.9891), PrePU (0.9861), P-A (0.9860), A-K (0.9849), PostDU (0.9822), D-K (0.9796), PostOM (0.9780), PYU (0.9767), BY (0.9763), DYU (0.9757), AYU (0.9737), MAKS (0.9711), KSU (0.97505), KSY (0.9691), MIN (0.9680), VYU (0.9674), V-A (0.9530), DYY (0.9314), KYU (0.9298), İNM (0.9266), PreOM (0.9208), KYY (0.9161), AYY (0.9094) ölçüm değerlerinin R² değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. Tüm morfometrik ölçüm değerlerinin ve ağırlık değerlerinin ayrı ayrı total boy ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde önemli oldukları saptanmıştır (P<0.001).

Tablo 3.4. Abdal Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken		Denklem	R ²	P
A	=	0.0074TB ^{3.2007}	0.9962	<0.001
ÇB	=	0.9598TB-0.2250	0.9988	<0.001
SB	=	0.8381TB-0.1562	0.9980	<0.001
BY	=	2.1653TB-4.8635	0.9763	<0.001
BB	=	2.0944TB+0.3777	0.9895	<0.001
PreDU	=	4.3332TB+0.6043	0.9942	<0.001
PostDU	=	2.7105TB-0.1538	0.9822	<0.001
PrePU	=	2.2924TB+0.4713	0.9861	<0.001
PostPU	=	5.3810TB-7.2407	0.9926	<0.001
PreVU	=	4.6511TB-4.0419	0.9959	<0.001
PreA	=	6.5045TB-6.5210	0.9944	<0.001
DYY	=	1.3591TB-0.3101	0.9314	<0.001
DYU	=	0.9564TB-0.2513	0.9757	<0.001
AYY	=	1.0466TB-0.6487	0.9094	<0.001
AYU	=	0.9471TB-0.6475	0.9737	<0.001
PYU	=	1.4694TB+0.3548	0.9767	<0.001
VYU	=	1.1821TB+1.5470	0.9674	<0.001
KYU	=	1.3857TB+4.8239	0.9298	<0.001
KYY	=	1.7111TB-0.2595	0.9161	<0.001
D-K	=	3.7590TB-3.0079	0.9796	<0.001
P-V	=	2.6161TB-4.5046	0.9891	<0.001
P-A	=	4.5408TB-7.0991	0.9860	<0.001
V-A	=	1.9702TB-2.0151	0.9530	<0.001
A-K	=	2.5176TB-3.0099	0.9849	<0.001
KSU	=	1.6150TB-3.0035	0.9705	<0.001
KSY	=	1.0845TB-1.3834	0.9691	<0.001
MIN	=	0.9361TB-0.6930	0.9680	<0.001
MAKS	=	2.3601TB-5.0520	0.9711	<0.001
GÇ	=	0.2669TB+4.1684	0.8416	<0.001

Tablo 3.4. Devamı

Değişken		Denklem	R ²	P
İOM	=	0.7427TB+2.2565	0.8621	<0.001
PreOM	=	0.5810TB+0.5595	0.9208	<0.001
PostOM	=	1.0942TB-1.2205	0.9780	<0.001
BU	=	0.3507TB-0.6796	0.8948	<0.001
İNM	=	0.5798TB-0.8558	0.9266	<0.001
BG ₁	=	0.8449TB+2.9357	0.8919	<0.001
BG ₂	=	0.7710TB+2.6873	0.8630	<0.001
BG ₃	=	0.6562TB+1.9476	0.8100	<0.001
AG	=	0.3685TB+2.4779	0.6032	<0.001
AU	=	0.4210TB+3.5834	0.6166	<0.001

Abdal Çayı populasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Abdal Çayı populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	23.89	28.68	25.93	0.151	0.958
PreDU	50.36	55.65	53.04	0.209	1.324
PostDU	30.00	35.70	32.64	0.225	1.421
PrePU	25.97	31.18	28.27	0.172	1.090
PostPU	54.11	63.05	58.79	0.315	1.992
PreVU	50.35	56.24	53.01	0.218	1.382
PreAU	68.12	77.55	73.29	0.319	2.019
DYY	12.90	19.89	16.31	0.245	1.551
DYU	10.02	12.84	11.34	0.099	0.627
AYY	8.67	14.34	12.16	0.209	1.323
AYU	10.07	12.64	10.89	0.095	0.602
PYU	16.00	20.34	18.17	0.163	1.029
VYU	12.91	16.86	15.65	0.147	0.927
KYU	16.67	24.26	21.10	0.286	1.807
KYY	15.00	25.45	20.95	0.396	2.505
D-K	34.66	45.81	42.80	0.312	1.971
P-V	24.39	29.90	27.78	0.208	1.317
P-A	44.27	53.59	48.87	0.352	2.227
V-A	17.95	28.45	22.18	0.295	1.868
A-K	24.59	31.10	27.85	0.206	1.304
KSU	14.20	19.49	17.01	0.204	1.293
KSY	10.67	14.32	11.97	0.121	0.765
MİN	9.44	12.06	10.69	0.105	0.662
MAKS	22.12	27.91	24.20	0.194	1.225
% Baş boyu (mm)					
BY	76.63	94.17	85.29	0.726	4.591
GÇ	22.25	31.88	26.62	0.325	2.054
İOM	28.38	46.58	41.80	0.544	3.441
PreOM	23.67	34.81	29.28	0.406	2.569
PostOM	41.69	52.95	46.94	0.427	2.698
BU	11.71	17.44	14.39	0.242	1.532
İNM	19.24	29.33	24.32	0.422	2.667
BG ₁	31.19	54.72	48.45	0.621	3.925
BG ₂	28.38	48.60	44.30	0.587	3.714
BG ₃	20.29	40.20	36.26	0.514	3.248
AG	9.91	35.31	24.57	0.634	4.011
AU	14.33	38.72	30.94	0.597	3.777

3.2.2. Akçay Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Akçay'dan yakalanan *Squalius* sp. örneklerinin 19 adedi dişi, 21 adedi ise erkek bireydir. Akçay populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermemektedir (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$).

Akçay örneklerinin total boyları 10.20 cm ile 22.30 cm, ağırlık değerleri ise 11.65- 129.35 g arasında değişmektedir. Örneklerin ortalama total boyları 13.38 cm ve ortalama ağırlıkları 31.29 g olarak belirlenmiştir. Akçay için en yüksek %VK değerleri Ağız genişliği (27.147) ve Anal yüzgeç yüksekliği (25.073) olarak hesaplanmıştır. Akçay populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve % VK değerleri Tablo 3.6'da yer almaktadır.

Tablo 3.6. Akçay'dan yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	11.65	129.35	31.29	3.623	22.912	-
TB	40	10.20	22.30	13.38	0.391	2.475	18.501
ÇB	40	9.30	21.00	12.50	0.375	2.374	18.989
SB	40	8.10	18.60	10.93	0.332	2.098	19.204
BY	40	16.99	40.52	23.08	0.908	5.740	24.871
BB	40	21.89	48.69	29.36	0.915	5.786	19.708
PreDU	40	44.15	98.77	59.04	1.812	11.460	19.413
PostDU	40	24.98	65.12	35.58	1.226	7.752	21.791
PrePU	40	23.68	50.98	31.30	0.949	6.001	19.171
PostPU	40	47.18	110.03	63.20	1.894	11.976	18.950
PreVU	40	43.23	96.50	57.34	1.769	11.186	19.508
PreAU	40	58.25	129.56	77.84	2.331	14.743	18.940
DYY	40	13.80	29.77	18.52	0.555	3.513	18.964
DYU	40	8.24	21.75	12.13	0.413	2.610	21.519
AYY	40	8.15	22.92	13.51	0.536	3.388	25.073
AYU	40	8.88	19.60	12.18	0.410	2.596	21.321
PYU	40	14.75	32.51	19.68	0.617	3.902	19.825
VYU	40	13.27	25.63	17.01	0.430	2.718	15.980
KYU	40	19.47	36.50	24.65	0.607	3.837	15.565
KYY	40	16.98	38.15	25.08	0.878	5.555	22.147
D-K	40	33.40	82.77	47.05	1.586	10.031	21.320
P-V	40	19.26	51.45	28.87	0.963	6.089	21.092
P-A	40	38.92	87.45	50.37	1.552	9.818	19.493
V-A	40	14.59	34.63	22.20	0.628	3.972	17.896
A-K	40	22.63	50.80	30.70	0.948	5.999	19.537
KSU	40	13.50	31.42	19.07	0.590	3.734	19.584
KSY	40	9.37	23.48	12.83	0.428	2.706	21.103
MİN	40	8.45	18.89	11.70	0.362	2.288	19.554
MAKS	40	18.01	41.70	24.87	0.866	5.477	22.019
GÇ	40	5.94	10.82	7.71	0.185	1.169	15.166
İOM	40	9.11	20.54	12.40	0.416	2.632	21.227
PreOM	40	6.62	15.78	9.35	0.306	1.934	20.675
PostOM	40	9.66	26.70	14.28	0.529	3.346	23.430
BU	40	3.16	7.35	4.41	0.159	1.004	22.762
İNİM	40	5.07	12.41	7.26	0.258	1.630	22.453
BG ₁	40	10.45	24.57	14.31	0.502	3.174	22.184
BG ₂	40	9.10	22.67	13.52	0.474	2.999	22.174

Tablo 3.6. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₃	40	7.77	18.74	10.96	0.391	2.472	22.554
AG	40	3.69	11.04	6.45	0.277	1.750	27.147
AU	40	5.39	13.90	8.44	0.277	1.750	20.726

Squalius sp. bireylerinin morfometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri Tablo 3.7’de verilmiştir. PreA (0.9922), ÇB (0.9822), SB (0.9889), P-A (0.9813), PreVU (0.9801), A (0.9744), PostPU (0.9739), PreDU (0.9738), D-K (0.9732), BB (0.9610), PrePU (0.9541), BG₁ (0.9486), PostDU (0.9431), BG₂ (0.9430), VYU (0.9375), P-V (0.9321), A-K (0.9315), V-A (0.9271), BG₃ (0.9267), DYU (0.9176), PYU (0.9128), PostOM (0.9088) ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin R² değerleri oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Elde edilen morfometrik ölçüm değerlerinin ve ağırlık değerlerinin ayrı ayrı total boy ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde önemli oldukları belirlenmiştir (P<0.001).

Tablo 3.7. Akçay örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken		Denklem	R ²	P
A	=	0.0075TB ^{3.1664}	0.9744	<0.001
ÇB	=	0.9538TB-0.2598	0.9892	<0.001
SB	=	0.8432TB-0.3520	0.9889	<0.001
BY	=	2.1247TB-5.3427	0.8392	<0.001
BB	=	2.2917TB-1.2993	0.9610	<0.001
PreDU	=	4.5696TB-2.0940	0.9738	<0.001
PostDU	=	3.0418TB-5.1161	0.9431	<0.001
PrePU	=	2.3684TB-0.3800	0.9541	<0.001
PostPU	=	4.7753TB-0.6836	0.9739	<0.001
PreVU	=	4.4745TB-2.5158	0.9801	<0.001
PreA	=	5.9336TB-1.5346	0.9922	<0.001
DYY	=	1.3248TB+0.7991	0.8714	<0.001
DYU	=	1.0103TB-1.3851	0.9176	<0.001
AYY	=	1.1145TB-1.3973	0.6629	<0.001
AYU	=	0.9177TB-0.1008	0.7655	<0.001
PYU	=	1.5061TB-0.4676	0.9128	<0.001
VYU	=	1.0633TB+2.7843	0.9375	<0.001
KYU	=	1.3615TB+6.4348	0.7715	<0.001
KYY	=	1.3398TB+7.1577	0.3564	<0.001
D-K	=	3.9983TB-6.4379	0.9732	<0.001
P-V	=	2.3752TB-2.9058	0.9321	<0.001
P-A	=	3.9295TB-2.2008	0.9813	<0.001
V-A	=	1.5453TB+1.5230	0.9271	<0.001
A-K	=	2.3392TB-0.5887	0.9315	<0.001
KSU	=	1.3810TB+0.5916	0.8379	<0.001
KSY	=	1.0042TB-0.6088	0.8433	<0.001
MİN	=	0.8610TB+0.1815	0.8676	<0.001
MAKS	=	2.0865TB-3.0403	0.8891	<0.001
GÇ	=	0.4303TB+1.9491	0.8306	<0.001
İOM	=	0.9926TB-0.8804	0.8714	<0.001
PreOM	=	0.6977TB+0.0207	0.7972	<0.001
PostOM	=	1.2887TB-2.9597	0.9088	<0.001
BU	=	0.2947TB+0.4678	0.5279	<0.001

Tablo 3.7. Devamı

Değişken		Denklem	R ²	P
İNM	=	0.5608TB-0.2426	0.7251	<0.001
BG ₁	=	1.2491TB-2.4018	0.9486	<0.001
BG ₂	=	1.1766TB-2.2163	0.9430	<0.001
BG ₃	=	0.9616TB-1.9025	0.9267	<0.001
AG	=	0.5396TB-0.7717	0.5823	<0.001
AU	=	0.6383TB-0.0965	0.8151	<0.001

Akçay populasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Akçay populasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	24.02	28.78	26.77	0.195	1.232
PreDU	50.42	58.12	53.95	0.296	1.871
PostDU	29.52	36.20	32.45	0.281	1.775
PrePU	26.12	30.94	28.61	0.181	1.142
PostPU	54.21	61.91	57.96	0.297	1.876
PreVU	48.80	56.56	52.42	0.248	1.567
PreAU	68.18	76.44	71.25	0.237	1.500
DYY	14.24	20.28	16.96	0.201	1.272
DYU	9.71	12.72	11.08	0.113	0.716
AYY	9.21	18.80	12.32	0.274	1.732
AYU	9.68	14.57	11.15	0.173	1.096
PYU	15.12	20.95	17.99	0.173	1.092
VYU	14.22	17.75	15.62	0.122	0.770
KYU	19.72	27.51	22.61	0.284	1.799
KYY	17.68	36.58	22.96	0.674	4.263
D-K	40.78	47.29	42.97	0.220	1.389
P-V	21.79	29.43	26.41	0.242	1.532
P-A	43.12	49.82	46.13	0.238	1.506
V-A	16.31	22.38	20.35	0.173	1.096
A-K	24.64	31.07	28.15	0.236	1.490
KSU	14.56	19.97	17.49	0.216	1.363
KSY	9.84	14.17	11.74	0.157	0.994
MİN	9.58	12.52	10.74	0.127	0.806
MAKS	20.78	27.19	22.74	0.256	1.617
% Baş Boyu (mm)					
BY	70.23	107.66	78.55	1.044	6.604
GÇ	22.71	29.77	26.23	0.285	1.804
İOM	34.80	47.85	42.34	0.498	3.147
PreOM	25.46	39.61	31.88	0.422	2.669
PostOM	41.63	55.88	48.68	0.569	3.596
BU	11.18	23.21	15.12	0.369	2.332
İNM	18.40	29.84	24.77	0.381	2.409
BG ₁	41.58	54.98	48.84	0.495	3.130
BG ₂	40.32	52.99	46.10	0.468	2.962
BG ₃	32.64	43.57	37.46	0.410	2.591
AG	14.55	30.10	22.21	0.680	4.301
AU	22.29	35.48	28.89	0.475	3.003

3.2.3. Altinkaya Baraj Gölü Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Altinkaya Baraj Gölü'ne dökülen Istavloz Çayı'ndan yakalanan *Squalius* sp. örneklerinin 9 adedi dişi, 31 adedi ise erkek bireydir. Altinkaya Baraj Gölü populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermektedir (Shapiro-Wilk, $p>0.05$).

İlgili lokasyondan yakalanan örneklerin total boylarının 7.50 cm ile 20.00 cm, ağırlık değerlerinin ise 5.24- 107.35 g arasında olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin ortalama total boy ve ağırlıkları sırasıyla 13.27 cm ve 36.12 g olarak belirlenmiştir. Altinkaya Baraj Gölü için en yüksek %VK Ağız genişliği (33.382) ve Postdorsal uzunluk (27.876) olarak hesaplanmıştır. Altinkaya Baraj Gölü populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9. Altinkaya Baraj Gölü'nden yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	5.24	107.35	36.12	4.239	26.812	-
TB	40	7.50	20.00	13.27	0.535	3.381	25.485
ÇB	40	7.20	18.90	12.47	0.497	3.146	25.237
SB	40	6.20	16.60	10.97	0.449	2.839	25.895
BY	40	13.22	37.08	22.91	0.949	6.004	26.208
BB	40	15.80	42.69	28.17	1.047	6.622	23.506
PreDU	40	32.59	86.70	57.86	2.332	14.751	25.495
PostDU	40	20.93	59.76	38.25	1.686	10.663	27.876
PrePU	40	17.82	44.70	30.72	1.160	7.338	23.888
PostPU	40	38.14	102.47	64.89	2.775	17.552	27.048
PreVU	40	32.09	81.58	55.47	2.163	13.677	24.658
PreAU	40	44.04	112.95	76.53	3.017	19.078	24.931
DYY	40	10.10	29.58	18.27	0.703	4.447	24.338
DYU	40	7.03	19.95	12.50	0.501	3.171	25.367
AYY	40	7.55	20.05	13.23	0.521	3.295	24.900
AYU	40	6.46	17.63	12.06	0.496	3.138	26.026
PYU	40	10.00	28.52	19.78	0.809	5.114	25.847
VYU	40	9.90	25.33	17.21	0.643	4.064	23.610
KYU	40	13.13	32.94	23.27	0.822	5.201	22.352
KYY	40	10.42	30.05	21.38	0.849	5.367	25.102
D-K	40	26.21	77.58	49.90	2.167	13.704	27.464
P-V	40	15.82	46.19	28.59	1.259	7.961	27.843
P-A	40	27.91	78.01	51.17	2.145	13.567	26.515
V-A	40	12.70	34.22	22.55	0.894	5.656	25.078
A-K	40	18.64	50.03	31.11	1.322	8.362	26.877
KSU	40	11.67	28.97	19.56	0.750	4.744	24.246
KSU	40	7.83	21.33	14.04	0.602	3.810	27.129
MİN	40	7.22	20.10	12.58	0.542	3.430	27.268
MAKS	40	14.01	40.94	25.81	1.089	6.887	26.688
GÇ	40	4.06	9.27	6.87	0.207	1.307	19.032
İOM	40	6.06	17.59	11.22	0.464	2.936	26.165
PreOM	40	3.99	12.29	8.28	0.324	2.049	24.754
PostOM	40	7.97	21.97	14.60	0.613	3.876	26.543
BU	40	2.10	7.20	4.52	0.184	1.165	25.802
İNİM	40	3.97	11.91	7.02	0.271	1.716	24.446

Tablo 3.9. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₁	40	7.45	20.49	13.35	0.560	3.542	26.528
BG ₂	40	6.79	18.73	12.14	0.519	3.283	27.034
BG ₃	40	5.94	16.02	10.38	0.456	2.884	27.798
AG	40	2.06	9.80	6.31	0.327	2.070	32.832
AU	40	3.82	11.84	8.09	0.332	2.102	25.992

Squalius sp. bireylerinin morfometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri Tablo 3.10'da verilmiştir. ÇB (0.9973), SB (0.9970), PreA (0.9918), PreVU (0.9882), PreDU (0.9882), D-K (0.9837), P-A (0.9823), PostPU (0.9821), A (0.9816), PrePU (0.9780), PostDU (0.9771), MAKS (0.9746), P-V (0.9716), BB (0.9716), DYU (0.9696), A-K (0.9684), BG₁ (0.9661), VYU (0.9625), BG₂ (0.9581), BY (0.9574), MİN (0.9561), PYU (0.9541), BG₃ (0.9539), PostOM (0.9538), KSY (0.9515) değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin R² değerleri dikkate alındığında diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Gerçekleştirilen istatistiksel analizler sonucunda tüm ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.001).

Tablo 3.10. Altinkaya Baraj Gölü örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken		Denklem	R ²	P
A	=	0.0096TB ^{3.1087}	0.9816	<0.001
ÇB	=	0.9293TB+0.1382	0.9973	<0.001
SB	=	0.8385TB-0.1599	0.9970	<0.001
BY	=	1.7375TB-0.1430	0.9574	<0.001
BB	=	1.9305TB+2.5589	0.9716	<0.001
PreDU	=	4.3368TB+0.3195	0.9882	<0.001
PostDU	=	3.1173TB-3.1069	0.9771	<0.001
PrePU	=	2.1464TB+2.2429	0.9780	<0.001
PostPU	=	5.1444TB-3.3617	0.9821	<0.001
PreVU	=	4.0211TB+2.1165	0.9882	<0.001
PreA	=	5.6193TB+1.9717	0.9918	<0.001
DYY	=	1.2660TB+1.4765	0.9264	<0.001
DYU	=	0.9236TB+0.2483	0.9696	<0.001
AYY	=	0.8808TB+1.5483	0.8168	<0.001
AYU	=	0.8981TB+0.1405	0.9366	<0.001
PYU	=	1.4773TB+0.1849	0.9541	<0.001
VYU	=	1.1791TB+1.5675	0.9625	<0.001
KYU	=	1.4896TB+3.5046	0.9378	<0.001
KYY	=	1.4423TB+2.2451	0.8256	<0.001
D-K	=	4.0199TB-3.4355	0.9837	<0.001
P-V	=	2.3209TB-2.1993	0.9716	<0.001
P-A	=	3.9770TB-1.5953	0.9823	<0.001
V-A	=	1.6297TB+0.9296	0.9493	<0.001
A-K	=	2.4339TB-1.1780	0.9684	<0.001
KSU	=	1.3411TB+1.7714	0.9138	<0.001
KSY	=	1.0991TB-0.5392	0.9515	<0.001
MİN	=	0.9919TB-0.5818	0.9561	<0.001
MAKS	=	2.0109TB-0.8734	0.9746	<0.001
GÇ	=	0.3539TB+2.1714	0.8383	<0.001

Tablo 3.10. Devamı

Değişken		Denklemler	R ²	P
İOM	=	0.8398TB+0.0786	0.9355	<0.001
PreOM	=	0.5577TB+0.8792	0.8467	<0.001
PostOM	=	1.1196TB-0.2509	0.9538	<0.001
BU	=	0.3061TB+0.4543	0.7891	<0.001
İN	=	0.4661TB+0.8337	0.8439	<0.001
BG ₁	=	1.0295TB-0.3090	0.9661	<0.001
BG ₂	=	0.9505TB-0.4659	0.9581	<0.001
BG ₃	=	0.8331TB-0.6777	0.9539	<0.001
AG	=	0.5741TB-1.3117	0.8792	<0.001
AU	=	0.6023TB+0.0967	0.9385	<0.001

Altinkaya Baraj Gölü popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11. Altinkaya Baraj Gölü popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	23.98	27.50	25.70	0.153	0.965
PreDU	49.63	55.22	52.72	0.185	1.172
PostDU	31.49	38.77	34.74	0.260	1.647
PrePU	25.85	29.79	28.06	0.143	0.904
PostPU	54.46	64.42	59.18	0.330	2.089
PreVU	47.22	52.85	50.69	0.200	1.265
PreAU	66.11	74.04	69.98	0.253	1.602
DYY	14.48	19.27	16.72	0.179	1.134
DYU	10.13	12.61	11.43	0.085	0.537
AYY	9.63	14.61	12.18	0.217	1.371
AYU	9.16	13.71	11.02	0.127	0.804
PYU	13.77	20.06	17.99	0.186	1.178
VYU	13.88	17.69	15.73	0.132	0.838
KYU	18.64	23.69	21.22	0.207	1.311
KYY	14.78	23.65	19.37	0.342	2.166
D-K	43.06	48.29	45.43	0.237	1.499
P-V	22.94	28.42	26.03	0.201	1.272
P-A	43.90	49.84	46.68	0.247	1.565
V-A	18.69	22.87	20.62	0.175	1.110
A-K	25.46	30.75	28.42	0.198	1.249
KSU	15.37	20.46	17.99	0.213	1.345
KSY	11.55	15.06	12.79	0.128	0.807
MİN	9.98	12.88	11.48	0.099	0.629
MAKS	21.20	26.59	23.60	0.163	1.030
% Baş Boyu (mm)					
BY	70.81	92.05	81.50	0.699	4.419
GÇ	20.69	27.11	24.24	0.271	1.712
İOM	33.96	45.66	39.79	0.419	2.648
PreOM	21.97	35.51	29.31	0.430	2.722
PostOM	46.26	56.48	51.85	0.384	2.426
BU	11.26	19.22	16.03	0.290	1.832
İN	20.27	30.63	25.07	0.352	2.225
BG ₁	42.99	52.45	47.45	0.376	2.375
BG ₂	37.89	47.27	43.03	0.389	2.461
BG ₃	31.85	43.57	36.87	0.376	2.377
AG	15.00	28.06	22.21	0.476	3.010
AU	24.69	32.16	28.64	0.290	1.835

3.2.4. Engiz Çayı Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Engiz Çayı'ndan yapılan örnekleme sonucunda yakalanan *Squalius* sp. örneklerinin 18 adedi dişi, 22 adedi ise erkek bireydir. Engiz Çayı populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermemektedir (Shapiro-Wilk, $p<0.05$).

Engiz Çayı örneklerinin total boyları 6.50 cm ile 23.20 cm, ağırlık değerleri ise 2.90- 206.19 g arasında değişmektedir. Örneklerin ortalama total boy ve ağırlıkları sırasıyla 13.40 cm ve 41.29 g olarak belirlenmiştir. Engiz Çayı için en yüksek %VK Ağız genişliği (36.057) ve Maksimum vücut yüksekliği (33.909) olarak hesaplanmıştır. Engiz Çayı populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.12'de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Engiz Çayı'ndan yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	2.90	206.19	41.29	6.887	43.557	-
TB	40	6.50	23.20	13.40	0.580	3.671	27.397
ÇB	40	6.20	22.20	12.71	0.566	3.580	28.169
SB	40	5.20	19.80	11.09	0.501	3.170	28.597
BY	40	11.91	48.88	24.43	1.255	7.938	32.490
BB	40	14.70	43.36	28.96	1.076	6.805	23.500
PreDU	40	28.78	102.75	59.88	2.605	16.472	27.508
PostDU	40	18.23	64.37	38.46	1.616	10.218	26.568
PrePU	40	15.51	49.73	30.11	1.204	7.612	25.281
PostPU	40	29.78	125.91	66.79	3.295	20.841	31.206
PreVU	40	27.52	100.75	58.44	2.669	16.882	28.890
PreAU	40	38.32	140.66	79.22	3.545	22.419	28.301
DYY	40	10.74	30.18	18.83	0.691	4.371	23.210
DYU	40	6.83	24.00	13.24	0.600	3.797	28.693
AYY	40	6.49	20.84	13.23	0.525	3.318	25.082
AYU	40	5.44	25.29	12.96	0.677	4.282	33.033
PYU	40	9.36	33.19	19.94	0.786	4.969	24.924
VYU	40	9.16	26.62	17.02	0.629	3.979	23.382
KYU	40	12.46	38.08	23.80	0.873	5.523	23.211
KYY	40	13.14	46.69	26.08	1.227	7.762	29.763
D-K	40	23.10	88.78	50.91	2.297	14.527	28.533
P-V	40	13.31	61.05	31.88	1.650	10.435	32.735
P-A	40	24.53	98.92	54.86	2.648	16.748	30.528
V-A	40	11.08	45.00	24.51	1.149	7.269	29.658
A-K	40	13.49	59.21	31.32	1.492	9.435	30.123
KSU	40	8.73	34.19	19.29	0.884	5.592	28.998
KSU	40	7.07	27.26	15.14	0.685	4.334	28.626
MİN	40	6.11	25.07	13.23	0.634	4.012	30.331
MAKS	40	12.18	59.24	28.49	1.527	9.660	33.909
GÇ	40	4.54	9.76	7.20	0.176	1.116	15.495
İOM	40	5.75	20.38	12.01	0.568	3.589	29.882
PreOM	40	4.22	16.45	9.56	0.419	2.653	27.758
PostOM	40	6.41	22.68	13.79	0.566	3.578	25.953
BU	40	2.48	8.45	4.51	0.216	1.366	30.273
İNİM	40	3.39	12.84	7.21	0.323	2.043	28.332

Tablo 3.12. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₁	40	6.05	25.33	13.06	0.637	4.026	30.822
BG ₂	40	6.89	22.72	12.17	0.591	3.735	30.704
BG ₃	40	4.33	19.10	10.18	0.537	3.399	33.398
AG	40	1.33	11.91	5.61	0.320	2.023	36.057
AU	40	2.43	13.09	7.07	0.346	2.186	30.920

Squalius sp. bireylerinin morfometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri Tablo 3.13'te sunulmuştur. ÇB (0.9983), SB (0.9978), PreVU (0.9918), PreDU (0.9899), PreA (0.9895), P-A (0.9856), D-K (0.9848), A (0.9828), PostPU (0.9809), P-V (0.9795), MAKS (0.9741), BY (0.9706), VYU (0.9645), A-K (0.9639), DYU (0.9634), PrePU (0.9592), PYU (0.9586), MİN (0.9552), PostDU (0.9516), AYU (0.9501), BG₃ (0.9499), BG₁ (0.9482) ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin R² değerleri oldukça yüksek hesaplanmıştır. Tüm ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.001).

Tablo 3.13. Engiz Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken	Denklem	R ²	P
A	= 0.006TB ^{3.2987}	0.9828	<0.001
ÇB	= 0.9744TB-0.3471	0.9983	<0.001
SB	= 0.8625TB-0.4728	0.9978	<0.001
BY	= 2.1303TB-4.1132	0.9706	<0.001
BB	= 1.8019TB+4.8120	0.9450	<0.001
PreDU	= 4.4643TB+0.0609	0.9899	<0.001
PostDU	= 2.7151TB+2.0772	0.9516	<0.001
PrePU	= 2.0308TB+2.8982	0.9592	<0.001
PostPU	= 5.6225TB-8.5551	0.9809	<0.001
PreVU	= 4.5796TB-2.9322	0.9918	<0.001
PreA	= 6.0745TB-2.1834	0.9895	<0.001
DYY	= 1.1508TB+3.4125	0.9341	<0.001
DYU	= 1.0153TB-0.3700	0.9634	<0.001
AYY	= 0.8269TB+2.1467	0.8372	<0.001
AYU	= 1.1370TB-2.2720	0.9501	<0.001
PYU	= 1.3253TB+2.1787	0.9586	<0.001
VYU	= 1.0643TB+2.7541	0.9645	<0.001
KYU	= 1.4037TB+4.9856	0.8705	<0.001
KYY	= 1.9779TB-0.4246	0.8752	<0.001
D-K	= 3.9268TB-1.7067	0.9848	<0.001
P-V	= 2.8131TB-5.8191	0.9795	<0.001
P-A	= 4.5291TB-5.8278	0.9856	<0.001
V-A	= 1.9192TB-1.2085	0.9396	<0.001
A-K	= 2.5233TB-2.4894	0.9639	<0.001
KSU	= 1.4580TB-0.2509	0.9160	<0.001
KSY	= 1.1457TB-0.2130	0.9419	<0.001
MİN	= 1.0680TB-1.0849	0.9552	<0.001
MAKS	= 2.5969TB-6.3111	0.9741	<0.001
GÇ	= 0.2844TB+3.3898	0.8755	<0.001
İOM	= 0.9493TB-0.7084	0.9427	<0.001
PreOM	= 0.6895TB+0.3161	0.9108	<0.001
PostOM	= 0.9351TB+1.2566	0.9205	<0.001
BU	= 0.3483TB-0.1538	0.8758	<0.001

Tablo 3.13. Devamı

Değişken		Denklem	R ²	P
İNM	=	0.4914TB+0.6264	0.7797	<0.001
BG ₁	=	1.0679TB-1.2477	0.9482	<0.001
BG ₂	=	0.9812TB-0.9826	0.9300	<0.001
BG ₃	=	0.9023TB-1.9145	0.9499	<0.001
AG	=	0.4870TB-0.9143	0.7808	<0.001
AU	=	0.5482TB-0.2754	0.8475	<0.001

Engiz Çayı popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14. Engiz Çayı popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	23.12	28.99	26.30	0.234	1.483
PreDU	51.63	57.23	54.05	0.214	1.351
PostDU	31.00	39.17	34.87	0.298	1.887
PrePU	24.42	29.68	27.32	0.225	1.421
PostPU	54.02	66.25	60.03	0.401	2.536
PreVU	49.71	55.44	52.63	0.247	1.560
PreAU	67.16	80.07	71.53	0.322	2.036
DYY	14.76	20.54	17.17	0.203	1.284
DYU	10.61	13.50	11.95	0.109	0.692
AYY	9.17	14.36	12.08	0.215	1.358
AYU	10.14	15.70	11.60	0.160	1.009
PYU	15.84	20.01	18.11	0.169	1.068
VYU	13.88	17.11	15.50	0.149	0.941
KYU	15.93	25.19	21.61	0.268	1.692
KYY	17.87	28.95	23.34	0.433	2.736
D-K	42.62	49.57	46.01	0.260	1.644
P-V	25.38	32.10	28.52	0.236	1.494
P-A	44.60	53.09	49.32	0.281	1.779
V-A	18.15	24.87	22.07	0.231	1.464
A-K	24.77	32.02	28.24	0.249	1.575
KSU	15.42	21.70	17.42	0.221	1.399
KSY	12.06	16.22	13.67	0.151	0.953
MİN	10.46	13.84	11.92	0.117	0.737
MAKS	23.27	28.99	25.47	0.206	1.301
% Baş Boyu (mm)					
BY	74.31	105.02	83.61	1.053	6.658
GÇ	21.54	29.43	24.92	0.268	1.695
İOM	33.80	47.92	41.11	0.534	3.379
PreOM	26.08	38.90	32.73	0.431	2.727
PostOM	42.39	54.29	47.73	0.416	2.630
BU	11.47	19.30	15.48	0.293	1.852
İNM	18.15	44.77	24.97	0.652	4.121
BG ₁	38.75	54.63	44.82	0.584	3.693
BG ₂	34.90	71.00	41.95	0.896	5.667
BG ₃	29.20	40.07	34.74	0.445	2.816
AG	11.08	24.69	19.23	0.547	3.461
AU	17.24	31.11	24.22	0.525	3.319

3.2.5. Kızılırmak Nehri Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Kızılırmak Nehri'nin Kaynatma Deresi kolundan temin edilen örneklerin 16 adedi dişi, 24 adedi ise erkek bireydir. Kızılırmak Nehri populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermemektedir (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$).

Örneklerin total boyları 8.60 cm ile 21.50 cm, ağırlık değerleri ise 7.55- 131.13 g arasında değişmektedir. Kızılırmak Nehri örneklerinin ortalama total boy ve ağırlıkları sırasıyla 13.08 cm ve 30.85 g olarak tespit edilmiştir. Kızılırmak için en yüksek %VK değerleri Burun uzunluğu (33.029) ve Ağız genişliği (27.537) olarak hesaplanmıştır. Kızılırmak Nehri populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.15'te gösterilmiştir.

Tablo 3.15. Kızılırmak Nehri'nden yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	7.55	131.13	30.85	3.592	22.716	-
TB	40	8.60	21.50	13.08	0.400	2.532	19.358
ÇB	40	8.00	20.40	12.31	0.393	2.489	20.221
SB	40	7.20	18.30	10.89	0.346	2.188	20.091
BY	40	15.88	37.50	23.86	0.735	4.648	19.477
BB	40	19.03	43.55	28.20	0.779	4.925	17.463
PreDU	40	37.15	90.51	56.16	1.743	11.025	19.630
PostDU	40	25.12	65.29	36.40	1.254	7.930	21.784
PrePU	40	19.34	46.79	29.60	0.827	5.232	17.673
PostPU	40	42.66	115.31	64.88	2.168	13.708	21.130
PreVU	40	35.83	76.59	55.10	1.501	9.494	17.230
PreAU	40	50.08	129.27	76.69	2.435	15.398	20.077
DYY	40	10.80	34.93	17.44	0.678	4.290	24.607
DYU	40	8.87	27.47	12.98	0.499	3.157	24.321
AYY	40	7.60	23.55	12.20	0.463	2.929	24.011
AYU	40	7.20	26.47	12.00	0.497	3.144	26.209
PYU	40	12.11	38.34	19.28	0.712	4.501	23.346
VYU	40	11.09	30.73	16.89	0.555	3.512	20.790
KYU	40	16.36	36.05	22.46	0.610	3.858	17.175
KYY	40	17.08	40.26	24.16	0.815	5.156	21.343
D-K	40	29.75	89.15	48.96	1.752	11.080	22.630
P-V	40	17.07	44.68	29.22	0.958	6.061	20.744
P-A	40	32.59	89.99	52.39	1.763	11.149	21.280
V-A	40	15.46	42.40	24.21	0.809	5.116	21.136
A-K	40	20.22	57.66	30.83	1.103	6.979	22.635
KSU	40	14.23	38.06	19.76	0.723	4.571	23.132
KSY	40	8.57	26.55	13.20	0.492	3.113	23.575
MİN	40	7.49	25.51	12.13	0.500	3.160	26.051
MAKS	40	15.83	49.39	25.51	0.951	6.014	23.570
GÇ	40	4.88	13.74	7.08	0.212	1.341	18.935
İOM	40	7.96	24.64	12.44	0.448	2.834	22.787
PreOM	40	5.94	19.15	9.07	0.349	2.205	24.305
PostOM	40	8.73	27.00	13.93	0.500	3.161	22.688
BU	40	2.66	11.76	4.32	0.226	1.428	33.029
İNİM	40	5.36	10.90	7.39	0.175	1.109	15.001
BG ₁	40	9.60	24.42	13.69	0.421	2.663	19.451
BG ₂	40	9.12	22.84	12.74	0.406	2.566	20.135

Tablo 3.15. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₃	40	7.23	18.67	10.80	0.363	2.293	21.239
AG	40	3.61	13.30	6.48	0.282	1.784	27.537
AU	40	5.22	14.35	7.83	0.262	1.654	21.130

Kızılırmak Nehri popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan her bir morfolometrik parametrenin ve ağırlık değerlerinin total boy ile olan ilişkileri incelenmiştir (Tablo 3.16). ÇB (0.9983), SB (0.9970), A (0.9926), PreA (0.9913), PreDU (0.9882), D-K (0.9799), PostPU (0.9775), BB (0.9650), BY (0.9614), P-V (0.9599), P-A (0.9540), BG₂ (0.9540), PrePU (0.9515), PostDU (0.9472), A-K (0.9345), MAKS (0.9317), BG₃ (0.9196), KSU (0.9190), İOM (0.9170), BG₁ (0.9148), KYU (0.9123) ölçüm değerlerinin R² değerleri diğer ölçüm değerlerine oranla daha yüksek olduğu ortaya çıkarılmıştır. Gerçekleştirilen istatistiksel analizler sonucunda tüm ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin önemli olduğu saptanmıştır (P<0.001).

Tablo 3.16. Kızılırmak Nehri örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken	Denklem	R ²	P
A	= 0.0084TB ^{3.1433}	0.9926	<0.001
ÇB	= 0.9820TB-0.5377	0.9983	<0.001
SB	= 0.8630TB-0.3957	0.9970	<0.001
BY	= 1.7998TB+0.3214	0.9614	<0.001
BB	= 1.9110TB+3.2092	0.9650	<0.001
PreDU	= 4.3286TB-0.4528	0.9882	<0.001
PostDU	= 3.0481TB-3.4663	0.9472	<0.001
PrePU	= 2.0156TB+3.2396	0.9515	<0.001
PostPU	= 5.3529TB-5.1383	0.9775	<0.001
PreVU	= 3.4814TB+9.5658	0.8620	<0.001
PreA	= 6.0547TB-2.5032	0.9913	<0.001
DYY	= 1.6036TB-3.5388	0.8955	<0.001
DYU	= 1.1613TB-2.2091	0.8675	<0.001
AYY	= 1.0346TB-1.3335	0.7998	<0.001
AYU	= 1.1438TB-2.9641	0.8484	<0.001
PYU	= 1.6810TB-2.7104	0.8944	<0.001
VYU	= 1.3223TB-0.4035	0.9089	<0.001
KYU	= 1.4552TB+3.4255	0.9123	<0.001
KYY	= 1.9007TB-0.7025	0.8712	<0.001
D-K	= 4.3317TB-7.6977	0.9799	<0.001
P-V	= 2.3452TB-1.4590	0.9599	<0.001
P-A	= 4.3007TB-3.8633	0.9540	<0.001
V-A	= 1.9201TB-0.9082	0.9029	<0.001
A-K	= 2.6645TB-4.0190	0.9345	<0.001
KSU	= 1.7305TB-2.8758	0.9190	<0.001
KSY	= 1.1578TB-1.9415	0.8871	<0.001
MİN	= 1.1883TB-3.4142	0.9068	<0.001
MAKS	= 2.2926TB-4.4730	0.9317	<0.001
GÇ	= 0.4525TB+1.1627	0.7301	<0.001
İOM	= 1.0719TB-1.5827	0.9170	<0.001
PreOM	= 0.7993TB-1.3811	0.8421	<0.001
PostOM	= 1.1616TB-1.2621	0.8659	<0.001
BU	= 0.4438TB-1.4804	0.6189	<0.001

Tablo 3.16. Devamı

Değişken		Denklem	R ²	P
İNM	=	0.3928TB+2.2554	0.8042	<0.001
BG ₁	=	1.0060TB+0.5332	0.9148	<0.001
BG ₂	=	0.9896TB-0.1990	0.9534	<0.001
BG ₃	=	0.8686TB-0.5635	0.9196	<0.001
AG	=	0.5968TB-1.3277	0.7174	<0.001
AU	=	0.5793TB+0.2496	0.7866	<0.001

Kızılırmak Nehri popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.17’de verilmiştir.

Tablo 3.17. Kızılırmak Nehri popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	23.19	28.15	25.86	0.148	0.937
PreDU	48.68	54.90	51.49	0.200	1.265
PostDU	30.73	38.27	33.36	0.264	1.667
PrePU	23.78	29.94	27.21	0.188	1.186
PostPU	55.31	63.93	59.61	0.288	1.818
PreVU	37.09	53.17	50.78	0.394	2.495
PreAU	67.42	74.67	70.41	0.241	1.522
DYY	13.00	19.64	15.88	0.204	1.291
DYU	10.30	14.98	11.89	0.138	0.875
AYY	9.02	13.29	11.16	0.175	1.107
AYU	9.34	14.37	10.97	0.155	0.983
PYU	14.43	21.42	17.62	0.196	1.240
VYU	13.32	17.34	15.47	0.152	0.963
KYU	18.37	23.40	20.57	0.180	1.141
KYY	18.48	25.18	21.95	0.308	1.945
D-K	41.70	47.77	44.88	0.231	1.459
P-V	24.05	28.55	26.83	0.170	1.076
P-A	44.05	58.72	48.10	0.382	2.416
V-A	18.69	24.79	22.21	0.234	1.479
A-K	24.51	32.51	28.30	0.243	1.540
KSU	15.72	20.67	18.11	0.169	1.072
KSY	10.32	14.45	12.10	0.134	0.848
MİN	9.50	13.67	11.09	0.130	0.821
MAKS	20.74	26.62	23.42	0.219	1.384
% Baş Boyu (mm)					
BY	76.96	94.43	85.14	0.775	4.903
GÇ	21.49	36.02	24.81	0.390	2.466
İOM	36.23	55.30	44.03	0.528	3.340
PreOM	26.68	44.66	31.96	0.509	3.220
PostOM	43.03	58.24	49.55	0.562	3.555
BU	11.17	26.78	15.19	0.413	2.614
İNM	22.09	31.64	26.53	0.401	2.539
BG ₁	41.22	55.68	48.93	0.528	3.337
BG ₂	40.37	51.40	45.37	0.381	2.411
BG ₃	32.21	45.18	38.56	0.456	2.882
AG	16.69	30.47	23.17	0.547	3.457
AU	21.59	37.71	27.85	0.486	3.072

3.2.6. Mert Irmağı Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Mert Irmağı örnekleminin 21 adedi dişi, 19 adedi ise erkek bireydir. Mert Irmağı populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermemektedir (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$).

Örneklerin total boyları 10.10 cm ile 21.0 cm, ağırlık değerleri ise 12.36- 89.86 g arasında değişmektedir. Mert Irmağı örneklerinin ortalama total boy ve ağırlıkları sırasıyla 13.63 cm ve 35.18 g olarak saptanmıştır. Mert Irmağı için en yüksek %VK değerleri Gözün ön kenarından baş genişliği (24.479) ve Kuyruk sapı uzunluğu (23.869) olarak hesaplanmıştır. Mert Irmağı populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.18’de gösterilmiştir.

Tablo 3.18. Mert Irmağı’ndan yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
TB	40	10.10	21.00	13.63	0.450	2.849	20.909
ÇB	40	9.50	19.10	12.89	0.426	2.692	20.882
SB	40	8.40	16.80	11.35	0.369	2.335	20.585
A	40	12.36	89.86	35.18	3.564	22.541	-
BY	40	17.04	34.05	24.53	0.801	5.063	20.643
BB	40	20.85	43.60	29.31	0.939	5.941	20.274
PreDU	40	44.35	88.65	58.80	1.854	11.726	19.943
PostDU	40	28.03	57.70	39.16	1.213	7.671	19.589
PrePU	40	22.04	47.08	31.30	0.993	6.283	20.073
PostPU	40	45.81	100.68	67.29	2.310	14.607	21.708
PreVU	40	43.19	87.63	58.94	1.916	12.117	20.557
PreAU	40	58.84	119.14	81.04	2.657	16.802	20.732
DYY	40	12.20	27.63	18.42	0.561	3.548	19.256
DYU	40	8.80	19.75	13.07	0.445	2.815	21.540
AYY	40	8.76	19.45	13.42	0.447	2.828	21.077
AYU	40	9.00	19.15	12.33	0.447	2.826	22.918
PYU	40	14.07	26.88	19.52	0.602	3.809	19.514
VYU	40	12.67	24.86	17.12	0.519	3.283	19.171
KYU	40	15.69	32.30	22.28	0.645	4.079	18.307
KYY	40	15.98	40.88	26.19	0.914	5.782	22.082
D-K	40	37.13	74.60	50.54	1.742	11.016	21.795
P-V	40	22.85	43.61	31.05	0.963	6.090	19.611
P-A	40	40.45	79.88	55.23	1.717	10.859	19.663
V-A	40	19.29	37.67	25.72	0.822	5.199	20.214
A-K	40	20.56	48.67	31.27	1.174	7.424	23.740
KSU	40	13.62	29.66	19.71	0.744	4.704	23.869
KSY	40	10.61	19.65	14.33	0.447	2.827	19.725
MİN	40	9.43	18.61	13.25	0.405	2.560	19.322
MAKS	40	19.35	39.34	27.10	0.851	5.380	19.852
GÇ	40	5.59	8.97	7.06	0.140	0.884	12.518
İOM	40	9.24	18.97	13.02	0.425	2.688	20.654
PreOM	40	6.29	14.76	9.31	0.350	2.211	23.739
PostOM	40	9.04	20.83	13.92	0.517	3.272	23.506
BU	40	3.10	6.38	4.50	0.162	1.027	22.797
İNİM	40	4.23	11.24	7.41	0.272	1.720	23.201
BG ₁	40	8.98	20.59	13.69	0.495	3.129	22.856
BG ₂	40	8.59	20.15	12.98	0.482	3.051	23.512

Tablo 3.18. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₃	40	7.94	17.46	11.19	0.433	2.740	24.479
AG	40	4.16	9.25	6.43	0.207	1.308	20.351
AU	40	6.00	11.08	7.84	0.224	1.415	18.046

Mert Irmağı'ndan yakalanan örneklerden alınmış olan her bir morfometrik parametrenin ve ağırlık değerlerinin total boy ile olan ilişkileri Tablo 3.19'da sunulmuştur. ÇB (0.9948), SB (0.9919), PreA (0.9892), PreVU (0.9870), PreDU (0.9822), PostDU (0.9774), PostPU (0.9773), BB (0.9748), P-A (0.9732), D-K (0.9730), PrePU (0.9698), A (0.9605), A-K (0.9595), AYU (0.9513), P-V (0.9490), İOM (0.9443), VYU (0.9366), BG₁ (0.9282), KSY (0.9279), MAKS (0.9264), BG₃ (0.9259), KYU (0.9206) değerlerinin R²'leri diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Tüm ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğu gerçekleştirilen istatistiksel analizler ile belirlenmiştir (P<0.001).

Tablo 3.19. Mert Irmağı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken	Denklem	R ²	P
A	= 0.0109TB ^{3.0453}	0.9605	<0.001
ÇB	= 0.9424TB+0.0495	0.9948	<0.001
SB	= 0.8164TB+0.2210	0.9919	<0.001
BY	= 1.6890TB+1.5132	0.9032	<0.001
BB	= 2.0591TB+1.2504	0.9748	<0.001
PreDU	= 4.0793TB+3.2178	0.9822	<0.001
PostDU	= 2.6620TB+2.8882	0.9774	<0.001
PrePU	= 2.1721TB+1.7081	0.9698	<0.001
PostPU	= 5.0688TB-1.7716	0.9773	<0.001
PreVU	= 4.2255TB+1.3690	0.9870	<0.001
PreA	= 5.8662TB+1.1179	0.9892	<0.001
DYY	= 1.1792TB+2.3581	0.8966	<0.001
DYU	= 0.9300TB+0.3975	0.8858	<0.001
AYY	= 0.8811TB+1.4125	0.7878	<0.001
AYU	= 0.9674TB-0.8511	0.9513	<0.001
PYU	= 1.2764TB+2.1267	0.9114	<0.001
VYU	= 1.1152TB+1.9286	0.9366	<0.001
KYU	= 1.3739TB+3.5623	0.9206	<0.001
KYY	= 1.8767TB+0.6164	0.8549	<0.001
D-K	= 3.8143TB-1.4265	0.9730	<0.001
P-V	= 2.0825TB+2.6800	0.9490	<0.001
P-A	= 3.7605TB+3.9888	0.9732	<0.001
V-A	= 1.7152TB+2.3530	0.8832	<0.001
A-K	= 2.5528TB-3.5082	0.9595	<0.001
KSU	= 1.5335TB-1.1889	0.8627	<0.001
KSY	= 0.9560TB+1.3083	0.9279	<0.001
MİN	= 0.8621TB+1.5034	0.9203	<0.001
MAKS	= 1.8177TB+2.3355	0.9264	<0.001
GÇ	= 0.2709TB+3.3714	0.7619	<0.001
İOM	= 0.9170TB+0.5215	0.9443	<0.001
PreOM	= 0.7189TB-0.4814	0.8581	<0.001
PostOM	= 1.0972TB-1.0307	0.9128	<0.001
BU	= 0.2787TB+0.7064	0.5980	<0.001
İNİM	= 0.5557TB-0.1580	0.8471	<0.001

Tablo 3.19. Devamı

Değişken		Denklem	R2	P
BG ₁	=	1.0583TB-0.7278	0.9282	<0.001
BG ₂	=	1.0272TB-1.0184	0.9198	<0.001
BG ₃	=	0.9255TB-1.4163	0.9259	<0.001
AG	=	0.3754TB+1.3139	0.6682	<0.001
AU	=	0.4584TB+1.5964	0.8515	<0.001

Mert Irmağı popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.20’de verilmiştir.

Tablo 3.20. Mert Irmağı popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	23.20	27.97	25.81	0.173	1.096
PreDU	49.34	54.64	51.87	0.229	1.448
PostDU	31.23	36.73	34.60	0.191	1.207
PrePU	25.22	30.39	27.60	0.183	1.156
PostPU	55.06	65.18	59.26	0.317	2.003
PreVU	49.38	57.28	51.94	0.218	1.379
PreAU	68.31	76.22	71.42	0.260	1.647
DYY	13.49	18.16	16.29	0.174	1.102
DYU	10.10	13.11	11.52	0.119	0.753
AYY	9.57	14.82	11.86	0.183	1.159
AYU	9.08	11.95	10.84	0.099	0.623
PYU	15.20	18.98	17.23	0.139	0.877
VYU	13.46	16.98	15.13	0.118	0.748
KYU	16.94	22.10	19.69	0.185	1.172
KYY	17.63	29.20	23.02	0.357	2.260
D-K	40.30	47.00	44.52	0.237	1.499
P-V	25.57	32.37	27.46	0.209	1.325
P-A	45.71	52.98	48.81	0.277	1.753
V-A	20.68	29.38	22.72	0.232	1.465
A-K	23.72	29.85	27.44	0.236	1.490
KSU	14.76	20.87	17.31	0.234	1.479
KSY	11.62	14.58	12.67	0.113	0.713
MİN	10.17	13.14	11.73	0.112	0.710
MAKS	20.59	26.32	23.97	0.198	1.250
% Baş Boyu (mm)					
BY	71.99	97.05	83.96	0.831	5.257
GÇ	20.77	28.13	24.31	0.287	1.818
İOM	40.52	50.77	44.49	0.377	2.385
PreOM	26.98	39.06	31.65	0.408	2.580
PostOM	41.58	52.07	47.36	0.460	2.910
BU	11.43	20.01	15.42	0.341	2.154
İNİM	18.91	29.68	25.28	0.363	2.297
BG ₁	41.53	54.93	46.69	0.451	2.850
BG ₂	35.94	51.31	44.18	0.460	2.912
BG ₃	32.49	43.78	38.09	0.418	2.647
AG	15.97	29.58	22.31	0.551	3.486
AU	22.42	35.45	27.00	0.382	2.418

3.2.7. Taşkelik Deresi Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Taşkelik Deresi'nden elde edilen örneklerin 29 adedi dişi, 11 adedi ise erkek bireydir. Taşkelik Deresi populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermemektedir (Shapiro-Wilk, $p < 0.05$).

Taşkelik Deresi örneklerin total boyları 6.60 cm ile 27.70 cm, ağırlık değerleri ise 3.25- 292.09 g arasında değişmektedir. Örneklerin ortalama total boy ve ağırlıkları sırasıyla 13.20 cm ve 36.94 g olarak belirlenmiştir. Taşkelik Deresi için en yüksek %VK değeri Ağız genişliği (47.254) ve Ventral yüzgeç uzunluğu (41.532) olarak hesaplanmıştır. Taşkelik Deresi populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.21'de gösterilmiştir.

Tablo 3.21. Taşkelik Deresi'nden yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	3.25	292.09	36.94	8.151	51.555	-
TB	40	6.60	27.70	13.20	0.639	4.044	30.633
ÇB	40	6.10	26.40	12.42	0.613	3.875	31.197
SB	40	5.30	23.30	10.79	0.541	3.420	31.715
BY	40	12.27	54.17	22.67	1.279	8.088	35.671
BB	40	16.35	62.44	29.67	1.423	9.000	30.338
PreDU	40	29.97	123.30	58.30	2.776	17.558	30.114
PostDU	40	17.31	74.49	34.97	1.720	10.881	31.119
PrePU	40	16.64	62.46	30.66	1.451	9.177	29.930
PostPU	40	30.15	136.88	63.24	3.181	20.116	31.808
PreVU	40	27.97	120.93	57.26	2.818	17.825	31.131
PreAU	40	38.51	170.00	78.88	3.894	24.631	31.227
DYY	40	9.81	36.68	19.40	0.925	5.850	30.156
DYU	40	6.02	30.79	13.09	0.732	4.629	35.370
AYY	40	7.28	30.20	14.22	0.762	4.817	33.883
AYU	40	5.96	31.98	13.17	0.776	4.910	37.287
PYU	40	10.69	34.47	19.18	0.874	5.525	28.806
VYU	40	9.17	51.10	17.37	1.141	7.214	41.532
KYU	40	14.27	51.10	25.41	1.128	7.132	28.071
KYY	40	14.46	62.23	29.92	1.333	8.434	28.190
D-K	40	22.90	100.11	46.21	2.334	14.760	31.941
P-V	40	13.12	65.27	29.68	1.526	9.650	32.517
P-A	40	24.95	113.61	53.34	2.589	16.375	30.700
V-A	40	12.87	50.25	24.98	1.243	7.862	31.475
A-K	40	15.01	64.60	29.18	1.547	9.786	33.541
KSU	40	9.48	35.00	17.71	0.823	5.205	29.398
KSY	40	7.07	29.46	13.75	0.710	4.490	32.667
MİN	40	6.81	26.34	11.90	0.626	3.961	33.277
MAKS	40	12.00	61.58	25.95	1.566	9.905	38.176
GÇ	40	3.77	13.42	7.35	0.257	1.628	22.137
İOM	40	5.64	27.60	11.60	0.635	4.018	34.626
PreOM	40	4.38	23.44	9.87	0.532	3.365	34.105
PostOM	40	7.76	32.96	14.62	0.769	4.862	33.250
BU	40	2.42	10.99	5.08	0.262	1.657	32.656
İNİM	40	3.40	14.20	6.62	0.315	1.990	30.046
BG ₁	40	6.48	30.56	12.41	0.679	4.297	34.613
BG ₂	40	6.15	27.16	11.79	0.611	3.866	32.790

Tablo 3.21. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₃	40	5.18	23.02	9.74	0.532	3.364	34.527
AG	40	2.93	14.40	6.36	0.475	3.006	47.254
AU	40	4.64	18.49	8.17	0.445	2.813	34.434

Squalius sp. bireylerinin morfolometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri Tablo 3.22’de sunulmuştur. ÇB (0.9990), SB (0.9967), A (0.9927), PreA (0.9923), PreDU (0.9920), PreVU (0.9912), D-K (0.9857), BB (0.9833), P-A (0.9813), A-K (0.9757), PostPU (0.9719), PostDU (0.9701), PostOM (0.9701), PrePU (0.9592), BY (0.9588), İOM (0.9583), MİN (0.9582), BG₂ (0.9482), DYU (0.9465) ölçüm değerlerinin R²’leri incelendiğinde diğerlerine göre daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Tüm ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0.001).

Tablo 3.22. Taşkelik Deresi örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken	Denklem	R ²	P
A	= 0.0092TB ^{3.0925}	0.9927	<0.001
ÇB	= 0.9579TB-0.2219	0.9990	<0.001
SB	= 0.8445TB-0.3622	0.9967	<0.001
BY	= 1.9585TB-3.1783	0.9588	<0.001
BB	= 2.2071TB+0.5329	0.9833	<0.001
PreDU	= 4.3248TB+1.2169	0.9920	<0.001
PostDU	= 2.6504TB-0.0182	0.9701	<0.001
PrePU	= 2.2227TB+1.3216	0.9592	<0.001
PostPU	= 4.9043TB-1.4954	0.9719	<0.001
PreVU	= 4.3888TB-0.6731	0.9912	<0.001
PreA	= 6.0677TB-1.2162	0.9923	<0.001
DYY	= 1.3945TB+0.9926	0.9291	<0.001
DYU	= 1.1138TB-1.6141	0.9465	<0.001
AYY	= 1.0966TB-0.2581	0.8473	<0.001
AYU	= 1.1751TB-2.3436	0.9366	<0.001
PYU	= 1.3104TB+1.8815	0.9199	<0.001
VYU	= 1.6891TB-4.9275	0.8965	<0.001
KYU	= 1.6928TB+3.0619	0.9212	<0.001
KYY	= 1.9297TB+4.4456	0.8560	<0.001
D-K	= 3.6240TB-1.6273	0.9857	<0.001
P-V	= 2.3129TB-0.8534	0.9393	<0.001
P-A	= 4.0115TB+0.3868	0.9813	<0.001
V-A	= 1.8764TB+0.2097	0.9314	<0.001
A-K	= 2.3905TB-2.3790	0.9757	<0.001
KSU	= 1.2492TB+1.2170	0.9417	<0.001
KSY	= 1.0711TB-0.3921	0.9302	<0.001
MİN	= 0.9588TB-0.7540	0.9582	<0.001
MAKS	= 2.3822TB-5.4987	0.9457	<0.001
GÇ	= 0.3674TB+2.5032	0.8330	<0.001
İOM	= 0.9726TB-1.2358	0.9583	<0.001
PreOM	= 0.8026TB-0.7270	0.9300	<0.001
PostOM	= 1.1785TB-0.9321	0.9605	<0.001
BU	= 0.3578TB+0.3520	0.7621	<0.001
İNİ	= 0.4660TB+0.4715	0.8967	<0.001
BG ₁	= 1.0326TB-1.2161	0.9442	<0.001

Tablo 3.22. Devamı

Değişken		Denklem	R ²	P
BG ₂	=	0.9309TB-0.4984	0.9482	<0.001
BG ₃	=	0.8070TB-0.9107	0.9412	<0.001
AG	=	0.6641TB-2.4049	0.7981	<0.001
AU	=	0.6690TB-0.6632	0.9252	<0.001

Taşkelik Deresi popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.23'te verilmiştir.

Tablo 3.23. Taşkelik Deresi popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	25.46	30.83	27.46	0.191	1.210
PreDU	51.09	60.17	54.19	0.287	1.818
PostDU	29.16	40.86	32.54	0.337	2.133
PrePU	25.03	33.44	28.51	0.269	1.699
PostPU	51.83	68.96	58.80	0.517	3.267
PreVU	49.20	58.64	53.13	0.313	1.978
PreAU	69.60	79.29	73.26	0.334	2.112
DYY	14.97	22.47	18.01	0.237	1.502
DYU	10.40	15.21	12.09	0.137	0.866
AYY	7.88	17.02	13.22	0.290	1.835
AYU	9.79	16.07	12.12	0.188	1.189
PYU	14.85	21.29	17.89	0.222	1.401
VYU	11.86	23.05	15.86	0.283	1.787
KYU	17.00	28.38	23.56	0.318	2.008
KYY	19.02	34.01	27.75	0.518	3.279
D-K	38.03	50.44	43.02	0.316	2.001
P-V	19.42	33.14	27.60	0.372	2.351
P-A	44.37	55.58	49.65	0.321	2.028
V-A	16.94	26.11	23.20	0.309	1.956
A-K	22.70	30.00	27.01	0.247	1.562
KSU	13.60	19.71	16.54	0.216	1.368
KSY	10.49	14.75	12.79	0.176	1.110
MİN	9.55	13.26	11.08	0.120	0.758
MAKS	17.83	27.74	23.91	0.330	2.088
% Baş Boyu (mm)					
BY	64.87	89.34	76.49	0.853	5.396
GÇ	18.69	30.90	24.74	0.375	2.372
İOM	34.41	48.22	38.93	0.429	2.715
PreOM	17.99	38.46	33.05	0.495	3.130
PostOM	43.44	56.75	49.62	0.495	3.130
BU	12.56	27.30	17.15	0.454	2.873
İNİM	16.84	29.34	22.51	0.410	2.595
BG ₁	34.61	49.93	41.94	0.483	3.056
BG ₂	33.45	48.11	39.91	0.499	3.153
BG ₃	28.63	41.70	33.04	0.441	2.789
AG	13.98	32.63	21.17	0.692	4.374
AU	23.20	33.97	27.53	0.396	2.508

3.2.8. Terme Çayı Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Terme Çayı'ndan temin edilen örneklerin 21 adedi dişi, 19 adedi ise erkek bireydir. Terme Çayı populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermektedir (Shapiro-Wilk, $p>0.05$).

Örneklerin total boyları 6.60 cm ile 17.60 cm, ağırlık değerleri ise 3.38- 71.82 g arasında değişmektedir. Terme Çayı örneklerinin ortalama total boy ve ağırlıkları sırasıyla 11.30 cm ve 19.01 g olarak belirlenmiştir. Terme Çayı için en yüksek %VK değeri Ağız genişliği (40.350) ve Ağız uzunluğu (27.908) olarak hesaplanmıştır. Terme Çayı populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.24'te sunulmuştur.

Tablo 3.24. Terme Çayı'ndan yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	3.38	71.82	19.01	1.894	11.977	-
TB	40	6.60	17.60	11.30	0.349	2.210	19.563
ÇB	40	6.20	17.20	10.76	0.342	2.164	20.114
SB	40	5.30	15.30	9.35	0.309	1.957	20.939
BY	40	12.49	26.17	18.87	0.487	3.079	16.323
BB	40	16.05	36.99	24.89	0.679	4.292	17.244
PreDU	40	30.28	78.96	51.31	1.638	10.360	20.192
PostDU	40	17.15	48.65	31.42	1.032	6.529	20.779
PrePU	40	16.61	41.90	26.04	0.806	5.098	19.581
PostPU	40	32.10	104.24	54.47	2.029	12.832	23.559
PreVU	40	28.81	80.60	49.47	1.587	10.039	20.295
PreAU	40	39.69	108.33	66.31	2.106	13.321	20.088
DYY	40	8.81	22.44	15.65	0.476	3.013	19.256
DYU	40	5.48	17.94	10.55	0.382	2.413	22.871
AYY	40	6.15	16.32	10.98	0.343	2.166	19.736
AYU	40	6.09	15.88	10.65	0.370	2.339	21.969
PYU	40	8.89	20.61	16.49	0.431	2.724	16.522
VYU	40	9.88	17.73	14.27	0.340	2.152	15.078
KYU	40	9.67	28.33	20.16	0.692	4.379	21.719
KYY	40	13.25	48.78	25.79	0.943	5.965	23.126
D-K	40	17.73	69.50	40.54	1.500	9.487	23.402
P-V	40	13.81	40.86	25.53	0.822	5.197	20.357
P-A	40	25.85	69.53	43.81	1.341	8.479	19.355
V-A	40	11.53	31.60	19.78	0.600	3.797	19.199
A-K	40	14.28	43.23	25.95	0.885	5.597	21.566
KSU	40	7.44	27.78	16.34	0.646	4.085	24.999
KSY	40	6.54	23.22	11.43	0.450	2.848	24.909
MİN	40	5.43	16.38	10.06	0.355	2.243	22.290
MAKS	40	13.45	37.68	22.33	0.757	4.786	21.437
GÇ	40	3.98	8.98	7.02	0.169	1.071	15.256
İOM	40	6.94	20.52	11.02	0.395	2.498	22.662
PreOM	40	5.52	13.36	8.74	0.276	1.745	19.962
PostOM	40	6.30	15.25	11.47	0.346	2.190	19.100
BU	40	2.55	7.86	4.69	0.188	1.189	25.354
İNİM	40	3.43	10.47	6.21	0.237	1.498	24.138
BG ₁	40	6.08	21.39	11.74	0.477	3.014	25.668
BG ₂	40	5.60	20.87	11.07	0.442	2.798	25.276

Tablo 3.24. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₃	40	3.95	17.15	9.04	0.397	2.511	27.768
AG	40	2.52	11.91	4.87	0.311	1.965	40.350
AU	40	4.22	12.07	7.81	0.345	2.179	27.908

Squalius sp. bireylerinin morfolometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri Tablo 3.25'te verilmiştir. SB (0.9878), ÇB (0.9867), A (0.9760), PreVU (0.9742), P-A (0.9674), PreA (0.9652), D-K (0.9592), PostDU (0.9578), PreDU (0.9536), P-V (0.9536), PreDU (0.9317), BG₁ (0.9180), V-A (0.9139), A-K (0.9118), PostPU (0.9106), BG₃ (0.9028) değerlerinin R²'leri diğerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tüm ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğu gerçekleştirilen istatistiksel analizler ile saptanmıştır (P<0.001).

Tablo 3.25. Terme Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken		Denklem	R ²	P
A	=	0.0117TB ^{3.0019}	0.9760	<0.001
ÇB	=	0.9725TB-0.2290	0.9867	<0.001
SB	=	0.8801TB-0.5959	0.9878	<0.001
BY	=	1.2372TB+4.8884	0.7885	<0.001
BB	=	1.7624TB+4.9818	0.8235	<0.001
PreDU	=	4.5775TB-0.4038	0.9536	<0.001
PostDU	=	2.8910TB-1.2410	0.9578	<0.001
PrePU	=	2.2265TB+0.8816	0.9317	<0.001
PostPU	=	5.5404TB-8.1251	0.9106	<0.001
PreVU	=	4.4832TB-1.1825	0.9742	<0.001
PreA	=	5.9214TB-0.5839	0.9652	<0.001
DYY	=	1.2671TB+1.3337	0.8637	<0.001
DYU	=	1.0295TB-1.0787	0.8889	<0.001
AYY	=	0.8432TB+1.4511	0.7400	<0.001
AYU	=	0.9680TB-0.2905	0.8369	<0.001
PYU	=	1.1177TB+3.8580	0.8226	<0.001
VYU	=	0.8839TB+4.2881	0.8238	<0.001
KYU	=	1.5791TB+2.3230	0.6351	<0.001
KYY	=	2.1853TB+1.1051	0.6556	<0.001
D-K	=	4.2040TB-6.9552	0.9592	<0.001
P-V	=	2.2961TB-0.4110	0.9536	<0.001
P-A	=	3.7734TB+1.1785	0.9674	<0.001
V-A	=	1.6422TB+1.2228	0.9139	<0.001
A-K	=	2.4183TB-1.3663	0.9118	<0.001
KSU	=	1.5993TB-1.7284	0.7488	<0.001
KSY	=	1.0177TB-0.0655	0.6239	<0.001
MİN	=	0.9539TB-0.7141	0.8835	<0.001
MAKS	=	2.0403TB-0.7223	0.8876	<0.001
GÇ	=	0.3780TB+2.7507	0.6083	<0.001
İOM	=	1.0597TB-0.9485	0.8790	<0.001
PreOM	=	0.6850TB+1.0017	0.7529	<0.001
PostOM	=	0.8719TB+1.6162	0.7742	<0.001
BU	=	0.4261TB-0.1253	0.6276	<0.001
İNİM	=	0.5881TB-0.4391	0.7532	<0.001
BG ₁	=	1.3068TB-3.0192	0.9180	<0.001
BG ₂	=	1.1984TB-2.4680	0.8959	<0.001

Tablo 3.25. Devamı

Değişken		Denklem	R ²	P
BG ₃	=	1.0794TB-3.1521	0.9028	<0.001
AG	=	0.7303TB-3.3796	0.6744	<0.001
AU	=	0.7889TB-1.1041	0.6402	<0.001

Terme Çayı popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.26'da verilmiştir.

Tablo 3.26. Terme Çayı popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	20.18	29.21	26.34	0.306	1.935
PreDU	41.55	58.11	54.59	0.400	2.529
PostDU	30.40	36.77	33.59	0.207	1.308
PrePU	23.83	30.80	27.65	0.219	1.384
PostPU	53.08	67.57	58.54	0.452	2.861
PreVU	49.64	54.44	52.77	0.186	1.178
PreAU	66.60	74.72	71.08	0.316	1.996
DYY	14.77	19.62	16.61	0.167	1.054
DYU	9.83	13.35	11.29	0.129	0.814
AYY	8.96	14.04	11.82	0.192	1.216
AYU	9.43	13.52	11.44	0.146	0.923
PYU	13.64	19.65	17.64	0.212	1.341
VYU	11.68	18.37	15.26	0.199	1.260
KYU	11.32	26.31	21.06	0.487	3.082
KYY	19.25	33.69	26.55	0.563	3.563
D-K	34.51	46.94	43.53	0.345	2.185
P-V	25.71	31.11	27.53	0.171	1.079
P-A	42.38	51.47	47.26	0.301	1.906
V-A	18.87	25.26	21.17	0.207	1.307
A-K	24.25	30.99	28.03	0.283	1.788
KSU	10.52	20.43	17.46	0.317	2.004
KSY	9.87	20.54	12.31	0.283	1.790
MİN	9.11	12.90	10.87	0.133	0.843
MAKS	20.71	28.34	24.24	0.272	1.722
% Baş Boyu (mm)					
BY	64.89	92.10	78.27	1.064	6.732
GÇ	19.21	32.46	26.80	0.495	3.129
İOM	36.70	60.83	44.64	0.799	5.053
PreOM	27.85	51.45	34.94	0.700	4.428
PostOM	38.08	53.94	47.27	0.573	3.623
BU	12.62	29.81	18.89	0.536	3.390
İNİM	19.51	44.40	25.22	0.685	4.335
BG ₁	37.89	67.35	47.87	0.906	5.727
BG ₂	34.33	55.01	44.90	0.780	4.935
BG ₃	28.00	53.90	37.15	0.818	5.177
AG	12.35	32.57	20.24	0.792	5.007
AU	22.46	51.19	31.52	0.991	6.265

3.2.9. Tersakan Çayı Populasyonunun Morfometrik Bulguları

Tersakan Çayı'ndan yakalanan örneklerin 18 adedini dişi, 22 adedi ise erkek birey temsil etmektedir. Tersakan Çayı populasyonuna ait bireylerin morfometrik verileri normal dağılım göstermektedir (Shapiro-Wilk, $p>0.05$).

Örneklerin total boyları 13.10 cm ile 19.60 cm, ağırlık değerleri ise 28.16-108.88 g arasında değişmektedir. Tersakan Çayı örneklerinin ortalama total boy ve ağırlıkları 15.75 cm ve 51.99 g olarak belirlenmiştir. Tersakan Çayı için en yüksek %VK Ağız genişliği (13.031) ve Burun uzunluğu (12.379) olarak hesaplanmıştır. Tersakan Çayı populasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.27'de gösterilmiştir.

Tablo 3.27. Tersakan Çayı'ndan yakalanan *Squalius* sp. populasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	28.16	108.88	51.99	2.322	14.685	-
TB	40	13.10	19.60	15.75	0.204	1.289	8.183
ÇB	40	12.30	18.60	14.87	0.200	1.265	8.509
SB	40	10.50	16.10	12.87	0.175	1.107	8.600
BY	40	22.00	35.59	26.68	0.405	2.564	9.612
BB	40	23.51	43.19	33.28	0.555	3.508	10.541
PreDU	40	54.27	86.29	68.04	0.940	5.947	8.741
PostDU	40	36.91	55.14	44.31	0.661	4.179	9.431
PrePU	40	29.31	46.30	36.14	0.501	3.165	8.759
PostPU	40	62.52	98.91	75.98	1.142	7.222	9.505
PreVU	40	53.65	83.55	65.68	0.923	5.838	8.888
PreAU	40	76.75	120.27	91.93	1.305	8.253	8.978
DYY	40	17.34	28.55	22.86	0.317	2.003	8.764
DYU	40	12.12	19.65	15.01	0.266	1.684	11.224
AYY	40	14.57	22.55	17.53	0.249	1.577	8.996
AYU	40	11.11	18.31	14.24	0.248	1.568	11.014
PYU	40	20.04	28.36	23.79	0.317	2.003	8.422
VYU	40	16.22	25.85	20.65	0.275	1.738	8.416
KYU	40	24.22	34.18	28.10	0.342	2.164	7.700
KYY	40	19.09	33.26	25.69	0.434	2.745	10.684
D-K	40	48.75	74.54	58.14	0.843	5.332	9.170
P-V	40	28.15	43.10	33.72	0.501	3.167	9.392
P-A	40	49.93	82.90	61.66	0.976	6.173	10.011
V-A	40	21.78	40.30	27.44	0.526	3.324	12.115
A-K	40	30.08	45.26	36.34	0.527	3.330	9.165
KSU	40	18.57	29.67	22.87	0.406	2.566	11.222
KSY	40	14.13	21.97	17.51	0.267	1.687	9.634
MİN	40	12.63	20.12	15.91	0.245	1.547	9.724
MAKS	40	23.86	42.44	30.93	0.510	3.227	10.431
GÇ	40	6.64	9.18	7.81	0.096	0.607	7.778
İOM	40	10.90	18.00	13.13	0.215	1.362	10.369
PreOM	40	8.15	12.18	9.78	0.142	0.897	9.165
PostOM	40	13.91	22.96	17.96	0.295	1.863	10.369
BU	40	4.95	7.79	5.98	0.117	0.740	12.379
İNİM	40	6.52	10.76	8.45	0.146	0.921	10.900
BG ₁	40	12.75	22.18	15.81	0.263	1.666	10.540
BG ₂	40	11.54	19.36	14.33	0.247	1.562	10.896

Tablo 3.27. Devamı

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
BG ₃	40	10.59	17.49	12.48	0.222	1.404	11.244
AG	40	5.18	9.35	7.02	0.145	0.915	13.031
AU	40	8.04	12.70	9.58	0.176	1.116	11.653

Squalius sp. bireylerinin morfolometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri Tablo 3.28’de yer almaktadır. ÇB (0.9642), SB (0.9586), PreVU (0.9419), A (0.9261), PreA (0.9171), P-V (0.9086), PreDU (0.9032) değerlerinin total boy ile olan ilişkileri R² değerleri incelendiğinde diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yapılan istatistiksel hesaplamalar tüm ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır (P<0.001).

Tablo 3.28. Tersakan Çayı örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri

Değişken		Denklem	R ²	P
A	=	0.0087TB ^{3.1471}	0.9261	<0.001
ÇB	=	0.9638TB-0.3127	0.9642	<0.001
SB	=	0.8411TB-0.3734	0.9586	<0.001
BY	=	1.7395TB-0.7131	0.7641	<0.001
BB	=	2.1470TB-0.5307	0.6220	<0.001
PreDU	=	4.3862TB-1.0358	0.9032	<0.001
PostDU	=	2.8534TB-0.6201	0.7740	<0.001
PrePU	=	2.3022TB-0.1145	0.8783	<0.001
PostPU	=	5.1677TB-5.3992	0.8502	<0.001
PreVU	=	4.3966TB-3.5542	0.9419	<0.001
PreA	=	6.1337TB-4.6574	0.9171	<0.001
DYY	=	1.1733TB+4.3839	0.5696	<0.001
DYU	=	1.0301TB-1.2150	0.6211	<0.001
AYY	=	0.8427TB+4.2569	0.4743	<0.001
AYU	=	0.8860TB+0.2866	0.5300	<0.001
PYU	=	0.9972TB+8.0834	0.4114	<0.001
VYU	=	1.0824TB+3.6039	0.6442	<0.001
KYU	=	1.2836TB+7.8917	0.5842	<0.001
KYY	=	1.1232TB+8.0070	0.2780	<0.001
D-K	=	3.8448TB-2.4051	0.8635	<0.001
P-V	=	2.3426TB-3.1694	0.9086	<0.001
P-A	=	4.4717TB-8.7628	0.8715	<0.001
V-A	=	2.0396TB-4.6792	0.6251	<0.001
A-K	=	2.2298TB+1.2242	0.7443	<0.001
KSU	=	1.3255TB+1.9937	0.4430	<0.001
KSY	=	1.1366TB-0.3901	0.7539	<0.001
MİN	=	1.0845TB-1.1661	0.8158	<0.001
MAKS	=	2.2841TB-5.0351	0.8321	<0.001
GÇ	=	0.3151TB+2.8456	0.4471	<0.001
İOM	=	0.9126TB-1.2373	0.7457	<0.001
PreOM	=	0.5018TB+1.8833	0.5198	<0.001
PostOM	=	1.3348TB-3.0555	0.8527	<0.001
BU	=	0.4142TB-0.5415	0.5196	<0.001
İNİM	=	0.5549TB-0.2907	0.6031	<0.001
BG ₁	=	1.0650TB-0.9641	0.6786	<0.001
BG ₂	=	1.0078TB-1.5367	0.6914	<0.001
BG ₃	=	0.9336TB-2.2204	0.7348	<0.001
AG	=	0.5154TB-1.0911	0.5263	<0.001

Tablo 3.28. Devamı

Değişken		Denklem	R ²	P
AU	=	0.6683TB-0.9474	0.5955	<0.001

Tersakan Çayı popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.29'da verilmiştir.

Tablo 3.29. Tersakan Çayı popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	19.04	28.76	26.22	0.234	1.480
PreDU	50.74	55.53	53.15	0.200	1.262
PostDU	32.21	38.18	34.45	0.224	1.419
PrePU	26.64	29.62	28.31	0.126	0.798
PostPU	53.49	65.38	58.76	0.385	2.437
PreVU	49.18	53.33	51.19	0.163	1.029
PreAU	66.99	75.57	71.46	0.297	1.881
DYY	15.73	20.40	17.94	0.164	1.040
DYU	10.12	13.03	11.64	0.116	0.735
AYY	11.57	15.64	13.66	0.145	0.915
AYU	9.41	12.89	11.04	0.136	0.859
PYU	16.10	20.98	18.65	0.196	1.240
VYU	14.49	17.95	16.22	0.125	0.794
KYU	20.06	25.03	22.38	0.187	1.186
KYY	16.70	26.60	20.62	0.297	1.877
D-K	42.17	48.76	44.89	0.221	1.396
P-V	24.55	27.66	26.07	0.123	0.777
P-A	43.22	51.08	47.73	0.288	1.824
V-A	18.37	25.24	21.38	0.253	1.603
A-K	25.44	31.00	28.10	0.213	1.347
KSU	14.58	23.70	17.75	0.244	1.544
KSY	12.28	14.98	13.59	0.105	0.662
MİN	11.20	13.78	12.28	0.087	0.547
MAKS	21.64	25.80	23.81	0.163	1.029
% Baş Boyu (mm)					
BY	69.80	106.64	78.95	0.922	5.833
GÇ	21.57	34.87	24.60	0.355	2.242
İOM	35.21	53.02	39.31	0.455	2.875
PreOM	25.66	43.08	29.73	0.486	3.076
PostOM	47.18	76.30	53.10	0.674	4.263
BU	14.97	27.76	18.01	0.352	2.228
İNİM	21.74	32.93	25.24	0.361	2.282
BG ₁	40.23	61.94	46.80	0.561	3.550
BG ₂	38.14	58.52	42.59	0.541	3.421
BG ₃	32.81	47.72	36.65	0.405	2.559
AG	15.48	25.32	20.33	0.311	1.965
AU	23.47	37.14	28.62	0.394	2.490

3.2.10. Yeşilırmak Nehri Popülasyonunun Morfometrik Bulguları

Yeşilırmak Nehri'nin Yeşilpınar Deresi kolundan temin edilen örneklerin 18 adedi dişi, 22 adedi ise erkek bireydir. Yeşilırmak Nehri popülasyonuna ait bireylerin

morfometrik verileri normal dağılım göstermektedir (Shapiro-Wilk, $p>0.05$).

Yeşilırmak Nehri popülasyonuna ait örneklerin tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri Tablo 3.30'da gösterilmiştir. Örneklerin total boyları 10.30 cm ile 17.60 cm, ağırlık değerleri ise 13.16-59.44 g arasında değişmektedir. Yeşilırmak örneklerinin ortalama total boy ve ağırlıkları 13.55 cm ve 28.45 g olarak belirlenmiştir. Yeşilırmak için en yüksek %VK Anal yüzgeç yüksekliği (18.994) ve Burun uzunluğu (18.421) olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.30. Yeşilırmak Nehri'nden yakalanan *Squalius* sp. popülasyonunun tanımlayıcı istatistik ve %VK değerleri (N: Birey Sayısı, Std: Standart, %VK: Yüzde Varyasyon Katsayısı)

Değişkenler	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma	%VK
A	40	13.16	59.44	28.45	1.598	10.109	-
TB	40	10.30	17.60	13.55	0.247	1.559	11.506
ÇB	40	9.60	16.30	12.61	0.228	1.443	11.449
SB	40	8.50	14.40	11.23	0.199	1.261	11.232
BY	40	17.76	33.93	23.26	0.537	3.398	14.607
BB	40	22.94	39.93	30.48	0.576	3.643	11.952
PreDU	40	42.70	76.37	59.65	1.131	7.156	11.996
PostDU	40	28.97	49.63	37.30	0.745	4.714	12.638
PrePU	40	25.29	41.99	32.23	0.648	4.096	12.710
PostPU	40	48.66	84.93	64.64	1.202	7.602	11.759
PreVU	40	43.58	75.93	57.51	1.110	7.019	12.204
PreAU	40	59.56	103.45	78.70	1.474	9.320	11.842
DYY	40	12.41	27.19	18.13	0.457	2.891	15.942
DYU	40	9.21	16.14	11.88	0.232	1.469	12.364
AYY	40	9.56	21.97	13.50	0.405	2.564	18.994
AYU	40	7.93	14.00	11.30	0.212	1.341	11.871
PYU	40	13.86	26.70	19.58	0.405	2.559	13.065
VYU	40	12.31	23.36	17.40	0.329	2.079	11.951
KYU	40	19.00	31.23	24.59	0.492	3.109	12.644
KYY	40	17.40	31.70	22.14	0.546	3.452	15.588
D-K	40	36.13	62.55	49.00	0.893	5.645	11.521
P-V	40	21.45	37.45	28.34	0.544	3.438	12.132
P-A	40	38.33	65.98	50.56	0.947	5.988	11.844
V-A	40	17.00	29.81	22.28	0.470	2.972	13.338
A-K	40	22.60	41.57	30.94	0.661	4.178	13.505
KSU	40	14.89	28.88	20.23	0.514	3.248	16.053
KSY	40	9.24	15.78	12.33	0.213	1.350	10.952
MİN	40	8.60	14.91	11.47	0.205	1.295	11.292
MAKS	40	18.15	32.83	24.68	0.480	3.038	12.308
GÇ	40	6.28	9.08	7.72	0.100	0.634	8.220
İOM	40	8.63	16.48	11.68	0.235	1.489	12.741
PreOM	40	6.95	12.19	9.17	0.193	1.221	13.322
PostOM	40	10.56	21.47	15.48	0.342	2.166	13.987
BU	40	2.98	6.57	4.56	0.133	.839	18.421
İNİ	40	4.72	10.17	7.36	0.178	1.125	15.276
BG ₁	40	10.90	19.32	13.84	0.293	1.851	13.377
BG ₂	40	9.63	17.73	12.81	0.276	1.747	13.636
BG ₃	40	8.16	14.95	10.60	0.234	1.481	13.965
AG	40	4.32	8.06	6.02	0.146	0.922	15.323
AU	40	6.77	13.33	8.59	0.186	1.174	13.668

Squalius sp. bireylerinin morfometrik ölçüm değerleri ile total boy ve ağırlık değerleri ile total boy arasındaki ilişkilerin regresyon denklemleri belirlenmiştir (Tablo 3.31). ÇB (0.9894), SB (0.9877), A (0.9789), PreA (0.9679), PreVU (0.9625), PreDU (0.9607), P-A (0.9429), PrePU (0.9368), PostPU (0.9363), BB (0.9150) ölçüm değerlerinin total boy ile olan ilişkilerinin R^2 değerleri oldukça yüksek bulunmuştur. Tüm morfometrik ölçüm parametrelerinin total boy ile olan ilişkilerinin oldukça önemli olduğu saptanmıştır ($P<0.001$).

Tablo 3.31. Yeşılırmak Nehri örneklerinden alınan ölçümlerin TB ile olan regresyon denklemleri değerleri

Değişken		Denklem	R^2	P
A	=	$0.0129TB^{2.9380}$	0.9789	<0.001
ÇB	=	$0.9207TB+0.1299$	0.9894	<0.001
SB	=	$0.8040TB+0.3357$	0.9877	<0.001
BY	=	$2.0225TB-4.1416$	0.8611	<0.001
BB	=	$2.2349TB+0.1945$	0.9150	<0.001
PreDU	=	$4.4989TB-1.3052$	0.9607	<0.001
PostDU	=	$2.7273TB+0.3441$	0.8137	<0.001
PrePU	=	$2.5428TB-2.2287$	0.9368	<0.001
PostPU	=	$4.7178TB+0.7170$	0.9363	<0.001
PreVU	=	$4.4169TB-2.3342$	0.9625	<0.001
PreA	=	$5.8811TB-0.9888$	0.9679	<0.001
DYY	=	$1.5288TB-2.5825$	0.6799	<0.001
DYU	=	$0.8224TB+0.7344$	0.7623	<0.001
AYY	=	$1.2716TB-3.7313$	0.5979	<0.001
AYU	=	$0.7469TB+1.1747$	0.7542	<0.001
PYU	=	$1.4410TB+0.0568$	0.7711	<0.001
VYU	=	$1.2165TB+0.9165$	0.8319	<0.001
KYU	=	$1.7210TB+1.2732$	0.7446	<0.001
KYY	=	$1.7239TB-1.2153$	0.6063	<0.001
D-K	=	$3.3855TB+3.1233$	0.8743	<0.001
P-V	=	$2.0665TB+0.3405$	0.8780	<0.001
P-A	=	$3.7293TB+0.0239$	0.9429	<0.001
V-A	=	$1.6918TB-0.6409$	0.7876	<0.001
A-K	=	$2.4410TB-2.1373$	0.8296	<0.001
KSU	=	$1.8951TB-5.4443$	0.8274	<0.001
KSY	=	$0.7950TB+1.5550$	0.8428	<0.001
MİN	=	$0.7722TB+1.0082$	0.8638	<0.001
MAKS	=	$1.8055TB+0.2153$	0.8588	<0.001
GÇ	=	$0.3233TB+3.3373$	0.6313	<0.001
İOM	=	$0.8172TB+0.6102$	0.7326	<0.001
PreOM	=	$0.7046TB-0.3783$	0.8088	<0.001
PostOM	=	$1.2485TB-1.4339$	0.8079	<0.001
BU	=	$0.4561TB-1.6237$	0.7178	<0.001
İNİ	=	$0.6364TB-1.2612$	0.7784	<0.001
BG ₁	=	$1.0708TB-0.6739$	0.8136	<0.001
BG ₂	=	$1.0151TB-0.9404$	0.8204	<0.001
BG ₃	=	$0.8709TB-1.1983$	0.8410	<0.001
AG	=	$0.4403TB+0.0507$	0.5544	<0.001
AU	=	$0.6055TB+0.3886$	0.6460	<0.001

Yeşilırmak Nehri popülasyonuna ait örneklerin üzerinden alınmış olan morfometrik ölçüm değerlerinin %SB ve %BB oranlarının tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 3.32’de verilmiştir.

Tablo 3.32. Yeşilırmak Nehri popülasyonuna ait örneklerin morfometrik ölçümlerinin standart ve baş boya oranı (%)

	Minimum	Maximum	Ortalama	Std. Hata	Std. Sapma
% Standart Boy (mm)					
BB	25.40	29.37	27.11	0.161	1.017
PreDU	49.70	55.58	53.07	0.231	1.463
PostDU	29.42	37.07	33.21	0.280	1.771
PrePU	26.84	31.68	28.66	0.167	1.057
PostPU	54.15	61.75	57.58	0.269	1.702
PreVU	48.17	53.88	51.17	0.206	1.302
PreAU	66.97	72.88	70.05	0.226	1.427
DYY	12.33	20.43	16.12	0.251	1.589
DYU	8.69	11.83	10.58	0.098	0.622
AYY	8.94	15.29	11.98	0.234	1.478
AYU	8.84	11.35	10.07	0.096	0.609
PYU	14.75	19.54	17.43	0.184	1.165
VYU	13.49	17.61	15.49	0.134	0.846
KYU	17.25	24.93	21.87	0.230	1.453
KYY	15.66	23.75	19.67	0.326	2.064
D-K	39.90	46.89	43.67	0.282	1.786
P-V	22.95	27.65	25.24	0.166	1.050
P-A	42.72	47.36	45.02	0.178	1.124
V-A	17.83	22.98	19.82	0.186	1.177
A-K	24.83	30.84	27.53	0.246	1.555
KSU	14.84	20.41	17.97	0.211	1.336
KSY	9.93	12.58	10.99	0.084	0.529
MİN	8.97	11.47	10.23	0.079	0.501
MAKS	19.42	24.76	21.99	0.165	1.040
% Baş Boyu (mm)					
BY	68.60	86.71	76.32	0.674	4.265
GÇ	22.06	29.18	25.37	0.236	1.490
İOM	31.46	45.41	38.42	0.429	2.713
PreOM	25.98	35.35	30.08	0.311	1.966
PostOM	42.92	54.93	50.79	0.368	2.327
BU	11.87	18.21	14.90	0.260	1.643
İNİM	18.55	27.78	24.14	0.293	1.855
BG₁	37.85	52.05	45.47	0.405	2.562
BG₂	34.44	47.72	42.10	0.425	2.687
BG₃	30.49	40.64	34.85	0.347	2.197
AG	15.10	25.26	19.85	0.379	2.396
AU	22.71	32.96	28.26	0.354	2.241

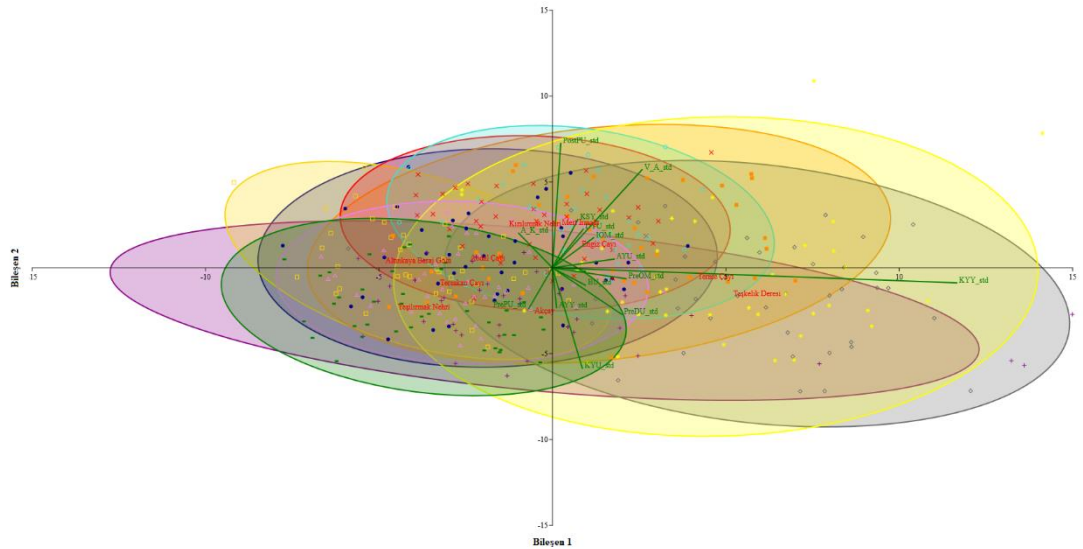
3.2.11. Morfometrik Veriler İçin Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri

Öncelikle SPSS 21.0 istatistik programı kullanılarak univaryet ANCOVA testi yardımıyla tüm lokasyonlarda balık boyundan etkilenen morfometrik değişken olup olmadığına bakılmıştır. Her bir değişkenin balığın total boyu ile ilişkisi değerlendirilmiştir. Balık örneklerinin üzerinden alınan 36 morfometrik ölçümden 22

tanesi (BY, BB, PostDU, PreVU, PreAU, DYY, PYU, VYU, GÇ, PostOM, İNM, D-K, P-V, P-A, KSU, MIN, MAKS, BG₁, BG₂, BG₃, AG, AU) total boy ile ilişkisi önemli bulunduğu için analizlerden çıkarılmıştır ($p < 0.05$). Daha sonra ise Doğrusal Regresyon Analizi ile morfometrik değişkenler arasında çoklu doğrusallık olup olmadığı durumu değerlendirilmiştir. Morfometrik değişkenler arasında çoklu doğrusallık durumu tespit edilmemiştir.

On dört morfometrik ölçüm değeri (PreDU, PrePU, PostPU, AYU, DYU, AYY, KYU, KYY, İOM, PreOM, V-A, A-K, KSY, BU) kullanılarak PAST 4.12b istatistik programı yardımıyla gruplar arası varyans-kovaryans matrisinde Temel Bileşenler Analizi (PCA) gerçekleştirilmiştir. Yamaç eğimi grafiğinde kırık çubuk modeli kullanılarak varyansın büyük bir kısmını açıklayan PC'lerin hangileri olduğu tespit edilmiştir. PC1 ve PC2'nin önemli bileşenler olduğu görülmüştür. PC1 ve PC2 toplam varyansın 81.79'unu oluşturmaktadır (PC1 için %62.33, PC2 için %19.46).

Squalius sp. örnekleri üzerinden alınan 14 morfometrik ölçümün PCA sonucunda 13 tanesinin (PreDU, PrePU, PostPU, AYU, DYU, AYY, KYU, KYY, İOM, PreOM, V-A, A-K, KSY) populasyonlar arası ayırmda oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; Terme Çayı ve Taşkelik Deresi'nin birbirlerinden ayrılmasında KYY değerinin önemli olduğu belirlenmiştir. *Squalius* sp. populasyonlarının ve ilgili morfometrik ölçümlerin PCA ile gösterimi Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. *Squalius* sp. populasyonlarının ve ilgili morfometrik ölçümlerin PCA ile gösterimi

13 morfometrik ölçüm değeri kullanılarak Ayırım Analizi (DA) yapılmış ve populasyon ayrımının doğruluğu test edilmiştir. Grup kovaryans matrisleri farklı olduğu için (Box's M testi, $p < 0.001$) DA'da karesel model uygulanmıştır. Gerçekleştirilen analizler sonucunda 9 fonksiyon elde edilmiştir. İlk 4 fonksiyon varyansın %92.0'sini oluşturmaktadır (Tablo 3.33).

Tablo 3.33. Ayırım Analizine göre populasyonların morfometrik veriler ile karşılaştırılma sonuçlarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri

Fonksiyon	Eigenvalue	% Varyans	% Kümülatif Varyans	Kanonik Korelasyon
1	1.804 ^a	39.5	39.5	0.802
2	1.028 ^a	22.5	62.1	0.712
3	0.948 ^a	20.8	82.8	0.698
4	0.417 ^a	9.1	92.0	0.543
5	0.159 ^a	3.5	95.5	0.371
6	0.098 ^a	2.2	97.6	0.299
7	0.074 ^a	1.6	99.2	0.263
8	0.025 ^a	0.5	99.8	0.156
9	0.010 ^a	0.2	100.0	0.100

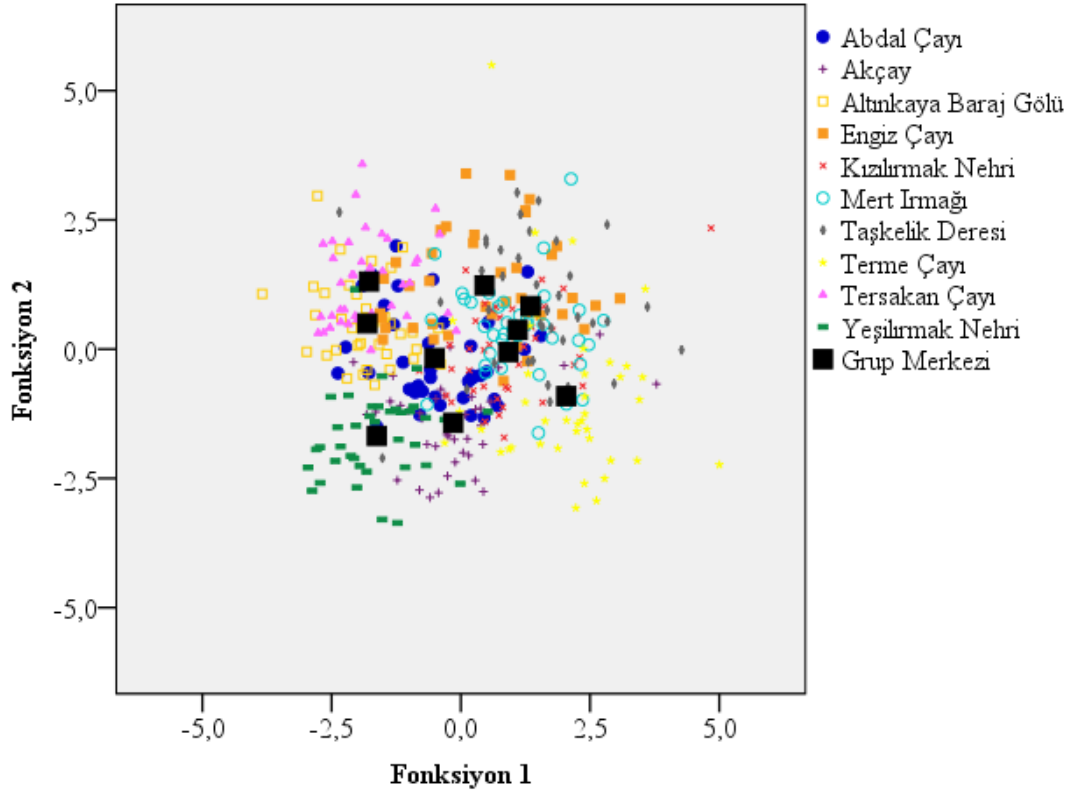
^a. İlk 9 fonksiyon analizlerde kullanılmıştır.

Ayırım Analizine göre populasyonların morfometrik veriler ile karşılaştırılma sonuçlarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri Tablo 3.34'te verilmiştir. Wilks' lambda sonucu morfometrik karakterlerin *Squalius* sp.'nin on populasyonunun ayrımında oldukça önemli olduklarını desteklemektedir ($p < 0.001$).

Tablo 3.34. Ayırım Analizine göre populasyonların morfometrik veriler ile karşılaştırılma sonuçlarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri

Fonksiyonlar	Wilks' Lambda	Chi-square	df	P
1-9	0.045	1201.830	117	0.000
2-9	0.126	802.261	96	0.000
3-9	0.256	528.248	77	0.000
4-9	0.498	269.875	60	0.000
5-9	0.706	134.723	45	0.000
6-9	0.819	77.496	32	0.000
7-9	0.899	41.113	21	0.005
8-9	0.966	13.444	12	0.338
9	0.990	3.868	5	0.569

DA sonuçları *Squalius* sp. türüne ait populasyonlarının morfometrik ölçümler dikkate alınarak Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2 üzerinde düzenli bir şekilde dağıldıklarını göstermektedir (Şekil 3.3). Fonksiyon 1 Engiz Çayı, Mert Irmağı, Taşkelik Deresi, Kızılırmak Nehri ve Terme Çayı populasyonlarını diğer populasyonlardan ayırmaktadır. Fonksiyon 2 ise Terme Çayı, Akçay, Yeşilirmak Nehri populasyonlarını diğer populasyonlardan ayırmaktadır.



Şekil 3.3. SPSS 21.0 kullanılarak Ayrım Analizi (DA) ile lokalitelerin gösterimi

Squalius sp. türü üzerinden alınan 14 farklı morfometrik ölçüm değerinden 13 tanesinin popülasyonların birbirlerinden ayrılmasında %76.5 oranında kullanılabileceği DA sonuçları ile belirlenmiştir (Tablo 3.35). En yüksek sınıflandırma başarısı Taşkelik Deresi popülasyonunda, en düşük sınıflandırma başarısına ise Abdal Çayı popülasyonunda olduğu görülmektedir.

Tablo 3.35. Morfometrik karakterler kullanılarak *Squalius* sp. populasyonlarının sınıflandırılmasındaki başarı oranları

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABÇ	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN	
Örnek Sayıları	Abdal Çayı	25	1	3	3	3	2	0	0	1	2	40
	Akçay	3	26	2	0	2	1	1	0	0	5	40
	Altinkaya Baraj Gölü	4	0	30	0	0	0	0	0	5	1	40
	Engiz Çayı	2	0	3	26	0	1	0	4	3	1	40
	Kızılırmak Nehri	2	1	1	1	31	3	1	0	0	0	40
	Mert Irmağı	2	1	0	1	4	32	0	0	0	0	40
	Taşkelik Deresi	0	1	0	2	0	0	37	0	0	0	40
	Terme Çayı	0	4	0	2	1	0	2	31	0	0	40
	Tersakan Çayı	1	0	6	0	0	1	0	0	32	0	40
	Yeşilirmak Nehri	2	1	1	0	0	0	0	0	0	36	40
%	Abdal Çayı	62.5	2.5	7.5	7.5	7.5	5.0	0.0	0.0	2.5	5.0	100.0
	Akçay	7.5	65.0	5.0	0.0	5.0	2.5	2.5	0.0	0.0	12.5	100.0
	Altinkaya Baraj Gölü	10.0	0.0	75.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	2.5	100.0
	Engiz Çayı	5.0	0.0	7.5	65.0	0.0	2.5	0.0	10.0	7.5	2.5	100.0
	Kızılırmak Nehri	5.0	2.5	2.5	2.5	77.5	7.5	2.5	0.0	0.0	0.0	100.0
	Mert Irmağı	5.0	2.5	0.0	2.5	10.0	80.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	Taşkelik Deresi	0.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	92.5	0.0	0.0	0.0	100.0
	Terme Çayı	0.0	10.0	0.0	5.0	2.5	0.0	5.0	77.5	0.0	0.0	100.0
	Tersakan Çayı	2.5	0.0	15.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	80.0	0.0	100.0
	Yeşilirmak Nehri	5.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	100.0

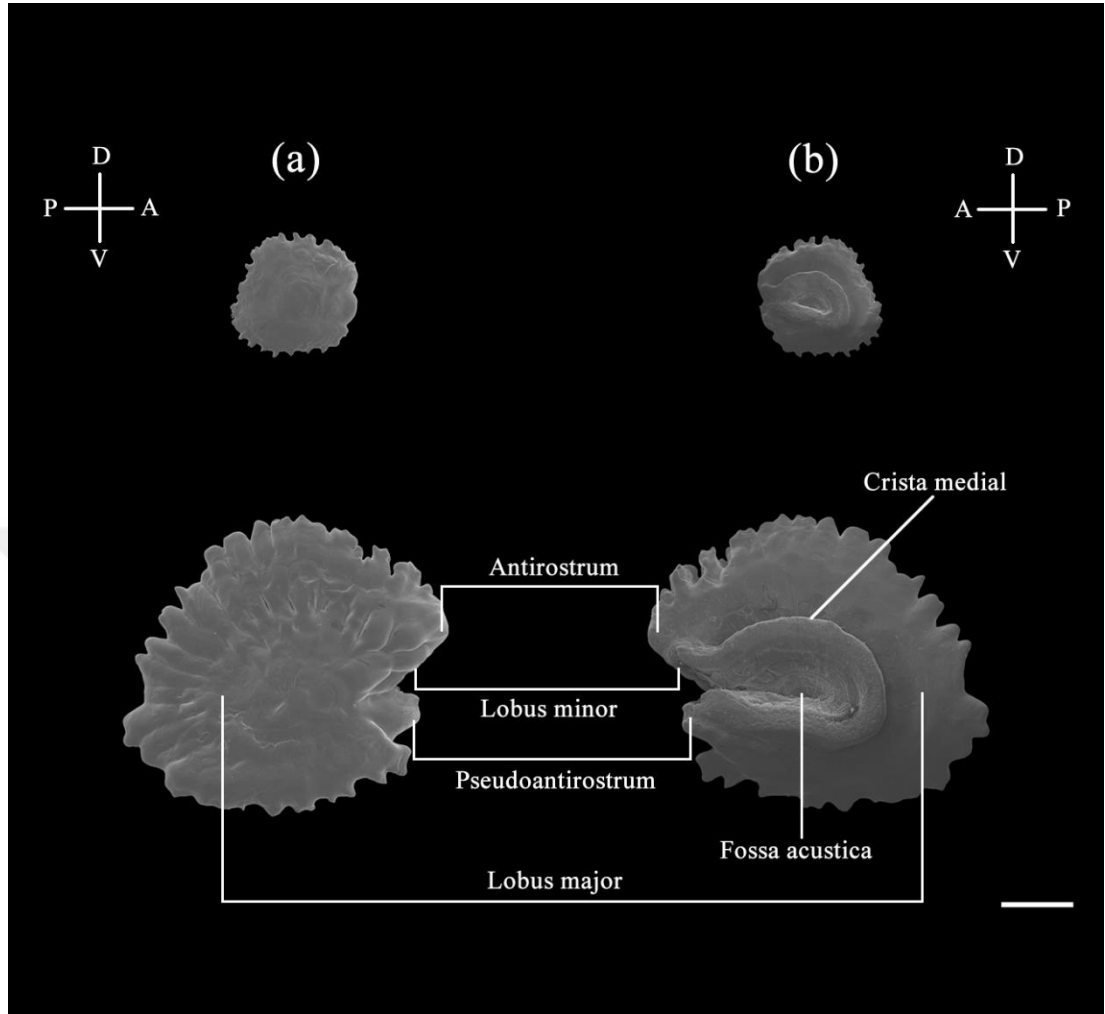
3.3. Otolit Biyometrisi Bulgular

3.3.1. Otolit Morfolojisinin Tanımlanması

Squalius sp. türüne ait asteriskus ve lapillus otolitlerinin morfolojik bakımdan tanımlanması Assis (2003) ve Schulz-Mirbach ve Reichenbacher (2006) tarafından önerilen terminolojiye göre yapılmıştır.

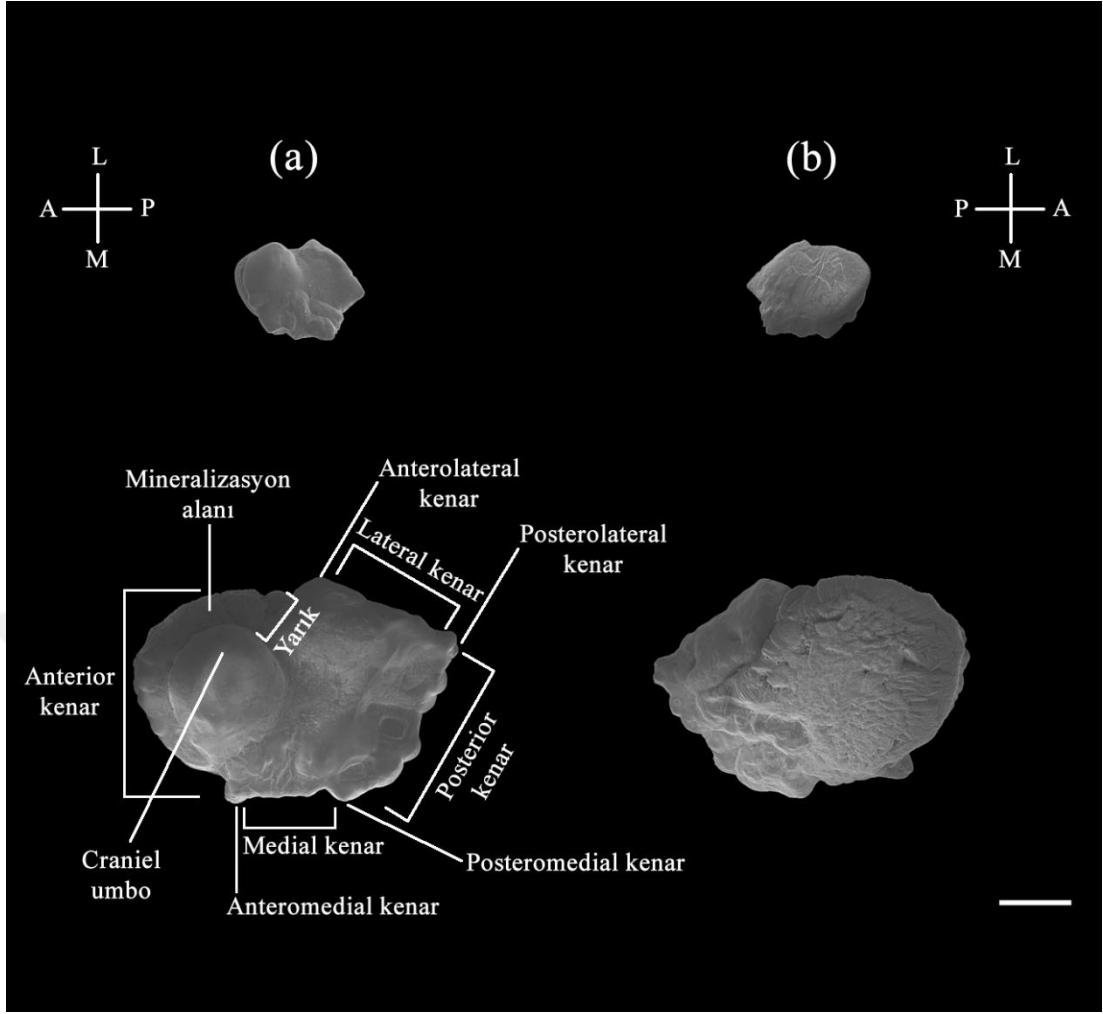
Asteriskuslar disk şeklinde olup, tırtıklı kenarlara sahiptir. Distal yüzeyi pürüzsüz ve hafif dışbükey, proksimal yüzeyi ise içbükeydir. Morfolojik olarak, görece çeşitli boyutlarda iki lobdan oluşurlar. Loblardan daha büyük olan lobus major (büyük lob), küçük olan ise lobus minor (küçük lob) olarak adlandırılır. Lobus majör ile lobus minör değişken şekil, genişlik ve derinliğe sahip fossa acustica (akustik çukur) ile ayrılır. Fossa acustica ve lobus major, göze çarpan bir medial tepe (crista medial) ile ayrılır. Lobus minörün aşırı derecede küçülmesine bağlı olarak, asteriskusun anterior kenarının ortasında sıklıkla pseudoexcisura olarak adlandırılan büyük bir girinti oluşur. Bu girinti, antirostrum ve psödoantirostrum veya medial tepenin dorsal ve ventral uçları ile sınırlıdır. *Squalius* sp. populasyonlarında antirostrum ve pseudoantirostrum genellikle yuvarlak ya da hafif sivri yapıdadır. Antirostrum çoğunlukla pseudoantirostrumdan daha uzundur. Medial tepenin dorsal ve ventral uçları sırasıyla antirostrum ve pseudoantirostrum istikametinde ilerler ve

özellikle ventral uç pseudoantirostrumu tamamen örter (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. *Squalius* sp. türüne ait sağ asteriskus otolit örneklerinin SEM fotoğrafları (a) distal yönden görünüş, (b) proksimal yönden görünüş (Abdal Çayı; üstteki örnek: TB 9.3 cm, alttaki örnek: TB 36.8 cm), D-dorsal, V-ventral, A-anterior, P-posterior, Ölçek: 1 mm

Lapillusların dorsal bölgesi dışbükey-içbükey ve pürüzsüzdür. Anterior kısmında cranial umbo olarak adlandırılan bir tümsek, posterior kısmında ise belirgin bir içbükeylik (çöküntü) vardır. Lapillusun ventral bölgesi dışbükey ve engebelidir. Posterior ucunda V şeklinde hafifçe derinlik olabilir. Anterior ve lateral kenarın birleştiği yerde bir yarık (kesi) görünür. Mineralizasyon alanı cranial umbo tarafından kısmen veya tamamen örtülebilir. *Squalius* sp. populasyonlarında lapillusun genel şekli oval ile dikdörtgen arası bir formdadır. Birbirlerine simetrik olarak uzanan medial ve lateral kenarlar ile bunlara dikey posterior kenar düzenli bir şekil oluşturmaktadır. Tüm kenarlar iyi gelişmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. *Squalius* sp. türüne ait sağ lapillus otolit örnekleri (a) dorsal yönden görünüş, (b) ventral yönden görünüş (Abdal Çayı; üstteki örnek: TB 9.3 cm, alttaki örnek: TB 36.8 cm), L-lateral, M-medial, A-anterior, P-posterior, Ölçek: 1 mm

3.3.2. Otolit Morfometrisi

Her bir populasyon için sağ asteriskus ve sağ lapillus otolitlerinden alınan çevre, alan, boy, yükseklik/ genişlik ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri (minimum, maksimum, ortalama, standart hata ve standart sapma değerleri) belirlenmiştir (Tablo 3.36, Tablo 3.37).

Tablo 3.36. Tüm populasyonların asteriskus otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Populasyon	N	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. hata	Std. sapma
Abdal Çayı	40	AA	1.91	13.54	4.17	0.325	2.056
	40	AÇ	10.19	29.24	15.99	0.636	4.023
	40	AB	1.66	4.47	2.39	0.086	0.547
	40	AY	1.61	4.30	2.31	0.081	0.511
Akçay	40	AA	2.27	6.79	3.56	0.164	1.035
	40	AÇ	11.14	26.93	16.02	0.573	3.623
	40	AB	1.81	3.43	2.26	0.055	0.347
	40	AY	1.71	3.16	2.20	0.052	0.329
Altınkaya Baraj Gölü	40	AA	1.04	5.59	2.89	0.167	1.054
	40	AÇ	6.96	20.67	13.32	0.581	3.673
	40	AB	1.23	3.14	2.09	0.073	0.463
	40	AY	1.15	2.69	1.90	0.058	0.368
Engiz Çayı	40	AA	1.06	7.57	3.30	0.216	1.368
	40	AÇ	6.34	21.68	12.74	0.484	3.061
	40	AB	1.16	3.24	2.09	0.074	0.467
	40	AY	1.20	3.26	2.10	0.066	0.418
Kızılırmak Nehri	40	AA	1.71	6.21	2.92	0.139	0.877
	40	AÇ	9.86	20.41	12.72	0.350	2.216
	40	AB	1.55	3.15	2.05	0.048	0.302
	40	AY	1.54	2.82	1.95	0.043	0.273
Mert Irmağı	40	AA	1.98	5.92	3.16	0.157	0.992
	40	AÇ	9.60	20.03	12.96	0.420	2.659
	40	AB	1.65	3.17	2.12	0.059	0.374
	40	AY	1.60	2.77	2.00	0.050	0.317
Taşkelik Deresi	40	AA	1.05	9.79	3.09	0.237	1.498
	40	AÇ	6.83	28.20	12.19	0.564	3.568
	40	AB	1.21	3.89	2.02	0.072	0.457
	40	AY	1.20	3.65	1.99	0.069	0.438
Terme Çayı	40	AA	1.13	5.10	2.83	0.126	0.798
	40	AÇ	6.70	19.75	12.71	0.448	2.831
	40	AB	1.23	2.78	1.99	0.047	0.299
	40	AY	1.22	2.63	1.94	0.049	0.308
Tersakan Çayı	40	AA	2.68	5.27	3.73	0.084	0.534
	40	AÇ	11.00	18.52	14.41	0.223	1.413
	40	AB	1.82	2.94	2.34	0.034	0.213
	40	AY	1.81	2.64	2.21	0.024	0.152
Yeşilirmak Nehri	40	AA	2.32	4.92	3.57	0.080	0.507
	40	AÇ	11.07	18.20	14.34	0.256	1.620
	40	AB	1.73	2.88	2.28	0.033	0.209
	40	AY	1.77	2.47	2.18	0.026	0.164

Tablo 3.37. Tüm populasyonların lapillus otolit ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Populasyon	N	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. hata	Std. sapma
Abdal Çayı	40	LA	1.64	10.20	3.10	0.241	1.522
	40	LÇ	8.14	21.34	11.13	0.398	2.517
	40	LB	1.71	4.43	2.31	0.081	0.510
	40	LG	1.34	3.20	1.82	0.056	0.355
Akçay	40	LA	1.55	4.15	2.54	0.109	0.689
	40	LÇ	7.45	13.29	9.82	0.225	1.426
	40	LB	1.61	2.65	2.01	0.044	0.277
	40	LG	1.33	2.20	1.73	0.038	0.239
Altınkaya Baraj Gölü	40	LA	0.80	3.84	1.97	0.115	0.729
	40	LÇ	5.36	12.91	8.61	0.290	1.834
	40	LB	1.13	2.60	1.84	0.058	0.369
	40	LG	0.88	2.10	1.43	0.045	0.285
Engiz Çayı	40	LA	0.81	4.47	2.31	0.132	0.834
	40	LÇ	5.55	13.04	9.13	0.263	1.662
	40	LB	1.16	2.91	1.99	0.059	0.375
	40	LG	0.95	2.24	1.56	0.044	0.280
Kızılırmak Nehri	40	LA	1.01	4.01	2.00	0.098	0.618
	40	LÇ	6.01	13.06	8.61	0.231	1.459
	40	LB	1.35	2.77	1.85	0.045	0.282
	40	LG	1.04	2.10	1.49	0.035	0.218
Mert Irmağı	40	LA	1.33	4.34	2.14	0.109	0.692
	40	LÇ	6.85	12.92	8.86	0.232	1.465
	40	LB	1.52	2.75	1.93	0.047	0.298
	40	LG	1.21	2.17	1.52	0.038	0.241
Taşkelik Deresi	40	LA	0.79	7.08	2.28	0.172	1.087
	40	LÇ	5.33	16.78	8.99	0.331	2.093
	40	LB	1.18	3.73	1.98	0.070	0.442
	40	LG	0.93	2.73	1.55	0.054	0.340
Terme Çayı	40	LA	0.75	3.94	2.20	0.108	0.680
	40	LÇ	5.48	11.87	8.91	0.238	1.503
	40	LB	1.11	2.61	1.86	0.050	0.313
	40	LG	0.93	2.11	1.57	0.041	0.260
Tersakan Çayı	40	LA	1.71	3.68	2.58	0.064	0.405
	40	LÇ	8.26	12.25	9.86	0.132	0.834
	40	LB	1.82	2.53	2.13	0.025	0.159
	40	LG	1.30	2.09	1.68	0.025	0.161
Yeşilirmak Nehri	40	LA	1.72	3.66	2.69	0.066	0.418
	40	LÇ	8.23	11.88	9.99	0.143	0.906
	40	LB	1.65	2.55	2.12	0.029	0.182
	40	LG	1.49	2.06	1.74	0.023	0.147

Squalius sp. türünün örneklemelerinin total boy dağılımlarının birbirinden farklılık gösterdiği saptanmıştır (Kruskal-Wallis testi, $H=72.460$, d.f.= 9, $p<0.001$). Bu nedenle elde edilen bireylerin sağ otolitlerinden alınan morfometrik ölçümlerin standartlaştırılmış değerleri kullanılarak şekil indeksleri hesaplanmıştır.

Elde edilen bireylerin asteriskus ve lapillus otolitlerinden alınan morfometrik ölçümlerin standartlaştırılmış değerleri kullanılarak hesaplanan şekil indeksleri Tablo 3.38 ve Tablo 3.39’da sunulmuştur.

Tablo 3.38. Tüm populasyonların standardize edilmiş verilerle hesaplanan asteriskus otolit şekil indekslerinin tanımlayıcı istatistikleri

Populasyon	N	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. hata	Std. sapma
Abdal Çayı	40	ŞF	0.15	0.29	0.21	0.004	0.027
	40	BYO	0.87	1.13	1.03	0.009	0.057
	40	DAİ	43.30	83.19	61.18	1.346	8.511
	40	YUV	0.78	1.14	0.90	0.011	0.072
	40	DİK	0.69	0.78	0.73	0.003	0.021
	40	OVA	-0.07	0.06	0.01	0.004	0.028
Akçay	40	ŞF	0.12	0.28	0.18	0.005	0.031
	40	BYO	0.93	1.12	1.03	0.006	0.041
	40	DAİ	45.51	105.69	73.23	1.872	11.840
	40	YUV	0.77	0.99	0.88	0.008	0.053
	40	DİK	0.64	0.76	0.71	0.004	0.023
	40	OVA	-0.04	0.06	0.01	0.003	0.020
Altınkaya Baraj Gölü	40	ŞF	0.13	0.26	0.20	0.004	0.028
	40	BYO	0.94	1.22	1.10	0.010	0.061
	40	DAİ	48.84	93.43	63.11	1.468	9.286
	40	YUV	0.69	1.03	0.83	0.011	0.071
	40	DİK	0.65	0.76	0.71	0.004	0.025
	40	OVA	-0.03	0.10	0.05	0.004	0.028
Engiz Çayı	40	ŞF	0.17	0.34	0.25	0.006	0.035
	40	BYO	0.87	1.13	0.99	0.009	0.060
	40	DAİ	37.29	72.69	51.60	1.193	7.547
	40	YUV	0.79	1.11	0.94	0.012	0.078
	40	DİK	0.69	0.78	0.73	0.004	0.024
	40	OVA	-0.07	0.06	0.00	0.005	0.030
Kızılırmak Nehri	40	ŞF	0.17	0.27	0.22	0.004	0.026
	40	BYO	0.93	1.18	1.06	0.010	0.063
	40	DAİ	47.12	73.05	57.62	1.140	7.209
	40	YUV	0.72	1.01	0.87	0.013	0.079
	40	DİK	0.65	0.77	0.72	0.004	0.028
	40	OVA	-0.04	0.08	0.03	0.005	0.030
Mert Irmağı	40	ŞF	0.18	0.29	0.24	0.004	0.025
	40	BYO	0.95	1.22	1.06	0.010	0.065
	40	DAİ	44.15	70.33	54.07	0.960	6.071
	40	YUV	0.71	1.04	0.88	0.013	0.081
	40	DİK	0.67	0.78	0.73	0.004	0.028
	40	OVA	-0.03	0.10	0.03	0.005	0.030
Taşkelik Deresi	40	ŞF	0.20	0.31	0.25	0.003	0.022
	40	BYO	0.93	1.13	1.02	0.006	0.039
	40	DAİ	40.91	62.04	50.52	0.714	4.518
	40	YUV	0.80	1.03	0.92	0.008	0.050
	40	DİK	0.70	0.78	0.74	0.003	0.020
	40	OVA	-0.04	0.06	0.01	0.003	0.019
Terme Çayı	40	ŞF	0.15	0.27	0.21	0.004	0.027
	40	BYO	0.95	1.17	1.03	0.008	0.049
	40	DAİ	46.72	83.26	61.80	1.269	8.029
	40	YUV	0.77	0.99	0.88	0.008	0.053
	40	DİK	0.68	0.76	0.71	0.003	0.018
	40	OVA	-0.03	0.08	0.02	0.004	0.024
Tersakan Çayı	40	ŞF	0.18	0.28	0.24	0.004	0.023
	40	BYO	0.94	1.18	1.06	0.009	0.058
	40	DAİ	44.66	69.54	52.94	0.857	5.417
	40	YUV	0.71	1.05	0.88	0.011	0.072
	40	DİK	0.65	0.77	0.72	0.004	0.026
	40	OVA	-0.03	0.08	0.03	0.004	0.027

Tablo 3.38. Devamı

Populasyon	N	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. hata	Std. sapma
Yeşilırmak Nehri	40	ŞF	0.17	0.27	0.22	0.004	0.026
	40	BYO	0.95	1.21	1.04	0.010	0.066
	40	DAİ	47.14	73.73	58.08	1.134	7.169
	40	YUV	0.72	1.01	0.88	0.011	0.070
	40	DİK	0.66	0.75	0.72	0.004	0.022
	40	OVA	-0.03	0.09	0.02	0.005	0.031

Tablo 3.39. Tüm populasyonların standardize edilmiş verilerle hesaplanan lapillus otolit şekil indekslerinin tanımlayıcı istatistikleri

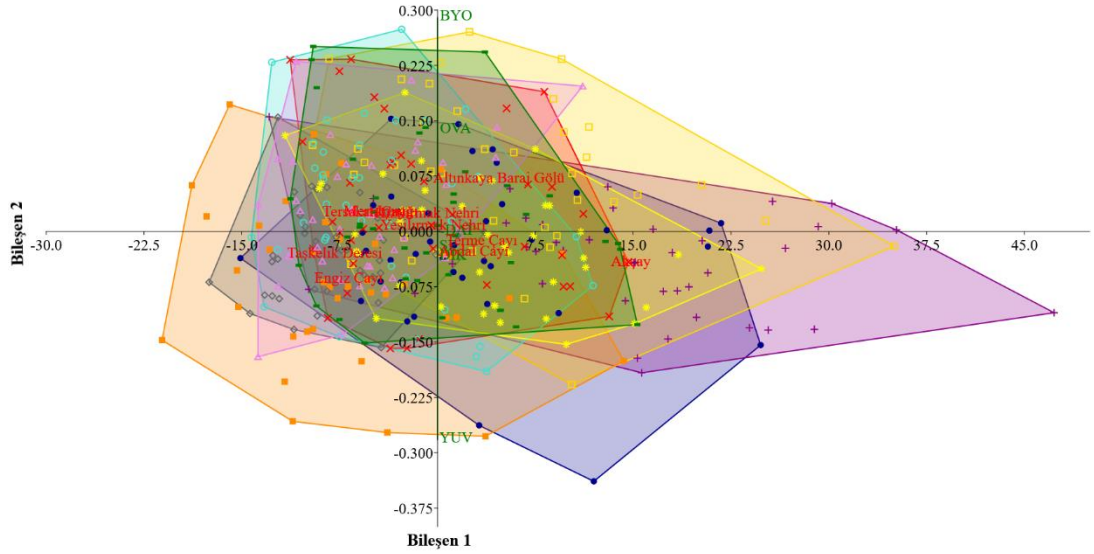
Populasyon	N	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. hata	Std. sapma
Abdal Çayı	40	ŞF	0.27	0.35	0.31	0.002	0.015
	40	BGO	1.14	1.40	1.26	0.009	0.054
	40	DAİ	36.21	47.02	41.13	0.322	2.038
	40	YUV	0.66	0.81	0.72	0.006	0.036
	40	DİK	0.66	0.75	0.71	0.003	0.019
	40	OVA	0.07	0.17	0.12	0.003	0.021
Akçay	40	ŞF	0.29	0.37	0.33	0.003	0.021
	40	BGO	1.08	1.28	1.16	0.008	0.049
	40	DAİ	34.11	43.54	38.74	0.408	2.581
	40	YUV	0.69	0.86	0.79	0.006	0.036
	40	DİK	0.67	0.76	0.72	0.003	0.018
	40	OVA	0.04	0.12	0.08	0.003	0.021
Altınkaya Baraj Gölü	40	ŞF	0.28	0.37	0.32	0.003	0.018
	40	BGO	1.20	1.43	1.29	0.009	0.056
	40	DAİ	33.73	44.33	39.00	0.350	2.216
	40	YUV	0.65	0.77	0.71	0.005	0.030
	40	DİK	0.67	0.76	0.72	0.003	0.019
	40	OVA	0.09	0.18	0.13	0.003	0.021
Engiz Çayı	40	ŞF	0.30	0.39	0.34	0.003	0.019
	40	BGO	1.16	1.40	1.28	0.008	0.050
	40	DAİ	31.89	41.77	37.32	0.334	2.114
	40	YUV	0.65	0.79	0.72	0.005	0.033
	40	DİK	0.69	0.77	0.73	0.003	0.019
	40	OVA	0.07	0.17	0.12	0.003	0.019
Kızılırmak Nehri	40	ŞF	0.29	0.39	0.33	0.003	0.020
	40	BGO	1.13	1.37	1.25	0.010	0.065
	40	DAİ	32.40	42.93	37.93	0.346	2.186
	40	YUV	0.66	0.79	0.72	0.006	0.039
	40	DİK	0.67	0.76	0.71	0.003	0.020
	40	OVA	0.06	0.16	0.11	0.004	0.026
Mert Irmağı	40	ŞF	0.30	0.39	0.34	0.003	0.021
	40	BGO	1.12	1.41	1.27	0.011	0.067
	40	DAİ	32.60	41.85	37.51	0.363	2.296
	40	YUV	0.65	0.81	0.72	0.006	0.037
	40	DİK	0.67	0.76	0.71	0.003	0.019
	40	OVA	0.06	0.17	0.12	0.004	0.026
Taşkelik Deresi	40	ŞF	0.31	0.38	0.34	0.003	0.016
	40	BGO	1.13	1.44	1.29	0.010	0.061
	40	DAİ	33.13	40.35	37.01	0.284	1.794
	40	YUV	0.63	0.79	0.71	0.005	0.031
	40	DİK	0.67	0.76	0.72	0.003	0.020
	40	OVA	0.06	0.18	0.13	0.004	0.024

Tablo 3.39. Devamı

Populasyon	N	Değişken	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. hata	Std. sapma
Terme Çayı	40	ŞF	0.29	0.38	0.33	0.003	0.021
	40	BGO	1.12	1.35	1.20	0.008	0.050
	40	DAİ	33.23	42.85	37.81	0.374	2.365
	40	YUV	0.66	0.84	0.78	0.006	0.037
	40	DİK	0.69	0.76	0.73	0.002	0.015
	40	OVA	0.06	0.15	0.09	0.003	0.020
Tersakan Çayı	40	ŞF	0.29	0.37	0.34	0.003	0.018
	40	BGO	1.13	1.42	1.26	0.011	0.068
	40	DAİ	33.90	43.53	37.34	0.325	2.058
	40	YUV	0.66	0.79	0.73	0.005	0.032
	40	DİK	0.68	0.78	0.72	0.004	0.022
	40	OVA	0.06	0.17	0.12	0.004	0.026
Yeşilırmak Nehri	40	ŞF	0.30	0.39	0.34	0.003	0.021
	40	BGO	1.09	1.38	1.22	0.010	0.064
	40	DAİ	32.66	42.46	37.34	0.363	2.299
	40	YUV	0.69	0.83	0.76	0.005	0.033
	40	DİK	0.69	0.76	0.72	0.003	0.018
	40	OVA	0.04	0.16	0.10	0.004	0.026

Tüm populasyonlara ait bireylerin asteriskus otolit morfolojik (6 şekil indeksi) değişkenleri verileri incelendiğinde ŞF, YUV, DİK ve OVA bakımından normal dağılım gösterdiği (Kolmogrov-Smirnov testi, $p>0.05$); ancak BYO ve DAİ bakımından normal dağılım göstermediği (Kolmogrov-Smirnov testi, $p<0.05$) belirlenmiştir. Asteriskus otoliti için populasyonlar arası şekil indeksleri bakımından (ŞF, YUV, DİK, OVA (One-Way ANOVA, $p=0.000$); BYO, DAİ (Kruskal-Wallis, $p=0.000$) önemli derecede fark olduğu tespit edilmiştir.

Asteriskus şekil indeksleri ile yapılan PCA’da 6 PC elde edilmiş ve ilk iki PC varyansın %99.99’ünü açıklamıştır (PC1 için %99.996 ve PC2 için %0.003). PC1, DAİ ($R=0.99$) indeksine göre populasyonları farklılaştırmıştır. Buna karşılık BYO ($R=0.68$), YUV ($R=-0.66$), OVA ($R=0.32$) indeksleri PC2’deki varyasyondan sorumlu olmuştur. *Squalius* sp.’nin asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin PCA grafiği Şekil 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.6. *Squalius* sp.'nin asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin PCA grafiği

Temel bileşenler analizi ile elde edilen asteriskus PC skorları kullanarak ayırım analizi yapılmıştır. Ayırım analizi için grup kovaryans matrisleri farklı olduğundan (Box's M testi, $P < 0.001$) karesel (quadratic) ayırım analizi uygulanmıştır. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri Tablo 3.40'ta verilmiştir.

Tablo 3.40. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri

Fonksiyon	Eigenvalue	% Varyans	% Kümülatif varyans	Kanonik korelasyon
1-2	0.741 ^a	81.3	81.3	0.653
2	0.171 ^a	18.7	100.0	0.382

^a. İlk 2 fonksiyon analizlerde kullanılmıştır.

Wilks' Lambda test sonucu asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin *Squalius* sp.'nin populasyonlarının ayırımında oldukça önemli olduklarını desteklemektedir ($P < 0.001$) (Tablo 3.41).

Tablo 3.41. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus otolit şekil indeksi değişkenlerinin Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri

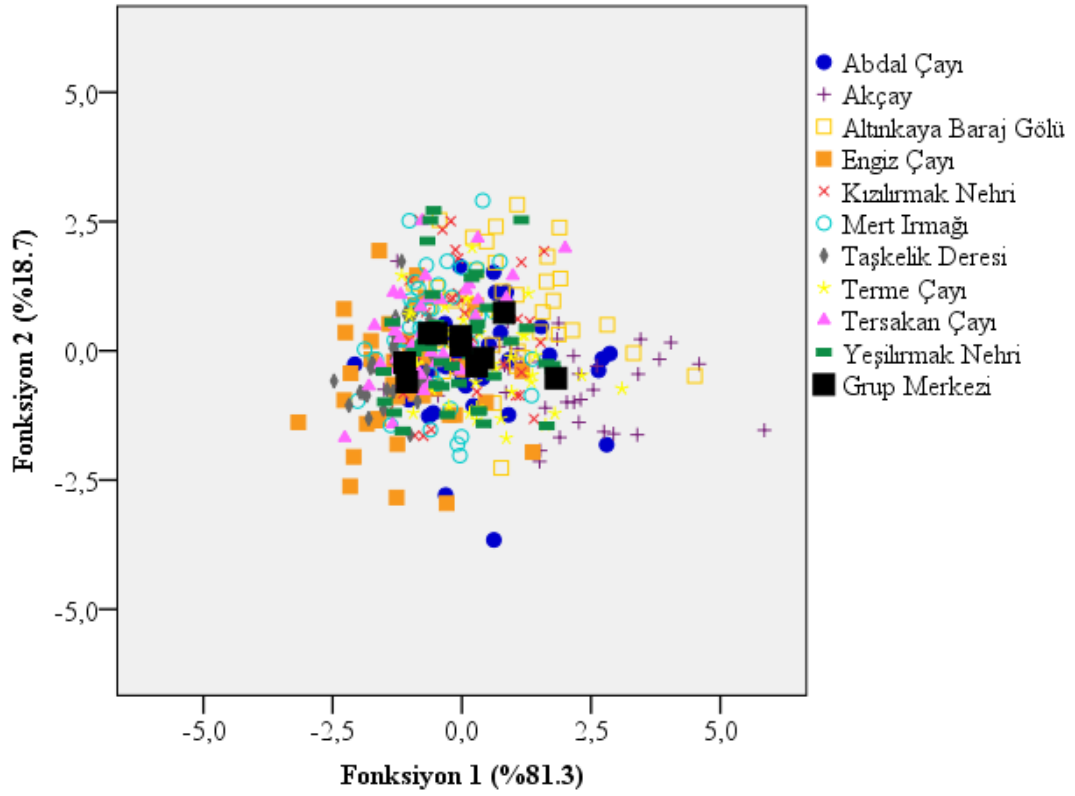
Fonksiyonlar	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1	0.491	279.945	18	0.000
2	0.854	61.938	8	0.000

CDA’da ilk iki kanonik ayırım fonksiyonu kullanılmıştır (Fonksiyon 1-2 için $\lambda=0.491$, $P=0.000$ ve fonksiyon 2 için $\lambda=0.854$, $P=0.000$). Fonksiyon 1 ($E=0.741$) varyansın %81.3’ünü açıklamıştır ve PC1 ($R=0.967$) ile oldukça yüksek korelasyonludur. Bu fonksiyon Abdal Çayı, Altınkaya Baraj Gölü, Akçay ve Terme Çayı populasyonlarını diğer populasyonlardan ayırmıştır. Fonksiyon 2 ($E=0.171$) varyansın %18.7’sini açıklamış ve PC2 ($R=0.998$) ile yüksek korelasyonludur. Bu fonksiyon ise Altınkaya Baraj Gölü, Mert Irmağı, Kızılırmak Nehri, Tersakan Çayı ve Yeşilirmak Nehri populasyonlarını diğer populasyonlardan ayırmıştır (Şekil 3.7). Asteriskus şekil indeksleri ile populasyonların ayırımında toplam sınıflandırma başarı oranı %25.0 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek sınıflandırma başarısı Taşkelik Deresi için elde edilmiştir (Tablo 3.42).

Squalius sp. türünün populasyonlarını ayırmak için asteriskus şekil indekslerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen CDA sonuçları Tablo 3.42’de sunulmuş ve Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Tek yönlü PERMANOVA testi, populasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=30.51$, $P=0.0001$).

Tablo 3.42. *Squalius* sp. türünün populasyonlarını ayırmak için asteriskus şekil indekslerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen CDA sonuçları

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABC	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN	
Örnek Sayıları	Abdal Çayı	1	5	5	4	0	0	9	12	4	0	40
	Akçay	1	24	2	1	0	1	1	9	1	0	40
	Altınkaya Baraj Gölü	1	3	16	0	0	2	3	7	8	0	40
	Engiz Çayı	2	0	0	13	0	2	16	4	3	0	40
	Kızılırmak Nehri	0	3	4	3	0	6	9	8	7	0	40
	Mert Irmağı	2	2	3	4	1	5	13	1	9	0	40
	Taşkelik Deresi	0	0	0	3	0	1	27	4	5	0	40
	Terme Çayı	4	7	6	2	0	1	4	8	8	0	40
	Tersakan Çayı	0	0	4	2	1	4	21	2	6	0	40
	Yeşilirmak Nehri	3	4	4	2	0	4	10	8	5	0	40
%	Abdal Çayı	2.5	12.5	12.5	10.0	0.0	0.0	22.5	30.0	10.0	0.0	100.0
	Akçay	2.5	60.0	5.0	2.5	0.0	2.5	2.5	22.5	2.5	0.0	100.0
	Altınkaya Baraj Gölü	2.5	7.5	40.0	0.0	0.0	5.0	7.5	17.5	20.0	0.0	100.0
	Engiz Çayı	5.0	0.0	0.0	32.5	0.0	5.0	40.0	10.0	7.5	0.0	100.0
	Kızılırmak Nehri	0.0	7.5	10.0	7.5	0.0	15.0	22.5	20.0	17.5	0.0	100.0
	Mert Irmağı	5.0	5.0	7.5	10.0	2.5	12.5	32.5	2.5	22.5	0.0	100.0
	Taşkelik Deresi	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	2.5	67.5	10.0	12.5	0.0	100.0
	Terme Çayı	10.0	17.5	15.0	5.0	0.0	2.5	10.0	20.0	20.0	0.0	100.0
	Tersakan Çayı	0.0	0.0	10.0	5.0	2.5	10.0	52.5	5.0	15.0	0.0	100.0
	Yeşilirmak Nehri	7.5	10.0	10.0	5.0	0.0	10.0	25.0	20.0	12.5	0.0	100.0



Şekil 3.7. Asteriskus otolit değişkenleri ile *Squalius* sp. populasyonlarının kanonik ayırım analizi grafiği

Tüm populasyonlara ait bireylerin lapillus otolit morfolojik değişkenleri verileri incelendiğinde ŞF, DAİ ve DİK bakımından normal dağılım gösterdiği (Kolmogrov-Smirnov testi, $p>0.05$); ancak BGO, YUV ve OVA bakımından normal dağılım göstermediği (Kolmogrov-Smirnov testi, $p<0.05$) belirlenmiştir. Lapillus otolit için lokasyonlar arası 6 şekil indeksi bakımından (ŞF, DAİ, DİK (One-Way ANOVA; $p=0.000$); BGO, YUV, OVA (Kruskal-Wallis, $p=0.000$) önemli derecede fark olduğu tespit edilmiştir.

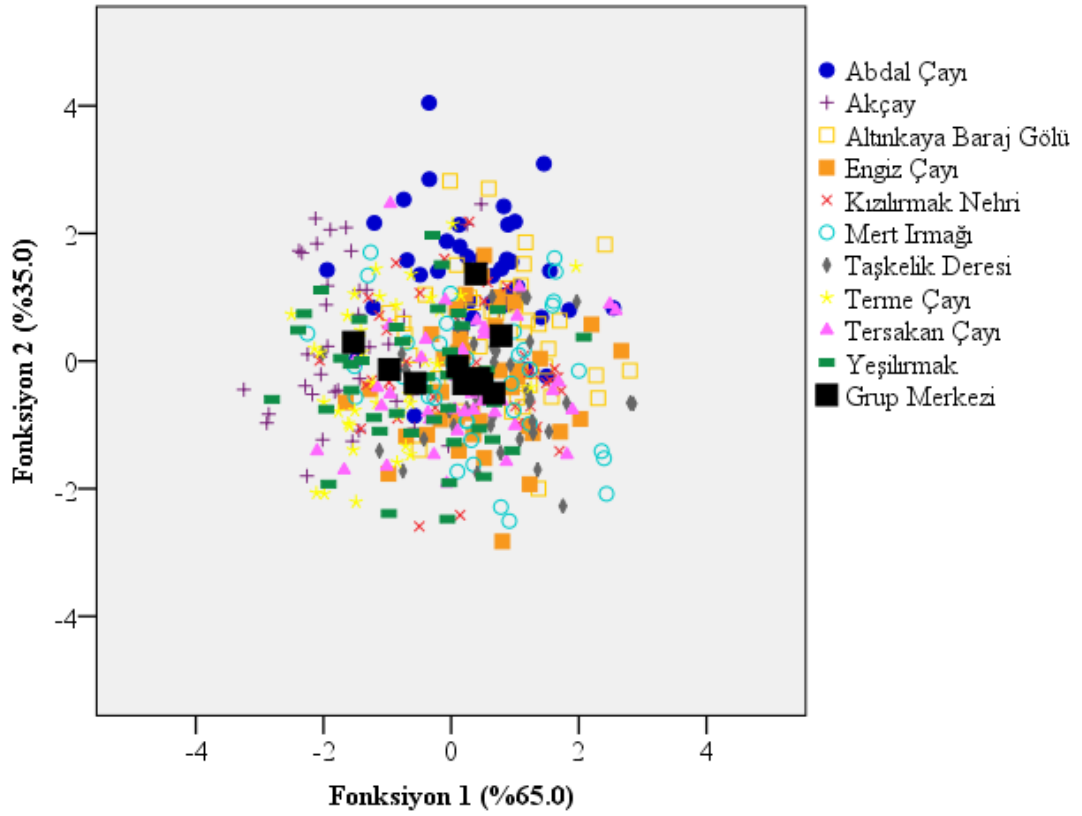
Lapillus şekil indeksleri ile yapılan PCA'da 6 PC elde edilmiş ve ilk iki PC varyansın %99.99'unu açıklamıştır (PC1 için %99.812 ve PC2 için %0.183). PC1, DAİ ($R=0.99$) indeksine göre populasyonları farklılaştırmıştır. Buna karşılık BGO ($R=0.78379$), YUV ($R=-0.53308$), OVA ($R=0.31397$) indeksleri PC2'deki varyasyondan sorumlu olmuştur. *Squalius* sp.'nin lapillus otolit şekil indeksi değişkenlerinin PCA grafiği Şekil 3.8'de verilmiştir.

varyansın %65.0'ini açıklamıştır ve PC2 (R=1.000) ile oldukça yüksek korelasyonludur. Bu fonksiyon Akçay, Terme Çayı ve Yeşilırmak Nehri popülasyonlarını diğer popülasyonlardan iyi bir şekilde ayırmıştır. Fonksiyon 2 (E=0.171) varyansın %35.0'ini açıklamış ve PC1 (R=1.000) ile oldukça yüksek korelasyonludur. Bu fonksiyon ise Akçay, Abdal Çayı ve Altınkaya Baraj Gölü popülasyonlarını diğer popülasyonlardan belirgin bir şekilde ayırmıştır (Şekil 3.9). Lapillus şekil indeksleri ile popülasyonların ayırımında toplam sınıflandırma başarı oranı %25.5 olarak hesaplanmıştır. En yüksek sınıflandırma başarısı Abdal Çayı popülasyonu için elde edilmiştir (Tablo 3.45).

Squalius sp. türünün popülasyonlarını ayırmak için lapillus şekil indekslerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen CDA sonuçları Tablo 3.45'te verilmiş ve Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Tek yönlü PERMANOVA testi, popülasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir (F=12.65, P=0.0001).

Tablo 3.45. *Squalius* sp. türünün popülasyonlarını ayırmak için lapillus şekil indekslerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen CDA sonuçları

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABÇ	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN	
Örnek Sayıları	Abdal Çayı	28	3	5	0	1	0	2	0	0	1	40
	Akçay	2	24	1	0	0	0	0	8	1	4	40
	Altınkaya Baraj Gölü	11	1	12	0	3	0	8	3	1	1	40
	Engiz Çayı	5	0	5	0	5	3	13	2	4	3	40
	Kızıllırmak Nehri	8	5	3	0	0	1	12	6	0	5	40
	Mert Irmağı	3	4	6	1	4	1	13	2	2	4	40
	Taşkelik Deresi	1	1	7	3	2	1	16	1	3	5	40
	Terme Çayı	6	13	0	0	1	1	1	9	1	8	40
	Tersakan Çayı	3	2	6	1	3	0	10	5	5	5	40
	Yeşilırmak Nehri	4	9	3	0	2	1	7	5	2	7	40
%	Abdal Çayı	70.0	7.5	12.5	0.0	2.5	0.0	5.0	0.0	0.0	2.5	100.0
	Akçay	5.0	60.0	2.5	0.0	0.0	0.0	00.0	20.0	2.5	10.0	100.0
	Altınkaya Baraj Gölü	27.5	2.5	30.0	0.0	7.5	0.0	20.0	7.5	2.5	2.5	100.0
	Engiz Çayı	12.5	0.0	12.5	0.0	12.5	7.5	32.5	5.0	10.0	7.5	100.0
	Kızıllırmak Nehri	20.0	12.5	7.5	0.0	0.0	2.5	30.0	15.0	0.0	12.5	100.0
	Mert Irmağı	7.5	10.0	15.0	2.5	10.0	2.5	32.5	5.0	5.0	10.0	100.0
	Taşkelik Deresi	2.5	2.5	17.5	7.5	5.0	2.5	40.0	2.5	7.5	12.5	100.0
	Terme Çayı	15.0	32.5	0.0	0.0	2.5	2.5	2.5	22.5	2.5	20.0	100.0
	Tersakan Çayı	7.5	5.0	15.0	2.5	7.5	0.0	25.0	12.5	12.5	12.5	100.0
	Yeşilırmak Nehri	10.0	22.5	7.5	0.0	5.0	2.5	17.5	12.5	5.0	17.5	100.0



Şekil 3.9. Lapillus otolit değişkenleri ile *Squalius* sp. populasyonlarının kanonik ayırım analizi grafiği

3.3.3. Otolit Şekil Analizi

3.3.3.1. Eliptik Fourier Analizi

Her bir otolit için şekil tanımlayıcıların toplam sayısı asteriskus için 17 ($5 \times 4 - 3$), lapillus için ise 25 ($7 \times 4 - 3$) olarak tespit edilmiştir.

Asteriskus otolitleri için elde edilen 17 EF katsayısından ikisi (d_1 ve c_2) balık boyuna bağlı olarak populasyonlar arasında farklılık gösterdiğinden (ANCOVA testi, $P < 0.05$) sonraki analizlere dahil edilmemiştir. Geriye kalan 15 EF katsayısından ikisi (a_2 , b_2) balık boyu ile önemli korelasyon sergilediğinden doğrusal modelle standartlaştırılmıştır. ANOVA testi sonuçları değerlendirildiğinde, altı katsayının (a_2 , b_2 , c_3 , d_3 , a_4 ve c_4) populasyonlar arasında farklılık gösterdiğini ($p < 0.05$), geriye kalan katsayıların (b_4 , d_4 , a_5 , b_5 , c_5 , d_5) populasyonlar arasında farklılık göstermediğini ($p > 0.05$) ortaya koymuştur. Kruskal-Wallis testi ise, a_3 katsayısında populasyonlar arası farklılık tespit ederken, d_2 ve b_3 katsayılarında farklılık olmadığını göstermiştir.

Asteriskus EF katsayıları ile yapılan PCA’da 9 PC elde edilmiş ve ilk iki PC varyansın %77.34’ini açıklamıştır (PC1 için %61.66 ve PC2 için %15.68). PC1, a2 (R=0.77) ve b2 (R=0.58) katsayısına göre populasyonları farklılaştırmıştır. Buna karşılık PC2’deki varyasyondan sorumlu olan katsayı a2 (R=-0.48), b2 (R=0.64) ve d2 (R=-0.33)’dir. Populasyon ayrımı için etkinliği tespit edilen bu üç katsayının orijinal değerleri kullanılarak CDA yapılmıştır.

Squalius sp. populasyonlarında asteriskus EF katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri Tablo 3.46’da verilmiştir.

Tablo 3.46. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus EF katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri

Fonksiyon	Eigenvalue	% Varyans	% Kümülatif varyans	Kanonik korelasyon
1	0.360 ^a	81.6	81.6	0.514
2	0.058 ^a	13.1	94.7	0.233
3	0.023 ^a	5.3	100.0	0.151

^a. İlk 3 fonksiyon analizlerde kullanılmıştır.

Squalius sp. populasyonlarında asteriskus EF katsayılarının Chi-square ve Wilks’ Lambda değerleri Tablo 3.47’de verilmiştir. Asteriskus otolitinin etkin EF katsayıları ile gerçekleştirilen CDA sonuçları Tablo 3.48 ve Şekil 3.10’da verilmiştir. Doğrusal ayırım analizi yapılmıştır (Box M, p=0.109).

Tablo 3.47. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus EF katsayılarının Chi-square ve Wilks’ Lambda değerleri

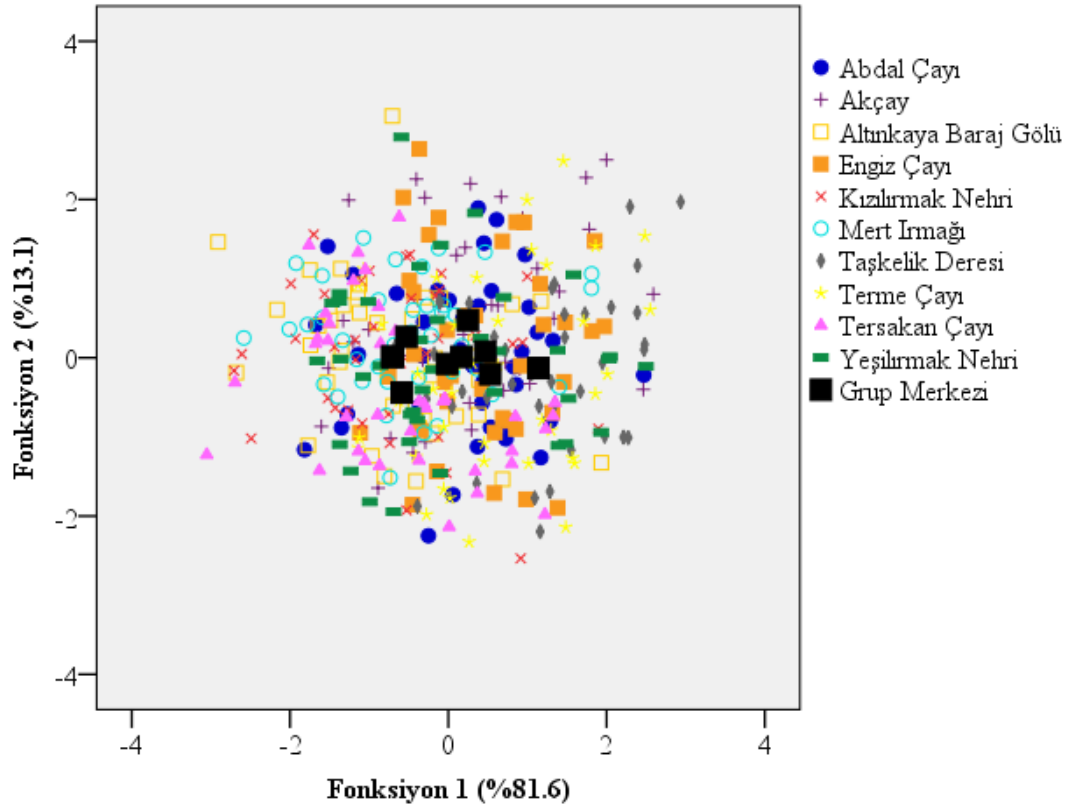
Fonksiyonlar	Wilks’ Lambda	Chi-square	df	Sig.
1-2	0.680	151.635	27	0.000
2-3	0.924	31.070	16	0.013
3	0.977	9.073	7	0.247

DA’da ilk üç kanonik ayırım fonksiyonu kullanılmıştır (Fonksiyon 1-2 için $\lambda=0.680$, P=0.000; fonksiyon 2-3 için $\lambda=0.924$, P=0.013 ve fonksiyon 3 için $\lambda=0.977$, P=0.247). Fonksiyon 1 (E=0.360) varyansın %81.6’sını açıklamıştır ve a2 katsayısı (R=0.63), b2 katsayısı (R=0.62) ile yüksek korelasyonludur. Bu fonksiyon Mert Irmağı, Kızılırmak Nehri, Altınkaya Baraj Gölü, Yeşilirmak Nehri ve Tersakan Çayı populasyonlarını diğer populasyonlardan iyi bir şekilde ayırmıştır. Fonksiyon 2 (E=0.924) varyansın %13.1’ini açıklamış ve a2 (R=0.69) ile yakından ilişkilidir. Bu fonksiyonla Yeşilirmak Nehri, Tersakan Çayı, Terme Çayı ve Taşkelik Deresi diğer populasyonlardan ayrılmıştır (Şekil 3.10). Asteriskus EF katsayıları ile balık

populasyonlarının ayrımında toplam sınıflandırma başarı oranı %21.0 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek sınıflandırma başarısı Taşkelik Deresi populasyonu için elde edilmiştir (Tablo 3.48).

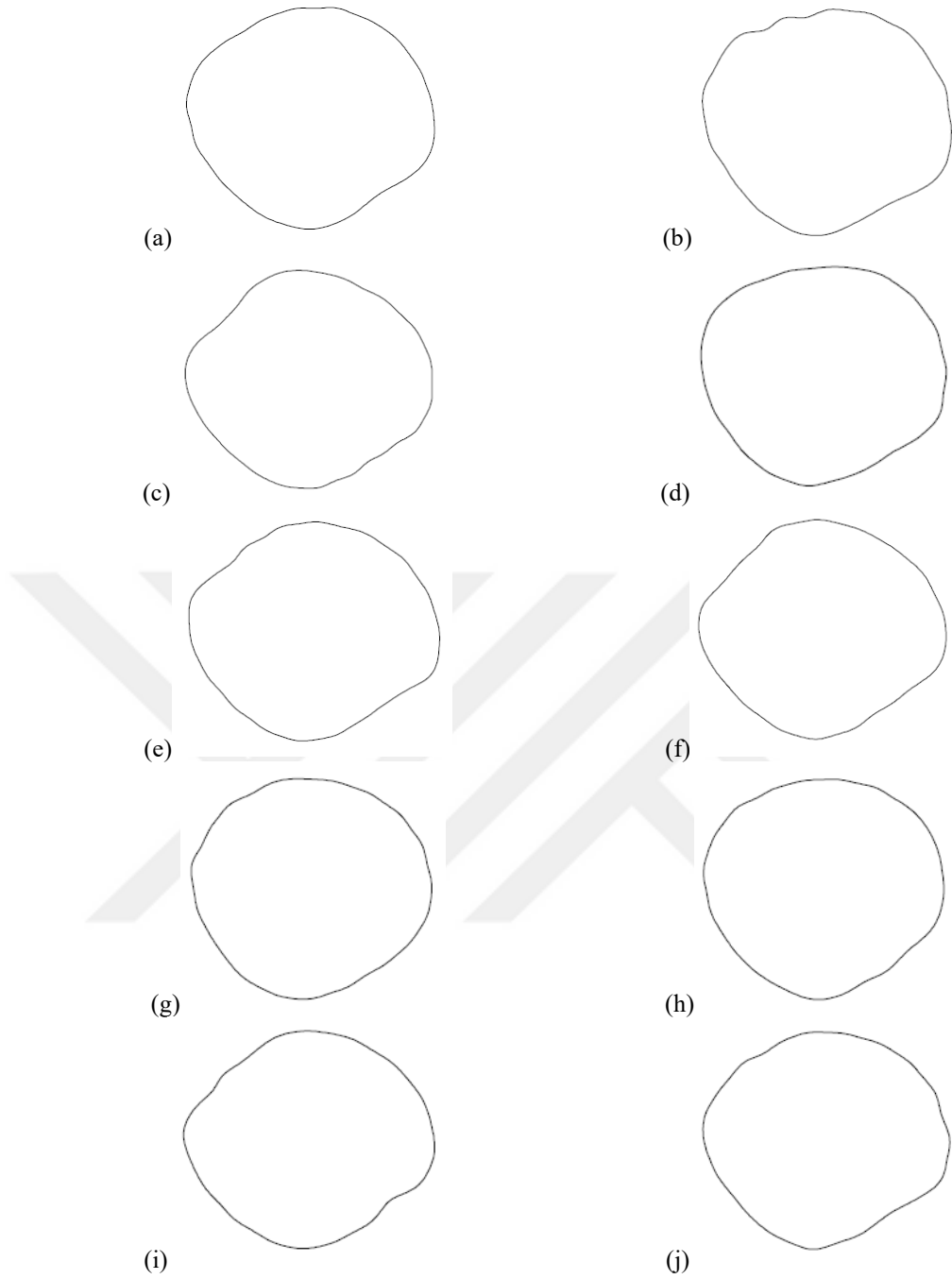
Tablo 3.48. Asteriskus otolithin etkin EF katsayıları ile gerçekleştirilen CDA sonuçları

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABC	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN	
Örnek Sayıları	Abdal Çayı	2	8	2	0	1	4	8	8	6	1	40
	Akçay	0	12	4	1	1	4	8	4	6	0	40
	Altınkaya Baraj Gölü	1	3	10	0	3	6	3	4	8	2	40
	Engiz Çayı	1	9	2	1	0	3	11	7	4	2	40
	Kızıllırmak Nehri	1	3	11	1	1	8	2	2	10	1	40
	Mert Irmağı	1	6	6	0	2	13	3	3	4	2	40
	Taşkelik Deresi	1	3	2	1	0	1	23	5	1	3	40
	Terme Çayı	1	7	1	1	0	3	9	7	8	3	40
	Tersakan Çayı	1	1	8	0	1	5	4	6	13	1	40
	Yeşilırmak Nehri	0	6	3	2	3	5	8	3	8	2	40
%	Abdal Çayı	5.0	20.0	5.0	0.0	2.5	10.0	20.0	20.0	15.0	2.5	100.0
	Akçay	0.0	30.0	10.0	2.5	2.5	10.0	20.0	10.0	15.0	0.0	100.0
	Altınkaya Baraj Gölü	2.5	7.5	25.0	0.0	7.5	15.0	7.5	10.0	20.0	5.0	100.0
	Engiz Çayı	2.5	22.5	5.0	2.5	0.0	7.5	27.5	17.5	10.0	5.0	100.0
	Kızıllırmak Nehri	2.5	7.5	27.5	2.5	2.5	20.0	5.0	5.0	25.0	2.5	100.0
	Mert Irmağı	2.5	15.0	15.0	0.0	5.0	32.5	7.5	7.5	10.0	5.0	100.0
	Taşkelik Deresi	2.5	7.5	5.0	2.5	0.0	2.5	57.5	12.5	2.5	7.5	100.0
	Terme Çayı	2.5	17.5	2.5	2.5	0.0	7.5	22.5	17.5	20.0	7.5	100.0
	Tersakan Çayı	2.5	2.5	20.0	0.0	2.5	12.5	10.0	15.0	32.5	2.5	100.0
	Yeşilırmak Nehri	0.0	15.0	7.5	5.0	7.5	12.5	20.0	7.5	20.0	5.0	100.0



Şekil 3.10. Asteriskus etkin EF katsayıları ile *Squalius* sp. populasyonlarının kanonik ayırım analizi grafiği

Tek yönlü PERMANOVA testi, populasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=5.891$, $P=0.0001$). İkili karşılaştırma sonucunda ABÇ-TAÇ ($p=0.018$), AK-AKB ($p=0.036$), AK-KN ($p=0.0405$), AK-TAÇ ($p=0.0045$), ABG-EÇ ($P=0.0045$), ABG-TD ($p=0.0045$), ABG-TÇ ($p=0.0045$), EÇ-KN ($p=0.0135$), EÇ-MI ($p=0.0315$), EÇ-TAÇ ($p=0.0045$), KN-TD ($p=0.045$), KN-TÇ ($p=0.0135$), MI-TD ($p=0.045$), MI-TÇ ($p=0.018$), MI-TAÇ ($p=0.027$), TD-TAÇ ($p=0.0045$), TD-YN ($p=0.0045$) ve TÇ-TAÇ ($p=0.009$) arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Diğer ikili karşılaştırma yapılan populasyonlar arasında fark bulunmadığı görülmüştür. Her bir populasyon için ortalama EF katsayıları kullanılarak elde edilen ortalama asteriskus konturu Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Her bir popülasyonda asteriskus otolitlerin ortalama şekli (a) Abdal Çayı, (b) Akçay, (c) Altunkaya Baraj Gölü, (d) Engiz Çayı, (e) Kızılırmak Nehri, (f) Mert Irmağı, (g) Taşkelik Deresi, (h)Terme Çayı, (i) Tersakan Çayı, (j) Yeşilırmak Nehri

Lapillus otolitleri için elde edilen 25 EF katsayısından 5 tanesi (d1, a2, d3, a4 ve c4) balık boyuna bağlı olarak popülasyonlar arasında farklılık gösterdiğinden (ANCOVA testi, $P < 0.05$) sonraki analizlere dahil edilmemiştir. Geriye kalan 20 EF katsayısından altı tanesi (b2, c2, c3, b4, a7 ve c7) balık boyu ile önemli korelasyon sergilediğinden doğrusal modelle standartlaştırılmıştır. ANOVA testi sonuçları

değerlendirildiğinde, 11 katsayının (c2, d2, a3, c3, b4, b5, d5, b6, d6, a7 ve c7) populasyonlar arasında farklılık olduğunu ortaya koymuştur ($p<0.05$). Kruskal-Wallis testi sonuçları ise b2, b3 ve a6 katsayılarında populasyonlar arası farklılık tespit ederken, b7 katsayısında farklılık olmadığını göstermiştir.

Lapillus EF katsayıları ile yapılan PCA'da 9 PC elde edilmiş ve ilk beş PC varyansın %93.31'ini açıklamıştır (PC1 için %36.36, PC2 için %21.43, PC3 için %16.08, PC4 için %12.27 ve PC5 için %7.17). PC1, b2 ($R=-0.43$), c2 ($R=0.86$) katsayısına göre populasyonları farklılaştırmıştır. Buna karşılık PC2'deki varyasyondan sorumlu olan katsayı a3 ($R=0.88$), PC3'deki varyasyondan sorumlu katsayı d2 ($R=0.72$) ve b2 ($R=0.43$), PC4'deki varyasyondan sorumlu katsayı d2 ($R=-0.46$), b3 ($R=0.60$), b2 ($R=0.37$), std c3 ($R=-0.35$), PC5'de ise c3 ($R=0.86$)'dür. Populasyon ayrımı için etkinliği tespit edilen bu altı katsayının orijinal değerleri kullanılarak CDA yapılmıştır. *Squalius* sp. populasyonlarında lapillus EF katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri Tablo 3.49'da verilmiştir.

Tablo 3.49. *Squalius* sp. populasyonlarında lapillus EF katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri

Fonksiyon	Eigenvalue	% Varyans	% Kümülatif varyans	Kanonik korelasyon
1	0.292 ^a	35.2	35.2	0.476
2	0.210 ^a	25.3	60.5	0.417
3	0.140 ^a	16.9	77.4	0.351
4	0.103 ^a	12.4	89.7	0.305
5	0.073 ^a	8.8	98.5	0.260
6	0.013 ^a	1.5	100.0	0.112

^a. İlk 6 fonksiyon analizlerde kullanılmıştır.

Squalius sp. populasyonlarında lapillus EF katsayılarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri Tablo 3.50'de verilmiştir. Lapillus otolitin etkin EF katsayıları ile gerçekleştirilen CDA sonuçları Tablo 3.51 ve Şekil 3.12'de verilmiştir. Karesel ayrım analizi yapılmıştır (Box M, $p=0.000$).

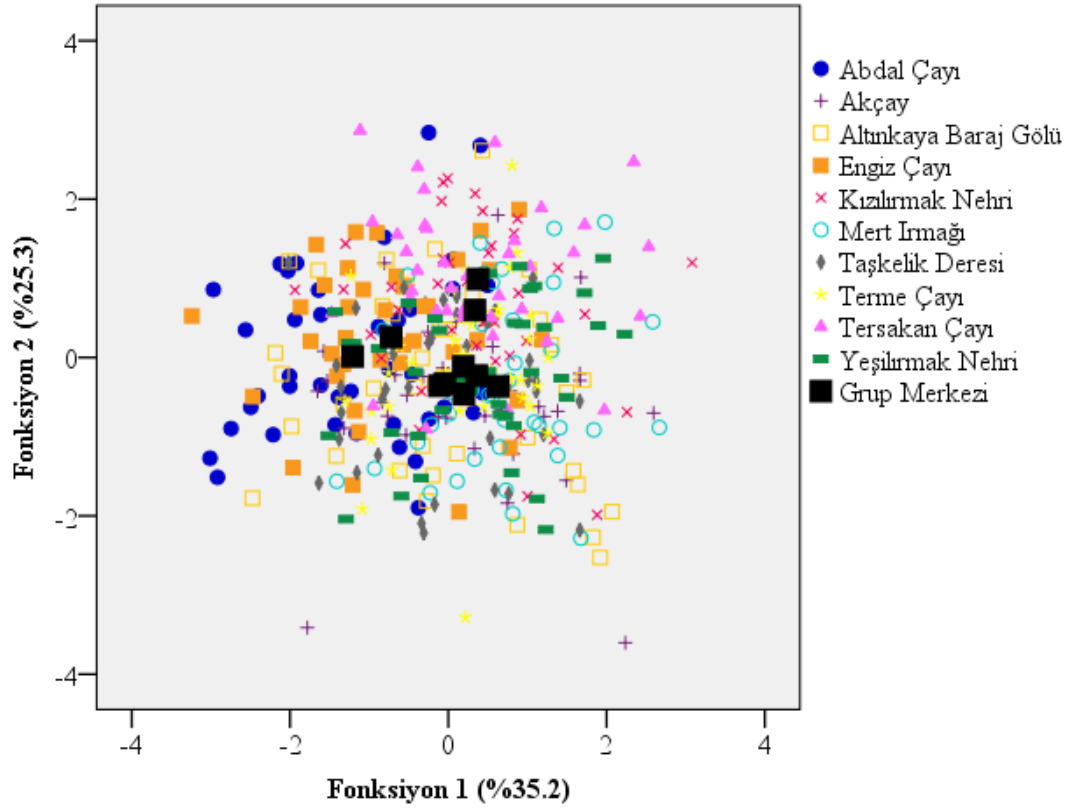
Tablo 3.50. *Squalius* sp. populasyonlarında lapillus EF katsayılarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri

Fonksiyonlar	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1- 6	0.468	296.923	54	0.000
2- 6	0.605	196.686	40	0.000
3- 6	0.732	122.004	28	0.000
4- 6	0.835	70.609	18	0.000
5- 6	0.921	32.383	10	0.000
6	0.987	4.922	4	0.295

DA'da ilk altı kanonik ayırım fonksiyonu kullanılmıştır (Fonksiyon 1-6 için $\lambda=0.468$, $P=0.000$; fonksiyon 2-6 için $\lambda=0.605$, $P=0.000$; 3-6 için $\lambda=0.732$, $P=0.000$; 4-6 için $\lambda=0.835$, $P=0.000$; 5-6 için $\lambda=0.921$, $P=0.000$ ve fonksiyon 6 için $\lambda=0.987$, $P=0.295$). Fonksiyon 1 ($E=0.292$) varyansın %35.2'sini açıklamıştır ve c2 katsayısı ($R=0.862$) ile yüksek korelasyonludur. Bu fonksiyon Abdal Çayı ve Engiz Çayı popülasyonlarını diğer popülasyonlardan iyi bir şekilde ayırmıştır (Şekil 3.12). Fonksiyon 2 ($E=0.210$) varyansın %25.3'ünü açıklamış ve a3 ($R=0.896$) ile yüksek ilişkilidir. Bu fonksiyonla Engiz Çayı, Kızılırmak Nehri ve Tersakan Çayı diğer popülasyonlardan ayrılmıştır (Şekil 3.12). Fonksiyon 3 varyansın %16.9'unu açıklamış ve c3 ($R=0.794$) yüksek ilişkilidir. Fonksiyon 4 varyansın %12.4'ünü açıklamış ve d2 ($R=0.810$) yüksek ilişkilidir. Fonksiyon 5 varyansın %8.8'ini açıklamış ve b3 ($R=0.756$) yüksek ilişkilidir. Lapillus EF katsayıları ile *Squalius* sp. popülasyonlarının ayırımında toplam sınıflandırma başarı oranı %40.0 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek sınıflandırma başarısı Engiz Çayı popülasyonu için elde edilmiştir (Tablo 3.51).

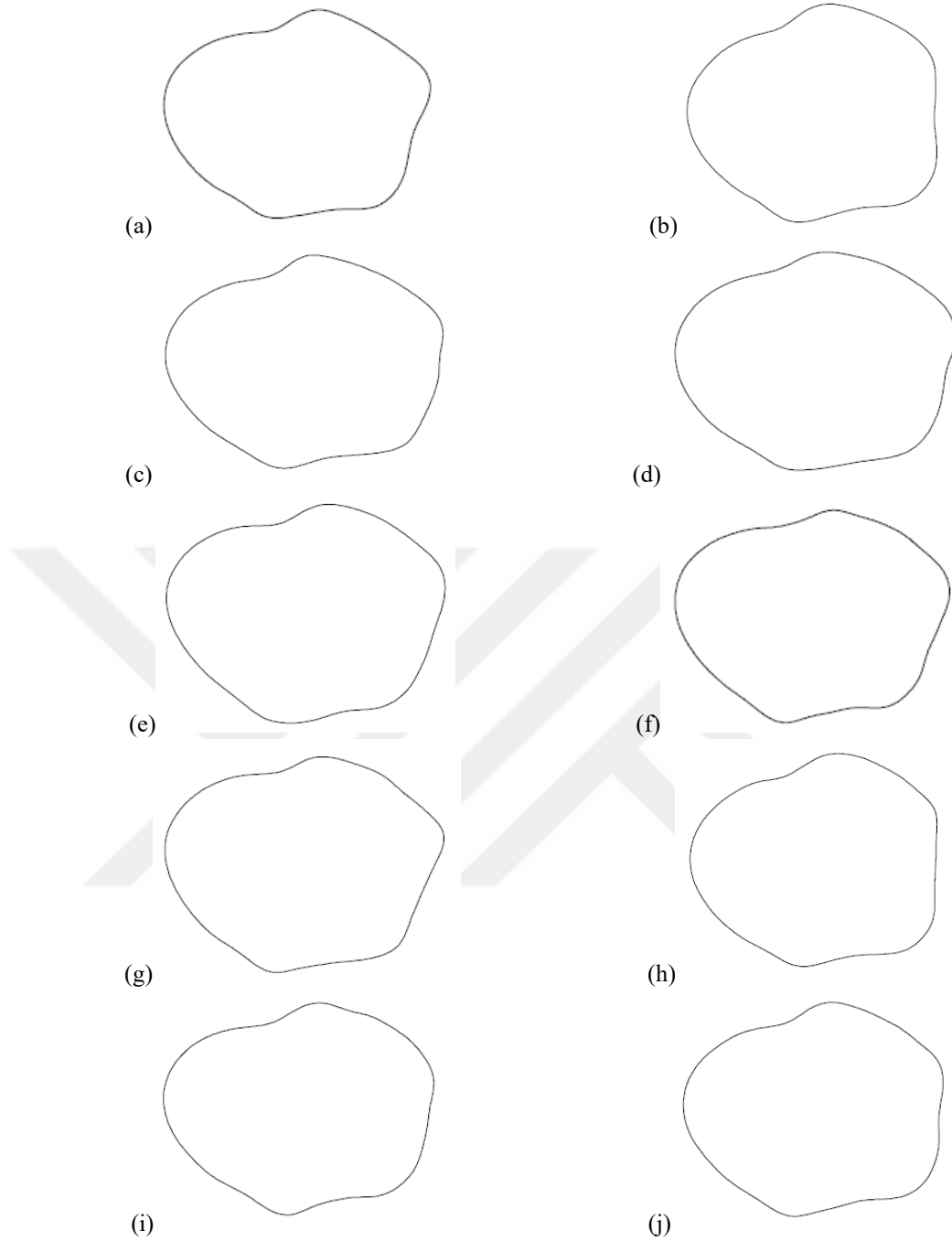
Tablo 3.51. Lapillus otolithin etkin EF katsayıları ile gerçekleştirilen CDA sonuçları

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABC	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN	
Örnek Sayıları	Abdal Çayı	18	4	1	5	1	0	1	5	4	1	40
	Akçay	0	11	4	3	2	7	2	3	2	6	40
	Altinkaya Baraj Gölü	2	0	19	5	0	2	1	2	5	4	40
	Engiz Çayı	1	1	3	22	2	2	4	3	2	0	40
	Kızılırmak Nehri	1	0	2	4	15	5	2	2	7	2	40
	Mert Irmağı	2	1	2	2	3	12	4	7	3	4	40
	Taşkelik Deresi	1	1	3	7	5	4	12	2	2	3	40
	Terme Çayı	3	1	5	1	2	3	1	18	3	3	40
	Tersakan Çayı	0	0	2	6	3	2	1	4	19	3	40
	Yeşilirmak Nehri	2	4	6	3	2	3	2	0	4	14	40
%	Abdal Çayı	45.0	10.0	2.5	12.5	2.5	0.0	2.5	12.5	10.0	2.5	100.0
	Akçay	0.0	27.5	10.0	7.5	5.0	17.5	5.0	7.5	5.0	15.0	100.0
	Altinkaya Baraj Gölü	5.0	0.0	47.5	12.5	0.0	5.0	2.5	5.0	12.5	10.0	100.0
	Engiz Çayı	2.5	2.5	7.5	55.0	5.0	5.0	10.0	7.5	5.0	0.0	100.0
	Kızılırmak Nehri	2.5	0.0	5.0	10.0	37.5	12.5	5.0	5.0	17.5	5.0	100.0
	Mert Irmağı	5.0	2.5	5.0	5.0	7.5	30.0	10.0	17.5	7.5	10.0	100.0
	Taşkelik Deresi	2.5	2.5	7.5	17.5	12.5	10.0	30.0	5.0	5.0	7.5	100.0
	Terme Çayı	7.5	2.5	12.5	2.5	5.0	7.5	2.5	45.0	7.5	7.5	100.0
	Tersakan Çayı	0.0	0.0	5.0	15.0	7.5	5.0	2.5	10.0	47.5	7.5	100.0
	Yeşilirmak Nehri	5.0	10.0	15.0	7.5	5.0	7.5	5.0	0.0	10.0	35.0	100.0



Şekil 3.12. Lapillus etkin EF katsayıları ile *Squalius* sp. populasyonlarının kanonik ayırma analizi grafiği

Tek yönlü PERMANOVA testi, populasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=5.266$, $P=0.0001$). İkili karşılaştırma sonucunda ABÇ-AK ($p=0.009$), ABÇ-ABG ($p=0.0135$), ABÇ-KN ($p=0.0045$), ABÇ-MI ($p=0.0045$), ABÇ-TD ($P=0.0027$), ABÇ-TÇ ($p=0.00315$), ABÇ-YN ($p=0.0045$), AK-EÇ ($p=0.0495$), AK-TAÇ ($p=0.0045$), ABG-EÇ ($p=0.009$), ABG-KN ($p=0.0045$), ABG-MI ($P=0.0045$), AK-TÇ ($p=0.045$), ABG-TAÇ ($p=0.0045$), EÇ-KN ($p=0.0025$), EÇ-MI ($p=0.0045$), EÇ-TÇ ($p=0.0045$), EÇ-TAÇ ($p=0.0045$), EÇ-YN ($p=0.0045$), KN-TÇ ($p=0.0405$), MI-TAÇ ($p=0.0045$), TD-TÇ ($p=0.0027$), TD-TAÇ ($p=0.0045$), TÇ-TAÇ ($p=0.0045$), TÇ-YN ($p=0.045$) ve TAÇ-YN ($p=0.0045$) önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Diğer ikili karşılaştırma yapılan populasyonlar arasında fark bulunmadığı görülmüştür. Her bir populasyon için ortalama EF katsayıları kullanılarak elde edilen ortalama lapillus konturu Şekil 3.13'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Her bir populasyonda lapillus otolitlerin ortalama şekli (a) Abdal Çayı, (b) Akçay, (c) Altınkaya Baraj Gölü, (d) Engiz Çayı, (e) Kızılırmak Nehri, (f) Mert Irmağı, (g) Taşkelik Deresi, (h) Terme Çayı, (i) Tersakan Çayı, (j) Yeşilırmak Nehri

3.3.3.2. Dalgacık Analizi

Asteriskusların dalgacık 5 fonksiyonuna ait 512 katsayı ile yapılan PCA’da 9 PC elde edilmiş ve ilk 3 PC, karesel CDA’ya uyarlanmıştır. Bu PC’ler varyansın %84.99’sini açıklamıştır (PC1 için %45.12, PC2 için %28.05 ve PC3 için %11.82). Balık boyunun etkilenen ilk iki PC standardize edilmiştir. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus dalgacık 5 katsayısına ait Eigenvalue, %Varyans,

%Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri Tablo 3.52’de verilmiştir.

Tablo 3.52. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus dalgacık 5 katsayısına ait Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri

Fonksiyon	Eigenvalue	% Varyans	% Kümülatif varyans	Kanonik korelasyon
1	0.635 ^a	54.2	54.2	0.623
2	0.357 ^a	30.5	84.7	0.513
3	0.180 ^a	15.3	100.0	0.390

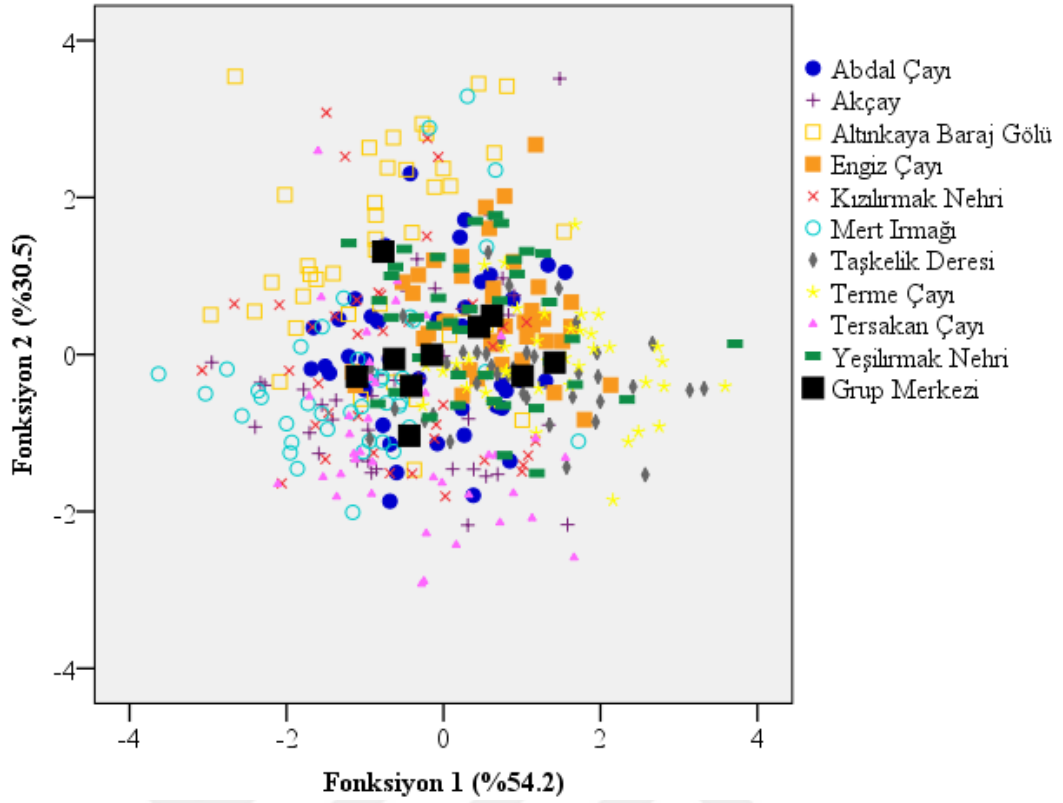
^a. İlk 3 fonksiyon analizlerde kullanılmıştır.

Squalius sp. populasyonlarında asteriskus dalgacık 5 katsayısına ait Chi-square ve Wilks’ Lambda değerleri Tablo 3.53’te verilmiştir.

Tablo 3.53. *Squalius* sp. populasyonlarında asteriskus dalgacık 5 katsayısına ait Chi-square ve Wilks’ Lambda değerleri

Fonksiyonlar	Wilks’ Lambda	Chi-square	df	Sig.
1- 3	0.382	377.779	27	0.000
2- 3	0.625	184.708	16	0.000
3	0.848	64.846	7	0.000

CDA’da ilk üç kanonik ayırım fonksiyonu kullanılmıştır (Fonksiyon 1-3 için $\lambda=0.382$, $P=0.000$; fonksiyon 2-3 için $\lambda=0.625$, $P=0.000$ ve fonksiyon 3 için $\lambda=0.848$, $P=0.000$). Fonksiyon 1 ($E=0.635$) varyansın %54.2’sini açıklamıştır. Bu fonksiyon Engiz Çayı, Yeşilırmak Nehri, Terme Çayı ve Taşkelik Deresi populasyonlarını diğer populasyonlardan iyi bir şekilde ayırmıştır (Şekil 3.14). Fonksiyon 1, PC2 ($R=0.872$) ile yüksek korelasyonludur. Fonksiyon 2 ($E=0.357$) varyansın %30.5’ini açıklamıştır. Bu fonksiyon Altinkaya Baraj Gölü’nü diğer populasyonlardan belirgin bir şekilde ayırmıştır (Şekil 3.14). Fonksiyon 2, PC1 ($R=0.938$) ile yüksek korelasyonludur. Fonksiyon 3 ($E=0.180$) varyansın %15.3’ünü açıklamıştır. Bu fonksiyon, PC3 ($R=0.990$) ile yüksek korelasyonludur.



Şekil 3.14. Farklı lokasyonlardan elde edilen on populasyon için asteriskus otolithinin dalgacık 5 fonksiyon katsayılarının kanonik ayırım analizi grafiği

Asteriskusların dalgacık 5 katsayıları ile populasyon ayırımında toplam sınıflandırma başarısı %36.0 olarak hesaplanmıştır. En yüksek sınıflandırma oranı Altınkaya Baraj Gölü populasyonu için elde edilirken, en düşük başarı oranı Kızıllırmak Nehri populasyonunda gözlenmiştir (Tablo 3.54).

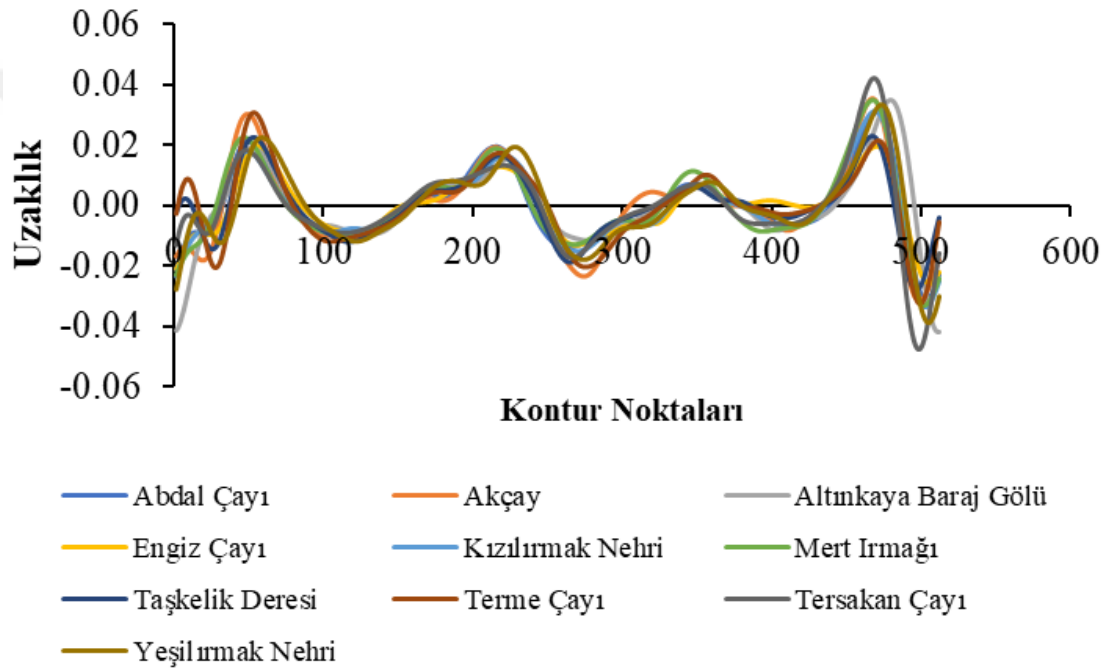
Tablo 3.54. Asteriskus dalgacık 5 katsayıları ile *Squalius* sp. populasyonlarının sınıflandırılmasındaki başarı oranları

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABC	AK	ABG	EC	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN	
Örnek Sayıları	Abdal Çayı	6	5	4	8	0	6	5	1	3	2	40
	Akçay	4	6	2	4	0	11	4	0	5	4	40
	Altınkaya Baraj Gölü	2	1	27	1	0	5	0	0	0	4	40
	Engiz Çayı	6	1	3	14	0	1	4	8	0	3	40
	Kızıllırmak Nehri	5	1	9	0	0	11	2	0	5	7	40
	Mert Irmağı	8	2	4	2	0	19	0	1	4	0	40
	Taşkelik Deresi	3	4	0	5	0	0	11	12	1	4	40
	Terme Çayı	1	1	0	3	0	0	10	19	0	6	40
	Tersakan Çayı	1	4	2	0	1	5	1	0	22	4	40
	Yeşilırmak Nehri	5	0	2	7	0	0	0	4	2	20	40
%	Abdal Çayı	15.0	12.5	10.0	20.0	0.0	15.0	12.5	2.5	7.5	5.0	100.0
	Akçay	10.0	15.0	5.0	10.0	0.0	27.5	10.0	0.0	12.5	10.0	100.0
	Altınkaya Baraj Gölü	5.0	2.5	67.5	2.5	0.0	12.5	0.0	0.0	0.0	10.0	100.0
	Engiz Çayı	15.0	2.5	7.5	35.0	0.0	2.5	10.0	20.0	0.0	7.5	100.0

Tablo 3.54. Devamı

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABÇ	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAC	YN	
%	Kızılırmak Nehri	12.5	2.5	22.5	0.0	0.0	27.5	5.0	0.0	12.5	17.5	100.0
	Mert Irmağı	20.0	5.0	10.0	5.0	0.0	47.5	0.0	2.5	10.0	0.0	100.0
	Taşkelik Deresi	7.5	10.0	0.0	12.5	0.0	0.0	27.5	30.0	2.5	10.0	100.0
	Terme Çayı	2.5	2.5	0.0	7.5	0.0	0.0	25.0	47.5	0.0	15.0	100.0
	Tersakan Çayı	2.5	10.0	5.0	0.0	2.5	12.5	2.5	0.0	55.0	10.0	100.0
	Yeşilırmak Nehri	12.5	0.0	5.0	17.5	0.0	0.0	0.0	10.0	5.0	50.0	100.0

Tek yönlü PERMANOVA testi, populasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=15.18$, $P=0.0001$). Her bir populasyon için dalgacık 5 fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. On populasyon için asteriskus otolitlerinin dalgacık 5 sinyalleri

Lapillusların dalgacık 5 fonksiyonuna ait 512 katsayı ile yapılan PCA'da 9 PC elde edilmiş ve ilk 4 PC ile karesel CDA'ya gidilmiştir. Bu PC'ler varyansın %88.77'sini açıklamıştır (PC1 için %36.05, PC2 için %26.86, PC3 için %19.13 ve PC4 %6.72 için). Balık boyunun etkilenen son iki PC standardize edilmiştir. *Squalius* sp. populasyonlarında lapillus dalgacık 5 katsayısına ait Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri Tablo 3.55'te verilmiştir.

Tablo 3.55. *Squalius* sp. populasyonlarında lapillus dalgacık katsayılarının Eigenvalue, %Varyans, %Kümülatif Varyans ve Kanonik Korelasyon değerleri

Fonksiyon	Eigenvalue	% Varyans	% Kümülatif varyans	Kanonik korelasyon
1	0.852 ^a	59.7	59.7	0.678
2	0.288 ^a	20.2	79.9	0.473
3	0.163 ^a	11.4	91.3	0.374
4	0.124 ^a	8.7	100.0	0.332

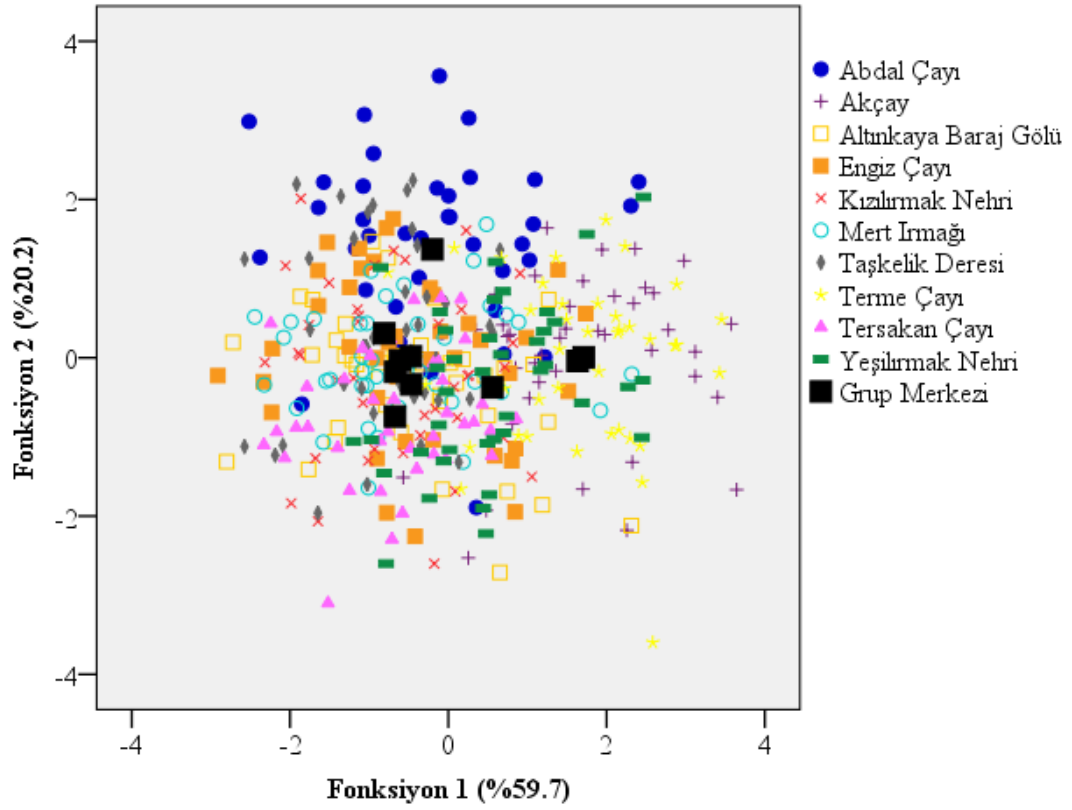
^a. İlk 4 fonksiyon analizlerde kullanılmıştır.

Squalius sp. populasyonlarında lapillus dalgacık 5 katsayısına ait Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri Tablo 3.56'da verilmiştir.

Tablo 3.56. *Squalius* sp. populasyonlarında lapillus dalgacık katsayılarının Chi-square ve Wilks' Lambda değerleri

Fonksiyonlar	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1- 4	0.321	445.674	36	0.000
2- 4	0.594	204.059	24	0.000
3- 4	0.765	104.855	14	0.000
4	0.890	45.801	6	0.000

CDA'da ilk dört kanonik ayırım fonksiyonu kullanılmıştır (Fonksiyon 1-4 için $\lambda=0.321$, $P=0.000$; fonksiyon 2-4 için $\lambda=0.594$, $P=0.000$; fonksiyon 3-4 için $\lambda=0.765$, $P=0.000$ ve fonksiyon 4 için $\lambda=0.890$, $P=0.000$). Fonksiyon 1 ($E=0.852$) varyansın %59.7'sini açıklamıştır. Bu fonksiyon Akçay, Terme Çayı ve Yeşilirmak Nehri populasyonlarını diğer populasyonlardan belirgin bir şekilde ayırmıştır (Şekil 3.16). Fonksiyon 1, PC1 ($R=0.57$) ile yakından ilişkilidir. Fonksiyon 2 ($E=0.288$) varyansın %20.12'sini açıklamıştır. Bu fonksiyon Abdal Çayı populasyonunu hem Tersakan Çayı ile yüksek oranda ayırırken hem de diğer populasyonlardan da iyi bir şekilde ayırmıştır (Şekil 3.16). Fonksiyon 2, PC3 ($R=0.72$) ile yüksek korelasyonludur. Fonksiyon 3 ($E=0.163$) varyansın %11.4'ünü açıklamıştır. Bu fonksiyon, PC4 ($R=0.89$) ile yüksek korelasyonludur. Fonksiyon 4 ($E=0.124$) varyansın %8.7'sini açıklamıştır. Bu fonksiyon, PC1 ($R=-0.79$) ve PC2 ($R=0.88$) ile yüksek korelasyonludur.



Şekil 3.16. Farklı lokasyonlardan elde edilen on populasyon için lapillus otolithinin dalgacık 5 fonksiyon katsayılarının kanonik ayırım analizi grafiği

Lapillusların dalgacık 5 katsayıları ile populasyon ayırımında toplam sınıflandırma başarısı %41.0 olarak hesaplanmıştır. En yüksek sınıflandırma oranı Terme Çayı populasyonu için elde edilirken, en düşük başarı oranı Kızılırmak Nehri populasyonunda gözlenmiştir (Tablo 3.57).

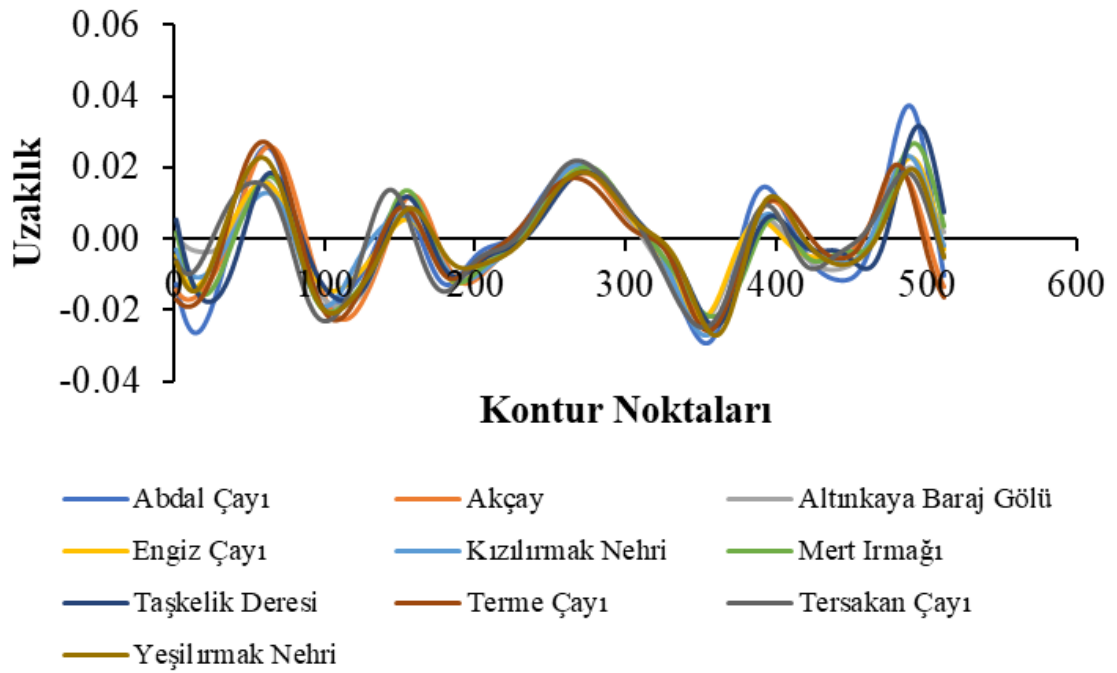
Tablo 3.57. Lapillus dalgacık 5 katsayıları ile *Squalius* sp. populasyonlarının sınıflandırılmasındaki başarı oranları

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABÇ	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAÇ	YN	
Örnek Sayıları	Abdal Çayı	22	1	1	1	0	2	7	1	2	3	22
	Akçay	1	18	1	1	0	1	1	14	0	3	1
	Altınkaya Baraj Gölü	0	3	16	3	0	8	1	0	8	1	0
	Engiz Çayı	4	3	3	8	1	4	10	3	3	1	4
	Kızılırmak Nehri	3	1	2	6	3	5	11	3	4	2	3
	Mert Irmağı	1	2	0	1	1	13	14	3	4	1	1
	Taşkelik Deresi	4	1	0	3	1	4	22	2	2	1	4
	Terme Çayı	0	5	0	1	0	0	3	27	1	3	0
	Tersakan Çayı	1	0	3	2	1	5	4	0	21	3	1
	Yeşilirmak Nehri	2	3	1	2	0	1	2	9	6	14	2
%	Abdal Çayı	55.0	2.5	2.5	2.5	0.0	5.0	17.5	2.5	5.0	7.5	55.0
	Akçay	2.5	45.0	2.5	2.5	0.0	2.5	2.5	35.0	0.0	7.5	2.5
	Altınkaya Baraj Gölü	0.0	7.5	40.0	7.5	0.0	20.0	2.5	0.0	20.0	2.5	0.0
	Engiz Çayı	10.0	7.5	7.5	20.0	2.5	10.0	25.0	7.5	7.5	2.5	10.0

Tablo 3.57. Devamı

	Lokaliteler	Tahmin Edilen Grup İlişkileri										Toplam
		ABÇ	AK	ABG	EÇ	KN	MI	TD	TÇ	TAC	YN	
%	Kızılırmak Nehri	7.5	2.5	5.0	15.0	7.5	12.5	27.5	7.5	10.0	5.0	7.5
	Mert Irmağı	2.5	5.0	0.0	2.5	2.5	32.5	35.0	7.5	10.0	2.5	2.5
	Taşkelik Deresi	10.0	2.5	0.0	7.5	2.5	10.0	55.0	5.0	5.0	2.5	10.0
	Terme Çayı	0.0	12.5	0.0	2.5	0.0	0.0	7.5	67.5	2.5	7.5	0.0
	Tersakan Çayı	2.5	0.0	7.5	5.0	2.5	12.5	10.0	0.0	52.5	7.5	2.5
	Yeşilirmak Nehri	5.0	7.5	2.5	5.0	0.0	2.5	5.0	22.5	15.0	35.0	5.0

Tek yönlü PERMANOVA testi populasyonlar arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=10.36$, $P=0.0001$). Her bir populasyon için dalgacık 5 fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 3.17’de verilmiştir.

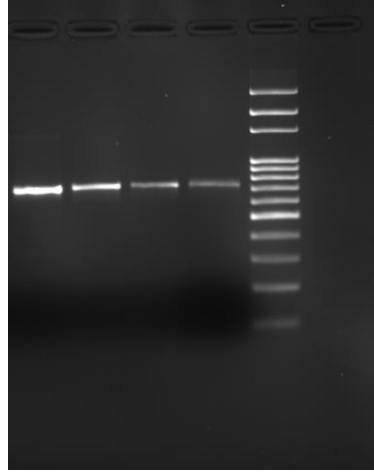


Şekil 3.17. On populasyon için lapillus otolitlerinin dalgacık 5 sinyalleri

3.4. Genetik Bulgular

Tez çalışmasının bu aşamasında Samsun ilinde belirlenmiş olan lokalitelerden yakalanan *Squalius* sp. türünün mtDNA’ya ait iki farklı gen bölgesi (COI ve Cyt b) kullanılarak hem tür içi hem de populasyonlar arasındaki ilişkilerinin tespiti gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında DNA izolasyonu basamağında elde edilen ürünler, PCR çalışmaları ve jel elektroforezi ile kontrol edilmiştir. Bu sayede izolasyonun başarılı olup olmadığının kontrolü gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.18).

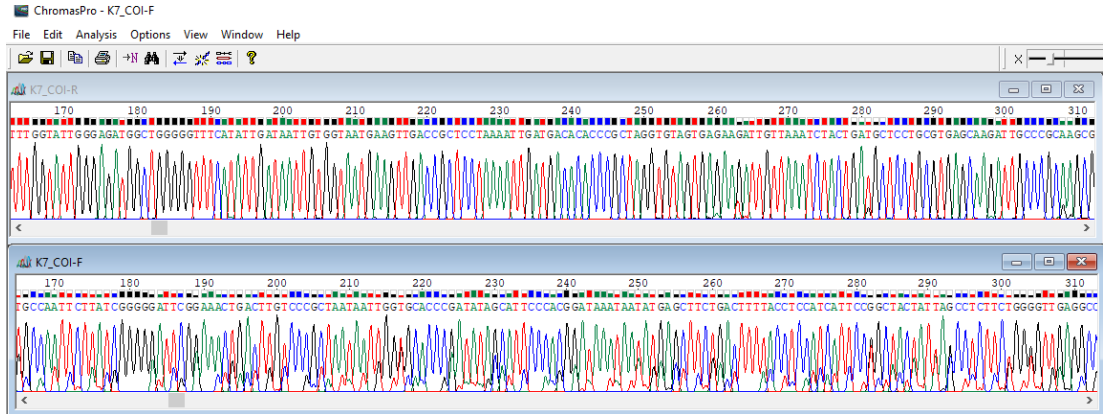


Şekil 3.18. Jel görüntülemesi gerçekleştirilmiş olan DNA

3.4.1. mtDNA COI Gen Bölgesi Analizleri

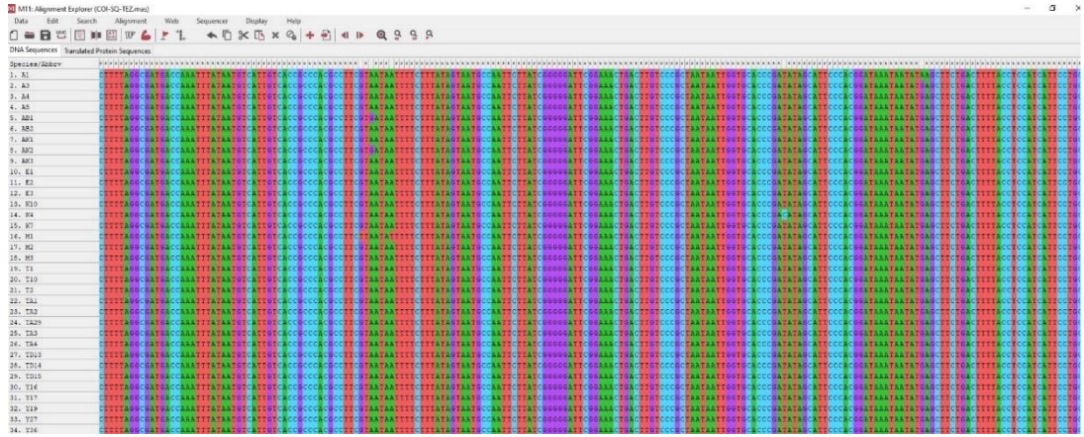
3.4.1.1. Sekans Kompozisyonu ve Varyasyonu

Bu çalışmada mtDNA COI gen bölgesinin 652 bp'lik kısmı belirlenmiştir ve analizler bu kısım üzerinden yapılmıştır. Farklı lokalitelerden elde edilmiş *Squalius* sp. türüne toplam 37 adet örneğin baz dizileri belirlendikten sonra diğer analizler gerçekleştirilmiştir. Dizi verilerinin ilk değerlendirmesi ChromasPro programı yardımıyla yapılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. COI bölgesinin ChromasPro programı kullanılarak baz dizilimlerinin görüntülenmesi

Örneklerin mtDNA COI gen bölgesinin 652 bp'lik kısmı daha önceden GenBank veri tabanına girilen ilgili sekanslarla gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra MEGA 11.0.13 programı kullanılarak hizalanmıştır (Şekil 3.20). Örneklerin ön değerlendirmeleri yapıldıktan sonra her bir gen bölgesi için dizinler farklı formatlara dönüştürülmüş ve kaydedilmiştir.



Şekil 3.20. COI bölgesinin MEGA 11.0.13 programı kullanılarak baz dizilimlerinin belirlenmesi

Squalius sp. türüne ait bireylerin mtDNA COI gen bölgesi veri setindeki nükleotitler DnaSP 6.12.03 programı ile değerlendirilmiştir. Nükleotit pozisyonlarının % 95.86 (625 bç)’inin korunmuş, % 2.30 (15 bç)’sinin değişken, ve bunlardan % 0.61 (4 bç)’sinin ise maksimum bilgi verici olduğu tespit edilmiştir.

MEGA 11.0.13 programı kullanılarak nükleotit frekansları %24.22 (A), %28.35 (T/U), %27.41 (C) ve %20.03 (G) olarak belirlenmiştir. Transisyon/Transversiyon oranları $k_1 = 6.29$ (pürinler) ve $k_2 = 1.221$ (primidinler) olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.58).

Tablo 3.58. COI gen bölgesi için nükleotit dönüşümlerinin hesaplanması (*Transisyon oranları koyu; Transversiyon oranları italik olarak verilmiştir.)

	A	T	C	G
A	-	5.19	5.02	23.05
T	4.43	-	6.13	3.67
C	4.43	6.34	-	3.67
G	27.88	5.19	5.02	-

3.4.1.2. Genetik Çeşitlilik

Squalius cinsine mensup türlerin GenBank veri tabanında verileri bulunan COI gen bölgesi üzerine yapılmış çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Gerçekleştirilen tez çalışmasında kapsamında ilgili veri tabanından seçilen çalışmalar Tablo 3.59’da verilmiştir. Belirlenen çalışmalara ait veriler ile tez çalışmasında elde edilen COI gen bölgesine ait dizi verileri bir araya getirilmiştir.

Tablo 3.59. COI gen bölgesine ait moleküler analizlerde kullanılan türlerin listesi ve GenBank erişim numaraları

Tür	GenBank Erişim Numarası	Genbank Lokasyon	Referans
<i>Squalius anatolicus</i>	KJ552163.1	Türkiye, Beyşehir drenajı	Geiger et al., 2014
<i>Squalius aristotelis</i>	KJ552173.1		
	KJ552161.1	Türkiye, Bakır drenajı	Geiger et al., 2014
<i>Squalius berak</i>	KX516740.1	Türkiye, Tortum-Erzurum	Khaefi et al., 2016
<i>Squalius carinus</i>	KJ552276.1	Türkiye, Karadirek drenajı	Geiger et al., 2014
<i>Squalius cephaloides</i>	KJ552150.1	Türkiye, Tesvikiye drenajı	Geiger et al., 2014
<i>Squalius cephalus</i>	KJ552213.1		
	KC355016.1	Fransa	Denys et al., 2013
	KU729269.1	Bulgaristan	Behrens-Chapuis et al., 2015
	KU729270.1		
	KU302619.1	Almanya	Gouskov and Vorburger, 2016
	NC_031540.1	-	Miya, 2016
	MG806884.1	Çek Cumhuriyeti	Schönhuth et al., 2018
	ON097767.1	Avusturya	Zangl et al., 2022
	ON097820.1		
	ON097849.1		
	ON097856.1		
	ON097882.1		
<i>Squalius cii</i>	KJ552181.1	Türkiye, Simav drenajı	Geiger et al., 2014
<i>Squalius fellowesii</i>	KJ554805.1	Türkiye, Dalaman drenajı	Geiger et al., 2014
	MF362214.1	Türkiye, Esen Çayı	Turan et al., 2018
<i>Squalius kosswigi</i>	KJ552134.1	Türkiye, Gümüldür drenajı	Geiger et al., 2014
<i>Squalius kottelati</i>	KJ552194.1	Türkiye, Asi drenajı	Geiger et al., 2014
	KJ552340.1	Türkiye, Ceyhan drenajı	
<i>Squalius lepidus</i>	KX516767.1	Türkiye, Tigris drenajı	Khaefi et al., 2016
<i>Squalius orientalis</i>	HM560350.1	Rusya	Perea et al., 2010
	KU729271.1	Gürcistan	Behrens-Chapuis et al., 2015
<i>Squalius orpheus</i>	MG806888.1	Yunanistan	Schönhuth et al., 2018
<i>Squalius pursakensis</i>	KU729272.1	Türkiye, Sakarya	Behrens-Chapuis et al., 2015
<i>Squalius recurvirostris</i>	KJ552305.1	Türkiye, Akşehir drenajı	Geiger et al., 2014
<i>Squalius turcicus</i>	KX516797.1	Türkiye, Kura Nehri	Khaefi et al., 2016
<i>Squalius microlepis</i>	MG806887.1	Bosna-Hersek	Schönhuth et al., 2018
<i>Squalius squalus</i>	MG806893.1		
<i>Rutilus rutilus</i>	ON097883.1	Avusturya	Zangl et al., 2022

Squalius cinsine ait türlerin COI gen bölgesi sekans verileri değerlendirildiğinde toplam 32 Haplotip elde edilmiştir ve türler arası Haplotip çeşitliliği (Hd) 0.899 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Haplotip Varyans (V_{Hd}) değeri 0.00062 olarak belirlenirken, Nükleotit çeşitliliği ise (P_i) 0.02870 olarak saptanmıştır. Detaylı bir şekilde Tablo 3.53'te belirlenen haplotipler sunulmuştur.

Belirlenen haplotiplerden en yaygın olanı Hap_4 haplotipi olduğu tespit

edilmiştir. Hap_4 içerisinde Altınkaya Baraj Gölü, Kızılırmak, Mert Irmağı, Tersakan Çayı, Yeşilirmak Nehri'nden yakalanmış olan *Squalius* sp. türüne it örnekler ve GenBank'tan elde edilen KU729269.1 ve KU729270.1 kodlu *Squalius cephalus* türü olmak üzere toplam 16 adet örnek yer almaktadır (Tablo. 3.60).

Tablo 3.60. GenBank verilerini kapsayan COI gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler

Haplotipler	Örnek Dağılımı	Haplotip Frekansları
Hap_1	ABÇ1, ABÇ 2, AK5, EÇ1, EÇ2, EÇ3, KN10, MI2, TD13, TD14, TD15, TÇ1, TÇ2, TÇ10, YN17	15
Hap_2	ABÇ4	1
Hap_3	AK3, AK4	2
Hap_4	ABG1, ABG2, ABG3, KN7, KU729269.1 <i>Squalius cephalus</i> , KU729270.1 <i>Squalius cephalus</i> , MI3, TAÇ1, TAÇ2, TAÇ3, TAÇ4, TAÇ29, YN16, YN19, YN27, YN36	16
Hap_5	HM560350.1 <i>Squalius orientalis</i>	1
Hap_6	KN1	1
Hap_7	KN4	1
Hap_8	KN6	1
Hap_9	KJ552134.1 <i>Squalius kosswigi</i>	1
Hap_10	KJ552150.1 <i>Squalius cephaloides</i> , KJ552181.1 <i>Squalius cii</i> , KJ552213.1 <i>Squalius cephaloides</i>	3
Hap_11	KJ552161.1 <i>Squalius cf. aristotelis</i>	1
Hap_12	KJ552163.1 <i>Squalius anatolicus</i>	1
Hap_13	KJ552173.1 <i>Squalius anatolicus</i>	1
Hap_14	KJ552194.1 <i>Squalius kottelati</i>	1
Hap_15	KJ552276.1 <i>Squalius carinus</i>	1
Hap_16	KJ552305.1 <i>Squalius recurvirostris</i>	1
Hap_17	KJ552340.1 <i>Squalius kottelati</i>	1
Hap_18	KJ554805.1 <i>Squalius fellowesii</i>	1
Hap_19	KC355016.1 <i>Squalius cephalus</i> , MG806884.1 <i>Squalius cephalus</i> , ON097820.1 <i>Squalius cephalus</i> , ON097849.1 <i>Squalius cephalus</i>	4
Hap_20	KU302619.1 <i>Squalius cephalus</i> , ON097767.1 <i>Squalius cephalus</i> , ON097856.1 <i>Squalius cephalus</i>	3
Hap_21	KU729271.1 <i>Squalius orientalis</i>	1
Hap_22	KU729272.1 <i>Squalius pursakensis</i>	1
Hap_23	KX516740.1 <i>Squalius berak</i>	1
Hap_24	KX516767.1 <i>Squalius lepidus</i>	1
Hap_25	KX516797.1 <i>Squalius turcicus</i>	1
Hap_26	MI1	1
Hap_27	MF362214.1 <i>Squalius fellowesii</i>	1
Hap_28	MG806887.1 <i>Squalius microlepis</i>	1
Hap_29	MG806888.1 <i>Squalius orpheus</i>	1
Hap_30	MG806893.1 <i>Squalius squalus</i>	1
Hap_31	ON097882.1 <i>Squalius cephalus</i>	1
Hap_32	TÇ11	1

GenBank verileri ve Samsun ilinde yer alan on tatlısu kaynağından örneklenen *Squalius* sp. türüne ait bireylerin COI gen bölgesi için tür içi ve türler arası genetik uzaklık ilişkisi MEGA 11.0.13 programındaki Kimura 2-parametre modeli yardımıyla hesaplanmıştır ve dış grup olarak *Rutilus rutilus* türü kullanılmıştır. En yüksek uzaklık genetik mesafesinin Hap_27 ile Hap_12 arasında olduğu saptanmıştır (0.08059) (Tablo 3.61).

Tablo 3.61. On lokasyondan örneklenen *Squalius* sp. bireylerinin COI gen bölgesi için tür içi ve türler arası ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri

	Hap_1	Hap_2	Hap_3	Hap_4	Hap_5	Hap_6	Hap_7	Hap_8	Hap_9	Hap_10	Hap_11	Hap_12	Hap_13	Hap_14	Hap_15
Hap_1															
Hap_2	0.00154														
Hap_3	0.00154	0.00308													
Hap_4	0.00154	0.00308	0.00308												
Hap_5	0.07061	0.07246	0.06877	0.06877											
Hap_6	0.00462	0.00617	0.00617	0.00308	0.06510										
Hap_7	0.00462	0.00617	0.00617	0.00307	0.06519	0.00617									
Hap_8	0.01081	0.01237	0.01237	0.00926	0.07217	0.00926	0.01237								
Hap_9	0.04835	0.05005	0.04666	0.04666	0.04044	0.04330	0.04337	0.05147							
Hap_10	0.00928	0.01084	0.01084	0.00772	0.06703	0.01084	0.00773	0.01707	0.04505						
Hap_11	0.02191	0.02352	0.02352	0.02352	0.06519	0.02032	0.02516	0.02983	0.05012	0.02355					
Hap_12	0.07371	0.07547	0.07195	0.07195	0.01645	0.06844	0.06854	0.07684	0.04660	0.07029	0.07205				
Hap_13	0.07195	0.07371	0.07019	0.07019	0.01478	0.06670	0.06679	0.07508	0.04492	0.06854	0.07029	0.00154			
Hap_14	0.04955	0.05123	0.04787	0.04787	0.04199	0.04454	0.04459	0.05437	0.04152	0.04626	0.05298	0.04304	0.04137		
Hap_15	0.01714	0.01872	0.01872	0.01872	0.06336	0.01556	0.02035	0.02501	0.05183	0.02195	0.00773	0.07029	0.06854	0.05129	
Hap_16	0.07195	0.07371	0.07019	0.07019	0.00325	0.06670	0.06679	0.07508	0.03825	0.06854	0.06679	0.02035	0.01875	0.04470	0.06505
Hap_17	0.05624	0.05794	0.05454	0.05454	0.04897	0.05117	0.05123	0.05939	0.04480	0.05291	0.05972	0.04967	0.04799	0.00928	0.05801
Hap_18	0.01881	0.02041	0.02041	0.02041	0.06519	0.01722	0.02205	0.02674	0.05380	0.02366	0.00933	0.07240	0.07064	0.04985	0.00154
Hap_19	0.03977	0.04143	0.03812	0.03812	0.04904	0.03812	0.03488	0.04787	0.02044	0.03653	0.04819	0.05312	0.05143	0.03638	0.04988
Hap_20	0.03812	0.03977	0.03647	0.03647	0.04727	0.03647	0.03324	0.04620	0.02205	0.03161	0.04651	0.05143	0.04974	0.03802	0.04819
Hap_21	0.06324	0.06497	0.06151	0.06151	0.01312	0.05808	0.05816	0.06637	0.04324	0.06332	0.06159	0.02195	0.02355	0.04304	0.05987
Hap_22	0.05979	0.06151	0.05808	0.05808	0.00980	0.05467	0.05475	0.06293	0.03991	0.05987	0.05816	0.02195	0.02035	0.03972	0.05645
Hap_23	0.03812	0.03977	0.03647	0.03647	0.03676	0.03319	0.03324	0.04288	0.01565	0.03488	0.03983	0.04470	0.04304	0.03149	0.04149
Hap_24	0.05129	0.05298	0.05298	0.04961	0.04557	0.04626	0.04631	0.05611	0.04324	0.05475	0.05305	0.05320	0.05150	0.02674	0.05136
Hap_25	0.07019	0.07195	0.06844	0.06844	0.00651	0.06497	0.06505	0.07333	0.04324	0.06679	0.06505	0.01558	0.01400	0.03972	0.06332
Hap_26	0.00616	0.00771	0.00771	0.00462	0.07412	0.00771	0.00771	0.01393	0.05160	0.01238	0.02828	0.07704	0.07527	0.05279	0.02346
Hap_27	0.02664	0.02825	0.02825	0.02825	0.07061	0.02503	0.02990	0.03461	0.06190	0.03152	0.01710	0.08059	0.07881	0.05787	0.00926
Hap_28	0.05833	0.06005	0.06005	0.05661	0.06529	0.05320	0.05328	0.06143	0.04512	0.05498	0.06014	0.06864	0.06689	0.05475	0.06187
Hap_29	0.00462	0.00617	0.00617	0.00307	0.06519	0.00617	0.00308	0.01237	0.04337	0.00462	0.02195	0.06854	0.06679	0.04459	0.01716
Hap_30	0.05475	0.05645	0.05305	0.05305	0.05784	0.04967	0.04974	0.05957	0.03996	0.05143	0.05312	0.05467	0.05298	0.04454	0.05482
Hap_31	0.04023	0.04191	0.03856	0.03856	0.04779	0.03856	0.03689	0.04844	0.02541	0.03523	0.04868	0.05196	0.05025	0.04009	0.05038
Hap_32	0.00462	0.00617	0.00307	0.00617	0.07236	0.00928	0.00927	0.01238	0.04998	0.01396	0.02670	0.07537	0.07361	0.05117	0.02189
<i>Rutilus rutilus</i> (Dış grup)	0.08768	0.08949	0.08588	0.08588	0.07940	0.08230	0.08419	0.09086	0.07755	0.08240	0.08419	0.08577	0.08398	0.06648	0.08961

Tablo 3.61. Devamı

	Hap_16	Hap_17	Hap_18	Hap_19	Hap_20	Hap_21	Hap_22	Hap_23	Hap_24	Hap_25	Hap_26	Hap_27	Hap_28	Hap_29	Hap_30	Hap_31	Hap_32
Hap_17	0.05136																
Hap_18	0.06712	0.05658															
Hap_19	0.05143	0.04626	0.05183														
Hap_20	0.04974	0.04793	0.05012	0.00773													
Hap_21	0.01716	0.04631	0.06190	0.04974	0.04805												
Hap_22	0.01085	0.04631	0.05844	0.04637	0.04470	0.00617											
Hap_23	0.03972	0.04127	0.04002	0.01400	0.01242	0.03807	0.03479										
Hap_24	0.04812	0.03647	0.04991	0.04470	0.04304	0.04310	0.03977	0.03315									
Hap_25	0.01085	0.04631	0.06537	0.04974	0.04805	0.01875	0.01558	0.04137	0.04310								
Hap_26	0.07527	0.05951	0.02518	0.04298	0.04132	0.06653	0.06307	0.04132	0.05454	0.07351							
Hap_27	0.07527	0.06465	0.00774	0.05987	0.05816	0.07001	0.06653	0.04799	0.05794	0.07351	0.03304						
Hap_28	0.06689	0.05298	0.06392	0.03658	0.03493	0.06168	0.06168	0.04156	0.05312	0.05824	0.06159	0.07205					
Hap_29	0.06679	0.05123	0.01884	0.03488	0.03324	0.06159	0.05816	0.03324	0.04967	0.06505	0.00771	0.02667	0.05328				
Hap_30	0.05979	0.05117	0.05338	0.03812	0.03647	0.06151	0.05808	0.02670	0.05129	0.05467	0.05801	0.06143	0.05661	0.04974			
Hap_31	0.05025	0.05013	0.05235	0.01096	0.00311	0.05025	0.04685	0.01573	0.04516	0.04855	0.04348	0.06050	0.03861	0.03689	0.04018		
Hap_32	0.07361	0.05787	0.02360	0.03807	0.03642	0.06488	0.06143	0.03972	0.05630	0.07185	0.01082	0.03145	0.05996	0.00927	0.05637	0.03851	
<i>Rutilus rutilus</i> (Dış grup)	0.08042	0.07178	0.09173	0.06490	0.06664	0.08398	0.08577	0.06664	0.08577	0.07864	0.09108	0.09837	0.06664	0.08419	0.08768	0.06735	

Squalius sp. türüne ait COI gen bölgesi sekansında toplam 9 Haplotip belirlenmiştir ve Haplotip çeşitliliği (H_d) 0.704 olarak hesaplanmıştır. Haplotip Varyans (V_{Hd}) değeri 0.00263 olarak belirlenirken, Nükleotit çeşitliliği ise (P_i) 0.00230 olarak saptanmıştır. Elde edilen haplotipler kapsamlı şekilde Tablo 3.62’de gösterilmiştir.

Çalışılan COI gen bölgesine ait belirlenen haplotiplerden en yaygın olanının Hap_1 haplotipi olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu Hap_1 içerisinde Abdal Çayı, Akçay, Engiz Çayı, Kızılırmak Nehri, Mert Irmağı, Taşkelik Deresi, Terme Çayı, Yeşilirmak Nehri’nden yakalanmış olan örnekler olmak üzere 15 adet örnek yer almaktadır (Tablo 3.62).

Tablo 3.62. *Squalius* sp. türüne ait COI gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler

Haplotipler	Örnek Dağılımı	Haplotip Frekansları
Hap_1	ABÇ1, ABÇ2, AK5, EÇ1, EÇ2, EÇ3, KN10, MI2, TD13, TD14, TD15, TÇ1, TÇ2, TÇ10, YN17	15
Hap_2	ABÇ14	1
Hap_3	AK3, AK4	2
Hap_4	ABG1, ABG2, ABG3, KN7, MI3, TAÇ1, TAÇ2, TAÇ3, TAÇ4, TAÇ29, YN16, YN19, YN27, YN36	14
Hap_5	KN1	1
Hap_6	KN4	1
Hap_7	KN6	1
Hap_8	MI1	1
Hap_9	TÇ11	1

Samsun ilinde yer alan on tatlısu kaynağından örneklenen *Squalius* sp. bireylerinin COI gen bölgesi için tür içi ve türler arası genetik uzaklık ilişkisi MEGA 11.0.13 programındaki Kimura 2-parametre modeli yardımıyla hesaplanmıştır ve dış grup olarak *Rutilus rutilus* türü kullanılmıştır. En yüksek uzaklık genetik mesafesinin Hap_8 ile Hap_7 arasında olduğu saptanmıştır (0.01393) (Tablo 3.63).

Tablo 3.63. On lokasyondan örneklenen *Squalius* sp. bireylerinin COI gen bölgesi için tür içi ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri

	Hap_1	Hap_2	Hap_3	Hap_4	Hap_5	Hap_6	Hap_7	Hap_8	Hap_9
Hap_1									
Hap_2	0.00154								
Hap_3	0.00154	0.00308							
Hap_4	0.00154	0.00308	0.00308						
Hap_5	0.00462	0.00617	0.00617	0.00308					
Hap_6	0.00462	0.00617	0.00617	0.00307	0.00617				
Hap_7	0.01081	0.01237	0.01237	0.00926	0.00926	0.01237			
Hap_8	0.00616	0.00771	0.00771	0.00462	0.00771	0.00771	0.01393		
Hap_9	0.00462	0.00617	0.00307	0.00617	0.00928	0.00927	0.01238	0.01082	
<i>Rutilus rutilus</i>	0.08768	0.08949	0.08588	0.08588	0.08230	0.08419	0.09086	0.09108	0.08577

3.4.1.3. Filogenetik Analizler

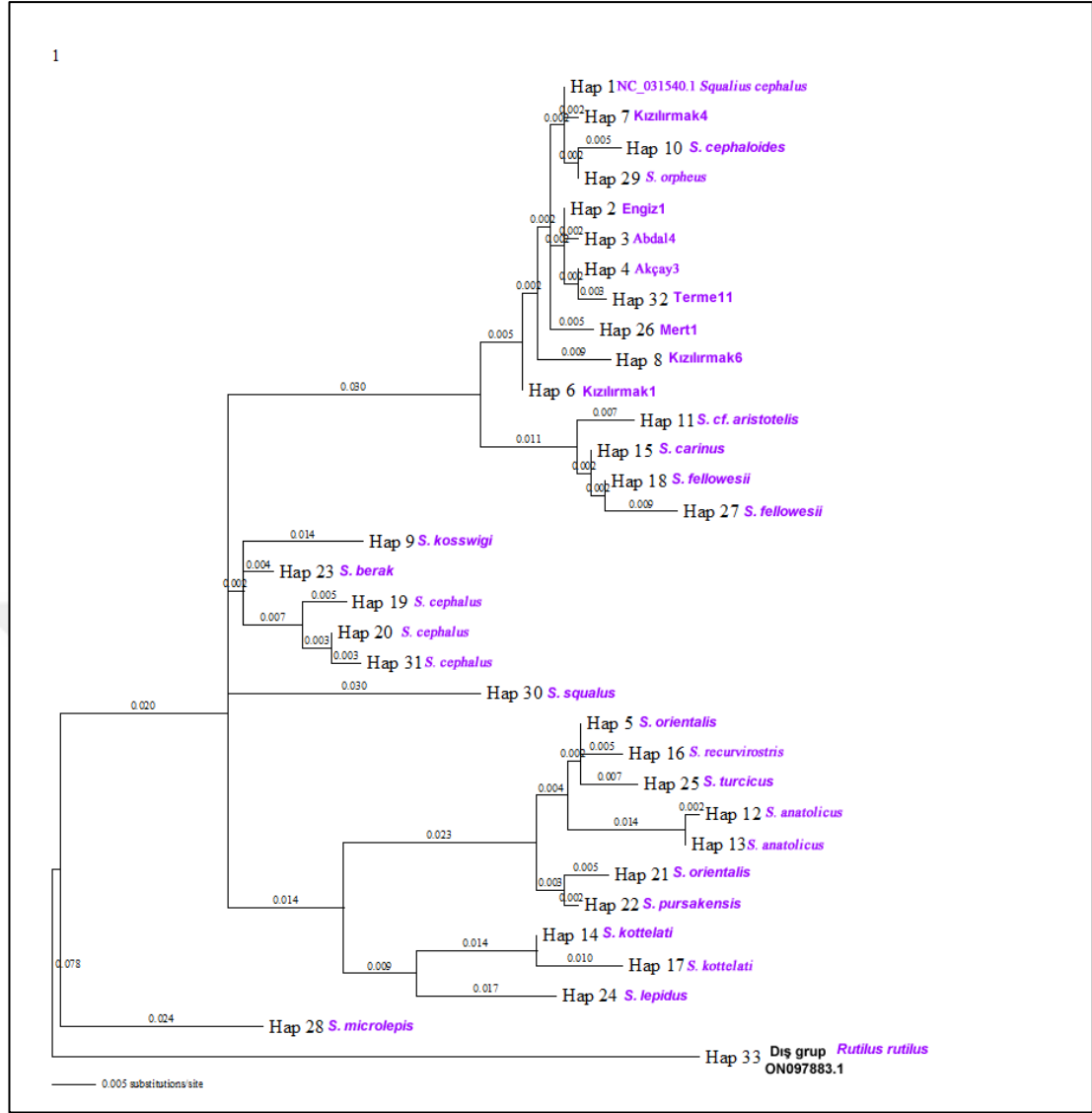
DNA veri seti jModelTest v.0.1 (Posada, 2008) programına tabi tutulmuştur ve veri setine en iyi uyan baz değişim modeli saptanmıştır. Hem Akaike bilgi kriterleri (AIC) hem de Bayesian bilgi kriterlerine (BIC) göre 88 farklı model arasından *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için TIM2+I+G modeli seçilmiştir. Seçilen model kullanılarak çalışılan veri seti için hesaplanan tüm model parametreleri sırasıyla; A = 0.2483, C = 0.2667, G = 0.1974, T = 0.2876, kesikli gama dağılımının biçim parametresi= 0.2320, -lnL= 2070.3043, K= 72 ve P invar= 0.3700 olarak belirlenmiştir. BIC'e göre ise en uygun model TrNef+I olarak saptanmıştır.

Elde edilmiş olan verilerden ilgili model kullanılarak *Squalius* cinsine ait türlerin filogenetik ağaçları oluşturulmuştur. Analizlerde örneklere ait belirlenen haplotipleri içerecek şekilde düzenlenen baz dizilimleri üzerinden gerçekleştirilmiş olup, boşluklar ve eksik veri içeren pozisyonların her biri kaldırılmıştır. 1'nci +2'nci +3'ncü + kodlamayan kodon pozisyonları ise analizlere dahil edilmiştir.

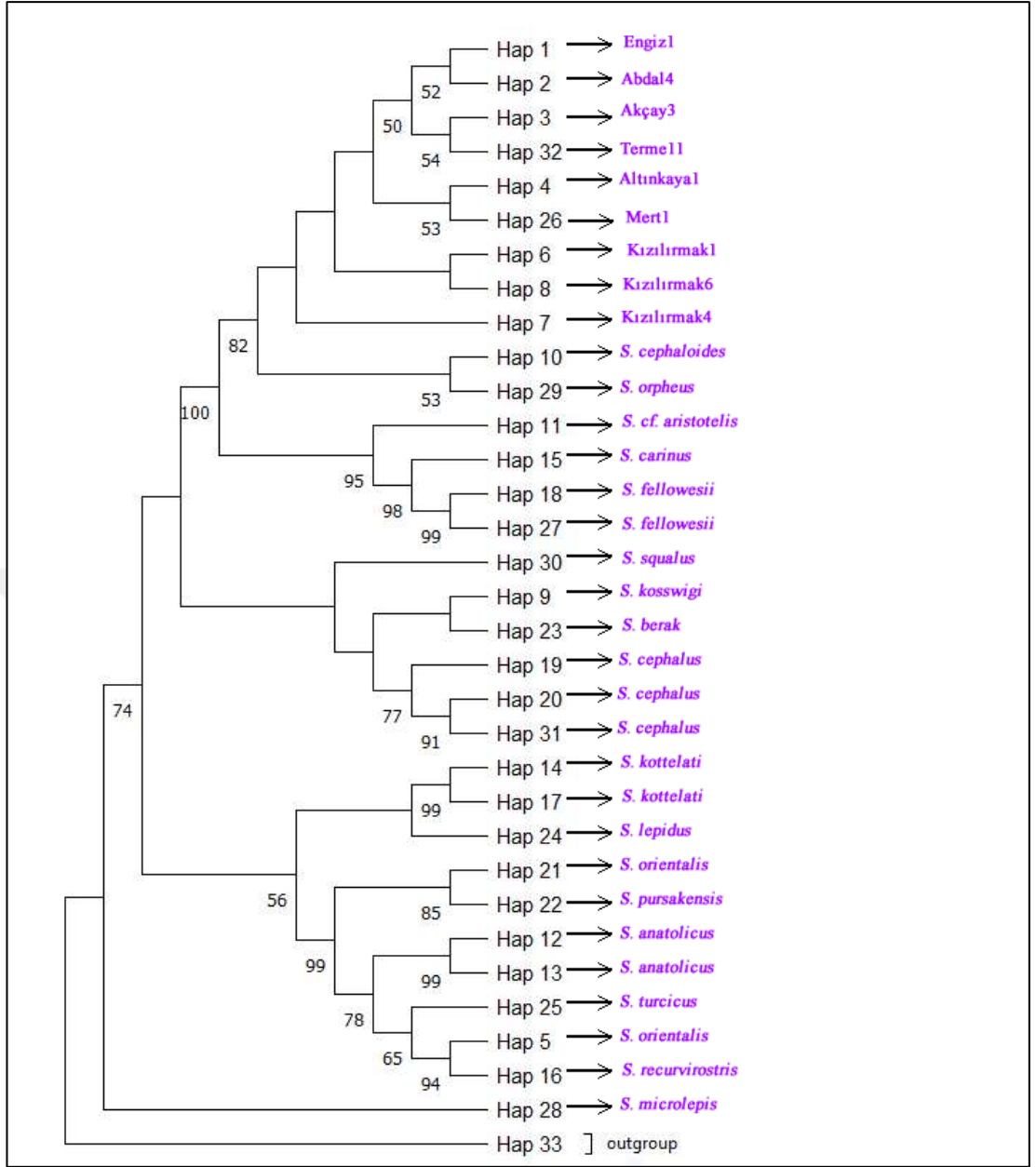
Seçilen çalışmalara ait verilerle bu çalışmada elde edilen haplotip verileri bir araya getirilerek *Squalius* cinsine ait türlerin yer aldığı bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinde *Rutilus rutilus* türü dış grup olarak tercih edilmiştir. *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi verilerine göre oluşturulan NJ ve ML ağaçları Şekil 3.21-3.25'te yer almaktadır. Ayrıca haplotipler arasındaki ilişkileri belirlemek için başka bir yaklaşım olarak SplitsTree (Huson and Bryant, 2006) yazılımından faydalanılarak ağaç modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.26).



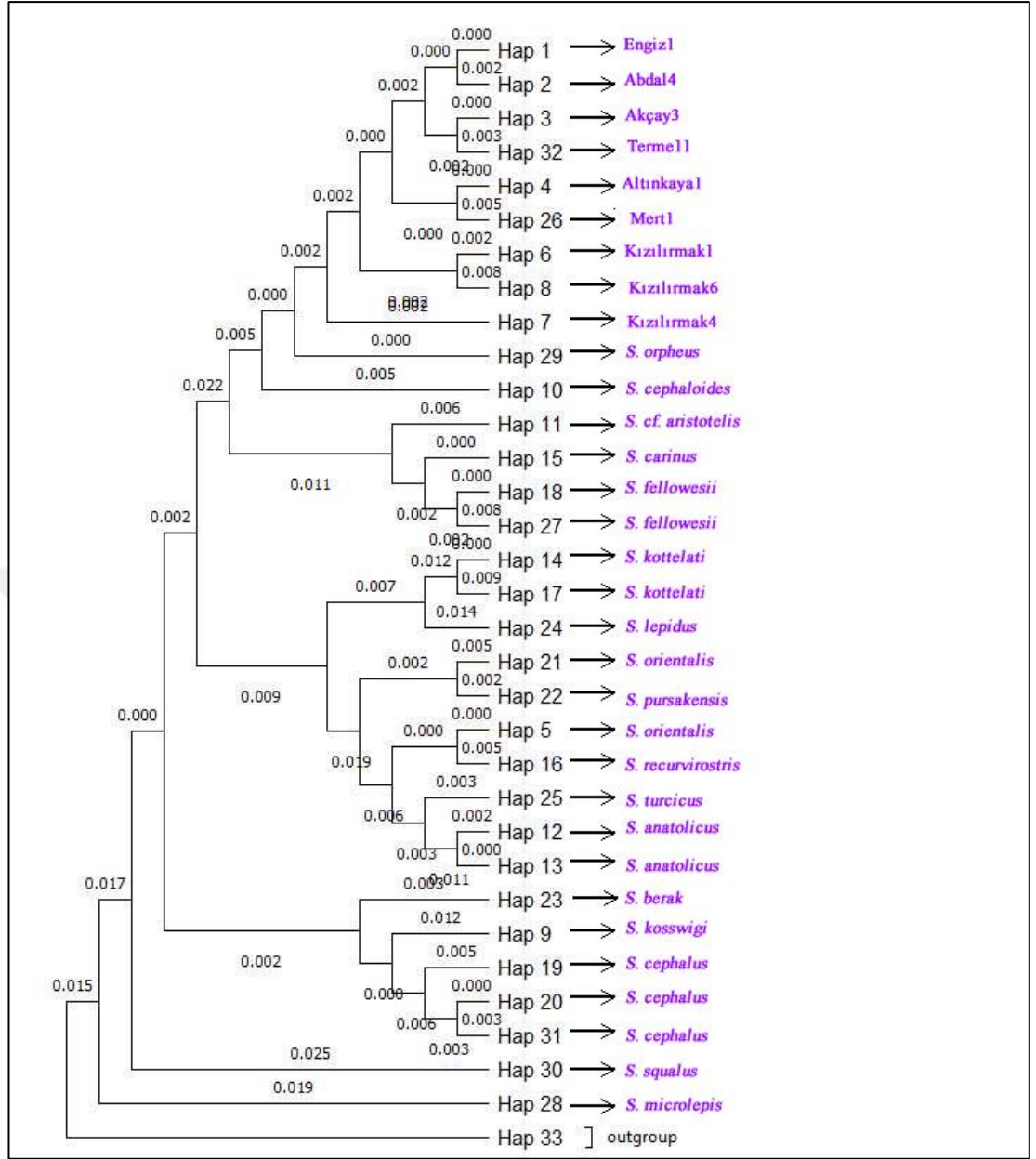
Şekil 3.21. *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (PAUP)



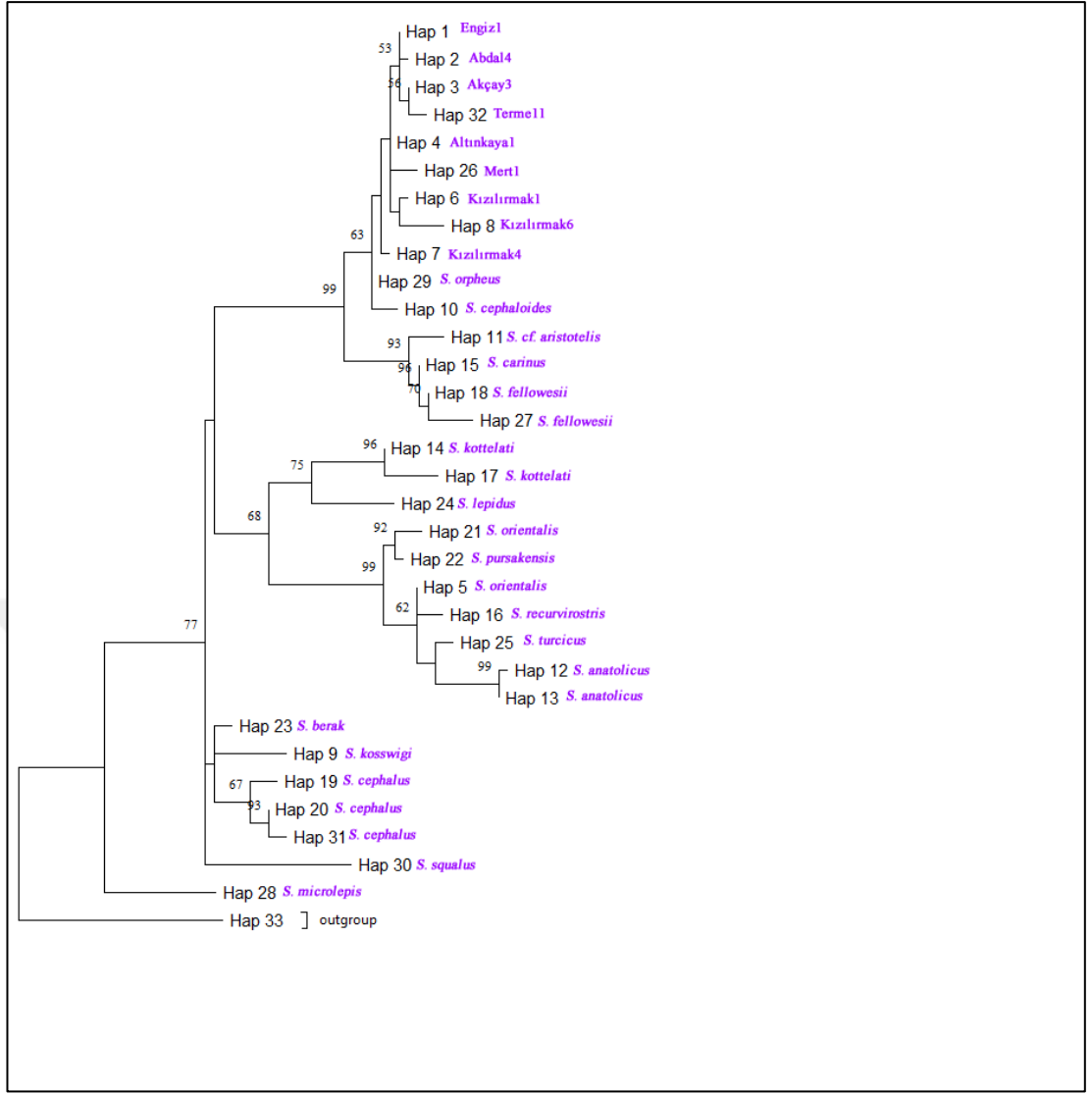
Şekil 3.22. *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (PAUP)



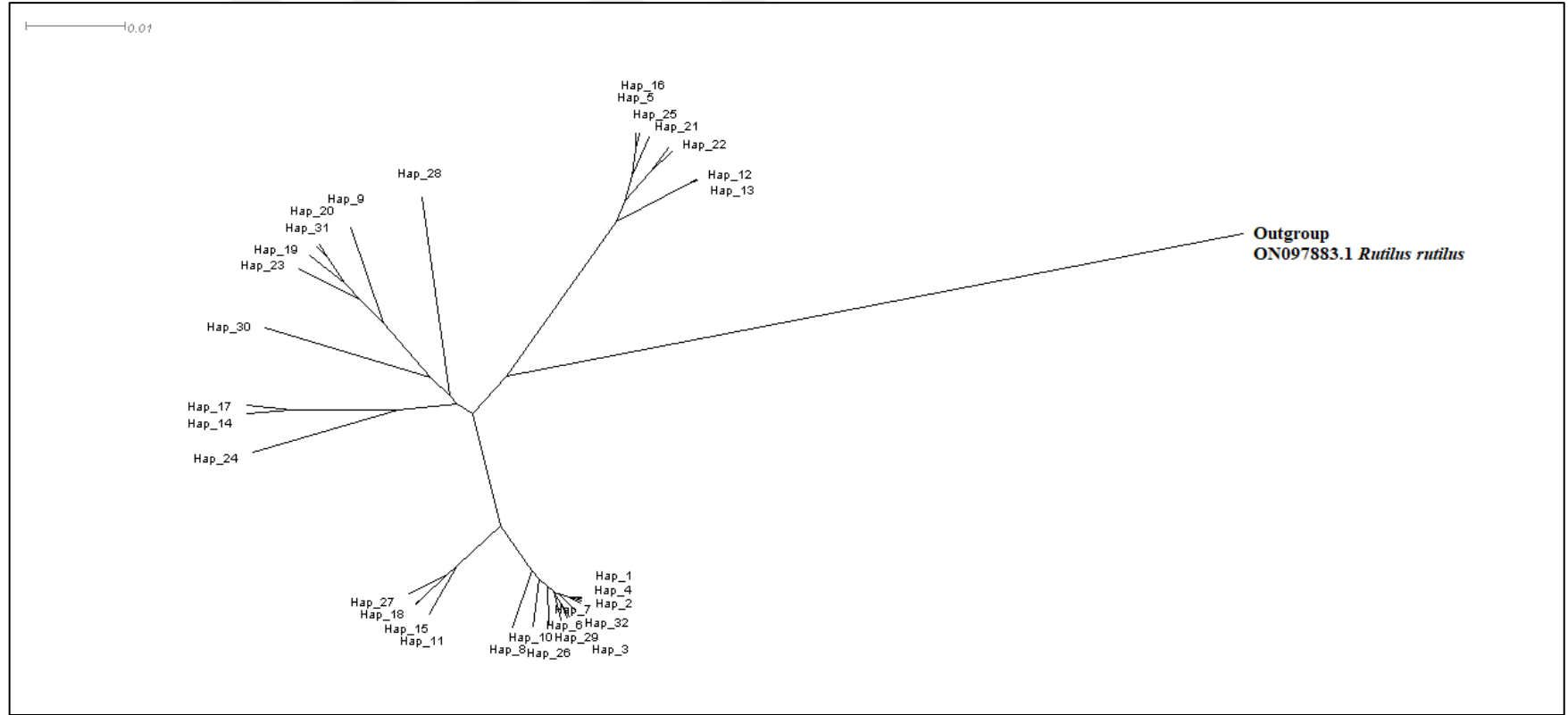
Şekil 3.23. *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir) (MEGA)



Şekil 3.24. *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan ML ağaç modeli (Orijinal ağaç) (MEGA)



Şekil 3.25. *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için oluşturulmuş olan ML ağaç modeli (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir) (MEGA)



Şekil 3.26. *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi için SplitsTree programı (Huson ve Bryant, 2006) kullanılarak oluşturulmuş olan ağaç modeli (UPGMA)

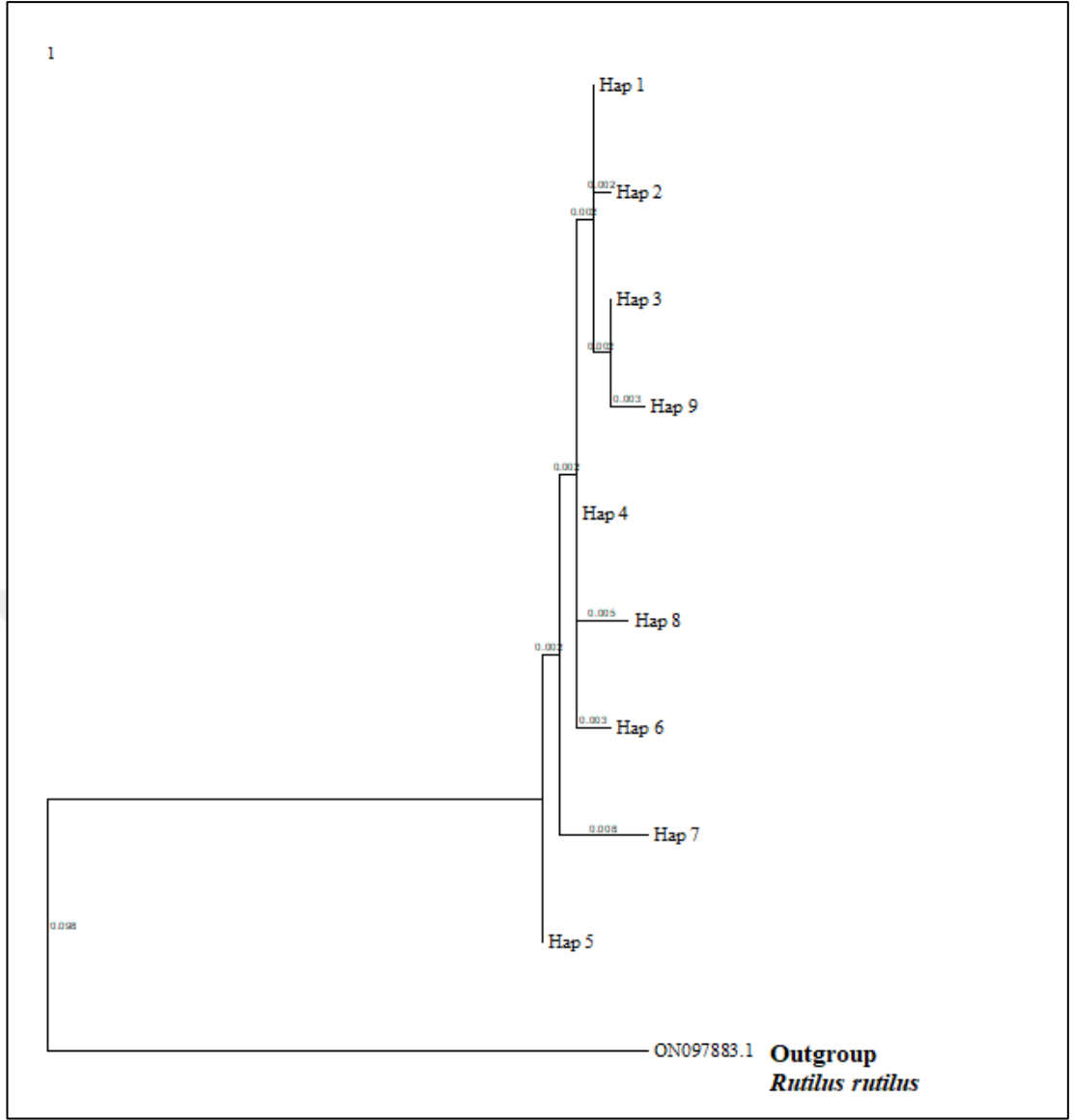
GenBank'tan alınan *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi sekans verileri ve *S. cephalus* türüne ait mtDNA tüm genom referans dizi eklendiğinde oluşturulan filogenetik ağaçlar tez çalışması örneklerinin *S. cephalus*'a yakın olduğunu ortaya çıkarmıştır. BLAST analizi sonuçları, filogenetik ağaçlardan elde edilen bulgularla örtüşmektedir.

Squalius sp. türünün COI gen bölgesi için AIC kriterlerine göre TPM3uf+G modeli seçilmiştir. Seçilen model kullanılarak çalışılan veri seti için hesaplanan tüm model parametreleri sırasıyla; A = 0.2544, C = 0.2674, G = 0.1954, T = 0.2828, kesikli gama dağılımının biçim parametresi= 0.1840, -lnL= 1231.1565 ve K= 24 olarak belirlenmiştir.

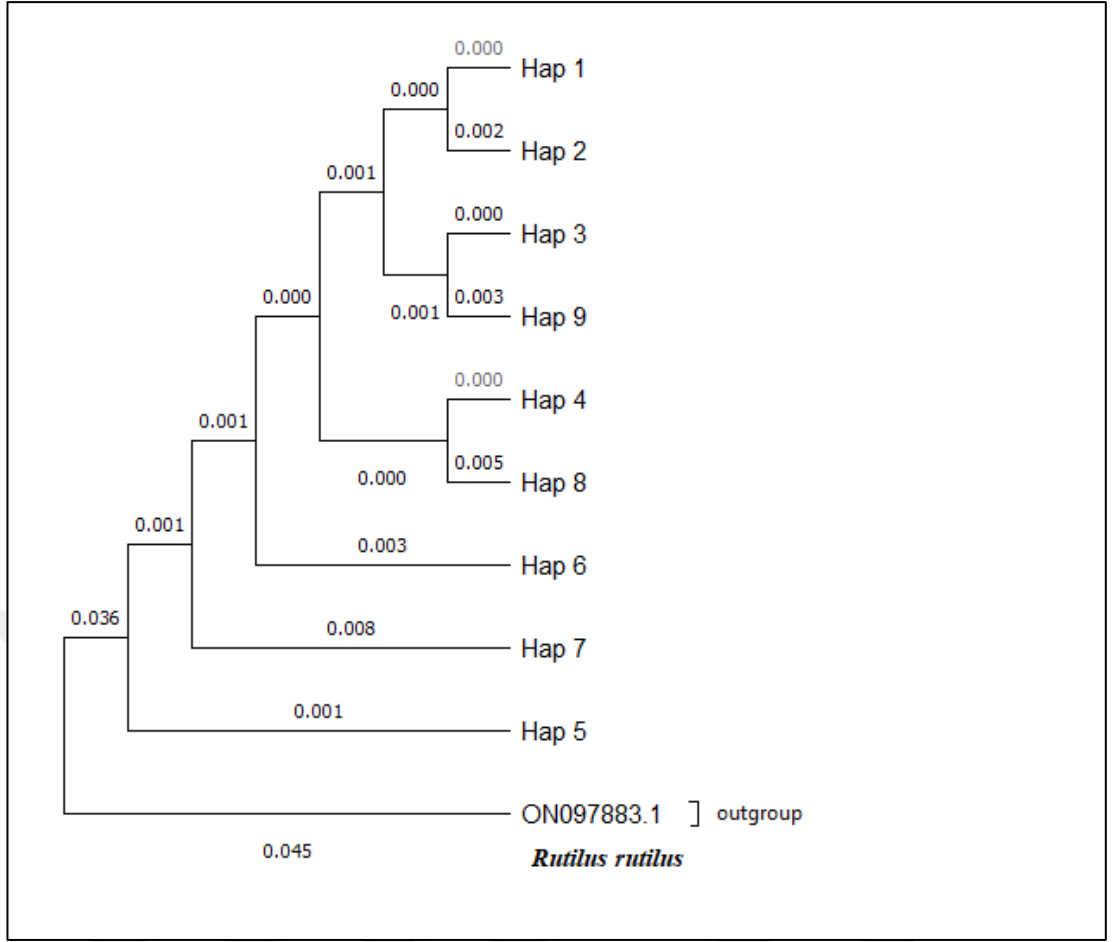
Elde edilmiş olan verilerden ilgili model kullanılarak *Squalius* sp. türünün filogenetik ağaçları oluşturulmuştur. Analizlerde örneklere ait belirlenen haplotipleri içerecek şekilde düzenlenen baz dizilimleri üzerinden gerçekleştirilmiş olup, boşluklar ve eksik veri içeren pozisyonların her biri kaldırılmıştır. 1'nci +2'nci +3'ncü + kodlamayan kodon pozisyonları ise analizlere dahil edilmiştir.

Squalius sp. türüne ait populasyonların yer aldığı bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinde yine *Rutilus rutilus* türü dış grup olarak tercih edilmiştir. *Squalius* sp. populasyonlarının COI gen bölgesi verilerine göre oluşturulan haplotiplerin NJ ve ML ağaçları üzerindeki dağılımları Şekil 3.27-3.31'te görülmektedir.

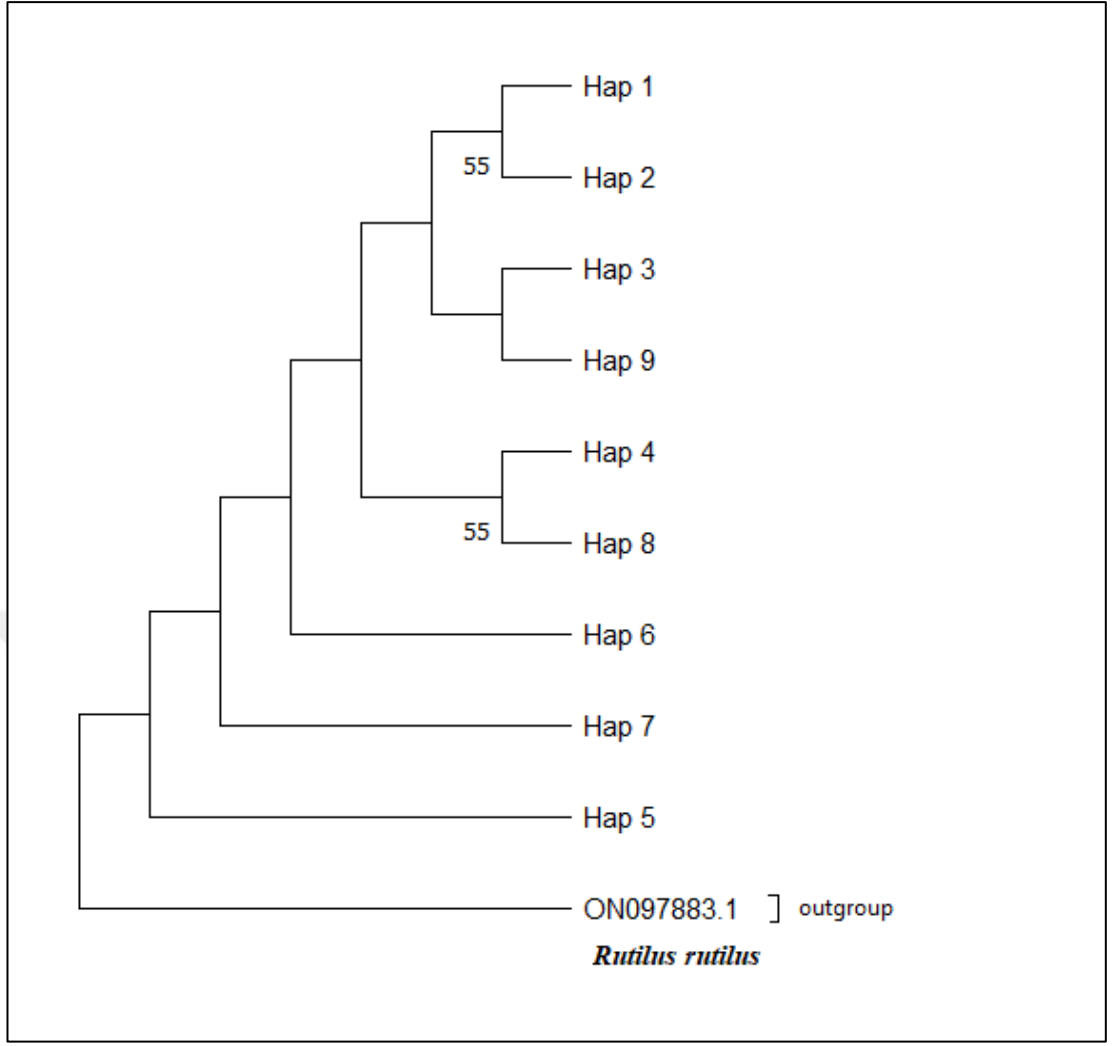
Kızılırmak Nehri'nden elde edilmiş olan bir örneğin (KN6) (Hap 7) diğer haplotiplerden oldukça farklı bir seviyede olduğu saptanmıştır. Bu haplotipin ikili uzaklık ilişkileri matrisleri de incelendiğinde diğer haplotiplerden farklı olduğu gözlenmiştir.



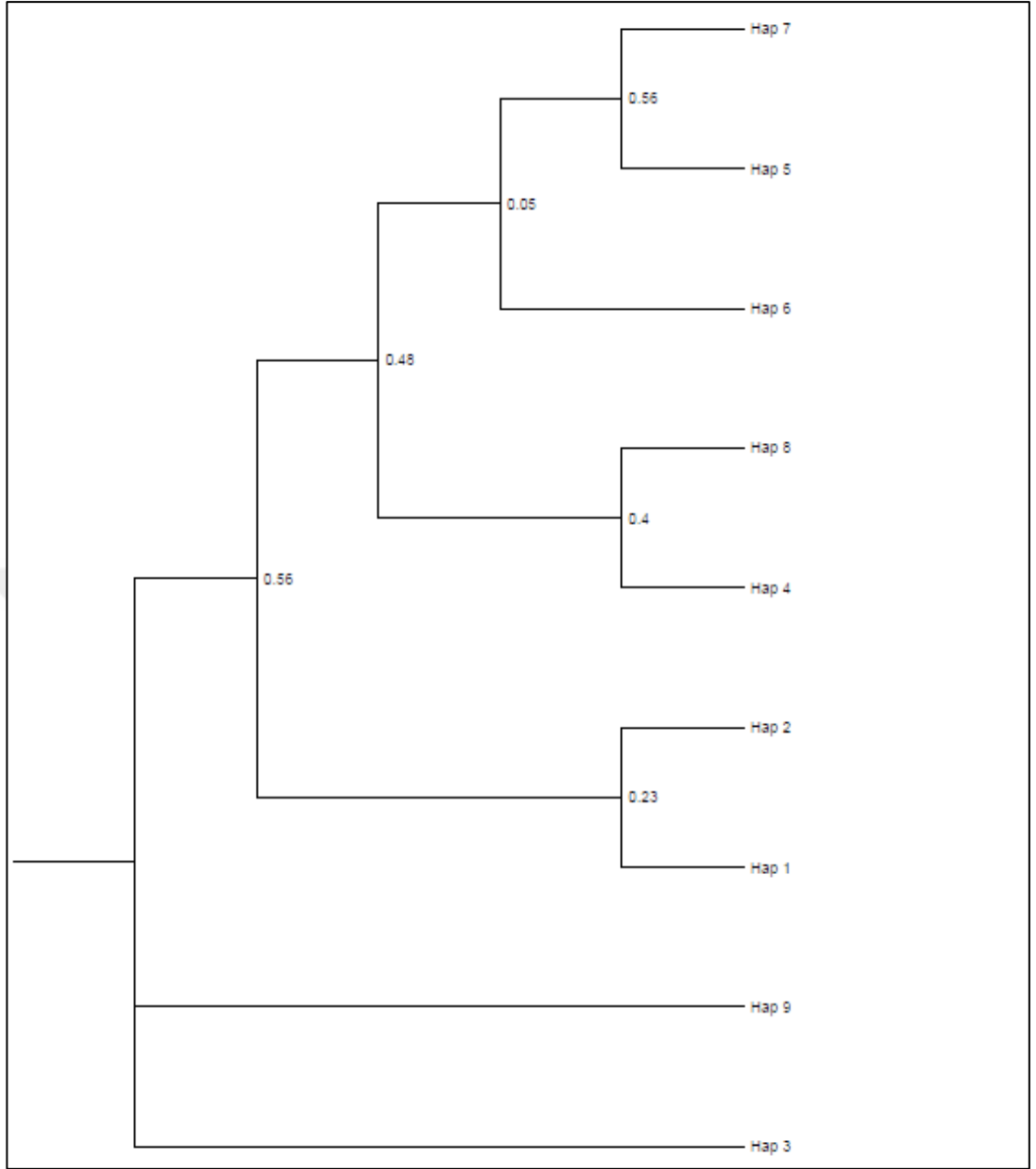
Şekil 3.27. *Squalius* sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan PAUP programı yardımıyla NJ ağacı



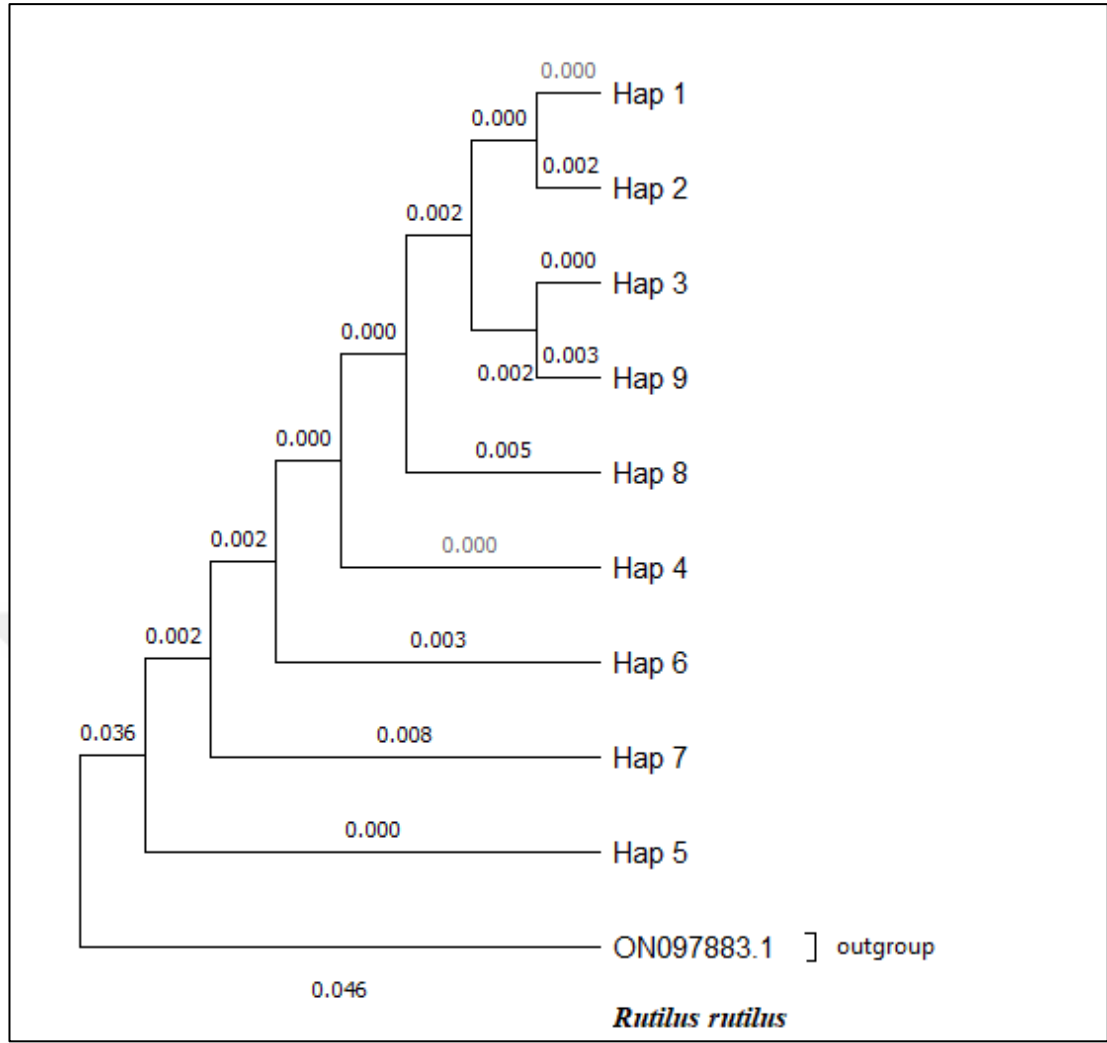
Şekil 3.28. *Squalius* sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA)
(Orijinal ağaç)



Şekil 3.29. *Squalius* sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA)
(Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir)



Şekil 3.30. *Squalius* sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan phyML ağacı

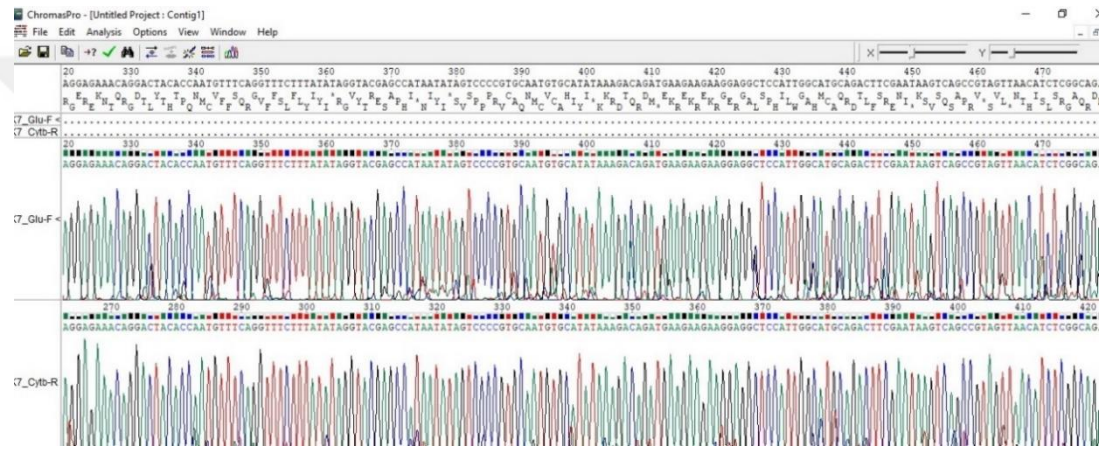


Şekil 3.31. *Squalius* sp. populasyonlarının COI gen bölgesi bakımından oluşturulan ML ağacı

3.4.2. mtDNA Cyt b Gen Bölgesi Analizleri

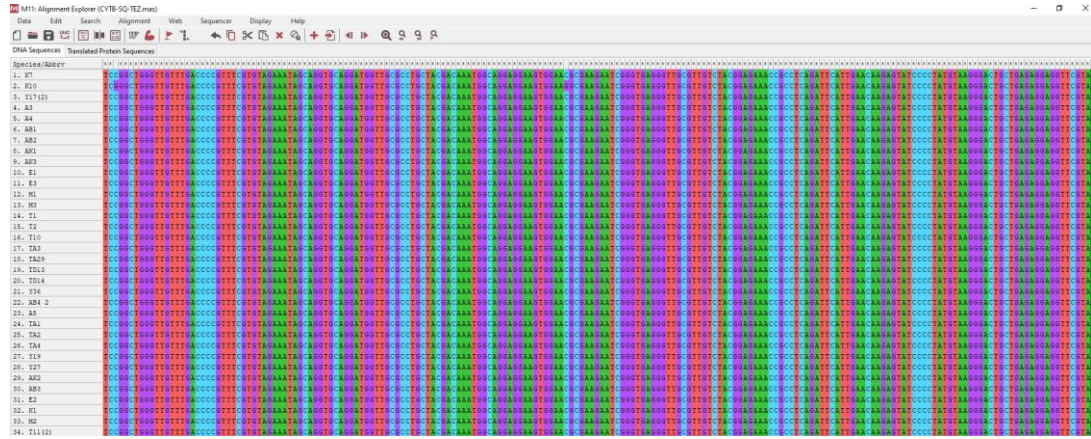
3.4.2.1. Sekans Kompozisyonu ve Varyasyonu

Tez çalışması kapsamında mtDNA cyt b gen bölgesinin 573 bp'lik kısmı belirlenmiştir ve analizler bu kısım üzerinden yapılmıştır. Farklı lokalitelerden elde edilmiş *Squalius* sp. türüne ait toplam 36 adet örneğin baz dizileri belirlenmiştir. Dizi verilerinin ilk değerlendirmesi ChromasPro programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Öncelikle her bir lokaliteden yakalanmış olan örneklerin ChromasPro programı kullanılarak ileri (Forward) ve geri (Reverse) okumaları ile birlikte incelenmiştir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. cyt b gen bölgesinin F ve R primerler kullanılarak okunması ile elde edilen dizilerin ChromasPro ile görüntülenmesi (F: Forward. R: Reverse)

Örneklerin mtDNA cyt b gen bölgesinin 573 bp'lik kısmı daha önceden GenBank veri tabanına girilen ilgili sekanslarla gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra MEGA 11.0.13 programı ile kullanılarak hizalanmıştır (Şekil 3.33). Elde edilen örneklerin ön değerlendirmeleri yapıldıktan sonra her bir gen bölgesi için dizinler FASTA formatında elde edilmiştir. Elde edilen tam dizilim gerçekleştirilecek analizlerde ve programlarda kullanılabilmeleri için farklı formatlara dönüştürülmüş ve kaydedilmiştir.



Şekil 3.33. cyt b bölgesinin MEGA 11.0.13 programı kullanılarak baz dizilimlerinin belirlenmesi

On lokasyondan örneklenen *Squalius* sp. türüne ait bireylerin mtDNA cyt b gen bölgesi veri setindeki nükleotitler DnaSP 6.12.03 programı ile değerlendirilmiştir. Nükleotit pozisyonlarının %97.38 (557 bç)’inin korunmuş, %0.52 (3 bç)’sinin değişken ve bunlardan %0.17 (1 bç)’sinin ise maksimum bilgi verici olduğu belirlenmiştir.

Nükleotit frekansları %29.29 (A), %24.91 (T/U), %17.94 (C) ve %27.87 (G) olarak belirlenmiştir (Tablo 4.42). Transisyon/Transversiyon oranları $k_1 = 0$ (pürinler) ve $k_2 = 24.069$ (primidinler) olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.64).

Tablo 3.64. cyt b gen bölgesi için nükleotit dönüşümlerinin hesaplanması (*Transisyon oranları koyu; Transversiyon oranları italik olarak verilmiştir.)

	A	T	C	G
A	-	2.02	1.46	0
T	2.38	-	35.07	2.26
C	2.38	48.69	-	2.26
G	0	2.02	1.46	-

3.4.2.2. Genetik Çeşitlilik

Squalius cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi kapsamında GenBank veri tabanından seçilen çalışmalar Tablo 3.65’te yer almaktadır. Belirlenen çalışmalara ait veriler ile tez çalışmasında elde edilen cyt b gen bölgesine ait dizi verileri bir araya getirilmiştir.

Tablo 3.65. cyt b gen bölgesine ait moleküler analizlerde kullanılan türlerin listesi ve GenBank erişim numaraları

Tür	GenBank Erişim Numarası	Genbank Lokasyon	Referans
<i>Squalius cephalus</i>	MG806701.1	Çek Cumhuriyeti	Schönhuth et al., 2018
	AF045995.1	İspanya	Zardoya and Doadrio, 1998
	AJ002352.1	Balkan Yarımadası	Durand et al., 1999b
	AJ389580.1	Avrupa	Durand et al., 2000
	NC_031540.1	-	Miya, 2016
<i>Squalius cii</i>	MN166131.1	Hırvatistan ve Bosna-Hersek’in Adriyatik havzası, Drava Nehri	Buj et al., 2019
	ON393936.1	Türkiye Manyas, Koca Çay	Bayçelebi et al., 2022
	ON393932.1	Türkiye Yalova, Armutlu, Deresi Tesvikiye	
<i>Squalius lepidus</i>	AJ252812.1	Türkiye	Durand et al., 2000
<i>Squalius orientalis</i>	HM560195.1	Rusya	Perea et al., 2010
<i>Squalius orpheus</i>	MG806705.1	Yunanistan	Schönhuth et al., 2018
<i>Squalius microlepis</i>	MG806704.1	Bosna-Hersek	
<i>Squalius squalus</i>	MG806710.1		
<i>Rutilus rutilus</i>	AF090772.1	Avrupa	Zardoya and Doadrio, 1999

Squalius cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi sekans verileri değerlendirildiğinde 14 Haplotip tespit edilmiştir. Çalışılan gen bölgesinin sekans verilerine göre Haplotip çeşitliliği (Hd) 0.740 olarak hesaplanmıştır. Haplotip Varyans (V_{Hd}) değeri ise 0.00219, Nükleotit çeşitliliği ise (Pi) 0.022180 olarak belirlenmiştir. Belirlenen haplotipler Tablo 3.66'da gösterilmiştir.

Belirlenen haplotiplerden en yaygın olanı Hap_1 haplotipi olarak saptanmıştır. Bu haplotip tipi içerisinde 17 adet örnek yer almaktadır. Hap_1 içerisinde Abdal Çayı (Çarşamba), Akçay (Terme), Altınkaya Baraj Gölü (Vezirköprü), Engiz Çayı (Ondokuz Mayıs), Kızılırmak Nehri (Bafra), Mert Irmağı (Canik), Taşkelik Deresi (Alaçam), Terme Çayı (Terme), Tersakan Çayı (Havza) ve Yeşilirmak Nehri (Çarşamba)'nden yakalanmış olan *Squalius* sp. türüne it örnekler yer almaktadır (Tablo 3.66).

Tablo 3.66. GenBank verilerini kapsayan cyt b gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler

Haplotipler	Örnek Dağılımı	Haplotip Frekansları
Hap_1	ABÇ1, ABÇ2, ABÇ4, AK3, AK4, AK5, EÇ1, EÇ2, EÇ3, MI2, TD13, TD14, TÇ1, TÇ2, TÇ10, TÇ11, TAÇ3	17
Hap_2	ABÇ3, ABG1, ABG2, ABG3, KN1, KN7, MI1, MI3, TAÇ1, TAÇ2, TAÇ4, TAÇ29, YN17, YN19, YN27, YN36	16
Hap_3	AF045995.1 <i>Leuciscus cephalus</i>	1
Hap_4	AJ002352.1 <i>Leuciscus cephalus</i>	1
Hap_5	AJ389580.1 <i>Leuciscus cephalus</i>	1
Hap_6	HM560195.1 <i>Squalius orientalis</i>	1
Hap_7	KN10	1
Hap_8	MG806701.1 <i>Squalius cephalus</i>	1
Hap_9	MG806704.1 <i>Squalius microlepis</i>	1
Hap_10	MG806705.1 <i>Squalius orpheus</i>	1
Hap_11	MG806710.1 <i>Squalius squalus</i>	1
Hap_12	MN166131.1 <i>Squalius cephalus</i>	1
Hap_13	ON393932.1 <i>Squalius cii</i> , ON393936.1 <i>Squalius cii</i>	2
Hap_14	AJ252812.1 <i>Leuciscus lepidus</i>	1

GenBank verileri ve Samsun ilinde yer alan on tatlısu kaynağından örneklenen *Squalius* sp. türüne ait bireylerin cyt b gen bölgesi için tür içi ve türler arası genetik uzaklık ilişkisi MEGA 11.0.13 programındaki Kimura 2-parametre modeli yardımıyla hesaplanmıştır ve dış grup olarak *Rutilus rutilus* türü kullanılmıştır. En yüksek uzaklık genetik mesafesinin Hap_12 ile Hap_7 arasında olduğu belirlenmiştir (1.22165) (Tablo 3.67).

Tablo 3.67. GenBank verileri ve Samsun ilinde yer alan on tatlısu kaynağından örneklenen *Squalius* sp. türüne ait bireylerin cyt b gen bölgesi için tür içi ve türler arası türler arası ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri

	Hap_1	Hap_2	Hap_3	Hap_4	Hap_5	Hap_6	Hap_7	Hap_8	Hap_9	Hap_10	Hap_11	Hap_12	Hap_13	Hap_14
Hap_1														
Hap_2	0.00179													
Hap_3	1.19559	1.18368												
Hap_4	1.10155	1.09165	0.08224											
Hap_5	1.11416	1.10396	0.10122	0.08408										
Hap_6	1.11505	1.10495	0.09287	0.07787	0.02794									
Hap_7	0.00358	0.00538	1.21286	1.11697	1.12984	1.13049								
Hap_8	1.19213	1.18036	0.05836	0.05561	0.08196	0.07241	1.20930							
Hap_9	1.18761	1.17624	0.08641	0.08170	0.10685	0.09444	1.20464	0.07412						
Hap_10	1.17400	1.16276	0.04264	0.06539	0.08170	0.07606	1.19073	0.05430	0.06986					
Hap_11	1.09745	1.08765	0.08067	0.03761	0.07971	0.08682	1.11253	0.05457	0.07198	0.06017				
Hap_12	1.20418	1.19213	0.05637	0.05765	0.07984	0.07446	1.22165	0.00179	0.07208	0.05232	0.05258			
Hap_13	1.16577	1.15466	0.03121	0.05734	0.08182	0.07208	1.18231	0.04264	0.06592	0.01815	0.06026	0.04071		
Hap_14	1.13315	1.12273	0.08667	0.09517	0.04739	0.03891	1.14897	0.07048	0.10963	0.08029	0.08908	0.06844	0.07218	
<i>Rutilus rutilus</i>	1.19301	1.18165	0.15060	0.14457	0.16057	0.15081	1.21016	0.11729	0.14139	0.14349	0.13947	0.11510	0.13458	0.15808

Squalius sp. türüne ait cyt b gen bölgesi sekans verileri değerlendirildiğinde 3 Haplotip tespit edilmiştir. Çalışılan gen bölgesinin sekans verilerine göre Haplotip çeşitliliği (H_d) 0.00115 olarak hesaplanmıştır. Haplotip Varyans (V_{Hd}) değeri ise 0.544, Nükleotit çeşitliliği ise (P_i) 0.00113 olarak belirlenmiştir. Belirlenen haplotipler Tablo 3.68’de gösterilmiştir.

Belirlenen haplotiplerden en yaygın olanı Hap_2 haplotipi olarak saptanmıştır. Bu haplotip tipi içerisinde 17 adet örnek yer almaktadır. Hap_2 içerisinde Abdal Çayı (Çarşamba), Akçay (Terme), Altınkaya Baraj Gölü (Vezirköprü), Engiz Çayı (Ondokuz Mayıs), Kızılırmak Nehri (Bafra), Mert Irmağı (Canik), Taşkelik Deresi (Alaçam), Terme Çayı (Terme), Tersakan Çayı (Havza) ve Yeşilirmak Nehri (Çarşamba)’nden yakalanmış olan *Squalius* sp. türüne it örnekler yer almaktadır (Tablo 3.68).

Tablo 3.68. cyt b gen bölgesi sekansına göre oluşan haplotipler

Haplotipler	Örnek Dağılımı	Haplotip Frekansları
Hap_1	ABÇ1, ABÇ2, ABÇ4, AK3, AK4, AK5, EÇ1, EÇ2, EÇ3, MI2, TD13, TD14, TÇ1, TÇ2, TÇ10, TÇ11, TAÇ3	16
Hap_2	ABÇ3, ABG1, ABG2, ABG3, KN1, KN7, MI1, MI3, TAÇ1, TAÇ2, TAÇ4, TAÇ29, YN17, YN19, YN27, YN36	17
Hap_3	KN10	1

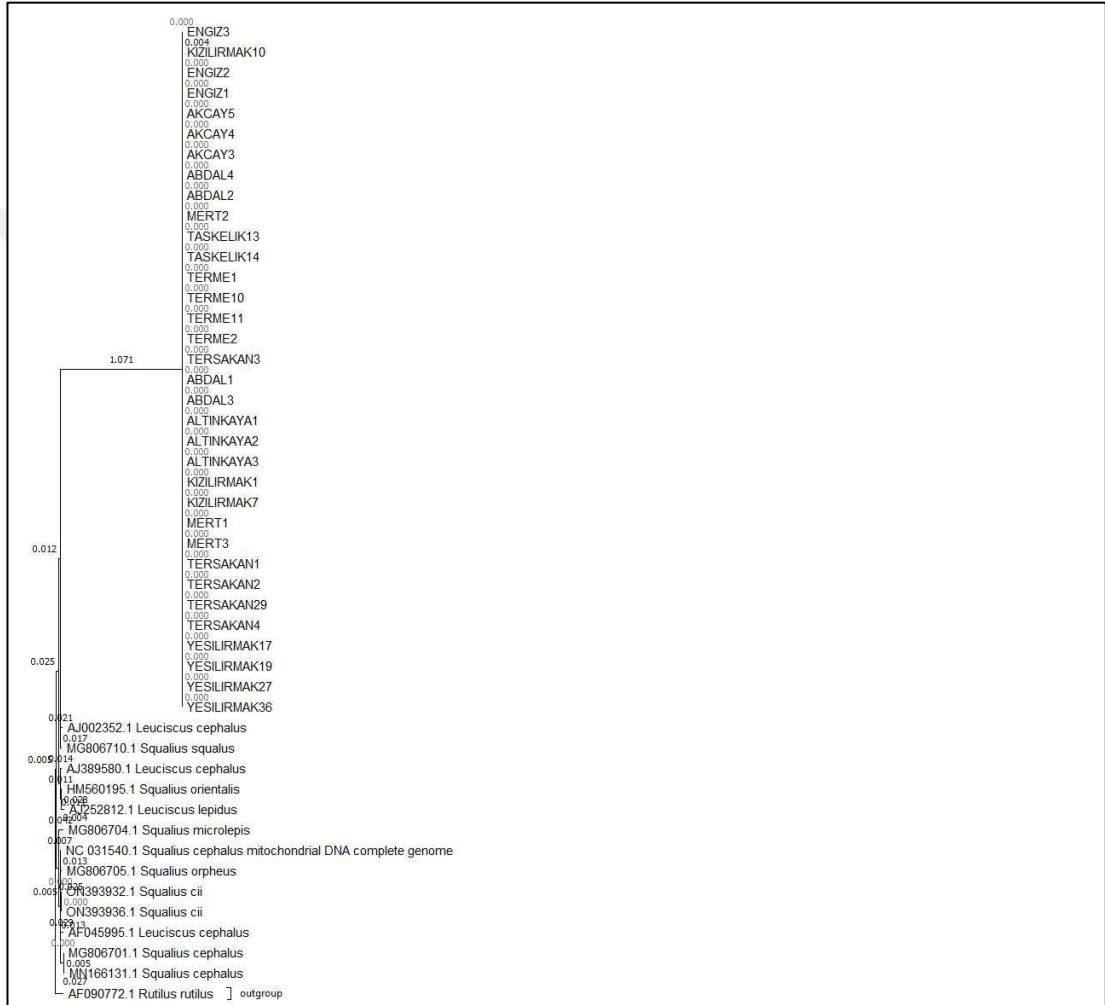
Samsun ilinde yer alan on tatlısu kaynağından örneklenen *Squalius* sp. bireylerinin cyt b gen bölgesi için tür içi genetik uzaklık ilişkisi MEGA 11.0.13 programındaki Kimura 2-parametre modeli yardımıyla hesaplanmıştır ve dış grup olarak *Rutilus rutilus* türü kullanılmıştır. En yüksek uzaklık genetik mesafesinin Hap_3 ile Hap_2 arasında olduğu belirlenmiştir (0.00538) (Tablo 3.69).

Tablo 3.69. On lokasyondan örneklenen *Squalius* sp. bireylerinin cyt b gen bölgesi için tür içi ve türler arası ikili (pairwise) uzaklık ilişkileri

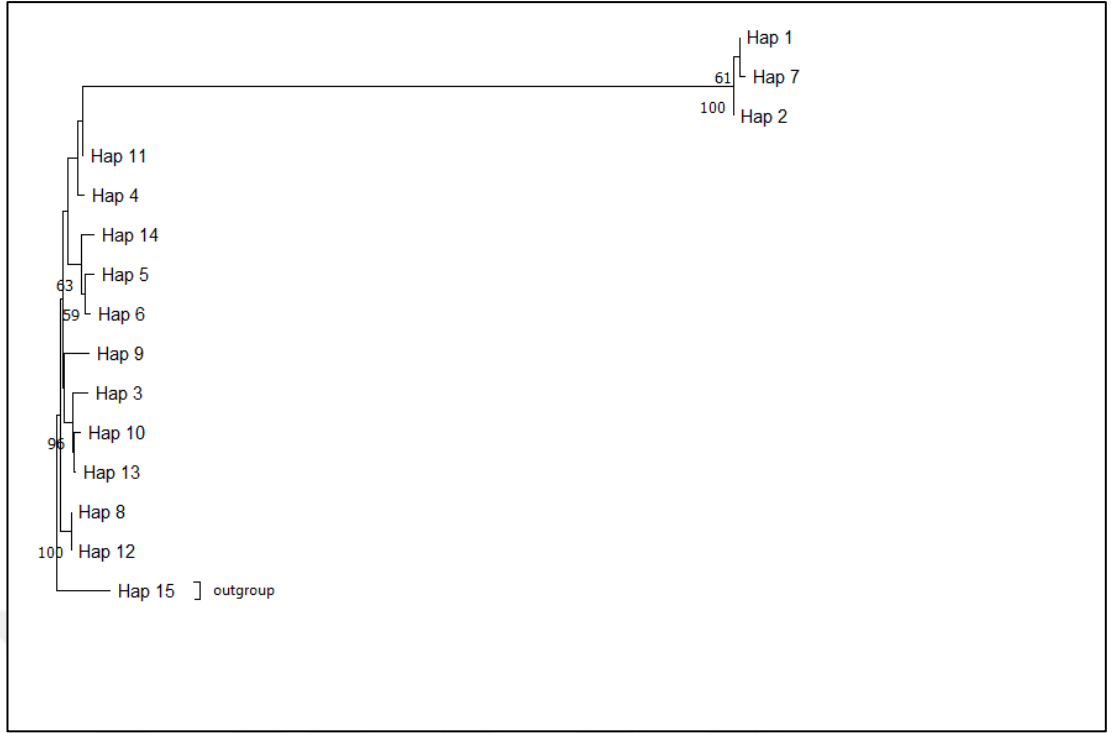
	Hap_1	Hap_2	Hap_3	<i>Rutilus rutilus</i>
Hap_1				
Hap_2	0.00179			
Hap_3	0.00358	0.00538		
<i>Rutilus rutilus</i>	1.18451	1.18451	1.18451	

3.4.2.3. Filogenetik Analizler

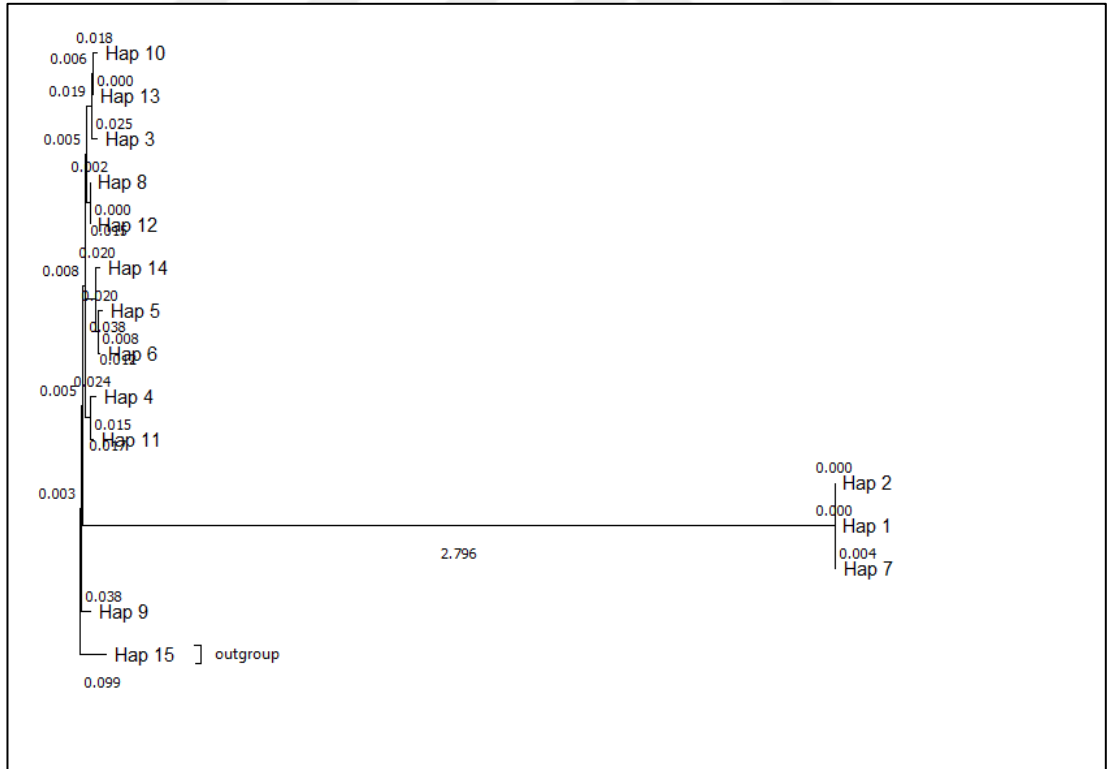
Squalius cinsine ait türlerin yer aldığı bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinde yine *Rutilus rutilus* türü dış grup olarak tercih edilmiştir. *Squalius* cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi verilerine göre oluşturulan NJ ve ML ağaçları Şekil 3.34-3.36’te görülmektedir. Ayrıca haplotipler arasındaki ilişkinin gözlenmesi için oluşturulan ağaç modeli Şekil 3.37’de sunulmuştur.



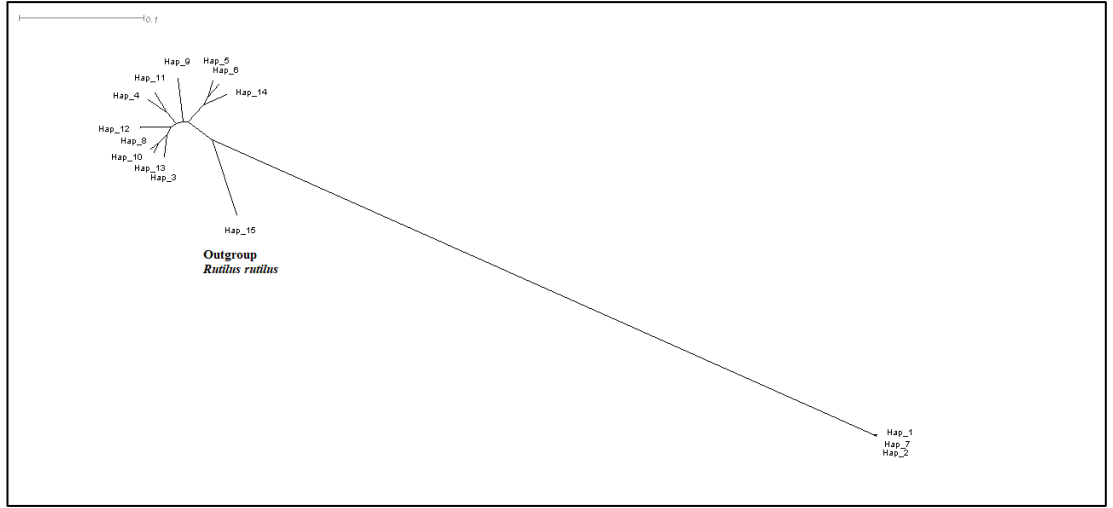
Şekil 3.34. *Squalius* cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (MEGA)



Şekil 3.35. *Squalius* cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için oluşturulmuş olan NJ ağaç modeli (Orijinal ağaç) (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir) (MEGA)



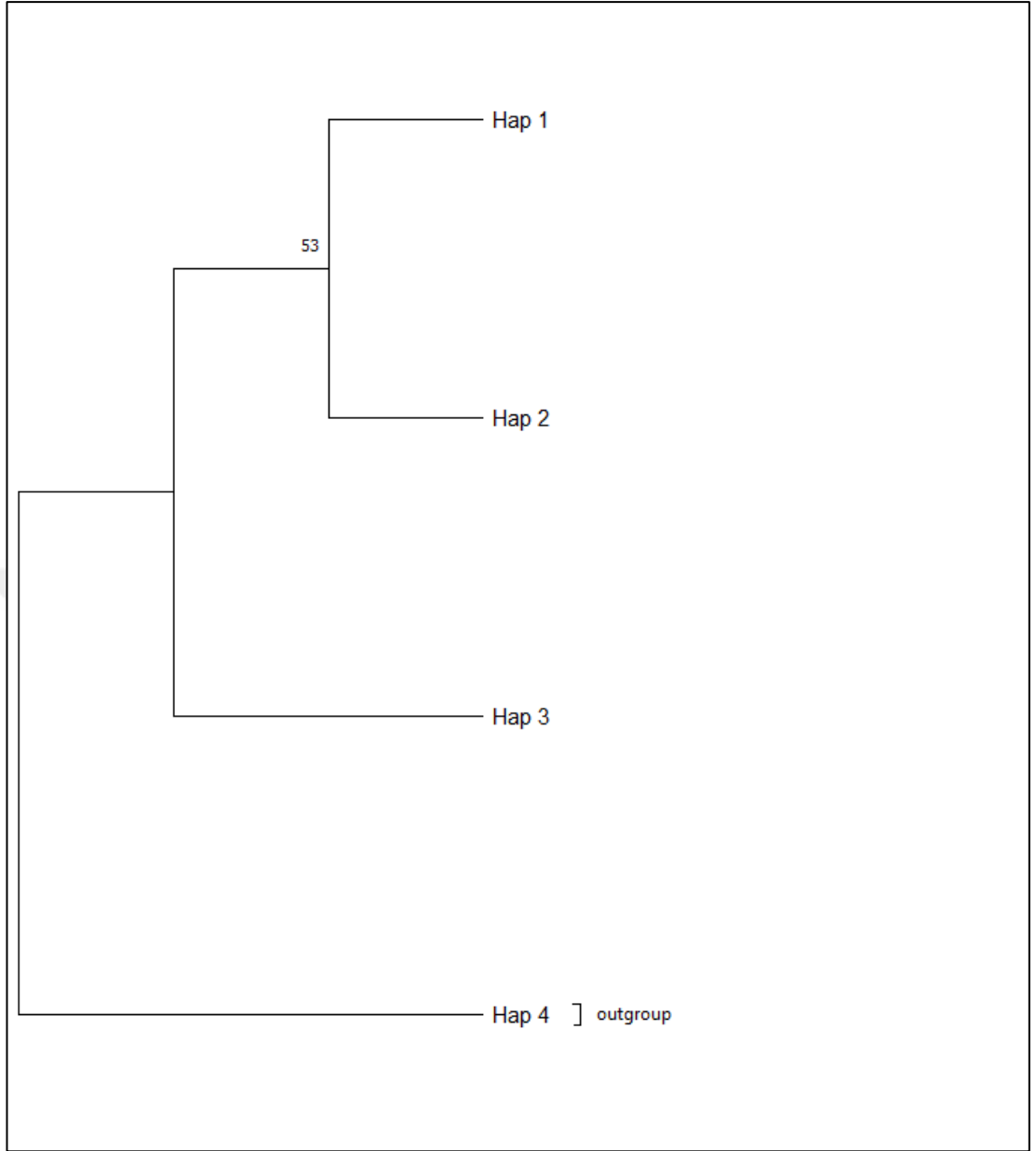
Şekil 3.36. *Squalius* cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için oluşturulmuş olan ML ağaç modeli (Orijinal ağaç) (MEGA)



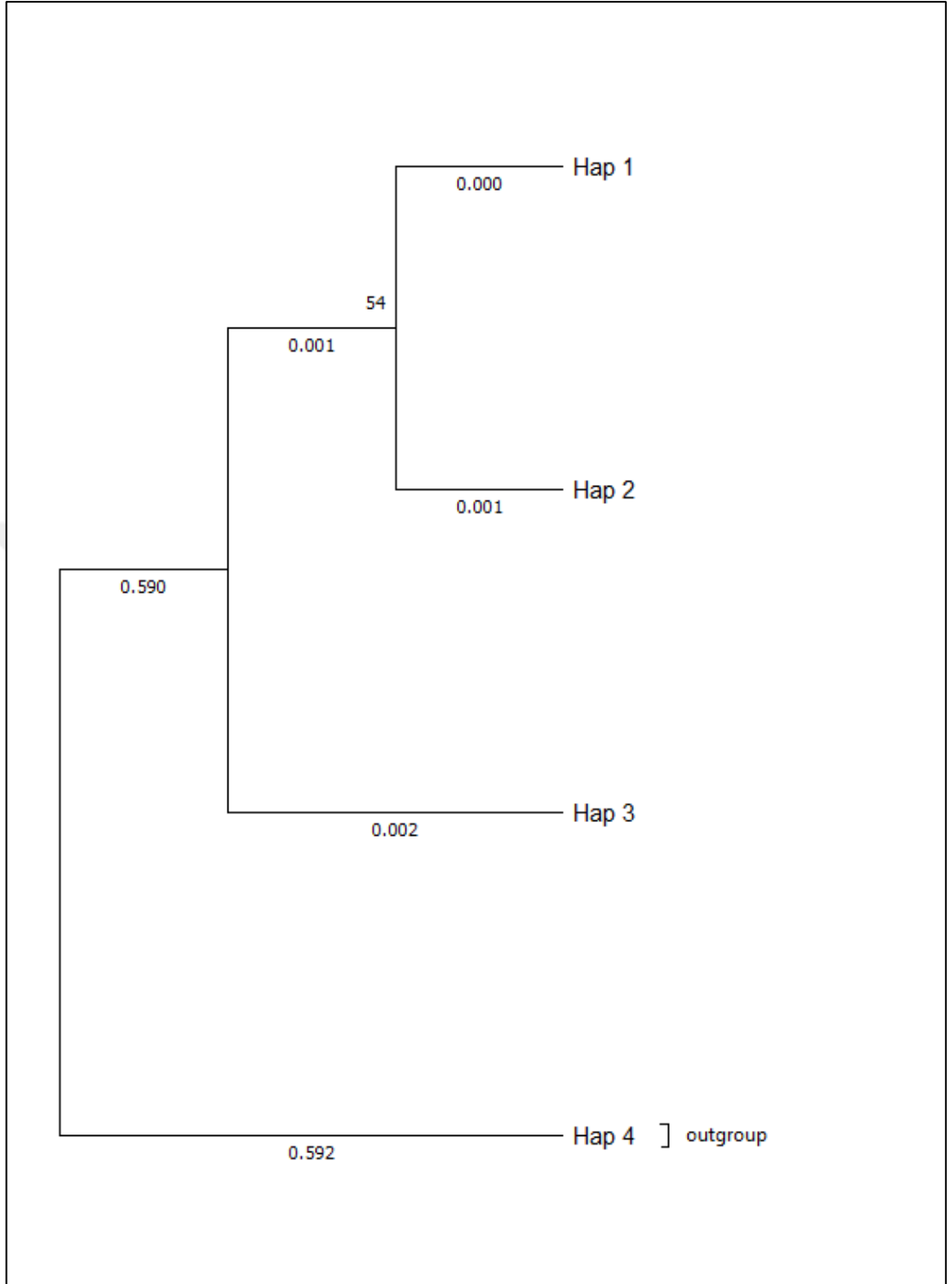
Şekil 3.37. *Squalius* cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi için SplitsTree programı (Huson ve Bryant, 2006) kullanılarak oluşturulmuş olan ağaç modeli (UPGMA)

Elde edilen tüm filogenetik ağaçlar incelendiğinde, tez çalışması örneklerinin diğer *Squalius* türlerinden belirgin bir şekilde ayrıldığı görülmektedir.

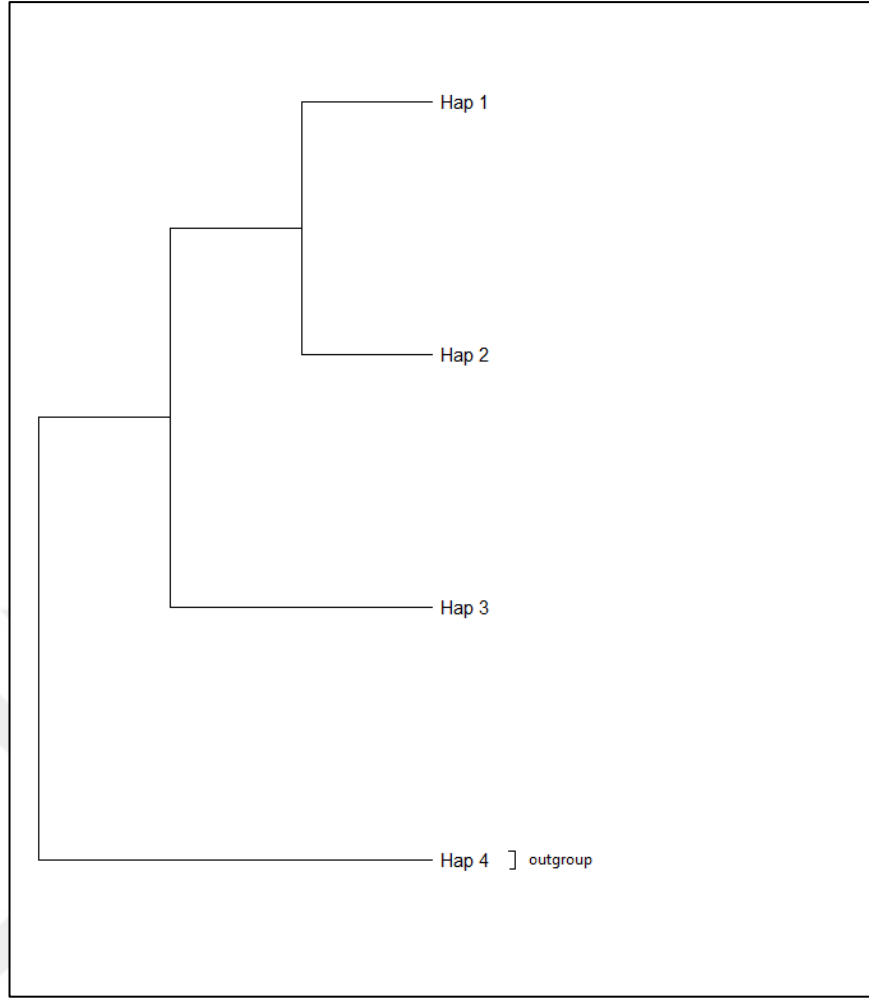
Squalius sp. türüne ait populasyonların yer aldığı bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinde yine *Rutilus rutilus* türü dış grup olarak tercih edilmiştir. *Squalius* sp. populasyonlarının cyt b gen bölgesi verilerine göre oluşturulan haplotiplerin NJ ve ML ağaçları üzerindeki dağılımları Şekil 3.38-3.40'te yer almaktadır.



Şekil 3.38. *Squalius* sp. populasyonlarının cyt b gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA) (Orijinal ağaç)



Şekil 3.39. *Squalius* sp. populasyonlarının cyt b gen bölgesi bakımından oluşturulan NJ ağacı (MEGA) (Seç bağla değerleri 1000 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir)



Şekil 3.40. *Squalius* sp. populasyonlarının cyt b gen bölgesi bakımından oluşturulan ML ağacı

4. TARTIŞMA

Son yıllarda *Squalius* cinsine ait türlerin sistematik karışıklığını ortadan kaldırmak amacıyla taksonomik revizyon çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda tez çalışmasında Samsun ili bazı tatlısu kaynaklarında dağılım gösteren *Squalius* sp. bireylerinin ilk olarak ölçülebilir ve sayılabilir karakterleri kullanılarak morfometrik özellikleri incelenmiştir. Böylece hangi morfometrik karakterin popülasyon ayırımına daha çok katkı sağladığı belirlenmiştir. İkinci olarak asteriskus ve lapillus otolitleri morfolojik olarak tanımlanmış, geleneksel morfometri (şekil indeksleri) ve şekil analizi (eliptik Fourier katsayıları ve dalgacık dönüşümü) yöntemleri uygulanarak otolitlerin popülasyon ayırımındaki etkinlikleri değerlendirilmiştir. Son olarak ise genetik özellikleri incelenerek *Squalius* sp. bireylerinin hem tür içi hem de türler arası ayırımı gerçekleştirilmiştir.

4.1. Balık Morfometrisine Dayalı Verilerin Değerlendirilmesi

Morfometri, organizmaların biçimindeki (boyut ve şekil) varyasyon ve değişimin incelenmesiyle ilgilenen bir alandır (Adams et al., 2004). Morfometri, fiziksel özellikler ve belirlenen noktalar arasındaki uzunluk veya mesafeyi değerlendirerek vücut şeklini belirlemek ve stokları tanımlamak için kullanılan multidisipliner yöntemlerden birisidir (Ihssen et al., 1981; Muchlisin, 2013). Morfolojik özellikler, balıkçılık araştırmalarında bir türün popülasyonları arasındaki morfolojik farklılıkları ortaya koymak için çok önemlidir (Hossain, 2010; Mustacé and Sinovčić, 2010; Ivanković et al., 2011; Hossain et al., 2013; Hossen et al., 2016). Kováč et al. (1999)'a göre, balıkların büyüme değişkenliğini, sistematığını ve ontogenetik değişimlerini etkileyen en önemli faktörlerden biri morfolojik özellikleridir. Bazı tatlısu balık türlerinin dağılım alanları içerisindeki jeolojik geçmiş ve coğrafi faktörlerin yanı sıra, iklim özellikleri, habitat türü, besin çeşitliliği, ortamdaki diğer türler ve bu türler ile ilgili olan niş ilişkileri gibi ekosistem koşullarının etkisine bağlı olarak balık popülasyonlarında farklı adaptasyonlar gelişebilmekte ve aralarında morfometrik varyasyonlar görülebilmektedir. Çevresel değişkenliğe yanıt olarak fenotipik esneklik genellikle birçok balıkta, ağırlıklı olarak tatlısu türlerinde bulunur (Stearns, 1983; Scheiner, 1993; Mouludi-Saleh et al., 2018). Bazı araştırmacılara göre fenotipik varyasyon, dış faktörler tarafından değiştirildiği için popülasyon yapısı üzerinde doğrudan etkisi olan dinamik ve esnek bir kavramdır

(Tudela, 1999; Yen et al., 2019; Rivot, 2022). Bu nedenle, coğrafi izolasyonla birlikte çevresel koşullara geliştirdikleri morfolojik adaptasyonlar, evrimsel eğilimleri hakkında önemli bilgiler sağlayabilir (Smith and Skúlason, 1996). Bu bağlamda, balıkların morfometrik karakterleri, tür tayininin yanı sıra hem tür içi hem de türler arası varyasyonların tespiti için de tercih edilmektedir (Ivanova et al., 2024; Sahami and Saham, 2024).

Bu çalışmada ilgili lotik habitatlardan yakalanan örneklerin morfolojik olarak benzerlikleri ve farklılıkları, populasyonların hangi özellikler bakımından birbirlerinden ayrıldıkları, tür içi varyasyonların belirlenmesi ile ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Çalışma materyalini oluşturan *Squalius* sp. türünün diagnostik özelliklerinin, literatür taramaları sonucunda *Squalius cephalus* türüne ait veriler ile (Georgiev, 2000; Uğurlu, 2006; Polat ve Uğurlu, 2011; Dönel ve Yılmaz, 2016) uyumlu olduğu belirlenmiştir. Polat ve Uğurlu (2011) tatlısu kefalinin meristik karakterlerini Dorsal yüzgeç ışın sayısı=III (7) 8 (9), Ventral yüzgeç ışın sayısı=II (7) 8 (9), Anal yüzgeç ışın sayısı =III (7) 8 (9), Pektoral yüzgeç ışın sayısı=I (14) 15-17 (18), Linealateral pul sıra sayısı=(40) (41) 42-46 (47) (48), Lineatransversal pul sıra sayısı=(6,5) 7-8,5 (9)/ 3-4, Farinks dişi sıra sayısı=2.5-5.2, Birinci solungaç yayının dış tarafındaki solungaç diken sayısı=8-10, Birinci solungaç yayının iç tarafındaki solungaç diken sayısı =11-13 (14) şeklinde bildirmiştir.

Çalışma kapsamında 400 *Squalius* sp. bireyinin total boy, çatal boy ve standart boy dağılımları incelendiğinde sırasıyla 6.50-36.80 cm, 6.10-34.80 cm, 5.20-30.80 cm arasında değiştiği; ağırlık bakımından ise 2.90-696.17 g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara benzer olarak Samsun ili sınırları dahilinde Özpiçak vd. (2018b) *S. cephalus*'un total boyunun Abdal Çayı populasyonunda 5.60-29.40 cm, Akçay populasyonunda 5.80-18.00 cm, Terme Çayı populasyonunda 6.40-15.60 cm, Yedikır Baraj Gölü populasyonunda 6.70-17.70 cm arasında dağılım gösterdiğini bildirmişlerdir. Türkiye'de *Squalius* cinsi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde total boyun 2.50 cm (Ilhan et al., 2012; Biga Yarımadası) ile 53.2 cm (Dedeoğlu vd., 2020; Borçka Baraj Gölü) arasında, ağırlıklarının ise 0.43-2307.88 g (Çiçek et al., 2020a; Sarı and Becer, 2021a) arasında değiştiği görülmektedir. Morfometrik ölçüm değerlerinin %VK değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir fakat bu veriler tek başına populasyonları birbirinden ayırmak için kullanılmamaktadır.

Morfometrik çalışmalarda boyut faktörü değişkenler arasındaki varyasyonları önemli ölçüde etkilemektedir (Junquera and Perez- Gándaras, 1993; Turan, 1999). Bu

nedenle öncelikle elde edilen morfometrik ölçümler Elliott vd. (1995)'in önermiş olduğu formül kullanılarak standardize edilmiştir. Literatür incelendiğinde, balık örneklerinin boyut farkından kaynaklanacak olumsuz etkiyi ortadan kaldırmak için Elliot vd. (1995)'nin önermiş olduğu formülün kullanıldığı çok sayıda çalışmanın olduğu tespit edilmiştir (Tudela, 1999; Turan et al., 2005; Çiftci, 2006; Turan et al., 2006; Hossain et al., 2010; Özpiçak, 2017; Bogutskaya et al., 2019; Özpiçak and Polat, 2019a; Gonzalez-Martinez et al., 2020; Yedier, 2020; Yedier and Bostanci, 2022; Acar and Kaymak, 2023; Chesalin and Nikolsky, 2023; Chikwana et al., 2023; Ozpicak and Saygin, 2024).

Taksonomik araştırmalarda, morfometrik karakterlerinin standart boy ve baş boyuyla olan ilişkilerinin verilmesi türün farklı ekolojik koşullarda yaşayan bireyleriyle karşılaştırmasına olanak tanımaktadır. Literatürde *Squalius* türlerinin morfometrik karakterlerinin standart boy ve baş boyuyla olan ilişkilerinin yer aldığı çalışmalar bulunmaktadır (Doadrio et al., 2007; Kottelat and Freyhof, 2007; Kara ve Demirci, 2009; Zupančič et al., 2010a; Zupančič et al., 2010b; Ivanković et al., 2011; Öçalan, 2014; Krivokapic, 2015; Aksu vd., 2016; Esmaili et al., 2016; Jurek, 2017; Öztürk, 2017; Turan et al., 2017; Saygun et al., 2017; Bayçelebi, 2019; Turan et al., 2020; Turan, 2022; Froese and Pauly, 2025). Standart ölçümlerin kullanılması populasyonların karşılaştırılmasında daha gerçekçi sonuçlar ortaya koyacağından standardize edilmiş morfometrik ölçümlerin birbirlerine oranları hesaplanmaktadır. Bu çalışmada da her bir populasyona ait bireylerin morfometrik ölçümlerinin standart boy ve baş boyuyla olan ilişkileri detaylı olarak verilmiştir. 400 *Squalius* sp. bireyinin morfometrik ölçümlerinin %SB ve %BB oranlarına ait ortalama değerler, *S. cephalus* türü için interorbital mesafe %37-42 BB; postorbital mesafe %47-51 BB, vücut derinliği %22-27 SB şeklinde Kottelat ve Freyhof (2007) tarafından rapor edilen değerler aralığındadır. Benzer şekilde Bayçelebi (2019) tarafından yayımlanmış olan çalışmada *S. cephalus*'un morfometrik ölçümlerinin %SB ve %BB oranlarına ait ortalama değerlerin bazı farklar içermekle beraber bu çalışma ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ülkemizde *Squalius* cinsine ait türlerin morfometrik ve meristik özelliklerinin kullanılarak tür ayrımlarının gerçekleştirildiği çalışmalar mevcuttur (Turan et al., 2009; Turan et al., 2013; Öçalan, 2014; Öztürk, 2017; Turan et al., 2017; Güngör, 2020a; Güngör, 2020b; Turan, 2022; Bayçelebi, 2023). Ancak aynı türe ait populasyonların ayrımının gerçekleştirildiği çalışma sayısı azdır (Aksu vd., 2016;

Güngör, 2020a). 10 populasyonun morfometrik karakterler açısından benzerliklerini ve farklılıklarını değerlendirebilmek için PCA ve DA kullanılmıştır. PCA analizi sonuçlarına göre 13 morfometrik ölçüm değerinin populasyonlar arası ayırımıda önemli olduğu tespit edilmiştir. PC1 ve PC2 eksenleri toplam varyasyonu en iyi şekilde açıklamaktadır. PC1 tüm varyasyonun %62.3'lük kısmını, PC2 ise %19.46'luk kısmını kapsar. *Squalius* sp. bireylerinin populasyon ayırımında KYY, KYU, V-A ve PostPU karakterlerinin kullanılabileceği belirlenmiştir. Balık populasyonlarının morfometrik veriler kullanılarak PCA analizi ile değerlendirildiği birçok çalışma bulunmaktadır (Turan and Başusta, 2001; Özpiçak, 2017; Hakim et al., 2019; Özpiçak and Polat, 2019a; Yedier, 2020; Zamani-Farandonbe et al., 2020; Bakhshalizadeh et al., 2022; Secer et al., 2022; Yedier and Bostanci, 2022; Asadujjaman et al., 2024; Ozpicak and Saygin, 2024; Rakhi et al., 2024). Aksu vd. (2016) Nilüfer Çayı'nda dağılım gösteren *Squalius cii* bireylerinin PCA analizleri sonucunda bazı özellikler bakımından farklı iki grup olduğu ve bu farklılıkları açıklayan dört faktör belirlemişlerdir. Birinci faktörde yer alan preventral mesafe, dorsal yüzgeç yüksekliği ve kuyruk uzunluğu karakterlerinin standart boya oranı iki grup arasındaki farklılığı %35.48; ikinci faktörde yer alan preanal mesafe, pektoral-anal mesafe ve ventral-anal mesafe karakterlerinin standart boya oranı iki grup arasındaki farklılığı %29.25 oranında açıkladığı sonucuna ulaşmışlardır. Tez çalışmasında da olduğu gibi KYU ve V-A karakterlerinin populasyon ayırımında kullanılması bakımından elde edilen veriler bu tez çalışmasını desteklemektedir.

Gouskov ve Vorburger (2016) *S. cephalus* (Avrupa kefali) ve *S. squalus* (İtalyan kefali) türlerini ayırt etme amacıyla gerçekleştirdikleri PCA analizi sonucunda, ayırma en güçlü şekilde katkıda bulunan beş özelliği yüzgeçlerin rengi, baş uzunluğu, anal yüzgeç ışınlarının sayısı, anal yüzgeç uzunluğu ve burun uzunluğu olarak bildirmişlerdir. Perea vd. (2016) morfolojik analizler kapsamında Alfios (*Squalius peloponensis*), Miras (*S. peloponensis*), Pamissos (*S. peloponensis*) ve Evrotas (*S. keadicus*) havzalarından alınan her bir örnek üzerinden 23 morfometrik ölçüm ve beş meristik sayım değerlendirmişlerdir. Kanonik değişken analizine en çok katkıda bulunan morfometrik değişkenler anal yüzgeç uzunluğu, vücut derinliği ve dorsal yüzgeç yüksekliği olduğunu bildirmişlerdir. Mendes vd. (2025) *Squalius* cinsine ait örnekler üzerinden aldıkları 22 morfometrik ölçümün PCA analizi sonucunda preorbital mesafe, anal yüzgeç uzunluğu ve anal yüzgeç yüksekliği ve premaksiller uzunluk karakterlerinin populasyonların ayırımında etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmamızın DA sonuçları ise *Squalius* sp. türü üzerinden alınan 14 farklı morfometrik ölçüm değerinden 13 tanesinin populasyonların birbirlerinden ayrılmasında %76.5 oranında kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrım analizi ile morfometrik verilerin değerlendirildiği birçok araştırma bulunmaktadır (Hänfling and Brandl, 1998; Tudela, 1999; Turan and Başusta, 2001; Turan et al., 2007; Özpiçak, 2017; Yedier, 2020; Gonzalez-Martinez et al., 2021; Ozpicak and Saygin, 2024). Hänfling ve Brandl (1998) Orta Avrupa'daki Rhine, Elbe ve Danube nehirlerini temsil eden on lokasyondan yakaladıkları *Leuciscus cephalus* bireylerinin morfolojik varyasyonunu ortaya koymuşlardır. *L. cephalus* türünün üç populasyonunun morfolojik karakterlerinin ayrım analizi sonucu elde edilen sekiz fonksiyondan üçünün oldukça anlamlı olmasına rağmen yanlış sınıflandırmaların sayısının yüksek olduğunu ve morfolojik karakterlerin çok değişkenli analizinin populasyonlar arasında herhangi bir farklılaşma göstermediğini rapor etmişlerdir. Turan vd. (2007) Istranca Nehri, Kura Nehri, Koca Nehri, Sakarya Nehri, Çoruh Nehri, Gediz Nehri, Seyhan Nehri ve Mimikhan Nehri'nden örnekledikleri *S. cephalus* bireyleri üzerinden aldıkları 28 morfometrik ölçüm değişkeni ile yaptıkları ayrım analizi sonucuna göre coğrafik morfolojik farklılaşma olduğunu ortaya çıkarmışlardır. DA analizi sonuçlarına göre baş boyu/standart boy ve maksimum vücut derinliği/ standart boy indekslerinin birinci kanonik ekseninde coğrafi grupların ayırımına önemli ölçüde katkıda bulunduğunu göstermiştir. İkinci kanonik ekseninde, önemli indeksler baş boyu/standart boy, kaudal pedankül derinliği/ standart boy ve preanal uzunluk/ standart boy 'dur. Üçüncü kanonik ekseninde, ense hizasından baş derinliği/baş boyu, preanal uzunluk/standart boy ve pektoral-anal arası mesafe/ standart boy indekslerinin örneklerin ayırımına katkıda bulunduğu rapor edilmiştir. Öztürk (2017) gerçekleştirmiş olduğu tez çalışmasında Ceyhan Havzası ve Aşağı Fırat Havzasından örneklenen bireylerin bir kısmının değerleri arasında örtüşme olduğu sadece bazı bireyler arasında bir farklılık söz konusu olduğunu belirlemiştir. Bu nedenle *Squalius* cinsine mensup olası türlerin ayırımının yalnızca morfometrik ve meristik özelliklere dayalı olarak yapılmasının doğru olmayacağını bildirmişlerdir. Güngör (2020a) yapmış olduğu tez çalışmasında Sakarya Havzası durgun sularda dağılım gösteren *S. pursakensis* ve Kızılırmak, Yeşilirmak ve Batı Karadeniz Havzalarında dağılım gösteren *Squalius* sp. türünün 24 morfolojik karakterini incelemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Yeşilirmak populasyonu Kızılırmak populasyonu ile morfometrik karakterler bakımından benzerlikler göstermektedir. Sakarya populasyonu anal yüzgecin kuyruğa en yakın

kısmı (anal yüzgeç yüksekliği) ve maksimum vücut yüksekliği karakterleri bakımından diğer popülasyonlardan ayrılmaktadır. Güngör (2020a)'ün elde ettiği sonuç Yeşilirmak ve Kızılırmak popülasyonlarının benzerliği açısından bu tez çalışmasını desteklemektedir.

Mouludi-Saleh vd. (2017) Namak Gölü Havzası'ndan örnekledikleri *Squalius namak*'ın popülasyonları arasındaki farklılıkların baş boyu, ağız pozisyonu, vücut derinliği, anal yüzgeç pozisyonu ve kuyruk yüzgeci ile ilgili olduğunu tespit etmiştir. Mouludi-Saleh vd. (2020) *S. turcicus*'un Hazar Denizi Havzası'ndaki altı farklı tatlısu popülasyonunun vücut şekilleri bakımından farklılıklar olduğunu geometrik morfometri kullanarak tespit etmişlerdir. Popülasyonlar arasındaki burun, dorsal ve anal yüzgeçlerin tabanı, vücut derinliği ve pektoral yüzgeç pozisyonuna bağlı morfolojik farklılıkların, yaşam alanlarının çevresel parametrelerine tepki olarak fenotipik esneklik veya genetik farklılaşmadan kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir.

Geleneksel taksonomik çalışmalarda tür ayrımları morfolojik karakterlere göre yapılır, fakat bazı türlerde morfolojik karakterler düşük değişkenlik gösterdiği için tür ayrımı zordur (Doadrio and Carmona, 1998). *Squalius* cinsine ait türlerin metrik ve meristik karakterleri, aynı türün farklı ekolojik şartlarda yaşayan bireylerinde değişebildiğinden, tür teşhislerinin yalnızca morfometrik ve meristik karakterler kullanılarak yapılması karışıklığa neden olmaktadır (Geiger et al., 2014; Öztürk, 2017; Güngör, 2020a). Bu durum abiyotik ve biyotik faktörlerin etkisine işaret etmektedir. Morfometrik karakterlerin habitat şartlarına bağlı olarak oldukça yüksek bir esnekliğe sahip olduğu bilinmektedir (Wimberger, 1994). Balıkların morfolojilerinde gözlenen varyasyonlar yaşadıkları ortamlardaki çevresel ve sıcaklık, beslenme rejimi, tuzluluk ve turbidite gibi ekolojik faktörlerdeki değişimler ile ilişkilidir (Pakkasmaa and Piironen, 2000). Morfometri temelli çalışmalarda çevresel faktörlerin etkisinin değerlendirilmemesi, hatalı tür tanımlamalarına ve aynı popülasyonların ayrı birer grup olarak değerlendirilmesi gibi birçok karışıklığın yaşanmasına neden olabilir. Popülasyonlar arasındaki morfolojik farklılıklar, fenotipik esneklik veya genetik farklılaşma sebebiyle ortaya çıkabilir (Jalili et al., 2015; Mouludi-Saleh et al., 2020). Bu bağlamda gerçekleştirilen tez çalışmasında morfometrik özellikler kullanılarak Samsun ilindeki on lotik habitatta dağılım gösteren *Squalius* sp.'nin tür içi varyasyonlarının en doğru şekilde ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

4.2. Otolit Biyometrisi Verilerinin Değerlendirilmesi

Morfometrik ölçümler, balık türlerini tanımlamak ve belirli biyolojik varyasyonları değerlendirmek amacıyla taksonomi için geleneksel bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda otolitlerin ve otolit morfolojilerinin balık türlerini tanımlanması ve populasyonlar arasında ayırım yapmada kullanılması araştırmacılara birçok imkân sunmaktadır. Bu çalışmada sağ asteriskus ve sağ lapillus otolitleri değerlendirilmiştir. Çetin (2023) ile Çetin ve Yılmaz (2024) araştırmalarında *S. cephalus* türünün utrikular ve lagenar otolitlerinin morfolojik analizlerinde sadece sağ otolitleri kullanmışlardır. Assis (2003) asteriskus, Schulz-Mirbach ve Reichenbacher (2006) ise lapillusun genel şeklini tanımlamışlardır. Onların tanımı bu çalışmada kullanılan örneklerin otolitlerin şekli ile benzerdir. Otofizan olan *Squalius* cinsine ait türlerin asteriskus ve lapillus otolitlerinin morfolojisi kapsamında otolit görsellerinin bulunduğu ve genel şeklinin tanımlandığı çalışmalar mevcuttur (Assis, 2005; Schulz-Mirbach and Reichenbacher, 2006; Bostancı, 2009; Kurucu and Bostancı, 2018; Özpiçak et al., 2018a; Bounket et al., 2019; Çetin, 2023; Çetin ve Yılmaz, 2024). İlgili çalışmalarda elde edilen bulgular ile sonuçlarımız uyumludur.

Otolitlerin genel şekli, kenar yapısı ve yüzey özellikleri morfolojik; uzunluk, genişlik, yükseklik, alan ve çevre gibi ölçümleri ve bu ölçüm değerleri kullanılarak hesaplanan çeşitli şekil indeksleri (şekil faktörü, dairesellik, yuvarlaklık, dikdörtgensellik, ovallık vs.) ise, otolit morfometrisi çalışmalarının temelini oluşturur. *Squalius* cinsine ait türlerin otolit morfometrisi kapsamında ele alındığı çalışmalar mevcuttur (Bostancı, 2009; Özpiçak et al., 2018a; Türkay, 2019; Çetin, 2023). Bostancı (2009) Çamlıdere Baraj Gölü'nde yaşayan *Squalius cephalus* türüne ait 101 örneğin sağ asteriskus boyu ortalamasını 3.59 mm, lapillus boyu ortalamasını ise 3.12 mm olarak rapor etmiştir. Kurucu ve Bostancı (2018) Aşağı Melet Çayı ve Çamlıdere Baraj Gölü'nden yakaladıkları 99 adet *Squalius cephalus* türüne ait bireylerin asteriskus otolit ölçümleri kullanılarak şekil faktörü, yuvarlaklık, en-boy oranı, dairesellik, dikdörtgenlik ve ovallık gibi şekil indekslerini hesaplamışlardır. Örneklerin sağ asteriskus boyunun 3.0370- 5.1650 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Özpiçak vd. (2018a) yapmış oldukları çalışmada *Squalius cephalus* türüne ait Abdal Çayı (n=44), Akçay (n=58), Terme Çayı (n=55) ve Yedikır Baraj Gölü (n=62) populasyonlarının sağ asteriskus boyunun 0.828-3.431 mm, 0.872-2.667 mm, 0.928-2.321 mm, 0.943-2.673 mm otolit sırasıyla arasında değiştiğini rapor

etmişlerdir. Aynı araştırmacılar Abdal Çayı, Akçay, Terme Çayı ve Yedikır Baraj Gölü popülasyonlarının sağ lapillus boyunun sırasıyla ise 0.834-3.083 mm, 0.779-2.141 mm, 0.884-2.022 mm, 0.876-2.362 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çetin (2023) gerçekleştirmiş olduğu tez çalışmasında Tersakan Çayı'ndan yakalanan *Squalius cephalus* türüne ait 27 örneğe ait sağ asteriskus boyunun 2.07-2.85 mm, sağ lapillus boyunun ise 1.90-2.50 mm arasında değiştiğini tespit etmiştir. *Squalius* cinsine ait türler ile ilgili otolit boyutlarının ele alındığı çalışmalar incelendiğinde incelenen örnek sayıları ve örneklerle ait total boy değerlerinin farklı olması, habitat farklılıklarının bulunması sayısal verilerinin farklılığını açıklamaktadır.

Squalius sp. türünün on popülasyonundan elde edilen örneklerinin total boy dağılımlarının birbirinden farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Pavlov (2016) otolit şekil indekslerinin otolit uzunluğundan nispeten bağımsız olsa da, indekslerin balık boyu ile ilişkilendirilmesi gerektiğini bildirmiştir. Bu çalışmada asteriskus ($p < 0.005$; $R^2 > 0.774$) ve lapillus ($p < 0.005$; $R^2 > 0.719$) otolitleri için otolit morfometrik (4 ölçüm) değişkenlerinin tümünün balık boyu ile önemli ilişkiler sergilediği belirlenmiştir. Bu durum balık boyunun şekil indeksleri üzerindeki allometrik etkisini ortaya koymaktadır. On lotik popülasyonun karşılaştırılabilmesi verilerin standartlaştırılması ile mümkün olabilmektedir. Bu nedenle on popülasyondan elde edilen bireylerin sağ otolitlerinden alınan morfometrik ölçümlerin standartlaştırılmış değerleri kullanılarak şekil indeksleri hesaplanmıştır. Standardize edilmiş verilerin kullanıldığı birçok çalışma vardır (Pavlov, 2016; Zhao et al., 2018; Deepa et al., 2019; Song et al., 2019; Saygın et al., 2020; Ozpicak, 2020; Akbay et al., 2022; Aydın vd., 2022; Hançer et al., 2022; Park et al., 2023; Özpiçak et al., 2024; Saygin, 2024).

Squalius sp.'nin otolit morfometrisi, on popülasyonundan elde edilen örneklerinde altı farklı şekil indeksi hesaplanarak ortaya konulmuştur. Literatür incelendiğinde şekil indeksi değerlerini ele alan çalışmalar mevcuttur (Torres et al., 2000; Tuset et al., 2003b; Burke et al., 2008; Zorica et al., 2010; Bani et al., 2013; Leguá et al., 2013; Midway et al., 2014; Sadighzadeh et al., 2014b; Bostanci et al., 2015; Zengin et al., 2015; Saygın et al., 2017; Özpiçak et al., 2018a; Soeth et al., 2019; Moura et al., 2020; Ozpicak, 2020; Saygın et al., 2020; Ugrin et al., 2021; Yedier, 2021; Aydın vd., 2022; Yedier et al., 2023a; Yedier et al., 2023b; Zarei et al., 2023; Atak Sanduvaç ve İşmen, 2024; Şenbahar et al., 2024).

Otolit şekli ve morfometrisi, farklı habitatlardaki aynı balık türünün popülasyonları arasında farklılık gösterebilir (Reichenbacher et al., 2009; Bostanci and

Yedier, 2018; Ozpicak, 2020; Bano and Serajuddin, 2021). Otolit şekil indekslerini incelenmek ve yorumlamak zor olsa da, genel morfolojik karakterlere göre yapılan tanımlamaları desteklediği bilinmektedir (Tuset et al., 2003a; Tuset et al., 2003b). Bu çalışmada uygulanan univaryet testler, *Squalius* sp. türüne ait hem asteriskus hem de lapillus otolit şekil indekslerinin tümünün populasyonlar arasında farklılık olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte multivaryet testler dairesellik, boy-yükseklik/genişlik oranı, ovallık ve yuvarlaklık şekil indeksleri ön plana çıkarmıştır. Ancak söz konusu bu indekslerle yapılan populasyon ayırımında %25.0 (asteriskus) ve %25.5 (lapillus) gibi düşük olarak nitelendirilen toplam sınıflandırma başarıları elde edilmiştir. Özpiçak vd. (2018a) *Squalius cephalus* türünde hem asteriskus hem de lapillus otolitlerinin dikdörtgensellik, boy-yükseklik (genişlik) oranı ve ovallığın kefal populasyonlarının ayırımında kullanılabileceğini bildirmişlerdir ve şekil indeksleri ile yapılan populasyon ayırımında %66.5 oranında toplam sınıflandırma başarıları elde etmişlerdir.

Bu çalışmaya ait şekil indeksi yöntemi ile ayırım sonuçları değerlendirildiğinde tek bir türün populasyonlarının şekil indeksi bakımından oldukça benzer olduğu söylenebilir. Bu nedenle şekil indeksi yöntemi *Squalius* sp. populasyonlarının ayırımında etkili bir yöntem olmadığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Klasik şekil indeksleri gerçek otolit şeklini açıklamada yetersiz kalmaktadır (Tuset et al., 2021). Metodolojik bir bakış açısı ile değerlendirildiğinde, tek başına ele alındığında Fourier katsayıları, şekil indekslerinden daha güçlü bir veri kümesi oluşturmaktadır (Mérigot et al., 2007). Böyle bir durumda otolit şekil analizi yöntemleri, tatlı su balıklarının farklı habitatlardaki populasyonlarının güçlü bir şekilde tanımlanması için geleneksel şekil indekslerinden daha fazla katkıda bulunabilir. Son yıllarda yapılan çalışmalar otolit şekil analizinin balık populasyonları ve stoklarının ayırımına izin verdiğini göstermektedir (Cardinale et al. 2004; Tracey et al., 2006; Mérigot et al., 2007; Farias et al., 2009; Vignon and Morat, 2010; Renán et al., 2011; Yu et al., 2014; Bostanci et al., 2015; Pavlov, 2016; Bose et al., 2017; Montanini et al. 2017; Song et al., 2018; Zhao et al. 2018; Smoliński et al., 2020; Wiff et al., 2020; Zhou et al., 2023b). Otolit şekil analizi için otolit şeklindeki genel farklılıklara odaklanan eliptik Fourier tanımlayıcıları ve otolit konturundaki yerel farklılıklara duyarlı olan dalgacık analizleri kullanılmaktadır (Neves et al., 2023). Eliptik Fourier analizi, otolitlerin ana hatların belirlenmesi ve karakterize edilmesinin yanı sıra ana hat bilgilerinin etkili ve nicel olarak toplanması için popüler bir tekniktir (Kuhl and Giardiana 1982; Lestrel, 1997; Tracey et al., 2006; Duarte-Neto et al., 2008; Lord et al., 2012; Stransky, 2014;

Jemaa et al., 2015b; Luceño et al., 2018; Vasconcelos et al., 2018; Moreira et al., 2019; Soeth et al., 2019; Moura et al., 2020; Lishchenko and Jones, 2021; Çöl and Yılmaz, 2022; de Almeida Mereles et al., 2024). Ancak, eliptik Fourier analizinde her harmonik katsayı kendi başına morfolojik bir öneme sahip olmadığından ve yerel tekillikler arasında ayrım yapamadığından (Tuset et al., 2021) yalnızca ana hat değişkenliğini küresel olarak tahmin eder. Kısaca EFA otolitinin belirli bölgelerindeki varyasyonları tespit edememektedir. Dalgacık dönüşümü; Fourier dönüşümünün kullanıldığı ve bazı açılardan yetersiz kaldığı veri analizi durumlarında başarılı sonuçlar vermektedir (Chan, 1994; Strang and Nguyen, 1996). Örneğin; değişimli küçük veya düzensiz ayrıntılara sahip işaret ve görüntüler, geleneksel Fourier dönüşümüne oranla dalgacıklar ile daha iyi analiz edilirler. Bu aşamada, dalgacık analizinin morfolojik tekillikleri vurgulamak için oldukça etkili bir teknik olduğu belirlenmiştir (Parisi-Baradad et al., 2005; Parisi-Baradad et al., 2010; Libungan and Pálsson 2015).

Squalius sp. türüne ait populasyonların kullanılan otolit tipine (asteriskus ve lapillus) ve uygulanan şekil analizi yöntemine (EF analizi ve dalgacık analizi) bağlı olarak farklı oranlarda ayrıştığı tespit edilmiştir. Wilks' λ değerleri sıfırdan bire kadar değişmektedir, Wilks' λ sıfıra ne kadar yakınsa, CDA'nın ayrım gücü o kadar iyidir. Asteriskus şekil analizinde; EF katsayılarının toplam sınıflandırma başarısı %21 iken; dalgacık 5 katsayılarının toplam sınıflandırma başarısı %36 olarak elde edilmiştir. Lapillus şekil analizinde ise; EF katsayılarının toplam sınıflandırma başarısı %40 iken; dalgacık 5 katsayılarının toplam sınıflandırma başarısı %41 olarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde asteriskus ve lapillus otolitler için dalgacık dönüşümü yöntemi, eliptik Fourier analizi yöntemine göre populasyonların ayrımında daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Sadighzadeh vd. (2012), Fourier harmonikleri filogenetik olarak uzak türlerde daha iyi sonuçlar verirken, dalgacıklar yakın türlerin farklılaştırılmasında ve tür içi varyasyonların belirlenmesinde daha etkili olduğunu bildirmiştir. Dalgacık analizi, türler arası ve tür içi farklılıkları tespit etmek için güçlü bir yöntemdir (Sadighzadeh et al., 2014a; Tuset et al., 2015; Lombarte et al., 2018; Koeberle et al., 2020; Sadeghi et al., 2020; Tuset et al., 2020; Park et al., 2023; Vaz et al., 2023).

Bu çalışma kapsamında otolit biyometrisi için gerçekleştirilen tüm analizler değerlendirildiğinde otolit şekil analizi yönteminin populasyonların ayrımında daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Otolit şekil analizinin morfometriye göre populasyon ayrımında daha üstün olduğu, benzer bulguların elde edildiği çalışmalar mevcuttur

(Mérigot et al., 2007; Pavlov and Osinov, 2023; Saygin, 2024). Fourier ve dalgacık yöntemi kıyaslandığında lapillus otolitlere uygulanan dalgacık dönüşümü tekniği en yüksek sınıflandırma oranlarını vermiştir. Söz konusu populasyonların ayrımlarının otolit biyometrisi kapsamında değerlendirilen şekil indeksi, eliptik Fourier analizi ve dalgacık yöntemi sınıflama başarılarının %50'nin altında olması bu populasyonların benzer olduğunu göstermektedir.

Bazı araştırmacılar otolit şeklinin balık örneklerinin genetiği tarafından düzenlendiğine inanmaktadır. Ayrıca çevresel değişiklikler de balıkların otolit şekli açısından oldukça önemlidir. Türe özgü otolitler genetik olarak düzenlenirken, otolit şekli üzerindeki çevresel etkiler esas olarak tür içi düzeyde ifade edilmektedir (Vignon and Morat, 2010). Otolitlerin konturunda gözlenen düşük varyasyonlar, habitatlar arasında bir bağlantının varlığından kaynaklanıyor olabilir, bu durum populasyonun homojenleşmesine izin vermektedir (de Almeida Mereles et al., 2024).

4.3. Genetik Özelliklerin Değerlendirilmesi

Squalius sp. türünün moleküler özelliklerinin belirlenebilmesi için mtDNA'nın COI ve cyt b gen bölgeleri çalışılmıştır. COI geni balık türlerinin tanımlanmasında (Hebert et al., 2003), cyt b gen dizileri ise filogenetik ilişkilerin açığa kavuşmasında (Briolay et al., 1998; Zardoya and Doadrio, 1998; Zardoya and Doadrio, 1999; Durand et al., 2000; Doadrio and Carmona, 2003) yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde *Squalius* cinsine ait türlerin farklı gen bölgelerinin (16S rRNA, rhod, Rag1, S7) kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur (Brito et al., 1997; Briolay et al., 1998; Cunha et al., 2004; Almada and Sousa-Santos, 2010; Perea et al., 2010; Perea et al., 2016; Buj et al., 2019; Perea et al., 2020; Perea et al., 2021). *Squalius* cinsine ait türleri kapsayan çalışmalarda filogenetik ağaç oluşturulurken *Rutilus rutilus*'un dış grup olarak tercih edildiği çalışmalar vardır (Zardoya and Doadrio, 1999; Durand et al., 2000; Doadrio and Carmona, 2003; Sanjur et al., 2003; Gouskov and Vorburger, 2016).

Literatür incelendiğinde mtDNA COI geninin tür içi varyasyonunun, türler arası varyasyona kıyasla daha düşük düzeyde olduğu rapor edilmiştir (Ward et al., 2005; Ward et al., 2009; Behrens-Chapuis et al., 2015). COI gen bölgesinin 650 bp'lik kısa bir DNA dizisinin bile türe özgü olduğu ve tür ayrımında kullanılabileceği rapor edilmiştir (Hebert and Gregory, 2005). *Squalius* cinsine ait türlerin tanımlanması ve ayrımının COI gen bölgesi kullanılarak gerçekleştirildiği çalışmalar mevcuttur (Perea

et al., 2010; Denys et al., 2013; Knebelsberger et al., 2014; Behrens-Chapuis et al., 2015; Gouskov and Vorburger, 2016; Zangl et al., 2022, Karakus, 2024). Bu çalışmalar incelendiğinde COI gen bölgesinin Perea vd. (2010) 646 bç'lik, Denys vd. (2013) 567 bç'lik, Knebelsberger vd. (2014) 503-651 bç'lik, Behrens-Chapuis vd. (2015) 540-652 bç'lik, Gouskov ve Vorburger (2016) 618 bç'lik ve Zangl vd. (2022) 512-700 bç'lik kısmını analiz etmişlerdir.

Tez çalışmasında *Squalius* sp. türüne ait COI gen bölgesinin 652 bç'lik kısmı kullanılmıştır. COI gen bölgesi dizi analizi sırasında LCO1490A ve HCO2198A primerleri tercih edilmiştir. Schönhuth vd. (2018) bu primerleri kullanılarak Leuciscidae familyasına ait türlerin ayırımında başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Squalius cinsine ait türlerin (*S. anatolicus*, *S. cf. aristotelis*, *S. berak*, *S. carinus*, *S. cephaloides*, *S. cephalus*, *S. cii*, *S. fellowesii*, *S. kosswigi*, *S. kottelati*, *S. lepidus*, *S. microlepis*, *S. orientalis*, *S. orpheus*, *S. pursakensis*, *S. recurvirostris*, *S. squalus*, *S. turcicus*) GenBank veri tabanından seçilen çalışmalara ait 33 gen dizisi ve tez çalışması örneklerinin moleküler analizleri sonucunda elde edilen haplotipler değerlendirilmiştir. Bu çalışmada GenBank verilerini kapsayan COI gen bölgesi sekansına göre toplam 32 haplotip belirlenmiştir (Tablo 3.53). Bulgaristan'dan örneklenen (KU729269.1 ve KU72970.1) *Squalius cephalus* bireyleri, bu çalışmada Altinkaya Baraj Gölü (3 örnek), Kızılırmak Nehri (1 örnek), Mert Irmağı (1 örnek), Tersakan Çayı (5 örnek) ve Yeşilirmak Nehri'nden (4 örnek) örneklenen bireylerle Hap_4 haplotipi içerisinde yer almaktadır.

Belirlenen haplotipler arasında en yüksek uzaklık genetik mesafesinin Hap_27 ile Hap_12 arasında olduğu bulunmuştur. *Squalius fellowesii* (MF362214.1) örneği Hap_27'yi, *Squalius anatolicus* (KJ552163.1) örneği ise Hap_12'yi temsil etmektedir. Bu çalışmada *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi ile ilgili olarak en uygun baz değişim modeli AIC kriterine göre TIM2+I+G modeli seçilmiştir. Perea vd. (2010) *Squalius* cinsine ait türlerin de yer aldığı çalışmada GTR+I+G modelini tercih etmişlerdir.

Komşu katılım (NJ) ağaç topolojisindeki dalların uzunlukları genetik mesafenin belirlenmesi açısından bilgi vericidir. GenBank'tan alınan *Squalius* cinsine ait türlerin COI gen bölgesi dizi verileri ve *S. cephalus* türüne ait mtDNA tüm genom referans dizi eklendiğinde oluşturulan NJ ağaç modeli incelendiğinde, tez çalışması örneklerinin *S. cephalus*'a yakın olduğu görülmektedir. Çalışmada elde tüm filogenetik ağaçlar değerlendirildiğinde ise *Squalius* cinsine ait türlerin haplotip

çeşitliliğinin yüksek olduğu düşünülmektedir.

Denys vd. (2013) *Squalius cephalus* ve *Squalius laietanus* türlerinin ayrımı için gerçekleştirdikleri COI analizi sonucunda iki ayrı haplotip kümesi elde etmişlerdir. Behrens-Chapuis vd. (2015) *S. carinus*, *S. cappadocicus*, *S. cephalus*, *S. fellowesii*, *S. orientalis*, *S. orpheus*, *S. pursakensis*, *S. recurvirostris*, *S. seyhanensis* türlerinin COI barkod dizilerini analiz ettiğinde *S. cappadocicus*, *S. cephalus* ve *S. seyhanensis* türünün aynı haplotip içerisinde yer aldığını bildirmiştir. Khaefi vd. (2016) toplam 73 *Squalius* örneğinin COI barkod dizilerini analiz ederek Namak Gölü'ndeki *Squalius* popülasyonunun, Türkiye'deki Fırat drenajındaki *S. lepidus*'a en yakın popülasyon olduğunu bildirmişlerdir (%1,3 K2P). Karakus (2024) Madra ve Havran Dereleri'nde (Balıkesir) dağılım gösteren *Squalius* türlerini DNA barkodlama yöntemi ile belirlemiştir. Tür içi ve türler arası genetik mesafe değerlerine dayanarak *S. fellowesii*, *S. carinus*, *S. cf. aristotelis*'in sinonim olabileceğini rapor etmiştir.

Tez çalışması kapsamında yakalanan örneklerin aynı türe ait benzer popülasyonlar olduğu düşünülmektedir. *Squalius* sp. türüne ait COI gen bölgesi sekansında 9 Haplotip tespit edilmiştir. Yakalanan örnekler içerisinde en yüksek uzaklık genetik mesafesinin Mert Irmağı'ndan yakalanan bir bireyi temsil eden Hap_8 ile Kızılırmak'tan yakalanan bir bireyi kapsayan Hap_7 arasında olduğu belirlenmiştir. On lokasyondan örneklenen *Squalius* sp. bireylerinin COI gen bölgesi için tür içi ikili (pairwise) uzaklık mesafeleri 0-0.01393 arasında değişmektedir. Kızılırmak Nehri'nden elde edilmiş olan bir örneğin (KN6) (Hap_7) diğer haplotiplerden oldukça farklı bir seviyede olduğu saptanmıştır. Bu haplotipin ikili uzaklık ilişkileri matrisleri de incelendiğinde diğer haplotiplerden farklı olduğu gözlenmiştir.

Evrimsel süreç içerisinde en fazla korunan kısım olan cyt b gen bölgesi hem tür içi hem de türler arası varyasyonların ortaya çıkarılmasında yaygın olarak tercih edilmektedir. Literatür incelendiğinde *Squalius* cinsine ait türlerin ele alındığı birçok çalışmada cyt b gen bölgesinin kullanıldığı rapor edilmiştir (Brito et al., 1997; Briolay et al., 1998; Zardoya and Doadrio, 1998; Zardoya and Doadrio, 1999; Durand et al., 1999a; Durand et al., 1999b; Durand et al., 2000; Doadrio and Carmona, 2003; Sanjur et al., 2003; Almada and Sousa-Santos, 2010; Henriques et al., 2010; Perea et al., 2010; Seifertová et al., 2012; Denys et al., 2013; Perea et al., 2016; Öztürk, 2017; Schönhuth et al., 2018; Buj et al. 2019). Mevcut çalışmalarda cyt b gen bölgesinin Brito vd. (1997) 882 bp'lik, Zardoya ve Doadrio (1998) 1140 bp'lik, Zardoya ve Doadrio (1999) 1140 bp'lik, Durand vd. (2000) 600 bp'lik, Doadrio ve Carmona (2003) 1140 bp'lik, Sanjur

vd. (2003) 1140 bç'lik, Almada ve Sousa-Santos (2010) 799 bç'lik, Henriques vd. (2010) 924 bç'lik, Perea vd. (2010) 1140 bç'lik, Seifertová vd. (2012) 840 bç'lik, Perea vd. (2016) 1140 bç'lik, Buj vd. (2019) 1140 bç'lik ve Bayçelebi vd. (2022) 1096 bç'lik kısmını analiz etmişlerdir. Tez çalışması kapsamında ise mtDNA cyt b gen bölgesinin 573 bç'lik kısmı belirlenmiştir. Cyt b gen bölgesi dizi analizi sırasında Glu-F ve Cytb-R primerleri tercih edilmiştir (Zardoya and Doadrio, 1998).

Durand vd. (1999b) 184 *Squalius cephalus* (*Leuciscus cephalus*) bireyine ait popülasyonların cyt b geninin 600 bç sekansında nükleotid frekanslarının sırasıyla A: %25.6, C: %28.7, T: %28.6 ve G: %17.1 olduğunu bildirmişlerdir. Durand vd. (2000) Avrupa ve Asya da dağılım gösteren *Squalius* popülasyonlarına ait bireylerin cyt b geninin 600 bç üzerinde analiz edilen 492 kefal örneğinden 95 genotip tanımlamışlardır. 94 genotip içinde 137 bölge değişken ve 117'si parsimoni bilgilendirici olduğunu bildirmişlerdir. 151 mutasyon olayının 129'unun transisyon ve 22'sinin transversiyon olduğunu rapor etmişlerdir. Dizilenen sitokrom b segmentinin 600 bp'lik sekansında nükleotid frekanslarının ise sırasıyla A: %25.5, C: %28.6, T: %28.6 ve G: %17.3 olduğunu tespit etmişlerdir. Almada ve Sousa-Santos (2010) analiz edilen 799 bç cyt b gen bölgesinin 268 bölge değişken ve bunların 193'ü parsimoni bilgilendirici olduğunu rapor etmiştir. Bayçelebi vd. (2022) Koca (Balıkesir, Manyas) ve Teşvikiye (Yalova, Armutlu) akarsularından yakaladıkları tatlısu kefali örneklerinin cyt b gen bölgesine ait dizilerinin (1096 bp) aynı olduğunu ve iki popülasyonun genetik uzaklıklarında bir fark görülmediğini tespit etmişlerdir. *Squalius cephaloides* türünün *S. cii*'nin sinonimi olduğunu rapor etmişlerdir.

Squalius cinsine ait türlerin (*S. cephalus*, *S. cii*, *S. lepidus*, *S. microlepis*, *S. orientalis*, *S. orpheus*, *S. squalus*) GenBank veri tabanındaki 13 gen dizisi ve tez çalışması örneklerinin moleküler analizleri sonucunda elde edilen haplotipler değerlendirilmiştir. *Squalius* cinsine ait türlerin cyt b gen bölgesi üzerine yapılmış olan, GenBank veri tabanından seçilen çalışmalar ile moleküler analizler sonucunda elde edilen üç haplotip birlikte değerlendirilmiştir. Tez çalışmasına ait örnekler Hap_1 ve Hap_2 ve Hap_7 içerisinde bulunmaktadır. Belirlenen haplotipler arasında en yüksek uzaklık genetik mesafesinin Hap_12 ile Hap_7 arasında olduğu bulunmuştur. Hap_12 *Squalius cephalus* (MN166131.1) türünü ve Hap_7 ise Kızılırmak'tan yakalanan bir örneği temsil etmektedir. Elde edilen tüm filogenetik ağaçlar incelendiğinde, tez çalışması örneklerinin belirgin bir şekilde diğer türlerden ayrıldığı görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde, *Squalius* cinsine dahil türlerin teşhisinin ağırlıklı olarak morfometrik yöntemlere bağlı olarak gerçekleştirildiği, az sayıda çalışmada ise moleküler yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. *Squalius* cinsine mensup türlerin hem tür içi hem de türler arası ayrımlarının yapılmasındaki zorluklar aşıkardır. Bu çalışmada, Samsun ili sınırları içerisinde yer alan bazı tatlısu kaynaklarında yaşayan *Squalius* sp. populasyonlarının morfometrik, otolit biyometrisi ve moleküler özellikleri incelenmiştir. Elde edilen bulgular ışığında ulaşılan sonuçlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Taksonomik araştırmalarda, çevresel faktörlere bağlı olarak gelişen fenotipik esneklik göz önünde bulundurulmalıdır. Ekolojik farklılıklar dikkate alınmadığında, aynı tür bireylerin morfolojik varyasyonları farklı türler olarak yorumlanabilmektedir. Bu sebeple türlerin doğru şekilde değerlendirilmesi için morfometrik karakterler bakımından değişim aralığının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Çalışma kapsamında *Squalius* sp. türüne ait morfometrik verilerin, *Squalius* cinsinin tür ve populasyon ayrımında araştırmacılara gerekli desteği sağlaması beklenmektedir.

- Morfometrik veriler kullanılarak populasyonların %76.5 oranında ayrımlarının gerçekleştirilebileceği ortaya çıkarılmıştır. Morfometrik ölçümlerden 13 tanesinin [Predorsal uzunluk (PreDU), Prepektoral uzunluk (PrePU), Postpektoral uzunluk (PostPU), Anal yüzgeç uzunluğu (AYU), Dorsal yüzgeç uzunluğu (DYU), Anal yüzgeç yüksekliği (AYY), Kuyruk yüzgeci uzunluğu (KYU), Kuyruk yüzgeci yüksekliği (KYY), İnterorbital mesafe (İOM), Preorbital mesafe (PreOM), Ventral-anal arası mesafe (V-A), Anal-kaudal arası mesafe (A-K), Kuyruk sapı yüksekliği, (KSY)] lokalitelerin ayrılmasında kullanılabileceği saptanmıştır. Sonraki yıllarda gerçekleştirilecek olan morfometri temelli çalışmalarda bu ölçümlerin lokalite ayrımlarında kullanılabileceği önerilmektedir.

- *Squalius* sp. türünün asteriskus ve lapillus otolitlerinin morfolojileri kapsamında yapılan tanımlamaların *Squalius* türleri için kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir. Bu kapsamda ülkemizde dağılım gösteren *Squalius* türlerinin otolit atlaslarının hazırlanması tür içi ve türler arası ayrımında destekleyici olacaktır.

- Otolit biyometrisi kapsamında geleneksel morfometri (şekil indeksleri) ve şekil analizi (eliptik Fourier katsayıları ve dalgacık dönüşümü) yöntemleri kullanılarak üç yaklaşım bir arada değerlendirilmiştir. Söz konusu populasyonların ayrımlarının otolit

biyometrisi kapsamında değerlendirilen şekil indeksi, eliptik Fourier analizi ve dalgacık yöntemi sınıflama başarılarının %50'nin altında olması bu populasyonların benzer olduğuna işaret etmektedir.

- Otolit şekil analizi yönteminin populasyonların ayrımında daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Fourier ve dalgacık yöntemi kıyaslandığında ise lapillus otolitlere uygulanan dalgacık dönüşümü tekniği en yüksek sınıflandırma oranlarını vermiştir. Daha sonra gerçekleştirilecek çalışmalarda *Squalius* türleri ve populasyonlarının tanımlanmasında lapillus otolitler ve dalgacık analizinin kullanımı tavsiye edilmektedir.

- *Squalius* cinsine ait türlerin tanımlanmasında balık morfometrisinin yetersiz olduğu oldukça açıktır. Morfolojik karakterlerin yetersiz olduğu durumlarda, genetik verilerden faydalanılarak filogenetik analizlerin değerlendirilmesi büyük bir önem taşımaktadır.

- *Squalius* sp. bireylerinin mtDNA'nın hem COI hem de cyt b gen bölgesine dayalı genetik analizleri sonucunda Samsun ilindeki 10 populasyonun birbirleri ile yakın genetik özelliklere sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Nitekim tez çalışması kapsamında yakalanan örneklerin *Squalius cephalus* türünün farklı populasyonları oldukları belirlenmiştir. GenBank'tan elde edilen diziler ile gerçekleştirilen BLAST analizleri de bu sonucu desteklemektedir.

- Gerçekleştirilen değerlendirmeler sonucunda GenBank veri tabanında birbirleri ile özdeş olan dizilerin farklı tür etiketleriyle girişlerinin olabileceği düşünülmektedir. Tüm *Squalius* türlerinin sinonim durumlarının yeniden gözden geçirilmesi önerilmektedir.

- Çalışmada elde tüm filogenetik ağaçlar değerlendirildiğinde *Squalius* cinsine ait türlerin haplotip çeşitliliğinin yüksek olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle ülkemizde *Squalius* cinsine ait türler ile ilgili daha kapsamlı genetik analizlerin yapılması gerekmektedir. Filogenetik ilişkilerin daha doğru bir şekilde değerlendirilebilmesi açısından tam mitokondriyal DNA dizi analizlerinin gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

- *Squalius* sp. türüne ait mtDNA (hem COI hem de cyt b gen bölgesi) sekans verilerinin GenBank'a yüklenmesi sonraki araştırmalara da kaynak olacaktır. Bu verilerin özellikle ülkemiz iç sularında dağılım gösteren *Squalius* cinsine mensup türlerin kapsamlı filogenetik ilişkilerinin çıkarılmasına katkı sağlaması beklenmektedir.

Morfometrik, otolit biyometrisi (şekil indeksi, Fourier analizi, dalgacık analizi) ve moleküler (mtDNA COI ve cyt b gen bölgesi) yöntemlerle elde edilen ve birbirlerini destekleyen bulgular, incelenen bireylerin *Squalius cephalus*'un farklı populasyonları olduğunu ortaya koymuştur. Bu tez çalışmasının, *Squalius cephalus* türünün morfometrik, otolit biyometrisi ve moleküler özelliklerinin birlikte değerlendirildiği ilk kapsamlı çalışma olması sebebiyle literatüre önemli katkılar sağlaması beklenmektedir.



KAYNAKLAR

- Acar, E. (2023) *Düden Çayı havzasındaki endemik Pseudophoxinus antalyae (Teleostei: Leuciscidae) Bogutskaya, 1992 populasyonlarının bazı büyüme ve geometrik morfometri parametrelerinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, 44, Antalya.
- Acar, E. and Kaymak, N. (2023). Morphological and functional trait divergence in endemic fish populations along the small-scale karstic stream. *BMC Zoology*, 8(1), 29.
- Adams, D. C., Rohlf, F. J. and Slice, D. E. (2004). Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution'. *Italian Journal of Zoology*, 71, 5-16.
- Akaike, H. (1974). Markovian representation of stochastic processes and its application to the analysis of autoregressive moving average processes. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 26, 363-387.
- Akbay, R., Yilmaz, S., Ozpicak, M., Saygin, S. and Polat, N. (2022). Lagenar otolith morphometry of gibel carp, *Carassius gibelio* (Cyprinidae): Comparisons among four populations in Samsun Province (Turkey). *Journal of Ichthyology*, 62(5), 770-776.
- Aksu, A. E., Hall, J. and Yaltrak, C. (2021). Miocene–Quaternary tectonic, kinematic and sedimentary evolution of the eastern Mediterranean Sea: A regional synthesis. *Earth-Science Reviews*, 220, 103719.
- Aksu, S., Turan, D. ve Emiroğlu, Ö. (2016). Nilüfer çayında *Squalius cii* (Richardson, 1857)'nin morfometrik ve meristik karakterlerinin belirlenmesi. *Biological Diversity and Conservation*, 9(3), 64-69.
- Albert, J. S., Destouni, G., Duke-Sylvester, S. M., Magurran, A. E., Oberdorff, T., Reis, R. E., ... and Ripple, W. J. (2021). Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio*, 50(1), 85-94.
- Almada, V. and Sousa-Santos, C. (2010). Comparisons of the genetic structure of *Squalius* populations (Teleostei, Cyprinidae) from rivers with contrasting histories, drainage areas and climatic conditions based on two molecular markers. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57(2), 924-931.
- Altunoğlu, N. (2008). *Terme çayı ile Akçay arasında kalan sahanın kıyı morfolojisi ve kıyı kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı, 94, Samsun.
- Alvarenga, M., D'Elia, A. K. P., Rocha, G., Arantes, C. A., Henning, F., de Vasconcelos, A. T. R. and Solé-Cava, A. M. (2024). Mitochondrial genome structure and composition in 70 fishes: a key resource for fisheries management in the South Atlantic. *BMC Genomics*, 25(1), 215.
- Aminan, A. W., Kit, L. L. W., Hui, C. H. and Sulaiman, B. (2020). Morphometric analysis and genetic relationship of *Rasbora* spp. in Sarawak, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*, 31(2), 33.
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32–46.
- Arlinghaus, R. and Wolter, C. (2003). Amplitude of ecological potential: chub *Leuciscus cephalus* (L.) spawning in an artificial lowland canal. *Journal of Applied Ichthyology*, 19(1), 52-54.
- Artaev, O. N., Turbanov, I. S., Bolotovskiy, A. A., Gandlin, A. A. and Levin, B. A. (2024). Taxonomic revision of *Phoxinus minnows* (Leuciscidae) from Caucasus, with

- description of a new narrow-ranged endemic species. *Zoosystematics and Evolution*, 100(1), 291-308.
- Asadujjaman, M., Khan, M. N., Mahfuj, S., Akram, W., Islam, S. I., Meraz, M. M. and Sabbir, W. (2024). Truss morphometry-based stock identification of grey mullet, *Liza parsia* from three rivers of Sundarbans Estuary, Bangladesh: Implications for sound management and conservation. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 40(1), 367-376.
- Assis, C. A. (2003). The lagenar otoliths of teleosts: their morphology and its application in species identification, phylogeny and systematics. *Journal of Fish Biology*, 62(6), 1268-1295.
- Assis, C. A. (2005). The utricular otoliths, lapilli, of teleosts: their morphology and relevance for species identification and systematics studies. *Scientia Marina*, 69(2), 259-273.
- Atak Sanduvaç, S. ve İşmen, A. (2024). Türkiye kıyılarında kırlangıç balığının (*Chelidonichthys lucerna* Linnaeus, 1758) otolit kimyası ve otolit şekil analizi kullanılarak populasyon yapısı. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries*, 7(1), 67-85.
- Atalay, İ. (1982). *Türkiye jeomorfolojisine giriş*. İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi Yayınları.
- Avcı, M. (2000). Yeryüzünün Zoocoğrafya bölgeleri ve Türkiye'nin yeri. *Coğrafya Dergisi*, 8, 157-200.
- Avise, J. C., Arnold, J., Ball, R. M., Bermingham, E., Lamb, T., Neigel, J. E., ... and Saunders, N. C. (1987). Intraspecific phylogeography: The mitochondrial DNA bridge between population genetics and systematics. *Annual Review of Ecology And Systematics*, 489-522.
- Avşar, D. (2016). *Balıkçılık biyolojisi ve popülasyon dinamiği*. Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Aydın, A., Özpiçak, M., Saygın, S., Hançer, E., Yılmaz, S. ve Polat, N. (2022). Altinkaya Baraj Gölü ve Bafra Balık Gölleri'nden örneklenmiş olan sazan balığı (*Cyprinus carpio* L., 1758)'nın otolit şekil ve biyometrisindeki varyasyonlar. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 1041-1053.
- Bacha, M., Jemaa, S., Hamitouche, A., Rabhi, K. and Amara, R. (2014). Population structure of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*, in the SW Mediterranean Sea, and the Atlantic Ocean: Evidence from otolith shape analysis. *ICES Journal of Marine Science*, 71(9), 2429-2435.
- Baharum, S. N. and Nurdalila, A. W. A. (2012). Application of 16s rDNA and cytochrome b ribosomal markers in studies of lineage and fish populations structure of aquatic species. *Molecular Biology Reports*, 39, 5225-5232.
- Bakan, G. ve Şenel, B. (2000). Samsun Mert Irmağı-Karadeniz deşarjında yüzey sediman (dip camur) ve su kalitesi araştırması. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 24, 135-141.
- Bakhshalizadeh, S., Abbasi, K., Rostamzadeh Liafuie, A., Bani, A., Pavithran, A. and Tiralongo, F. (2022). Morphometric analyses of phenotypic plasticity in habitat use in two Caspian Sea mullets. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(10), 1398.
- Bănărescu, P. (1990). *Zoogeography of fresh waters*. Vol. I. General distribution and dispersal of freshwater animals, Aula-Verlag, Wiesbaden.
- Bănărescu, P. (1991). *Zoogeography of fresh waters*. Volume 2: Distribution and dispersal of freshwater animals in North America and Eurasia, Aula-Verlag, Wiesbaden.

- Bani, A., Poursaeid, S. and Tuset, V. M. (2013). Comparative morphology of the sagittal otolith in three species of south Caspian gobies. *Journal of Fish Biology*, 82(4), 1321-1332.
- Bano, F. and Serajuddin, M. (2021). Sulcus and outline morphometrics of sagittal otolith variability in freshwater fragmented populations of dwarf gourami, *Trichogaster lalia* (Hamilton, 1822). *Limnologica*, 86, 125842.
- Barlow, G. W. (1961). Causes and significance of morphological variation in fishes. *Systematic Zoology*, 10(3), 105-117.
- Barnuevo, K. D. E., Morales, C. J. C., Calizo, J. K. S., Delloro, E. S. Jr, Añasco, C. P., Babaran, R. P. and Lumayno, S. D. P. (2023). Distinct stocks of the redbtail scad *Decapterus kurroides* Bleeker, 1855 (Perciformes: Carangidae) from the northern Sulu and Southern Sibuyan Seas, Philippines revealed from otolith morphometry and shape analysis. *Fishes*, 8(1), 12.
- Başusta, A. and Girgin, H. (2023). Relationships between fish length-otolith dimensions of *Squalis semae* living in Murat River. *Ecological Life Sciences*, 18(4), 166-172.
- Bayçelebi, E. (2019). *Türkiye’de dağılım gösteren Squalius cinsinin taksonomik revizyonu*. Doktora Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 135, Rize.
- Bayçelebi, E. (2023). *Squalius seyhanensis* (Teleostei: Leuciscidae)’nin dağılımına ilişkin yeni veriler. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 8(4), 668-670.
- Bayçelebi, E., Aksu, İ. and Turan, D. (2024). Description of a new species of *Phoxinus* from the Ergene River (Aegean Sea basin) in Türkiye (Actinopterygii, Leuciscidae). *Zoosystematics and Evolution*, 100(1), 101-110.
- Bayçelebi, E., Turan, D., Aksu, S. and Freyhof, J. (2022). *Squalius cephaloides*, a synonym of *Squalius cii* (Teleostei: Leuciscidae). *Zootaxa*, 5174(3), 277-284.
- Begg, G. A. and Brown, R. W. (2000). Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129(4), 935-945.
- Begg, G. A. and Waldman, J. R. (1999). An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries Research*, 43(1-3), 35-44.
- Behrens-Chapuis, S., Herder, F., Esmacili, H. R., Freyhof, J., Hamidan, N. A., Özuluğ, M., ... and Geiger, M. F. (2015). Adding nuclear rhodopsin data where mitochondrial COI indicates discrepancies—can this marker help to explain conflicts in cyprinids. *DNA Barcodes*, 3(1), 187-199.
- Bektas, Y., Aksu, I., Kaya, C., Bayçelebi, E., Küçük, F. and Turan, D. (2020). Molecular systematics and phylogeography of the genus *Alburnus* Rafinesque, 1820 (Teleostei, Leuciscidae) in Turkey. *Mitochondrial DNA Part A*, 31(7), 273-284.
- Belogurova, R. E. and Karpova, E. P. (2024). Variability of morphological characters of the genus *Alburnoides* (Pisces, Leuciscidae) from watercourses in Southern Russia. *Inland Water Biology*, 17(3), 401-409.
- Benson, D. A., Karsch-Mizrachi, I., Lipman, D. J., Ostell, J. and Wheeler, D. L. (2009). GenBank. *Nucleic Acids Research*, 37(suppl_1), D26-D31.
- Berg, F., Almeland, O. W., Skadal, J., Slotte, A., Andersson, L. and Folkvord, A. (2018). Genetic factors have a major effect on growth, number of vertebrae and otolith shape in Atlantic herring (*Clupea harengus*). *PLoS One*, 13(1), e0190995.

- Bermingham, E. (1990). "Mitochondrial DNA and the analysis of fish population structure". In Whitmore, D. H. (ed.), *Electrophoretic and isoelectric focusing techniques in fisheries management* (s. 197-222). Florida: CRC press, Boca Raton.
- Bermingham, E. and Martin, A. P. (1998). Comparative mtDNA phylogeography of neotropical freshwater fishes: testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America. *Molecular Ecology*, 7(4), 499-517.
- Bianco, P. G. (1990). Potential role of the palaeohistory of the Mediterranean and Paratethys basins on the early dispersal of Euro-Mediterranean freshwater fishes. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 1(2), 167-184.
- Bilgin, G. (2003). *Dalgacık dönüşümleri ve hiyerarşik ağaçlarda küme bölümlene yöntemi ile görüntü sıkıştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 71, İstanbul.
- Bilgin, R. (2011). Back to the suture: the distribution of intraspecific genetic diversity in and around Anatolia. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(6), 4080-4103.
- Bird, J. L., Eppler, D. T. and Checkley, D. M. (1986). Comparison of herring otoliths using Fourier series shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 43, 1228-1234.
- Bird, N. C. and Hernandez, L. P. (2007). Morphological variation in the weberian apparatus of Cypriniformes. *Journal of Morphology*, 268(9), 739-757.
- Birecikligil, S. (2016). *Seyhan, Ceyhan, Aşağı Fırat ve Asi nehir havzalarındaki Alburnus Rafinesque, 1820 (Teleostei: Cyprinidae) türlerinin morfolojik ve filogenetik analizi*. Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 102, Gaziantep.
- Bogutskaya, N. G., Diripasko, O. A., Zupančič, P., Jelić, D. and Naseka, A. M. (2019). Phenotypic diversity in an endangered freshwater fish *Squalius microlepis* (Actinopterygii, Leuciscidae). *ZooKeys*, 897, 115-147.
- Bogutskaya, N. G., Jelić, D., Vucić, M., Jelić, M., Diripasko, O. A., Stefanov, T. and Klobučar, G. (2020). Description of a new species of *Phoxinus* from the upper Krka River (Adriatic Basin) in Croatia (Actinopterygii: Leuciscidae), first discovered as a molecular clade. *Journal of Fish Biology*, 96(2), 378-393.
- Bookstein, F. L. (1982). Foundation of morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 451-470.
- Boore, J. L. (1999). Animal mitochondrial genomes. *Nucleic Acids Research*, 27(8), 1767-1780.
- Boore, J. L. and Brown, W. M. (1998). Big trees from little genomes: mitochondrial gene order as a phylogenetic tool. *Current Opinion in Genetics & Development*, 8(6), 668-674.
- Bose, A. P., Adragna, J. B. and Balshine, S. (2017). Otolith morphology varies between populations, sexes and male alternative reproductive tactics in a vocal toadfish *Porichthys notatus*. *Journal of Fish Biology*, 90(1), 311-325.
- 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.
- Bostancı, D. and 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., Yağcı, M. A., Konaş, S., Kurucu, G. ve Polat, N. (2014). İstilacı bir tür *Atherina boyeri* Risso, 1810'nin Eğirdir Gölü popülasyonunda morfometrik ve bazı kemiksi

yapıların biyometrik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(1), 1-11.

- Bostancı, D., Polat, N., Kurucu, G., Yedier, S., Kondaş, S. and Darçin, M. (2015). Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(6), 1013-1022.
- Bounek, B., Gibert, P., Gennotte, V., Argillier, C., Carrel, G., Maire, A., ... and Morat, F. (2019). Otolith shape analysis and daily increment validation during ontogeny of larval and juvenile European chub *Squalius cephalus*. *Journal of Fish Biology*, 95(2), 444-452.
- Briolay, J., Galtier, N., Brito, R. M. and Bouvet, Y. (1998). Molecular phylogeny of Cyprinidae inferred from cytochrome b DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 9(1), 100-108.
- Brito, R. M., Briolay, J., Galtier, N., Bouvet, Y. and Coelho, M. M. (1997). Phylogenetic relationships within genus *Leuciscus* (Pisces, Cyprinidae) in Portuguese fresh waters, based on mitochondrial DNA cytochrome b sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 8(3), 435-442.
- Brothers, E. B., Mathews, C. P. and Lasker, R. (1976). Daily growth increments in otoliths from larval and adult fishes. *Fishery Bulletin*, 74(1), 1-8.
- Braich, O. S. and Akhter, S. (2015). Morphometric characters and meristic counts of a fish, *Crossocheilus latius latius* (Hamilton-Buchanan) from Ranjit Sagar Wetland, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(5), 260-265.
- Buj, I., Marčić, Z., Čavlović, K., Čaleta, M., Tutman, P., Zanella, D., ... and Mustafić, P. (2019). Multilocus phylogenetic analysis helps to untangle the taxonomic puzzle of chubs (genus *Squalius*: Cypriniformes: Actinopteri) in the Adriatic basin of Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 189(3), 953-974.
- Bulatović, I., Marić, D. and Milošević, D. (2021). Relationships between otolith dimensions and body length of five cyprinid fish species from Lake Skadar, Adriatic Catchment of Montenegro. *Acta Zoologica Bulgarica*, In Press.
- Burke, N., Brophy, D. and King P. A. (2008). Shape analysis of otolith annuli in Atlantic herring (*Clupea harengus*); a new method for tracking fish populations. *Fisheries Research*, 91(2-3), 133-143.
- Cabral, H. N., Marques, J. F., Rego, A. L., Catarino, A. I., Figueiredo, J. and Garcia, J. (2003). Genetic and morphological variation of *Synaptura lusitanica* Capello, 1868, along the Portuguese coast. *Journal of Sea Research*, 50, 167-175.
- Cadrin, S. X. and Friedland, K. D. (1999). The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. *Fisheries Research*, 43(1-3), 129-139.
- Cadrin, S. X. and Silva, V. M. (2005). Morphometric variation of yellowtail flounder. *ICES Journal of Marine Science*, 62(4), 683-694.
- Campana, S. E. (1994). Interactive effects of age and environmental modifiers on the production of daily growth increments in otoliths of plainfin midshipman, *Porichthys notatus*. *Fishery Bulletin*, 82(1), 165-177.
- Campana, S. E. (2004). *Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. Ottawa: NRC Research Press.
- Campana, S. E. and Casselman, J. M. (1993). Stock discrimination using otolith shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(5), 1062-1083.

- Campana, S. E. and Neilson, J. D. (1985). Microstructure of fish otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42(5), 1014-1032.
- Campana, S. E. and Thorrold, S. R. (2001). Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1), 30-38.
- Capoccioni, F., Costa, C., Aguzzi, J., Menesatti, P., Lombarte, A. and Ciccotti, E. (2011). Ontogenetic and environmental effects on otolith shape variability in three Mediterranean European eel (*Anguilla anguilla*, L.) local stocks. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 397(1), 1-7.
- Cardinale, M., Doering-Arjes, P., Kastowsky, M. and Mosegaard, H. (2004). Effects of sex, stock, and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(2), 158-167.
- Casselman, J. M., Collins, J. J., Grossman, E. J., Ihssen, P. E. and Spangler, G. R. (1981). Lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) stocks of the Ontario waters of Lake Huron. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(12), 1772-1789.
- Cavender, T. M. and Coburn, M. (1992). "Phylogenetic relationships of North American Cyprinidae". In: Mayden, R. (Ed.), *Systematics, historical ecology, and North American freshwater fishes* (s. 293-327). Stanford: Stanford University Press.
- Chan, Y. T. (1994). *Wavelet basics*. Canada: Springer Science and Business Media.
- Chase, P. D. (2014). "Meristics". In S. X. Cadrin, L. Kerr and S. Mariani (Eds.), *Stock identification methods: Applications in fishery science*. (s.171-184). Elsevier.
- Chen, S. Y. Y., Lestrel, P. E., Kerr, W. J. S. and McColl, J. H. (2000). Describing shape changes in the human mandible using elliptical Fourier functions. *The European Journal of Orthodontics*, 22(3), 205-216.
- Chen, W. J. and Mayden, R. L. (2009). Molecular systematics of the Cyprinoidea (Teleostei: Cypriniformes), the world's largest clade of freshwater fishes: Further evidence from six nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 52(2), 544-54.
- Chen, X. L., Yue, P. Q. and Lin, R. D. (1984). Major groups within the family Cyprinidae and their phylogenetic relationships. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 9, 424-440.
- Chen, X., Evans, T. G., Jeschke, J. M., Jähnig, S. C. and He, F. (2024). Global introductions and environmental impacts of freshwater megafish. *Global Change Biology*, 30(4), e17289.
- Chesalin, M. V. and Nikolsky, V. N. (2023). A comparative morphometric analysis of the Azov anchovy (*Engraulis encrasicolus maeoticus* Pusanov, 1926) and the Black Sea Anchovy (*E. encrasicolus ponticus* Alexandrov, 1927) based on body shape. *Russian Journal of Marine Biology*, 49(2), 87-96.
- Chikwana, S., Rusuwa, B., Changadeya, W. and Zatha, R. (2023). Morphometric analysis of a Cyprinid species, *Enteromius paludinosus* (Peters, 1852), in the Lake Chilwa Basin, Malawi. *Malawi Journal of Science and Technology*, 15(1), 35-54.
- Chugunova, L. P. (1963). *Age and growth studies in fish*. Washington: National Science Foundation.
- Conway, K. W., Hirt, M. V., Yang, L., Mayden, R. L. and Simons, A. M. (2010). "Cypriniformes: systematics and paleontology". In J. S. Nelson, H.-P. Schultze and M. V. H. Wilson (eds), *Origin and phylogenetic interrelationships of teleosts* (s. 295-316). Munich: Verlag Dr Friedrich Pfeil.
- Corral-Lou, A., Perea, S., Aparicio, E. and Doadrio, I. (2019). Phylogeography and species delineation of the genus *Phoxinus* Rafinesque, 1820 (Actinopterygii: Leuciscidae) in

- the Iberian Peninsula. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 57(4), 926-941.
- Coyle, T. (1998). Stock identification and fisheries management: the importance of using several methods in a stock identification study. *Australian Society for Fishery Biology*, 173-182.
- Crampton, J. S. (1995). Elliptic Fourier shape analysis of fossil bivalves: some practical considerations. *Lethaia*, 28(2), 179-186.
- Cunha, C., Coelho, M. M., Carmona, J. A. and Doadrio, I. (2004). Phylogeographical insights into the origins of the *Squalius alburnoides* complex via multiple hybridization events. *Molecular Ecology*, 13(9), 2807-2817.
- Çetin, C. (2023). *Samsun Tersakan Çayı'ndan yakalanan altı balık türünün otolit morfometrisi ve şekil analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 69, Samsun.
- Çetin, C. ve Yılmaz, S. (2024). Altı cypriniform balık türünde lagenar ve utrikular otolitlerin morfolojik karakterizasyonu. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 9(1), 67-73.
- Çiçek, E., Birecikligil, S. S. and Fricke, R. (2015). Freshwater fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist. *Biharean Biologists*, 9(2), 141-157.
- Çiçek, E., Fricke, R., Sungur, S. and Eagderi, S. (2018). Endemic freshwater fishes of Turkey. *FishTaxa*, 3(4), 1-39.
- Çiçek, E., Kaptaş, O., Seçer, B. and Sungur, S. (2020a). Age, growth and mortality parameters of *Squalius fellowesii* (Günther, 1868) from Eşen Stream. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 87-92.
- Çiçek, E., Sungur, S. and Fricke, R. (2020b). Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist 2020. *Zootaxa*, 4809(2), 241-270.
- Çiçek, E., Sungur, S., Fricke, R. and Seçer, B. (2023). Freshwater lampreys and fishes of Türkiye; an annotated checklist-2023. *Turkish Journal of Zoology*, 47(6), 324-468.
- Çiftci, Y. (2006). *Türkiye alabalık (Salmo trutta Linnaeus, 1758 ve Salmo platycephalus Behnke, 1968) populasyonlarının genetik yapısının mtDNA RFLP analiz yöntemiyle belirlenmesi*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı, 180, Trabzon.
- Çiftci, Y., Mutlu, A. G., Güçlü, S. S., Turan, D. and Küçük, F. (2020). Phylogeography of the genus *Chondrostoma* Agassiz, 1835 (Teleostei: Leuciscidae) in Anatolia, as inferred from mitochondrial DNA analysis. *Zoology in the Middle East*, 66(3), 206-221.
- Çoban, A. (2013). Vezirköprü ilçesinin idari coğrafya analizi. *International Journal of Social Science*, 6(6), 403-420.
- Çoban, M. Z., Gündüz, F., Yüksel, F., Demirel, F., Yıldırım, T. ve Kurtoğlu, M. (2013). Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) balık faunası, *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 35- 44.
- Çöl, O. and Yılmaz, S. (2022). The effect of ontogenetic diet shifts on sagittal otolith shape of European perch, *Perca fluviatilis* (Actinopterygii: Percidae) from Lake Ladik, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 46(4), 385-396.
- de Almeida Mereles, M., Sousa, R. G. C. and de Carvalho Freitas, C. E. (2024). Morphological analyses of otoliths indicate a single population of invasive *Arapaima gigas* in tributaries of the Upper Madeira River (Amazon Basin). *Boletim do Instituto de Pesca*, 50(e844), 1-10.

- Dedeoğlu, Y., Yeşilçiçek, T. and Kalaycı, F. (2024). Borçka Baraj Gölü'ndeki (Artvin) Tatlısu Kefali'nin (*Squalius orientalis* Heckel, 1847) bazı üreme özellikleri. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 9(4), 740-746
- Dedeoğlu, Y., Yeşilçiçek, T. ve Kalaycı, F. (2020). Borçka Baraj Gölü'ndeki (Artvin) Tatlısu Kefali (*Squalius orientalis* Heckel, 1847)'nin bazı büyüme parametreleri. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-53.
- Deepa, K. P., Kumar, K. A., Kottanis, O., Nikki, R., Bineesh, K. K., Hashim, M., ... and Sudhakar, M. (2019). Population variations of Opal fish, *Bembrops caudimacula* Steindachner, 1876 from Arabian Sea and Andaman Sea: Evidence from otolith morphometry. *Regional Studies in Marine Science*, 25, 100466.
- Degens, E. T., Deuser, W. G. and Haedrich, R. L. (1969). Molecular structure and composition of fish otoliths. *Marine Biology*, 2, 105-113.
- Demirsoy, A. (2008). *Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası–Hayvan Coğrafyası (7. Baskı)*. Ankara: Meteksan A.Ş..
- Denys, G. P. J., Dettai, A., Persat, H., Doadrio, I., Cruaud, C. and Keith, P. (2013). Status of the Catalan chub *Squalius laietanus* (Actinopterygii, Cyprinidae) in France: input from morphological and molecular data. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 408(4), 1-13.
- Doadrio, I. and Carmona, J. A. (1998). Genetic divergence in Greek populations of the genus *Leuciscus* and its evolutionary and biogeographical implications. *Journal of Fish Biology*, 53(3), 591-613.
- Doadrio, I. and Carmona, J.A. (2003). Testing freshwater Lago Mare dispersal theory on the phylogeny relationships of Iberian cyprinid genera *Chondrostoma* and *Squalius* (Cypriniformes, Cyprinidae). *Graellsia*, 59(2-3), 457-473.
- Doadrio, I. and Carmona, J.A. (2006). Phylogenetic overview of the genus *Squalius* (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula, with description of two new species. *Cybium*, 30(3), 199-214.
- Doadrio, I., Carmona, J. A. and Fernandez-Delgado, C. (2002). Morphometric study of the Iberian *Aphanius* (Actinopterygii, Cyprinodontiformes), with description of a new species. *Folia Zoologica*, 51(1), 67-80.
- Doadrio, I., Perea, S. and Alonso, F. (2007). A new species of the genus *Squalius* Bonaparte, 1837 (Actinopterygii, Cyprinidae) from the Tagus River basin (central Spain). *Graellsia*, 63(1), 89-100.
- Doadrio, I., Sousa-Santos, C. and Perea, S. (2023). Description of two new species of the genus *Squalius* Bonaparte, 1837 (Actinopterygii, Leuciscidae) in the Iberian Peninsula. *Graellsia*, 79(2), e205.
- Dönel, K. E. ve Yılmaz, E. (2016). Gaga Gölü (Ordu-Türkiye) balık faunası ve tespit edilen 4 türün morfometrik karakterleri. *Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi*, 2(2), 63-74.
- Duarte-Neto, P., Lessa, R., Stosic, B. and Morize, E. (2008). The use of sagittal otoliths in discriminating stocks of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) off northeastern Brazil using multishape descriptors. *ICES Journal of Marine Science*, 65(7), 1144-1152.
- Durand, J. D., Erhan, Ü., Doadrio, I., Pipoyan, S. and Templeton, A. R. (2000). Origin, radiation, dispersion and allopatric hybridization in the chub *Leuciscus cephalus*. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1453), 1687-1697.
- Durand, J. D., Persat, H. and Bouvet, Y. (1999a). Phylogeography and postglacial dispersion of the chub (*Leuciscus cephalus*) in Europe. *Molecular Ecology*, 8(6), 989-997.

- Durand, J. D., Templeton, A. R., Guinand, B., Imsiridou, A. and Bouvet, Y. (1999b). Nested clade and phylogeographic analyses of the chub, *Leuciscus cephalus* (Teleostei, Cyprinidae), in Greece: implications for Balkan Peninsula biogeography. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 13(3), 566-580.
- Ehlinger, T. J. and Wilson D. S., (1988). Complex foraging polymorphism in bluegill sunfish. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 85(6), 1878-1882.
- Elliott, N. G., Haskard, K. and Koslow, J. A. (1995). Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*, 46(2), 202-220.
- Emiroğlu, Ö., Sülün, Ş. and Tarkan, A. S. (2020). Seydisuyu (Sakarya Havzası-Eskişehir)'nda endemik olarak bulunan *Squalius pursakensis* (Hankó, 1925)'in biyo-ekolojik özelliklerinin incelenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 13(1), 1-17.
- Esmaeili, H.R., Khaei, R. and Nejad, R.Z. (2016). Historical review on the taxonomy of *Squalius berak* Heckel, 1843 (Teleostei: Cyprinidae). *FishTaxa*, 1(3), 118-126.
- Farias, I., Vieira, A. R., Gordo, L. S. and Figueiredo, I. (2009). Otolith shape analysis as a tool for stock discrimination of the black scabbardfish, *Aphanopus carbo* Lowe, 1839 (Pisces: Trichiuridae), in Portuguese waters. *Scientia Marina*, 73(S2), 47-53.
- Felsenstein, J. (1993). Phylogeny Inference Package (PHYLIP). Version 3.5. University of Washington, Seattle.
- Ferguson, G. J., Ward, T. M. and Gillanders, B. M. (2011). Otolith shape and elemental composition: complementary tools for stock discrimination of mulloway (*Argyrosomus japonicus*) in southern Australia. *Fisheries Research*, 110(1), 75-83.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. and Van der Laan R. (eds) (2023). Eschmeyer's catalog of fishes: Genera, species, references. Retrived 2023, from <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N. and Van der Laan, R. (eds) (2025). Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. Retrived March 21, 2025, from <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Friedland, K. D. and Reddin, D. G. (1994). Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51(1), 91-98.
- Froese, R. and Pauly, D. (eds.) (2025). FishBase. World Wide Web electronic publication. Retrived March 21, 2025, from www.fishbase.org, version (10/2024).
- Geffen, A. J., Morales-Nin, B. and Gillanders, B. M. (2016). Fish otoliths as indicators in ecosystem based management: results of the 5th International Otolith Symposium (IOS2014). *Marine and Freshwater Research*, 67(7), i-iv.
- Geiger, M. F., Herder, F., Monaghan, M. T., Almada, V., Barbieri, R., Bariche, M., ... and Freyhof, J. (2014). Spatial heterogeneity in the Mediterranean Biodiversity Hotspot affects barcoding accuracy of its freshwater fishes. *Molecular Ecology Resources*, 14(6), 1210-1221.
- Geldiay, R. ve Balık, S. (2009). *Türkiye tatlısu balıkları (VI. Baskı)*. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Georgiev, S. (2000). Taxonomical characteristics of chub *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758) from the river Babuna (Macedonia). *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 58(4), 137-152.

- Gonzalez-Martinez, A., De-Pablos-Heredero, C., González, M., Rodriguez, J., Barba, C. and García, A. (2021). Usefulness of discriminant analysis in the morphometric differentiation of six native freshwater species from Ecuador. *Animals*, 11(1), 111.
- Gonzalez-Martinez, A., Lopez, M., Molero, H. M., Rodriguez, J., González, M., Barba, C. and García, A. (2020). Morphometric and meristic characterization of native chame fish (*Dormitator latifrons*) in Ecuador using multivariate analysis. *Animals*, 10(10), 1805.
- Gosline, W. A. (1978). Unbranched dorsal-fin rays and subfamily classification in the fish family Cyprinidae. *Occasional papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 684, 1–21.
- Gouskov, A. and Vorburger, C. (2016). Postglacial recolonizations, watershed crossings and human translocations shape the distribution of chub lineages around the Swiss Alps. *BMC Evolutionary Biology*, 16(185), 1-13.
- Granados-Amores, E., Granados-Amores, J., Zavala-Leal, O. I. and Flores-Ortega, J. R. (2020). Geometric morphometrics in the sulcus acusticus of the sagittae otolith as tool to discriminate species of the genus *Centropomus* (Centropomidae: Perciformes) from the southeastern Gulf of California. *Marine Biodiversity*, 50(1), 10.
- Griffiths, A. M., Machado-Schiaffino, G., Dillane, E., Coughlan, J., Horreo, J. L., Bowkett, A. E., ... and Stevens, J. R. (2010). Genetic stock identification of Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations in the southern part of the European range. *BMC Genetics*, 11, 1-27.
- Guindon, S. and Gascuel, O. (2003). A simple, fast and accurate method to estimate large phylogenies by maximum-likelihood. *Systematic Biology*, 52(5), 696-704.
- Guo, X., Liu, S. and Liu, Y. (2006). Evidence for recombination of mitochondrial DNA in triploid crucian carp. *Genetics*, 172(3), 1745-1749.
- Güngör, A. (2020a). *Yeşilirmak, Kızılırmak, Sakarya ve Batı Karadeniz havzalarının durgun sularındaki Squalius cinsine ait türlerin bazı morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 44, Eskişehir.
- Güngör, S. (2020b). *Kuzey Ege, Susurluk ve Gediz Havzaları'ndaki Squalius cinsine ait türlerin bazı morfolojik özelliklerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 51, Eskişehir.
- Gürlek, M. ve Turan, C. (2006). Çukurova ve Hatay Bölgelerinde bulunan Tilapia (Chiclidae) türlerinin morfolojik farklılıkları. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23(1/2), 227-231.
- Hakim, M. M., Sawant, M., Pawar, R., Hussain, S. and Pawase, A. (2019). Morphometry based identification of *Nemipterus japonicus* unit stocks from west coast of India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(1), 819-826.
- Hançer, E., Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Yılmaz, S. and Polat, N. (2022). Stock discrimination of Northern pike *Esox lucius* L., 1758 inhabiting lakes Simenlik and Ladik (Samsun-Turkey) using otolith biometry and shape analysis. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 8(2), 192-202.
- Hänfling, B. and Brandl, R. (1998). Genetic and morphological variation in a common European cyprinid, *Leuciscus cephalus* within and across Central European drainages. *Journal of Fish Biology*, 52(4), 706-715.
- Harvey, J. T., Loughlin, T. R., Perez, M. A. and Oxman, D. S. (2000). Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the eastern North Pacific Ocean. *NOAA/National Marine Fisheries Service, A Technical Report of the Fishery Bulletin*.

- He, F., Svenning, J. C., Chen, X., Tockner, K., Kuemmerle, T., le Roux, E., ... and Jähnig, S. C. (2024). Freshwater megafauna shape ecosystems and facilitate restoration. *Biological Reviews*, 99(4), 1141–1163.
- He, F., Zarfl, C., Bremerich, V., David, J. N., Hogan, Z., Kalinkat, G., ... and Jähnig, S. C. (2019). The global decline of freshwater megafauna. *Global Change Biology*, 25(11), 3883-3892.
- He, S., Mayden, R. L., Wang, X., Wang, W., Tang, K. L., Chen, W. C. and Chen, Y. (2008). Molecular phylogenetics of the family Cyprinidae (Actinopterygii: Cypriniformes) as evidenced by sequence variation in the first intron of S7 ribosomal proteinencoding gene: Further evidence from a nuclear gene of the systematic chaos in the family. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46(3), 818-829.
- Hebert, P. D. N. and Gregory, T. R. (2005). The promise of DNA barcoding for taxonomy. *Systematic Biology*, 54(5), 852-859.
- Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L. and DeWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), 313-321.
- Hekimoğlu, B., Altindeğer, M. ve Demirbaş, A. R. (2007). *Samsun ilinin fiziki durumu ve avantajı*. Samsun: Samsun Valiliği Tarım İl Müdürlüğü Yayını.
- Henriques, R., Sousa, V. and Coelho, M. M. (2010). Migration patterns counteract seasonal isolation of *Squalius torgalensis*, a critically endangered freshwater fish inhabiting a typical Circum-Mediterranean small drainage. *Conservation Genetics*, 11(5), 1859-1870.
- Hossain, M. A., Nahiduzzaman, M. D., Saha, D., Khanam, M. U. H. and Alam, M. S. (2010). Landmark-based morphometric and meristic variations of the endangered carp, Kalibaus *Labeo calbasu*, from stocks of two isolated rivers, the Jamuna and Halda, and a hatchery. *Zoological Studies*, 49(4), 556-563.
- Hossain, M. Y. (2010). Morphometric relationships of length-weight and length-length of four Cyprinid small indigenous fish species from the Padma River (NW Bangladesh). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(1), 131-134.
- Hossain, M. Y., Rahman, M. M., Abdallah, E. M. and Ohtomi, J. (2013). Biometric relationships of the pool barb *Puntius sophore* (Hamilton 1822)(Cyprinidae) from three major rivers of Bangladesh. *Sains Malaysiana*, 42(11), 1571-1580.
- Hossen, M. A., Hossain, M. Y., Pramanik, M. N. U., Nawar, F., Khatun, D., Parvin, M. F. and Rahman, M. M. (2016). Morphological characters of *Botia lohachata*. *Journal of Coastal Life Medicine*, 4, 689-692.
- Hubert, N., Hanner, R., Holm, E., Mandrak, N. E., Taylor, E., Burrridge, M., ... and Bernatchez, L. (2008). Identifying Canadian freshwater fishes through DNA barcodes. *PLoS One*, 3(6), e2490.
- Huson, D. H. and Bryant, D. (2006). Application of phylogenetic networks in evolutionary studies. *Molecular Biology and Evolution*, 23(2), 254-267.
- Ilssen, P. E., Brooke, H. E., Casselman, J. M., McGlade, J. M., Payne, N. R. and Utter, F. M. (1981). Stock identification: materials and methods. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science*, 38(12), 1838- 1855.
- Ilhan, A., Sari, H. M., Saygi, H. and Ustaoglu, M. R. (2012). Length-weight relationships of freshwater fishes in the Biga Peninsula (Northwestern Anatolia, Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 28(5), 857-858.
- Imoto, J. M., Saitoh, K., Sasaki, T., Yonezawa, T., Adachi, J., Kartavtsev, Y. P., ... and Hanzawa, N. (2013). Phylogeny and biogeography of highly diverged freshwater fish

- species (Leuciscinae, Cyprinidae, Teleostei) inferred from mitochondrial genome analysis. *Gene*, 514(2), 112-124.
- Imsiridou, A., Apostolidis, A. P., Durand, J. D., Briolay, J., Bouvet, Y. and Triantaphyllidis, C. (1998). Genetic differentiation and phylogenetic relationships among Greek chub *Leuciscus cephalus* L.(Pisces, Cyprinidae) populations as revealed by RFLP analysis of mitochondrial DNA. *Biochemical Systematics and Ecology*, 26(4), 415-429.
- Ivanković, P., Piria, M., Treer, T. and Knezović, Z. (2011). Meristic and morphometric characteristics of endemic Neretva chub, *Squalius svallize* from the Neretva River area, Bosnia and Herzegovina. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(4), 1031-1032.
- Ivanova, P. P., Zlateva, I. Y., Raykov, V. S., Yankova, M. H., Dzhenbekova, N. S., Slabakova, V. H. and Raev, Y. R. (2024). Comparative analysis of morphometric and meristic characters of turbot *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii: Scophthalmidae) from four sites along the Bulgarian Black Sea Coast. *Acta Zoologica Bulgarica*, 1-9.
- Iwata, H. and Ukai, Y. (2002). SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *Journal of Heredity*, 93(5), 384-385.
- İlhan, A., Balık, S. ve Sarı, H. (2014). Orta ve Batı Anadolu endemik içsu balıklarının günümüzdeki dağılımları ve koruma statüleri. *Aquatic Sciences and Engineering*, 29(2), 9-34.
- İmamoğlu, A. (2012). *Engiz Çayı Havzası'nın jeomorfolojisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı, 75, Samsun.
- Jalili, P., Eagderi, S. and Keivany, Y. (2015). Body shape comparison of Kura bleak (*Alburnus filippii*) in Aras and Ahar-Chai rivers using geometric morphometric approach. *Research in Zoology*, 5(1), 20-24.
- Javor, B., Lo, N. and Vetter, R. (2011). Otolith morphometrics and population structure of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) along the west coast of North America. *Fishery Bulletin*, 109(4), 402-415.
- Jemaa, S., Bacha, M., Khalaf, G. and Amara, R. (2015a). Evidence for population complexity of the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) along its distributional range. *Fisheries Research*, 168, 109–116.
- Jemaa, S., Bacha, M., Khalaf, G., Dessailly, D., Rabhi, K. and Amara, R. (2015b). What can otolith shape analysis tell us about population structure of the European sardine, *Sardina pilchardus*, from Atlantic and Mediterranean waters?. *Journal of Sea Research*, 96, 11–17.
- Junquera, S. and Perez-Gándaras, G. (1993). Population diversity in Bay of Biscay anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) as revealed by multivariate analysis of morphometric and meristic characters. *ICES Journal of Marine Science*, 50(4), 383-391.
- Jurek, L. (2017). Intraspecific variability of the chub (*Squalius cephalus* L.) in the Czech Republic and possibilities of its morphological determination. *MendelNet*, 24, 314-318.
- Kalaycı, G. (2022). Molecular phylogeny and historical biogeography of *Petroleuciscus* (Teleostei: Leuciscidae) species in Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(1), 88-95.
- Kara, C. ve Demirci, C. (2009). Göksu Çayı (Nurhak-Kahramanmaraş) balık faunası ve bazı morfometrik özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 12(1), 14-22.

- Karakus, N. (2024). Genetic distance reveals synonymy and new fish species in Balıkesir Streams, Türkiye. *Mugla Journal of Science and Technology*, 10(1), 28-32
- Karataş, M., (2010). *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Karaman Bilim ve Araştırma Merkezi.
- Keskin, E. and Atar, H. H. (2013a). DNA barcoding commercially important fish species of Turkey. *Molecular Ecology Resources*, 13(5), 788-797.
- Keskin, E. ve Atar, H. H. (2013b). DNA barkodlama: Mitokondriyal COI geni kullanılarak moleküler tanımlama. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2), 1-8.
- Ketmaier, V., Bianco, P. G. and Durand, J. D. (2008). Molecular systematics, phylogeny and biogeography of roaches (*Rutilus*, Teleostei, Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49(1), 362-367.
- Ketmaier, V., Bianco, P. G., Cobolli, M., Krivokapic, M., Caniglia, R. and De Matthaeis, E. (2004). Molecular phylogeny of two lineages of *Leuciscinae* cyprinids (*Telestes* and *Scardinius*) from the peri-Mediterranean area based on cytochrome b data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 32(3), 1061-1071.
- Khaefi, R., Esmaeili, H. R., Sayyadzadeh, G., Geiger, M. F. and Freyhof, J. (2016). *Squalius namak*, a new chub from Lake Namak basin in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 4169(1), 145-159.
- Kılıç, M. B. (2017). *Kızılırmak ve Yeşilirmak nehirlerinden Karadeniz'e taşınan çözünmüş besin elementleri düzeylerinin araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 80, Trabzon.
- Kızıltan, Z. (1992). Samsun Bölgesi Yüzey Araştırmaları 1971-1977. *Belleten*, 56(215), 213-242.
- Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 16, 111-120.
- Kirtiklis, L., Palińska-Żarska, K., Krejszeff, S., Kupren, K., Żarski, D., Fopp-Bayat, D. and Szabelska, A. (2016). Comparison of molecular and morphometric analysis in species discrimination of larvae among five cyprinids from the subfamily Leuciscinae: A tool for sustainable conservation of riverine ichthyofauna. *Biologia*, 71(10), 1177-1183.
- Kitano, J., Mori, S. and Peichel, C. L. (2007). Sexual dimorphism in the external morphology of the threespine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Copeia*, 2007(2), 336-349.
- Kneibelsberger, T., Dunz, A. R., Neumann, D. and Geiger, M. F. (2014). Molecular diversity of Germany's freshwater fishes and lampreys assessed by DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources*, 15(3), 562-572.
- Kocher, T. and Stepien, C. (1997). *Molecular systematics of fishes*. San Diego: Academic Press.
- Koeberle, A. L., Arismendi, I., Crittenden, W., Di Prinzio, C., Gomez-Uchida, D., Noakes, D. L. and Richardson, S. (2020). Otolith shape as a classification tool for Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) discrimination in native and introduced systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(7), 1172-1188.
- Kotlík, P., Bogutskaya, N. G. and Ekmekci, F. G. (2004). Circum Black Sea phylogeography of *Barbus* freshwater fishes: divergence in the Pontic glacial refugium. *Molecular Ecology*, 13(1), 87-95.
- Kottelat, M. and Economidis, P. S. (2006). *Squalius orpheus*, a new species of cyprinid fish from Evros drainage, Greece (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 17(2), 181.

- Kottelat, M. and Freyhof, J. (2007). *Handbook of European freshwater fishes*. Cornol: Publications Kottelat.
- Kováč, V., Copp, G. H. and Francis, M. P. (1999). Morphometry of the stone loach, *Barbatula barbatula*: Do mensural characters reflect the species' life history thresholds?. *Environmental Biology of Fishes*, 56, 105-115.
- Krivokapic, M. (2015). Morphometric characteristics of *Leuciscus cephalus albus* (Bonaparte, 1838)(Pisces, Cyprinidae) from Skadar Lake. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, 7 (1), 302-325.
- Krysl, P., Hawkins, A. D., Schilt, C. and Cranford, T. W. (2012). Angular oscillation of solid scatterers in response to progressive planar acoustic waves: Do fish otoliths rock? *PLoS One*, 7(8), e42591.
- Kuchta, R., Řehulková, E., Francová, K., Scholz, T., Morand, S. and Šimková, A. (2020). Diversity of monogeneans and tapeworms in cypriniform fishes across two continents. *International Journal for Parasitology*, 50(10-11), 771-786.
- Kuhl, F., P. and Giardina, C., R. (1982). Elliptic Fourier features of a closed contour. *Computer Graphics and Image Processing*, 18(3), 236-258.
- Kumar, K. A., Rajeeshkumar, M. P., Hashim, M., Deepa, K. P., Otero-Ferrer, J. L., Saravanane, N., ... and Tuset, V. M. (2022). Inferring ecological strategies of *Psenopsis* spp.(Teleostei: Centrolophidae) inhabiting Indian waters from morphological features. *Marine Biology Research*, 18(3-4), 292-305.
- Kumar, S., Tamura, K., Jakobsen, I. B. and Nei, M. (2004). MEGA 2: Molecular evolutionary genetics analyses software. *Bioinformatics Application Notes*, 17(12), 1244-1245.
- Kuru, M. (2009). *Omurgalı Hayvanlar*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Kurucu, G. and Bostancı, D. (2018). Using scanning electron microscopy and length otolith size relationship for otolith morphological description of *Capoeta banarescui* Turan et al., 2006 and *Squalius cephalus* (L., 1758) (Actinopterygii: Cyprinidae) from Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 70(1), 83-88.
- Küçük, F., Çiftçi, Y., Güçlü, S. S., Mutlu, A.G. and Turan, D. (2023). Taxonomic review of the *Chondrostoma* (Teleostei, Leuciscidae) species from inland waters of Turkey: an integrative approach. *Zoosystematics and Evolution*, 99(1), 1-13.
- La Mesa, M., Guicciardi, S., Donato, F., Riginella, E., Schiavon, L. and Papetti, C. (2020). Comparative analysis of otolith morphology in icefishes (Channichthyidae) applying different statistical classification methods. *Fisheries Research*, 230, 105668.
- Lam, T. H., Nyugen T. H. D., Dinh, Q. M. and Nyugen, D. K. (2021). Otolith biometrics and their relationships with fish sizes of *Butis koilomatodon* living in Mekong Delta, Vietnam. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25(3), 803-814.
- Lattuca, M. E., Lozano, I. E., Brown, D. and 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.
- Leguá, J., Plaza, G., Pérez, D. and Arkhipkin, A. (2013). Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the Southern Blue Whiting, *Micromesistius australis*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(3), 479-489.
- Leroy, B., Dias, M. S., Giraud, E., Hugueny, B., Jézéquel, C., Leprieur, F., ... and Tedesco, P. A. (2019). Global biogeographical regions of freshwater fish species. *Journal of Biogeography*, 46(11), 2407-2419.

- Lestrel, P. E. (1997). "Introduction and overview of Fourier descriptors". In: Lestrel, P. E. (ed.), *Fourier descriptors and their application in biology* (s. 22-44). Cambridge: Cambridge University Press.
- Levin, B., Thoni, R., Artaev, O., Bolotovskiy, A., Levina, M., Rasulov, A., ... and Simonov, E. (2019). Morphological and mtDNA data reveal broader distribution of *Alburnoides holciki* (Teleostei: Leuciscidae) in inland waters of Central Asia. *Zootaxa*, 4614(1), 117-126.
- Levy, A., Doadrio, I. and Almada, V. C. (2009). Historical biogeography of European leuciscins (Cyprinidae): evaluating the Lago Mare dispersal hypothesis. *Journal of Biogeography*, 36(1), 55-65.
- Libungan, L. A. and Pálsson, S. (2015). ShapeR: An R package to study otolith shape variation among fish populations. *PloS One*, 10(3), e0121102.
- Libungan, L. A., Óskarsson, G. J., Slotte, A., Jacobsen, J. A. and Pálsson, S. (2015). Otolith shape: a population marker for Atlantic herring *Clupea harengus*. *Journal of Fish Biology*, 86(4), 1377-1395.
- Lishchenko, F. and Jones, J. B. (2021). Application of shape analyses to recording structures of marine organisms for stock discrimination and taxonomic purposes. *Frontiers in Marine Science*, 8, 667183.
- Lleonart, J., Salat, J. and Torres, G. J. (2000). Removing allometric effects of body size in morphological analysis. *Journal of Theoretical Biology*, 205(1), 85-93.
- Lombarte, A. (1992). Changes in otolith area: sensory area ratio with body size and depth. *Environmental Biology of Fishes*, 33, 405-410.
- Lombarte, A. and Cruz, A. (2007). Otolith size trends in marine fish communities from different depth strata. *Journal of Fish Biology*, 71(1), 53-76.
- Lombarte, A. and Lleonart, J. (1993). Otolith size changes related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*, 37, 297-306.
- Lombarte, A. and Popper, A. N. (2004). Quantitative changes in the otolith organs of the inner ear during the settlement period in European hake *Merluccius merluccius*. *Marine Ecology Progress Series*, 267, 233-240.
- Lombarte, A., Chic, Ò., Parisi-Baradad, V., Olivella, R., Piera, J. and García-Ladona, E. (2006). A web-based environment for shape analysis of fish otoliths. The AFORO database. *Scientia Marina*, 70, 147-152.
- Lombarte, A., Miletić, M., Kovačić, M., Otero-Ferrer, J. L. and Tuset, V. M. (2018). Identifying sagittal otoliths of Mediterranean Sea gobies: variability among phylogenetic lineages. *Journal of Fish Biology*, 92(6), 1768-1787.
- Lord, C., Morat, F., Lecomte-Finiger, R. and Keith, P. (2012). Otolith shape analysis for three *Sicyopterus* (Teleostei: Gobioidae: Sicydiinae) species from new Caledonia and Vanuatu. *Environmental Biology of Fishes*, 93, 209-222.
- Luceño, A. J. M., Torres, M. A. J. and Demayo, C. G. (2018). Morphological variations in the shapes of the otolith in the freshwater sardine *Sardinella tawilis* and marine sardine *Sardinella lemuru* using Elliptic Fourier Analysis. *Entomology and Applied Science Letters*, 5(3-2018), 71-76.
- Lukač, M., Ludoški, J., Dekić, R. and Milankov, V. (2025). Evolutionary history of the Balkan endemic genus *Delminichthys* (Teleostei, Leuciscidae) with an emphasis on the population structure of Southern Dalmatian minnow. *Contributions to Zoology*, 94(1), 1-42.

- Lydeard, C. and Roe, K. J. (1997). "The phylogenetic utility of the mitochondrial cytochrome b gene for inferring relationship among Actinopterygian fishes". In: T.D. Kocher and C.A. Stepien (eds), *Molecular Systematics of Fishes* (s. 285-303). San Diego: Academic Press.
- Maddison, W. P. (1997). Gen trees in species trees. *Systematic Biology*, 46(3), 523-536.
- Makhrov, A. A. and Bolotov, I. N. (2006). Dispersal routes and species identification of freshwater animals in Northern Europe: a review of molecular evidence. *Russian Journal of Genetics*, 42, 1101-1115.
- Maraşlıoğlu, F., Gönülol, A. ve Pelit, G. B. (2016). Tersakan Çayı fitoplanktonun mevsimsel değişimi ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 46-58.
- Mayden, R. L. and Chen, W. J. (2010). The world's smallest vertebrate species of the genus *Paedocypris*: a new family of freshwater fishes and the sister group to the world's most diverse clade of freshwater fishes (Teleostei: Cypriniformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57(1), 152-175.
- Mayden, R. L., Chen, W. J., Bart, H. L., Dosey, M. H., Simons, A. M., Tang, K. L., Wood, R. M.,... and Nishida, M. (2009). Reconstructing the phylogenetic relationships of the Earth's most diverse clade of freshwater fishes-order Cypriniformes (Actinopterygii: Ostariophysi): a case study using multiple nuclear loci and the mitochondrial genome. *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 51, 500-514.
- Mendes, S. L., Perea, S., Sousa, V. C., Sousa-Santos, C. and Doadrio, I. (2025). A new species of the genus *Squalius* (Leuciscidae, Actinopterygii) from the Sado River basin in Portugal. *Limnetica*, 44(2), 1.
- Mérigot, B., Letourneur, Y. and Lecomte-Finiger, R. (2007). Characterization of local populations of the common sole *Solea solea* (Pisces, Soleidae) in the NW Mediterranean through otolith morphometrics and shape analysis. *Marine Biology*, 151, 997-1008.
- Meulenkamp, J. E. and Sissingh, W. (2003). Tertiary palaeogeography and tectonostratigraphic evolution of the Northern and Southern Peri-Tethys platforms and the intermediate domains of the African-Eurasian convergent plate boundary zone. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 196(1-2), 209-228.
- Midway, S. R., Cadrin, S. X. and Scharf, F.S. (2014). Southern Flounder (*Paralichthys lethostigma*) stock structure inferred from otolith shape analysis. *Fishery Bulletin*, (4).
- Miya, M. (2016). *Squalius cephalus* mitochondrial DNA, complete genome (Accession No. NC_031540.1) [Unpublished data submitted to GenBank]. National Center for Biotechnology Information, NIH, Bethesda. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/NC_031540.1
- Montanini, S.; Stagoni M., Benni, E. and Vallisneri, M. (2017). Ontogenetic changes in otolith morphology and shape analyses in *Chelidonichthys cuculus* (Linnaeus, 1758) and *Chelidonichthys lucerna* (L., 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 33(2), 217-220.
- Moreira, C., Froufe, E., Vaz-Pires, P. and Correia, A. T. (2019). Otolith shape analysis as a tool to infer the population structure of the blue jack mackerel, *Trachurus picturatus*, in the NE Atlantic. *Fisheries Research*, 209, 40-48.
- Morsi, A., Nouidjem, Y. and Mimeche, F. (2021). Morphological parameters of the Maghreb bleak *Tropidophoxinellus callensis* (Leuciscidae) in an Algerian Mediterranean Stream. *Journal of Ichthyology*, 61(6), 818-824.
- Mosegaard, H., Svedäng, H. and Taberman, K. (1988). Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45(9), 1514-1524.

- Mouludi-Saleh, A. and Keivany, Y. (2018). Morphometric analysis of *Squalius namak* Khaefi et al. 2016 in Khaznagh and Ghare-Chai rivers. *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences*, 23(2), 173-178.
- Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Cicek, E. and Sungur, S. (2020). Morphological variation of Transcaucasian chub, *Squalius turcicus* in southern Caspian Sea basin using geometric morphometric technique. *Biologia*, 75, 1585-1590.
- Mouludi-Saleh, A., Keivany, Y. and Jalali, S. A. H. (2017). Geometric morphometric comparison of Namak Chub (*Squalius namak*, Khaefi et al., 2016) in rivers of Lake Namak Basin of Iran. *Research in Zoology*, 7(1), 1-6.
- Mouludi-Saleh, A., Keivany, Y. and Jalali, S. A. H. (2018). Comparison of meristic traits in Transcaucasian chub (*Squalius turcicus* De Filippi, 1865) from Caspian Sea basin. *International Journal of Aquatic Biology*, 6(1), 8-14.
- Moura, A., Muniz, A.A., Mullis, E., Wilson, J.M., Vieira, R. P., Almeida, A.A., ... and Correia, A. T. (2020). Population structure and dynamics of the Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) in the North Atlantic inferred from otolith chemical and shape signatures. *Fisheries Research*, 230, 105621.
- Muchlisin, Z. A. (2013). Morphometric variations of *Rasbora* group (pisces: cyprinidae) in Lake Laut Tawar, Aceh Province, Indonesia, based on truss character analysis. *Hayati Journal of Biosciences*, 20(3), 138-143.
- Muntean, G. C., Lațiu, C., Uiuiu, P., Păpuc, T., Constantinescu, R., Mireșan, V. and Cocan, D. (2021). Comparative morphometry of a lotic and a lentic population of European chub (*Squalius cephalus*, Linnaeus 1758). *Scientific Papers-Animal Science Series: Lucrări Științifice - Seria Zootehnie*, 76.
- Mustačić, B. and Sinovčić, G. (2010). Morphometric and meristic parameters of Sardine (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) in the Zadar fishing area. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 68(1), 27-43.
- Naseka, N. M. and Bogutskaya, N. G. (2009). Fishes of the Caspian Sea: Zoogeography and updated check-list. *Zoosystematica Rossica*, 18(2), 295-317.
- Nelson, J. S., Grande, T. C. and Wilson, M. V. (2006). *Fishes of the World*. Hoboken: John Wiley and Sons.
- Neves, J., Veríssimo, A., Múrias Santos, A. and Garrido, S. (2023). Comparing otolith shape descriptors for population structure inferences in a small pelagic fish, the European sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792). *Journal of Fish Biology*, 102(5), 1219-1236.
- Nishio, M., Edo, K., Kawakami, R., Kawamoto, T. and Yamazaki, Y. (2019). Morphological changes and habitat shifts with growth of endangered floodplain fish: possible adaptations to fluctuating environments. *Ecology of Freshwater Fish*, 29(2), 197-209.
- Okay, A. I. (2008). Geology of Turkey: a synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.
- Ozpicak, M. (2020). Otolith shape and characteristics as a morphological approach to the stock identification in *Barbus tauricus* (Cyprinidae). *Journal of Ichthyology*, 60(5), 716-724.
- Ozpicak, M. and Saygin, S. (2024). What does external morphometry tell us about stock discrimination of *Sardina pilchardus* stocks from Türkiye?. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 53(3), 299-309.
- Ozpicak, M., Saygin, S., Yilmaz, S. and Polat, N. (2021). Otolith phenotypic analysis for the endemic Anatolian fish species, Caucasian bleak Steindachner, 1897 (Teleostei, Leuciscidae), from Selevir Reservoir, Akarçay Basin, Turkey. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 50(4), 430-440.

- Öçalan, N. (2014). *Çiftekavak Deresi (Rize)'nde dağılım gösteren Squalius sp. türünün morfolojik, genetik ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 35, Rize.
- Özdemir, F. (2013). *Türkiye'deki Capoeta (Teleostei: Cyprinidae) cinsine ait tür ve alttürlerin klasik ve moleküler sistematik yöntemler kullanılarak revizyonu*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 156, Ankara.
- Özpiçak, M. (2017). *Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı akarsularda yaşayan Barbus tauricus Kessler, 1877 türünün morfometrik ve genetik yapısının belirlenmesi*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 235, Samsun.
- Özpiçak, M. and Polat, N. (2019a). Morphological comparison of six coastal stream populations of crimean barbel (*Barbus tauricus* Kessler, 1877) from the southern Black Sea basin. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(6), 485-494.
- Özpiçak, M. and Polat, N. (2019b). Determination of genetic structure in *Barbus tauricus* Kessler, 1877 populations inhabiting a few streams along the Black Sea Region (Turkey) inferred from mtDNA cytochrome b gene sequence analysis. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 1-11.
- Özpiçak, M., Saygın, S. and Yılmaz, S. (2024). Comparative otolith morphology in two species of *Salmo* genus from Türkiye. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(1), 8-15.
- Özpiçak, M., Saygın, S., Hançer, E., Aydın, A., Yılmaz, S. and Polat, N. (2018b). Length-weight and length-length relationships of chub (*Squalius cephalus*, L., 1758) inhabiting a few inland waters of the Middle Black Sea Region. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(2), 175-179.
- Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Hancer, E., Yılmaz, S. and Polat, N. (2018a). Otolith shape analyses of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)(Actinopterygii: Cyprinidae) inhabiting four inland water bodies of the middle Black Sea region, Turkey. *Iranian Journal of Ichthyology*, 5(4), 293-302.
- Öztürk, S. (2017). *Aşağı Fırat ve Ceyhan Havzaları Squalius Bonaparte, 1837 cinsine ait türlerin morfometrik ve meristik karakterlerinin analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, 48, Nevşehir.
- Özuluğ, M. and Freyhof, J. (2011). Revision of the genus *Squalius* in Western and Central Anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 22(2), 107.
- Pakkasmaa, S. and Piironen, J. (2000). Water velocity shapes juvenile salmonids. *Evolution Ecology*, 14, 721-730.
- Panfili, J., de Pontual, H., Troadec, H. and Wrigh, P. J. (2002). *Manual of fish sclerochronology*. Brest: Ifremer-IRD coedition.
- Pannella, G. (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173(4002), 1124-1127.
- Parisi-Baradad, V., Lombarte, A., García-Ladona, E., Cabestany, J., Piera, J. and Chic, O. (2005). Otolith shape contour analysis using affine transformation invariant wavelet transforms and curvature scale space representation. *Marine and Freshwater Research*, 56(5), 795-804.

- Parisi-Baradad, V., Manjabacas, A., Lombarte, A., Olivella, R., Chic, Ò., Piera, J. and García-Ladona, E. (2010). Automated taxon identification of Teleost fishes using an otolith online database—AFORO. *Fisheries Research*, 105(1), 13-20.
- Park, J. M., Kang, M. G., Kim, J. H., Jawad, L. A. and 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.
- Pavlov, D. A. (2016). Differentiation of three species of the genus *Upeneus* (Mullidae) based on otolith shape analysis. *Journal of Ichthyology*, 56, 37-51.
- Pavlov, D. A. and Osinov, A. G. (2023). Differentiation of Arctic charr *Salvelinus alpinus* complex (Salmonidae) in lakes Lama and Kapchuk (Taimyr) based on genetic analysis, external morphology, and otolith shape. *Journal of Ichthyology*, 63, 22-40.
- Perea, S., Böhme, M., Zupančič, P., Freyhof, J., Šanda, R., Özuluğ, M. and Doadrio, I. (2010). Phylogenetic relationships and biogeographical patterns in Circum-Mediterranean subfamily Leuciscinae (Teleostei, Cyprinidae) inferred from both mitochondrial and nuclear data. *BMC Evolutionary Biology*, 10(1), 1-27.
- Perea, S., Sousa-Santos, C., Robalo, J. and Doadrio, I. (2020). Multilocus phylogeny and systematics of Iberian endemic *Squalius* (Actinopterygii, Leuciscidae). *Zoologica Scripta*, 49(4), 440-457.
- Perea, S., Sousa-Santos, C., Robalo, J. and Doadrio, I. (2021). Historical biogeography of the Iberian Peninsula: multilocus phylogeny and ancestral area reconstruction for the freshwater fish genus *Squalius* (Actinopterygii, Leuciscidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 59(4), 858-886.
- Perea, S., Vukić, J., Šanda, R. and Doadrio, I. (2016). Ancient mitochondrial capture as factor promoting mitonuclear discordance in freshwater fishes: a case study in the genus *Squalius* (Actinopterygii, Cyprinidae) in Greece. *PLoS One*, 11(12), e0166292.
- Petrosino, G., Tancioni, L., Turani, M., Rakaj, A., Ciuffardi, L. and Rossi, A.R. (2022). Phylogeography of *Sarmarutilus rubilio* (Cypriniformes: Leuciscidae): complex genetic structure, clues to a new cryptic species and further insights into roaches phylogeny. *Genes*, 13(6), 1071.
- Petrýl, M., Kalous, L. and Memiş, D. (2014). Comparison of manual measurements and computer-assisted image analysis in fish morphometry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 38(1), 88-94.
- Polat, N. ve Uğurlu, S. (2011). *Samsun ili tatlı su balık faunası*. Ceylan Ofset Baskı, 272, Samsun.
- Popper, A. N. (1980). Scanning electron microscopic study of the sacculus and lagena in several deep-sea fishes. *American Journal of Anatomy*, 157(2), 115-136.
- Popper, A. N. and Coombs, S. (1982). The morphology and evolution of the ear in Actinopterygian fishes. *American Zoologist*, 22(2), 311-328.
- Popper, A. N., Ramcharitar, J. and Campana, S. E. (2005). Why otoliths? Insights from inner ear physiology and fisheries biology. *Marine and freshwater Research*, 56(5), 497-504.
- Posada, D. (2008). J Model Test: phylogenetic model averaging. *Molecular Biology and Evolution*, 25, 1253-1256.
- Pranata, B., Sala, R., Kusuma, A. B., Purbani, D. C., Mokodongan, D. F. and Azhar, M. I. (2024). Morphological characteristics and genetic relationship of Red snappers (*Lutjanus timoriensis*, *Lutjanus malabaricus*, *Lutjanus erythropterus*) in Papuan waters. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 29(2), 191-200.

- Raikova-Petrova, G., Hamwi, N. and Petrov, I. (2012). Spawning, sex ratio and relationship between fecundity, length, weight and age of chub (*Squalius cephalus* L., 1758) in the middle stream of Iskar River (Bulgaria). *Acta Zoologica Bulgarica*, 64(2), 191-197.
- Rakhi, R. F., Sultana, A., Khan, M. G. Q., Rahman, Z., Hasan, M., Rafiquzzaman, S. M. and Alam, M. S. (2024). Morpho-meristic analysis of the great snakehead (*Channa marulius*) collected from the Lowland ecosystem in Bangladesh and its future implications. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 23(2), 207-221.
- Reichenbacher, B., Feulner, G. R. and Schulz-Mirbach, T. (2009). Geographic variation in otolith morphology among freshwater populations of *Aphanius dispar* (Teleostei, Cyprinodontiformes) from the southeastern Arabian Peninsula. *Journal of Morphology*, 270(4), 469-484.
- Reid, A. J., Carlson, A. K., Creed, I. F., Eliason, E. J., Gell, P. A., Johnson, P. T., ... and Cooke, S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3), 849-873.
- Reig-Bolaño, R., Marti-Puig, P., Lombarte, A., Soria, J. A. and Parisi-Baradad, V. (2010). A new otolith image contour descriptor based on partial reflection. *Environmental Biology of Fishes*, 89, 579-590.
- Renán, X., Pérez-Díaz, E., Colas-Marrufo, T., Garza-Pérez, J. and Brule, T. (2011, November). Using otolith shape analysis to identify different stocks of *Epinephelus morio* from the Campeche Bank. *Proceedings of the 63rd Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, San Juan, Puerto Rico.
- Rivot, W. B. (2022). Fish taxonomy in the digital age challenges and opportunities. *FishTaxa-Journal of Fish Taxonomy*, 30, 1-13.
- Rodríguez, N. V., Šanda, R., Zogaris, S. and Vukić, J. (2020). Distribution and genetic diversity of two species of *Pelagus minnows* (Leuciscidae) in southern Greece. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems*, 421, 27.
- Rosen, D. E. and Greenwood, P. H. (1970). Origin of the Weberian apparatus and the relationships of the ostariophysan and gonorynchiform fishes. *American Museum Novitates*, 2428, 1-25.
- Rozas, J., Ferrer-Mata, A., Sanchez-DelBarrio, J. C., Guirao-Rico, S., Librado, P., Ramos-Onsins, S. E. and Sanchez-Gracia, A. (2017). DnaSP 6: DNA sequence polymorphism analysis of large data sets. *Molecular Biology and Evolution*, 34(12), 3299-3302.
- Russ, J. C. (1990). *Computer-assisted microscopy: The measurement and analysis of images*. New York: Plenum Press.
- Ryan, W. and Pitman, W. (1999). *The Noah's flood scientific discoveries about the event that change history*. New York: Simon&Schuster.
- Ryan, W. B. F., Pitman, W. C., Major, C. O., Shimkus, K., Maskalenko, V., Jones, G. A., Dimitrov, P., Görür, N., Sakıncı, M. and Yüce, H. (1997). An abrupt drowning of the Black Sea shelf. *Marine Geology*, 138(12), 119–126.
- Ryan, W.B.F., Major, C.O., Lericolais, G. and Goldstein, S.L. (2003) Catastrophic flooding of the Black Sea. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 31, 525–554.
- Sadeghi, R., Esmaeili, H. R., Zarei, F. and Reichenbacher, B. (2020). Population structure of the ornate goby, *Istigobius ornatus* (Teleostei: Gobiidae), in the Persian Gulf and Oman Sea as determined by otolith shape variation using ShapeR. *Environmental Biology of Fishes*, 103, 1217-1230.
- Sadighzadeh, Z., Otero-Ferrer, J.L., Lombarte, A., Fatemi, M.R. and Tuset, V. M. (2014b). An approach to unraveling the coexistence of snappers (Lutjanidae) using otolith morphology. *Scientia Marina*, 78(3), 353-362.

- Sadighzadeh, Z., Tuset, V.M., Valinassab, T., Dadpour, M.R. and Lombarte, A. (2012). Comparison of different otolith shape descriptors and morphometrics for the identification of closely related species of *Lutjanus* spp. from the Persian Gulf. *Marine Biology Research*, 8(9), 802–814.
- Sadighzadeh, Z., Valinassab, T., Vosugi, G., Motallebi, A. A., Fatemi, M. R., Lombarte, A. and Tuset, V. M. (2014a). Use of otolith shape for stock identification of John's snapper, *Lutjanus johnii* (Pisces: Lutjanidae), from the Persian Gulf and the Oman Sea. *Fisheries Research*, 155, 59-63.
- Sahami, F. M. and Salam, A. (2024). Species composition and morphometric characteristics of nike fish in Marisa waters, Gulf of Tomini, Indonesia. *International Journal of Multidisciplinary Research and Analysis*, 7, 534-542.
- Saitoh, K., Sado, T., Doosey, M. H., Bart Jr, H. L., Inoue, J. G., Nishida, M., ... and Miya, M. (2011). Evidence from mitochondrial genomics supports the lower Mesozoic of South Asia as the time and place of basal divergence of Cypriniform fishes (Actinopterygii: Ostariophysi). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 161(3), 633-662.
- Saitoh, K., Sado, T., Mayden, R. L., Hanzawa, N., Nakamura, K., Nishida, M. and Miya, M. (2006). Mitogenomic evolution and interrelationships of the Cypriniformes (Actinopterygii: Ostariophysi): The first evidence toward resolution of higher-level relationships of the world's largest freshwater fish clade based on 59 whole mitogenome sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 63, 826-841.
- Sanjur, O. I., Carmona, J. A. and Doadrio, I. (2003). Evolutionary and biogeographical patterns within Iberian populations of the genus *Squalius* inferred from molecular data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 29(1), 20-30.
- Saraswat, D., Lakra, W. S., Nautiyal, P., Goswami, M., Shyamakant, K. and Malakar, A. (2014). Genetic characterization of *Clupisoma garua* (Hamilton 1822) from six Indian populations using mtDNA cytochrome b gene. *Mitochondrial DNA*, 25(1), 70-77.
- Sarı, E. and Becer, Z. A. (2021a). Age and growth parameters of chub (*Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997) in Oymapınar Dam Lake (Antalya), Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(3), 364-371.
- Sarı, E., and Becer, Z. A. (2021b). Some reproductive characteristics of the Beyşehir Dace (*Squalius anatolicus* Bogutskaya, 1997) in Oymapınar Dam Lake Antalya, Turkey. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4), 560-566.
- Sayers, E. W., Bolton, E. E., Brister, J. R., Canese, K., Chan, J., Comeau, D. C., Farrell, C. M., Feldgarden, M.,... and Sherry, S. T (2023). Database resources of the National Center for Biotechnology Information in 2023. *Nucleic Acids Research*, 51(D1), D29-D38.
- Saygın, S., Özpiçak, M., Elp, M., Polat, N., Atıcı, A.A. and Akçanal Ödün, N. (2017). Comparative analysis of otolith features of Tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) from different lakes across Van basin (Van, Erçek, Nazik, Aygır)(Turkey). *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 3(2), 91-99.
- Saygın, S., Özpiçak, M., Yılmaz, S. and Polat, N. (2020). Otolith shape analysis and the relationships between otolith dimensions–total length of European Bitterling, *Rhodeus amarus* (Cyprinidae) sampled from Samsun Province, Turkey. *Journal of Ichthyology*, 60, 570-577.
- Saygin, S. (2024). Otolith shape analysis of red mullet, *Mullus barbatus* (Mullidae) in Turkish Waters of the Aegean, Black, and Mediterranean Seas. *Journal of Ichthyology*, 64(2), 246–256.

- Saygin, S., Özpiçak, M., Yılmaz, S. and Polat, N. (2024). The relationships between fish length and otolith measurements in *Alburnus derjugini* (Leuciscidae) and *Vimba vimba* (Leuciscidae) from the Harşit Stream, Türkiye. *Acta Biologica Turcica*, 37(1), 1-1.
- Saygun, S., Turan, D., Saygun, F., Kabadayı, M., Yılmaz, H.F. and Ataç, T. (2017). Contributions to fish fauna of the Ilıca River Fatsa/Turkey. *Biological Diversity and Conservation*, 10(2), 141-154.
- Scheiner, S. M. (1993). Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24(1), 35-68.
- Schönhuth, S., Vukić, J., Šanda, R., Yang, L. and Mayden, R. L. (2018). Phylogenetic relationships and classification of the Holarctic family Leuciscidae (Cypriniformes: Cyprinoidei). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127, 781-799.
- Schulz-Mirbach, T. and Plath, M. (2012). All good things come in threes—species delimitation through shape analysis of saccular, lagenar and utricular otoliths. *Marine and Freshwater Research*, 63(10), 934-940.
- Schulz-Mirbach, T. and Reichenbacher, B. (2006). Reconstruction of oligocene and neogene freshwater fish faunas—an actualistic study on cypriniform otoliths. *Acta Palaeontologica Polonica*, 51(2), 283-304.
- Secer, B., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Poorbagher, H., Cicek, E. and Sungur, S. (2022). Phenotypic plasticity of Angora Loach, *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897) in Inland Waters of Turkey. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*, 46(5), 1317-1326.
- Secor D. H., Dean, J. M. and Laban, E. H. (1992). Otolith removal and preparation for microstructural examination. In: Stevenson, D. K., Campana, S. E. (eds.), *Otolith microstructure examination and analysis* (s. 19-57). Ottawa: Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences.
- Seçer, B., Mouludi-Saleh, A., Eagderi, S., Çiçek, E. and Sungur, S. (2020). Morphological flexibility of *Oxynoemacheilus seyhanensis* in different habitats of Turkish inland waters: A case of error in describing a populations as distinct species. *Iranian Journal of Ichthyology*, 7(3), 258-264.
- Seifertová, M., Bryja, J., Vyskočilová, M., Martinková, N. and Šimková, A. (2012). Multiple Pleistocene refugia and post-glacial colonization in the European chub (*Squalius cephalus*) revealed by combined use of nuclear and mitochondrial markers. *Journal of Biogeography*, 39(6), 1024-1040.
- Sharma, U., Varsha, S., Dayal, P. G. and Mohanty, P. S. (2014). Phylogenetic analysis among Cyprinidae family using 16SrRNA. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 1(6), 66-71.
- Sheraliyev, B., Allayarov, S. and Peng, Z. (2021). DNA barcoding revealed a wider distribution of *Alburnoides holciki* (Teleostei: Leuciscidae) in the inland waters of Uzbekistan. *Journal of Applied Ichthyology*, 37(4), 601-606.
- Shuai, F., Yu, S., Lek, S. and Li, X. (2018). Habitat effects on intra-species variation in functional morphology: Evidence from freshwater fish. *Ecology and Evolution*, 8(22), 10902-10913.
- Smith, T. B. and Skúlason, S. (1996). Evolutionary significance of resource polymorphisms in fishes, amphibians, and birds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27(1), 111–133.
- Smoliński, S., Schade, F. M. and Berg, F. (2020). Assessing the performance of statistical classifiers to discriminate fish stocks using Fourier analysis of otolith shape. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(4), 674-683.

- Soeth, M., Daros, F. A., Correia, A. T., Fabré, N. N., Medeiros, R., Feitosa, C. V., ... and Spach, H. L. (2022). Otolith phenotypic variation as an indicator of stock structure of *Scomberomorus brasiliensis* from the southwestern Atlantic Ocean. *Fisheries Research*, 252, 106357.
- Soeth, M., Spach, H. L., Daros, F. A., Adelir-Alves, J., de Almeida, A. C. O. and Correia, A. T. (2019). Stock structure of Atlantic spadefish *Chaetodipterus faber* from Southwest Atlantic Ocean inferred from otolith elemental and shape signatures. *Fisheries Research*, 211, 81-90.
- Song, J., Zhao, B., Liu, J., Cao, L. and Dou, S. (2018). Comparison of otolith shape descriptors and morphometrics for stock discrimination of yellow croaker along the Chinese coast. *Journal of Oceanology and Limnology*, 36(5), 1870-1879.
- Song, J., Zhao, B., Liu, J., Cao, L. and Dou, S. (2019). Comparative study of otolith and sulcus morphology for stock discrimination of yellow drum along the Chinese coast. *Journal of Oceanology and Limnology*, 37(4), 1430-1439.
- Sousa-Santos, C., Jesus, T. F., Fernandes, C., Robalo, J. I. and Coelho, M. M. (2019). Fish diversification at the pace of geomorphological changes: Evolutionary history of western Iberian Leuciscinae (Teleostei: Leuciscidae) inferred from multilocus sequence data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 133, 263-285.
- Stearns, S. C. (1983). A natural experiment in life-history evolution: Field data on the introduction of mosquitofish (*Gambusia affinis*) to Hawaii. *Evolution*, 601-617.
- Stoumboudi, M. T., Kottelat, M. and Barbieri, R. (2006). The fishes of the inland waters of Lesbos Island, Greece. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 17(2), 129.
- Stout, C. C., Tan, M., Lemmon, A. R., Lemmon, E. M. and Armbruster, J. W. (2016). Resolving Cypriniformes relationships using an anchored enrichment approach. *BMC Evolutionary Biology*, 16(1), 1-13.
- Strang, G. and Nguyen, T. (1996). *Wavelets and filter banks*. Wellesley: Cambridge Press.
- Stransky, C. (2014). "Morphometric outlines". In: Cadrin, S. X., Kerr, L. A. and Mariani, S. (Eds.), *Stock identification methods: Applications in fishery science* (s. 129–140). San Diego: Academic Press.
- Strauss, R. E. and Bond, C. E. (1990). "Taxonomic methods: Morphology". In: Schreck, C. B. and Moyle, P.B. (eds.). *Methods for fish biology* (s. 109-140). Maryland: American Fisheries Society.
- Swain, D. P., Hutchings, J. A. and Foote, C. J. (2005). "Environmental and genetic influences on stock identification characters". In: Cadrin, S. X., Friedland, K. D. and Waldman, J. R. (eds.), *Stock identification methods: Applications in fishery science* (s. 45-85). Elsevier Academic Press.
- Swofford, D. L. (2003). *PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony*. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Şenbahar, A. M., Eto, A. and Yokota, M. (2024). Body and Otolith Morphometrics of Sea Toad *Chaunax abei* (Le Danois, 1978) in Suruga Bay, Japan. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 1-12.
- Şengör, A. M. C., Altiner, D., Cin, A., Ustaomer, T. and Hsu, K. J. (1988). "Origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expence of Gondwana Land". In: Audley-Charles, M. G. and Hallam, A. (Eds.), *Gondwana and Tethys* (s. 119-181). Geological Society, London, Special Publications.
- Takács, P., Vitál, Z., Ferincz, Á., and Staszny, Á. (2016). Repeatability, reproducibility, separative power and subjectivity of different fish morphometric analysis methods. *PLoS One*, 11(6), e0157890.

- Tan, M. and Armbruster, J. W. (2018). Phylogenetic classification of extant genera of fishes of the order Cypriniformes (Teleostei: Ostariophysi). *Zootaxa*, 4476(1), 6-39.
- Tang, K. L., Agnew, M. K., Hirt, M. V., Sado, T., Schneider, L. M., Freyhof, J., ... and Mayden, R. L. (2010). Systematics of the subfamily Danioninae (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57(1), 189-214.
- Thompson, J. D. (1991). Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Trends in Ecology & Evolution*, 6(8), 246-249.
- Thompson, J. D., Higgins, D. G. and Gibson, T. J. (1994). Clustal W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22(22), 4637-4680.
- Tickner, D., Opperman, J. J., Abell, R., Acreman, M., Arthington, A. H., Bunn, S. E., ... and Young, L. (2020). Bending the curve of global freshwater biodiversity loss: an emergency recovery plan. *BioScience*, 70(4), 330-342.
- Torres, G. J., Lombarte, A. and Morales-Nin, B. (2000). Sagittal otolith size and shape variability to identify geographical intraspecific differences in three species of the genus *Merluccius*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 80(2), 333-342.
- Tracey, S. R., Lyle, J. M. and Duhamel, G. (2006). Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Fisheries Research*, 77, 138-147.
- Triantafyllidis, A., Bobori, D., Koliimitra, C., Gbandi, E., Mpanti, M., Petriki, O. and Karaïskou, N. (2011). DNA barcoding analysis of fish species diversity in four north Greek lakes. *Mitochondrial DNA*, 22(sup1), 37-42.
- Tudela, S. (1999). Morphological variability in a Mediterranean, genetically homogeneous population of the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. *Fisheries Research*, 42(3), 229-243.
- Turan, C. (1999). A note on the examination of morphometric differentiation among fish populations: The Truss system. *Turkish Journal of Zoology*, 23(3), 259-263.
- Turan, C. (2000, Haziran). "Stok ve tür tespitinde kullanılan moleküler genetik teknikler". *Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu*, Erzurum.
- Turan, C. and Başusta, N. (2001). Comparison of morphometric characters of twaite shad (*Alosa fallax nilotica*, Geoffroy Saint-Hilaire, 1808) among three areas in Turkish seas. *Bulletin Francais Peche Piscic*, 362 (363), 1027-1065.
- Turan, C., Ergüden, D., Gürlek, M., Başusta, N. and Turan, F. (2004). Morphometric structuring of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the 174 Black, Aegean And Northeastern Mediterranean Seas. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28, 865-871.
- Turan, C., Oral, M., Öztürk, B. and Düzgüneş, E. (2006). Morphometric and meristic variation between stocks of Bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas. *Fisheries Research*, 79(1-2), 139-147.
- Turan, C., Yalçın, S., Turan, F., Okur, E. and Akyurt, I. (2005). Morphometric comparisons of African catfish, *Clarias gariepinus*, populations in Turkey. *Folia Zoologica*, 54(1/2), 165.
- Turan, D. (2022). Description of a new species *Squalius* from Lake Hazar and Upper Tigris River drainages in Anatolia (Teleostei: Leuciscidae). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(3), 336-340.

- Turan, D., Aksu, S., Güçlü, S. S. and Kalaycı, G. (2024). *Oxynoemacheilus fatmae*, a new species from the Güzelhisar Stream in the Aegean Sea basin, Türkiye (Teleostei: Nemacheilidae). *Journal of Fish Biology*, 105(3), 640-648.
- Turan, D., Bayçelebi, E., Özuluğ, M., Gaygusuz, Ö. ve Aksu, İ. (2023). *Phoxinus abanticus*, a new species from the Lake Abant drainage in Türkiye (Teleostei: Leuciscidae). *Journal of Fish Biology*, 102(5), 1157-1167.
- Turan, D., Kalaycı, G., Kaya, C., Bektaş, Y. and Küçük, F. (2018). A new species of *Petroleuciscus* (Teleostei: Cyprinidae) from the Büyük Menderes River, Southwestern Anatolia, Turkey. *Journal of Fish Biology*, 92(4), 875-887.
- Turan, D., Kaya, C. and Bayçelebi, E. (2020). Description of the native hybrid population between *Squalius semae* and *Alburnus sellal* distributed in the upper Euphrates River. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2), 45-51.
- Turan, D., Kottelat, M. and Bayçelebi, E. (2017). *Squalius semae*, a new species of chub from the Euphrates River, Eastern Anatolia (Teleostei: Cyprinidae). *Zoology in the Middle East*, 63(1), 33-42.
- Turan, D., Kottelat, M. and Doğan, E. (2013). Two new species of *Squalius*, *S. adanaensis* and *S. seyhanensis* (Teleostei: Cyprinidae), from the Seyhan River in Turkey. *Zootaxa*, 3637(3), 308-324.
- Turan, D., Küçük, F., Güçlü, S. S. and Aksu, I. (2021). *Turcichondrostoma*, a new genus for the Leuciscidae (Teleostei: Cypriniformes) from Southwestern Anatolia. *Journal of Fish Biology*, 99(6), 1968-1977.
- Turan, D., Tomovic, L. and Peši, V. (2007). Morphological variation in a common Turkish cyprinid, *Squalius cephalus*, across Turkish water catchment areas. *Zoology in the Middle East*, 40(1), 63-70.
- Turan, D., Yılmaz, B.T. and Kaya, C. (2009). *Squalius kottelati*, a new cyprinid species (Teleostei: Cyprinidae) from Orontes River, Turkey. *Zootaxa*, 2270, 53-62.
- Tuset, V. M., Farré, M., Otero-Ferrer, J. L., Vilar, A., Morales-Nin, B. and Lombarte, A. (2016). Testing otolith morphology for measuring marine fish biodiversity. *Marine and Freshwater Research*, 67(7), 1037-1048.
- Tuset, V. M., Imondi, R., Aguado, G., Otero-Ferrer, J. L., Santschi, L., Lombarte, A. and Love, M. (2015). Otolith patterns of rockfishes from the Northeastern Pacific. *Journal of Morphology*, 276(4), 458-469.
- Tuset, V. M., Jurado-Ruzafa, A., Otero-Ferrer, J. L. and Santamaría, M. T. G. (2019). Otolith phenotypic variability of the blue jack mackerel, *Trachurus picturatus*, from the Canary Islands (NE Atlantic): Implications in its population dynamic. *Fisheries Research*, 218, 48-58.
- Tuset, V. M., Lombarte, A. and Assis, A. A. (2008). Otolith atlas for the Western Mediterranean, North and Central Eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72(Supplement 1), 7-198.
- Tuset, V. M., Lombarte, A., Bariche, M., Maynou, F. and Azzurro, E. (2020). Otolith morphological divergences of successful Lessepsian fishes on the Mediterranean coastal waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 236, 106631.
- Tuset, V. M., Lombarte, A., Gonzalez, J. A., Pertusa, J. F. and Lorente, M. (2003a). Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. *Journal of Fish Biology*, 63(6), 1491-1504.
- Tuset, V. M., Lozano, I. J., González, J. A., Pertusa, J. F. and García-Díaz, M. M. (2003b). Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 19(2), 88-93.

- Tuset, V. M., Otero-Ferrer, J. L., Siliprandi, C., Manjabacas, A., Marti-Puig, P. and Lombarte, A. (2021). Paradox of otolith shape indices: routine but overestimated use. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 78(6), 681-692.
- Türkay, S. (2019). *Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki tatlisu kefali (Squalius cephalus L., 1758) populasyonunda otolit morfometrisi*. Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, 32, Tunceli.
- Ugrin, N., Škeljo, F., Ferri, J. and Šifner, S. K. (2021). Use of otolith morphology and morphometry for species discrimination of megrims *Lepidorhombus* spp. in the Central Eastern Adriatic Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 101(4), 735-741.
- Uğurlu, S. (2006). *Samsun ili tatlisu balık faunasının tespiti*. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı, 398, Samsun.
- Uğurlu, S. ve Polat, N. (2007). Samsun ili tatlı su kaynaklarında yaşayan egzotik balık türleri. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 1(3), 139-151.
- Uncu, L. (1995). *Terme Çayı ile Kocamandere Çayı havzalarında fiziki coğrafya araştırmaları ve doğal çevre sorunları*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalı, 159, Ankara.
- Valić, D., Mirković, M. K., Besendorfer, V. and Teskeredžić, E. (2024). Molecular analysis of two endemic *Squalius* species: Evidence for intergeneric introgression among cyprinids and conservation issues. *Fishes*, 9(1), 4.
- Van der Laan, R. (2025). *Freshwater Fish List (44th Edition)*. Almere: Online.
- Van der Sleen, P. and Albert, J. S. (2021). "Patterns in freshwater fish diversity". In: Tockner, K. and Mehner, T. (eds), *Encyclopedia of Inland Waters*. Amsterdam: Elsevier.
- Vasconcelos, J., Jurado-Ruzafa, A., Otero-Ferrer, J. L., Lombarte, A., Riera, R. and Tuset, V. M. (2021). Thinking of fish population discrimination: population average phenotype vs. population phenotypes. *Frontiers in Marine Science*, 8, 740296.
- Vasconcelos, J., Vieira, A. R., Sequeira, V., González, J. A., Kaufmann, M. and Gordo, L.S. (2018). Identifying populations of the blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) in the Northeast Atlantic by using geometric morphometrics and otolith shape analysis. *Fishery Bulletin*, 116(1).
- Vatandoust, S., Yerli, S. V. and Jalili, P. (2016). Descriptive osteology of *Squalius orientalis* from Urmia Lake basin of Iran. *International Journal of Aquatic Biology*, 4(3), 215-223.
- Vaz, A., Guerreiro, M. A., Landa, J., Hannipoula, O., Thasitis, I., Scarcella, G., ... and Martinho, F. (2023). Otolith shape analysis as a tool for stock identification of two commercially important marine fishes: *Helicolenus dactylopterus* and *Merluccius merluccius*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 293, 108471.
- Vieira, A. R., Neves, A., Sequeira, V., Paiva, R. B. and Gordo, L. S. (2014). Otolith shape analysis as a tool for stock discrimination of forkbeard (*Phycis phycis*) in the Northeast Atlantic. *Hydrobiologia*, 728, 103-110.
- Vignon, M. and Morat F. (2010). Environmental and genetic determinant of otolith shape revealed by a non-indigenous tropical fish. *Marine Ecology Progress Series*, 411(1), 231-241.
- Ward, R. D., Hanner, R. and Hebert, P. D. (2009). The campaign to DNA barcode all fishes, FISH-BOL. *Journal of Fish Biology*, 74(2), 329-356.

- Ward, R. D., Zemplak, T. S., Innes, B. H., Last, P. R. and Hebert, P. D. N. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1462), 1847-1857.
- West-Eberhard, M. J. (1989). Phenotypic plasticity and the origins of diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 249-278.
- Wiff, R., Flores, A., Segura, A. M., Barrientos, M. A. and Ojeda, V. (2020). Otolith shape as a stock discrimination tool for ling (*Genypterus blacodes*) in the fjords of Chilean Patagonia. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 54(2), 218-232.
- Wilhelm, V., Villegas, J., Miquel, Á., Engel, E., Bernales, S., Valenzuela, P. D. and Burzio, L. O. (2003). The complete sequence of the mitochondrial genome of the Chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Biological Research*, 36(2), 223-231.
- Wimberger, P. H. (1994). "Trophic polymorphisms, plasticity and speciation in vertebrates". In: Stouder, D. J., Fresh, K. L. and Feller, R. J. (eds), *Theory and application in fish feeding ecology* (s. 19-43). Columbia: University of South Carolina Press.
- Winfield, I. J. and Nelson, J. S. (2012). *Cyprinid fishes: systematics, biology and exploitation*. Edmonton: Springer.
- Wolstenholme, D. R. (1992). Animal mitochondrial DNA: Structure and evolution. *International Review of Cytology*, 141, 173-216.
- Yahyaoğlu, Ö. (2023). *Anadolu dağcıl çeşitliliğinin oluşumunda Toros yolu'nun yeri: Parapholidoptera ve Aparapholidoptera cinslerinin filocoğrafyası*. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 104, Antalya.
- Yazici, R. and Yazicioğlu, O. (2020). Some Morphometric Relationships of Wels Catfish (*Silurus glanis* L., 1758) Inhabiting Sıddıklı Dam Lake (Kırşehir, Turkey). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(2), 199-204.
- Yedier, S. (2020). *Türkiye denizlerindeki iskorpit (Scorpaena spp.) türlerinin moleküler, morfolojik ve otolit biyometrisi yöntemleriyle ayrımı*. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Ana Bilim Dalı, 263, Ordu.
- Yedier, S. (2021). Otolith shape analysis and relationships between total length and otolith dimensions of European barracuda, *Sphyraena sphyraena* in the Mediterranean Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(4), 1080-1096.
- Yedier, S. and Bostancı, D. (2022). Molecular and otolith shape analyses of *Scorpaena* spp. in the Turkish seas. *Turkish Journal of Zoology*, 46(1), 78-92.
- Yedier, S., Konaş Yalçınkaya, S., Bostancı, D. and Polat, N. (2023a). Morphologic, morphometric and contour shape variations of sagittal otoliths of *Lepidorhombus* spp. in the Aegean Sea. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 52(2), 279-288.
- Yedier, S., Konaş, S. and Bostancı, D. (2022). Assessing of fluctuating asymmetry in otolith of the *Alburnus* spp. from Anatolian lotic and lentic systems. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 39(1), 32-38.
- Yedier, S., Yalçınkaya, S. K., Türker, D. and Bostancı, D. (2023b). Ecomorphological patterns and shape indices of otoliths in the *Pagellus acarne* (Actinopterygii, Sparidae) from the Aegean and Marmara Seas. *Turkish Journal of Zoology*, 47(4), 222-230.
- Yen, J. D., Dorrough, J., Oliver, I., Somerville, M., McNellie, M. J., Watson, C. J. and Vesk, P. A. (2019). Modeling biodiversity benchmarks in variable environments. *Ecological Applications*, 29(7), e01970.
- Yılmaz C. ve Zeybek H. İ. (2016). *Samsun coğrafyası*. Samsun: Kültür Yayınları.
- Yılmaz, C. (2017). *Terme araştırmaları*. Trabzon: Serander Yayınları.

- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Yazıcı, R. and Polat, N. (2015). Relationships between fish length and otolith size for five cyprinid species from Lake Ladik, Samsun, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 39(3), 438-446.
- Yılmaz, S., Ozpicak, M., Saygin, S. and Polat, N. (2021). Determination of morphometric and genetic structure in *Salmo* populations inhabiting Samsun Province: A New Record for Black Sea Region. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(4), 765-773.
- Yu, X., Cao, L., Liu, J., Zhao, B., Shan, X. and Dou, S. (2014). Application of otolith shape analysis for stock discrimination and species identification of five goby species (Perciformes: Gobiidae) in the northern Chinese coastal waters. *Journal of Oceanology and Limnology*, 32(5), 1060-1073.
- Zamani-Faradonbe, M., Keivany, Y., Dorafshan, S. and Abbasi-Jeshvaghani, M. (2020). Body shape variation of *Garra rufa* (Heckel)(Teleostei: Cyprinidae) using geometric and morphometric techniques. *Journal of Animal Diversity*, 2(1), 127-140.
- Zangl, L., Schäffer, S., Daill, D., Friedrich, T., Gessl, W., Mladinić, M., ... and Koblmüller, S. (2022). A comprehensive DNA barcode inventory of Austria's fish species. *PLoS One*, 17(6), e0268694.
- Zardoya, R. and Doadrio, I. (1998). Phylogenetic relationships of Iberian cyprinids: Systematic and biogeographical implications. *Proceedings of the Royal Society London*, 265(1403), 1365–1372.
- Zardoya, R. and Doadrio, I. (1999). Molecular evidence on the evolutionary and biogeographical patterns of European cyprinids. *Journal of Molecular Evolution*, 49(2), 227-237.
- Zarei, F., Esmaeili, H. R., Stepien, C. A., Kovačić, M. and Abbasi, K. (2023). Otoliths of Caspian gobies (Teleostei: Gobiidae): Morphological diversity and phylogenetic implications. *PLoS One*, 18(5), e0285857.
- Zengin Özpiçak, M., Saygin, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S. and Polat, N. (2018). The relationships between otolith dimensions-total length of chub (*Squalius cephalus*, L. 1758) sampled from some inland waters of the Middle Black Sea Region. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 4(1), 17-24.
- Zengin, M., Saygin, S. and Polat, N. (2015). Otolith shape analyses and dimensions of the anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Black and Marmara Seas. *Sains Malaysiana*, 44(5), 657-662.
- Zhang, C., Fan, Y., Ye, Z., Li, Z. and Yu, H. (2017). Identification of five *Pampus* species from the coast of China based on sagittal otolith morphology analysis. *Acta Oceanologica Sinica*, 36, 51-56.
- Zhao, B., Liu, J., Song, J., Cao, L. and Dou, S. (2018). Otolith shape analysis for stock discrimination of two *Collichthys* genus croaker (Pisces: Sciaenidae) from the northern Chinese coast. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 36, 981-989.
- Zhou, M. Y., Wang, J. J., Ren, J. F., Li, F., Wu, J. X., Zhou, J. J., ... and Lin, H. D. (2023a). Historical landscape evolution shaped the phylogeography and population history of the cyprinid fishes of *Acrossocheilus* (Cypriniformes: Cyprinidae) according to mitochondrial DNA in Zhejiang Province, China. *Diversity*, 15(3), 425.
- Zhou, Y., Xu, L., He, Z., Cui, W., Lu, Q., Qin, J., ... and He, T. (2023b). Discrimination of *Schizothorax grahami* (Regan, 1904) stocks based on otolith Morphology. *Fishes*, 8(10), 504.

- Zorica, B., Sinovčić, G. and Čikeš Keč, V. (2010). Preliminary data on the study of otolith morphology of five pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). *Acta Adriatica*, 51(1), 89-96.
- Zupančič, P., Marić, D., Naseka, A.M. and Bogutskaya, N. G. (2010a). *Squalius platyceps*, a new species of fish (Actinopterygii: Cyprinidae) from the Skadar Lake Basin. *Zoosystematica Rossica*, 19(1), 154-167.
- Zupančič, P., Mrakovcic, M., Marcic, Z., Naseka, A.M. and Bogutskaya, N. G. (2010b). Identity of *Squalius* (Actinopterygii, Cyprinidae) from Istra Peninsula in Croatia (Adriatic Sea basin). *ZooKeys*, 53, 45-58.



EKLER

Ek-1 Etik Kurul Kararı



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu

Sayı : E-68489742-604.01.03-97658
Konu : Hadyek izni hk

PROF.DR. NAZMİ POLAT
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ

Araştırma amaçlı çalışma yapmak üzere başvuran Prof. Dr. Nazmi POLAT'ın 2021/33 Kabul nolu "**Samsun ili tatlı sularında yaşayan *Squalius sp. populasyonlarının morfolometrik, genetik ve otolit biyometrisi yöntemleriyle belirlenmesi***" başlıklı projesi 10.08.2021 tarihli Kurul toplantısında OMU- HADYEK'in yönergesi kapsamında değerlendirilmiş ve Hayvan Hakları ve Deney Etik İlkelerine Uygun bulunmuş olup; Çalışmanın Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nden izin alındıktan sonra başlamasına karar verilmiştir. Karar onayı ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Mustafa AYYILDIZ
HADYEK Başkanı

Ek: ETİK KURUL KARARI 2021-33 N. POLAT

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu : 8R00-11AM-0G7Y

Belge Doğrulama Adresi : <https://ebysorgu.omu.edu.tr>

Adres: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Rektörlüğü

Telefon No : 0362 312 19 19

e-Posta : omu@omu.edu.tr

Fax No : 0362 457 60 91

İnternet Adresi : <http://www.omu.edu.tr/>

Bilgi İçin :Hayriye ÇELİK

Veri Giriş Personeli

Telefon No:



ÖZ GEÇMİŞ

Canan İMAMOĞLU, Samsun 100. Yıl YDA Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölümünden 2012 yılında mezun oldu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans programından 2018 yılında mezun oldu. Orta derecede İngilizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID: 0000-0001-9923-1316

Yayınlar:

1. Şimşek, C., Polat, N., Özpiçak, M., Saygın, S. & Yılmaz, S. (2019). The relationships between otolith dimensions-total length and otolith features of European perch (*Perca fluviatilis* L.,1758) sampled from Yedikır Dam Lake (Turkey). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(3), 348-353.
2. İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M. & Yılmaz, S. (2021). Tatlısu Levreği (*Perca fluviatilis* L., 1758)'nin Yaş Tayininde Kullanılan Omur ve Otolit Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 705-715.
3. İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M. & Yılmaz, S. (2024). Investigation of otolith mass asymmetry of *Squalius* sp. populations sampled from different freshwater sources in Samsun Province (Türkiye). *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 479-494.
4. İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M. & Yılmaz, S. (2024). Length-weight and length-length relationships of *Squalius* sp. populations living in freshwaters of Samsun (Türkiye). *Acta Biologica Turcica*, 37(1), J5:1-9.
5. İmamoğlu, C., Polat, N., Saygın, S., Özpiçak, M. & Yılmaz, S. (2024). Samsun İli'ndeki lotik sulardan örneklenen *Squalius* sp. populasyonlarının otolit ölçümleri-total boy ilişkilerinde alansal varyasyon. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 9(3), 422-429.