

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries



Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Dergisi COMU-JMSF

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmsf>

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi

Volume:7 Issue:1

July 2024

Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Dergisi

(e-ISSN 2651-5326)

Yayın Sahibi (Director)

Prof. Dr. R. Cüneyt ERENOĞLU, Rektör/Rector
Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Başeditör (Editor-in-Chief)

Prof. Dr. Ali İŞMEN
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Editör Yardımcısı (Associate Editor)

Prof. Dr. Umur ÖNAL
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Alan Editörleri (Section Editors)

Prof. Dr. Umur ÖNAL
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Yeşim BÜYÜKATEŞ
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Adnan AYZAZ
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Nermin BERİK
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Teknik Editörler (Technical Editors)

Prof. Dr. Cahide Çiğdem YİĞİN
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Dr. Öğr. Üyesi Fikret ÇAKIR
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

Doç. Dr. Mukadder ARSLAN İHSANOĞLU
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Yazım Editörü (Copyeditor)

Doç. Dr. İsmail Burak DABAN
Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Yabancı Dil Editörü (Foreign Language Editor)

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet YILDIZ
Faculty of Arts and Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

İstatistik Editörü (Statistical Editor)

Doç. Dr. Tuğba SÖKÜT AÇAR
Faculty of Arts and Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries is published in two issues annually.
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Dergisi yılda iki sayı olarak yayınlanır.

Yazışma Adresi (Corresponding Address)

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Terzioğlu
Kampüsü, 17100, Çanakkale/Türkiye

Tel: +90 286 218 00 18 (2815-2816) Faks: +90 286 21805 43

E-mail: jmsfdergi@comu.edu.tr

İnternet Adresi/Web Address

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmsf> <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr/>

Editörler Kurulu (Editorial Board)

Prof. Dr. Murat YİĞİT

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Dr. Dilian Georgiev GEORGIEV

University of Plovdiv, Bulgaria

Prof. Dr. İlknur AK

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Mihail KECHEV

University of Agribusiness and Rural Development, Plovdiv, Bulgaria

Prof. Dr. Rey Y. CAPANGPANGAN

Mindanao State University at Naawan (Msun)

Prof. Dr. Roberto BARGAGLI

Università Degli Studi Di Siena, Italy

Prof. Dr. Okan AKYOL

Ege University, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Muhammet TÜRKOĞLU

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Erhan MUTLU

Akdeniz University, Antalya, Türkiye

Dr. Tereza KORNİKOVA

Charles University in Prague, Czech Republic

Prof. Dr. Nazlı DEMİREL

Istanbul University, İstanbul, Türkiye

Prof. Dr. Fatma TELLİ KARAKOÇ

Karadeniz Technical University, Trabzon, Türkiye

Prof. Dr. Zahit UYSAL

Middle East Technical University, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. Hüseyin ÖZBİLGİN

Mersin University, Mersin, Türkiye

Prof. Dr. Fernand F. FAGUTAO

Mindanao State University at Naawan (Msun)

Prof. Dr. Ahmet ÖZER

Sinop University, Sinop, Türkiye

Prof. Dr. Nilsun DEMİR

Ankara University, Ankara, Türkiye

Dr. Dan M. ARRİESGADO

Mindanao State University at Naawan (Msun)

Prof. Dr. Vladimir PEŠİĆ

University of Montenegro, Montenegro

Prof. Dr. Deniz ERGÜDEN

İskenderun University, Hatay, Türkiye

Doç. Dr. Göknur ŞİŞMAN AYDIN

Ege University, İzmir, Türkiye

Doç. Dr. Deniz Anıl ODABAŞI

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Nuri BAŞUSTA

Fırat University, Elazığ, Turkey

Prof. Dr. Uğur ÖZEKİNCİ

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Sinan MAVRUK

Çukurova University, Adana, Türkiye

Prof. Dr. Tolga GÖKSAN

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Alexander MİKAELİYAN

Institute of Oceanology RAS, Moscow State University

Prof. Dr. Fatma ÇOLAKOĞLU

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Ekrem Şanver ÇELİK

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Uğur ALTINAĞAÇ

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

RESEARCH ARTICLES	Pages
<p>Water Quality Characteristics of Some Ponds in Van (Türkiye) Province Van (Türkiye) İlinde Bulunan Bazı Göletlerin Su Kalite Özellikleri Muhammet Demir</p>	1-17
<p>Can DNA Barcode Study be Done from a Museum Specimen Fixed in a Formaldehyde Solution? A Case of <i>Emys orbicularis</i> (Linnaeus, 1758) Formaldehit Çözeltisindeki Bir Müze Örneğinden DNA Barkod Çalışması Yapılabilir mi? <i>Emys orbicularis</i> (Linnaeus, 1758) Örneği Ulvi Kerem Günay*, Batuhan Yaman Yakın, Atakan Pipilos, Emre Keskin, Cemal Varol Tok</p>	18-23
<p>Genetic Confirmation of the Striped Eel Catfish <i>Plotosus lineatus</i> (Thunberg, 1787) from Iskenderun Bay (Eastern Mediterranean, Türkiye) Çizgili Yılan Balığının <i>Plotosus lineatus</i> (Thunberg, 1787) İskenderun Körfezi'nden (Doğu Akdeniz, Türkiye) Genetik Doğrulaması Cemal Turan, Ayşegül Ergenler, Funda Turan, Servet Ahmet Doğdu*</p>	24-29
<p>Potential Effects of Different Selectivity Analysis Methods on Selectivity Parameters for Some Fish Species in Gillnet Fishing Sade Uzatma Ağları Avcılığında Bazı Balık Türlerinde Farklı Seçicilik Analiz Yöntemlerinin Seçicilik Parametrelerine Olası Etkileri Çağdaş Demirdak*, Adnan Ayaz</p>	30-43
<p>Variations Observed in the Muscle Scars of Left Valve of <i>Pododesmus patelliformis</i> (Linnaeus, 1761) [Bivalvia: Anomiidae] <i>Pododesmus patelliformis</i> (Linnaeus, 1761) [Bivalvia: Anomiidae]'in Sol Kapağının Kas İzlerinde Görülen Varyasyonlar Serhat Albayrak*, Senem Çağlar</p>	44-51
<p>Chemical Composition of Two Grey Mullet Species (<i>Chelon auratus</i>, <i>Mugil cephalus</i>): A Comparative Study on Wild and Aquaculture-Adapted Species İki Kefal Türünün (<i>Chelon auratus</i>, <i>Mugil cephalus</i>) Kimyasal Kompozisyonu: Doğal ve Akuakültüre Adapte Edilmiş Türlerin Karşılaştırılması Ekrem Cem Çankırılıgil*, Ayça Altuntaş</p>	52-66
<p>Population Structure of the Tub Gurnard (<i>Chelidonichthys lucerna</i> Linnaeus, 1758) in Türkiye Coasts Using Otolith Chemistry and Shape Analysis Türkiye Kıyılarında Kırlangıç Balığının (<i>Chelidonichthys lucerna</i> Linnaeus, 1758) Otolit Kimyası ve Otolit Şekil Analizi Kullanılarak Populasyon Yapısı Sibel Atak Sanduvaç*, Ali İşmen</p>	67-85
<p>Determination of the Length-Weight Relationship and Otolith Biometry Characteristics of <i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758) in the Çanakkale Region Çanakkale Bölgesinde Bulunan <i>Scorpaena scrofa</i> (Linnaeus, 1758)'nin Boy-Ağırlık İlişkisi ve Otolit Biyometri Özelliklerinin Belirlenmesi Gençtan Erman Uğur*, Alkan Öztekin</p>	86-95
<p>Comparison of CPUE, Size Distribution and Bycatch Rates of Gill and Trammel Net Used for Supplying Bait to Setline Fishing Bırakma Olta Takımlarına Yem Temini için Kullanılan Sade ve Fanyalı Uzatma Ağlarının CPUE, Boy Dağılımı ve Hedef Dışı Av Oranlarının Karşılaştırılması Caner Özyurt*, İbrahim Köylü</p>	96-108
SHORT COMMUNICATION	Pages
<p>Reproductive Biology of Red Pandora (<i>Pagellus bellottii</i> Steindachner, 1882) from the Coast of Ghana and Implications for Management Gana Kıyısındaki Kırmızı Pandora'nın (<i>Pagellus bellottii</i> Steindachner, 1882) Üreme Biyolojisi ve Yönetime Yönelik Etkileri Samuel K.K. Amponsah</p>	109-116

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



RESEARCH ARTICLE

Water Quality Characteristics of Some Ponds in Van (Türkiye) Province

Muhammet Demir

Van Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Van, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0001-8745-4870>

Received: 16.11.2023 / Accepted: 21.02.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Ponds
Irrigation water
Water quality
Water pollution
Van

Abstract: This study was conducted to investigate the physical and chemical properties of the waters of Lower Tulgalı, Oymaklı, Sırmalı, Morçişek and Sağmal ponds in Van province during the Autumn (November 2022), Spring (May 2023) and Summer (July 2023) seasons. On site measurements were as follows: Dissolved oxygen 8.70 ± 0.77 mgL⁻¹, water temperature 13.56 ± 0.62 °C, turbidity 18.09 ± 12.57 NTU, electrical conductivity 423.67 ± 156.37 μ Scm⁻¹, salinity 0.21 ± 0.08 mgL⁻¹, pH 8.77 ± 0.18 , TDS 215.26 ± 80.04 . The mean levels of chemical parameters were determined as Cl⁻ 27.36 ± 3.81 mgL⁻¹, Ca⁺² 52.50 ± 14.43 mgL⁻¹, Mg⁺² 22.95 ± 10.49 mgL⁻¹, Ca+Mg 151.97 ± 48.96 mgL⁻¹, CO₃²⁻ 6.21 ± 0.92 mgL⁻¹, HCO₃⁻ 130.61 ± 61.39 mgL⁻¹, NO₂⁻ 0.07 ± 0.02 mgL⁻¹, NO₂⁻-N 0.02 ± 0.01 mgL⁻¹, NO₃⁻ 3.93 ± 2.38 mgL⁻¹, NO₃⁻-N 0.94 ± 0.56 mgL⁻¹, NH₃ 0.36 ± 0.45 mgL⁻¹, NH₃-N 0.31 ± 0.39 mgL⁻¹, NH₄ 0.38 ± 0.47 mgL⁻¹, PO₄⁻³ 0.10 ± 0.10 mgL⁻¹, P 0.03 ± 0.04 mgL⁻¹, SO₄ 102.95 ± 32.12 mgL⁻¹, K 2.16 ± 1.01 mgL⁻¹, Na 9.76 ± 3.12 mgL⁻¹, B 0.56 ± 0.38 mgL⁻¹, total hardness 20.33 ± 10.82 mgL⁻¹, organic matter 1.35 ± 0.39 mgL⁻¹, SAR 0.29 ± 0.07 mgL⁻¹, Cr⁺⁶ 0.001 ± 0.001 mgL⁻¹, Fe⁺² 0.032 ± 0.023 mgL⁻¹, Mn⁺² 0.075 ± 0.129 mgL⁻¹, Cu 0.005 ± 0.003 mgL⁻¹, nickel and cobalt values were below measurable levels and Zn was determined as 0.010 ± 0.003 mgL⁻¹. The results obtained were evaluated according to the relevant water quality regulations. According to YSKYY and SKKY, all the measured parameters excluding pH indicated that pond waters were suitable for agricultural irrigation. According to ASSKY, all parameters excluding ammonia (except Sırmalı and Morçişek) and nitrite were suitable for carp and trout production.

Anahtar kelimeler:

Göletler
Sulama suyu
Su kalitesi
Su kirliliği
Van

Van (Türkiye) İlinde Bulunan Bazı Göletlerin Su Kalite Özellikleri

Öz: Bu çalışma, Sonbahar (Kasım 2022), İlkbahar (Mayıs 2023) ve Yaz (Temmuz 2023) mevsimlerinde, Van ilinde bulunan Aşağı Tulgalı, Oymaklı, Sırmalı, Morçişek ve Sağmal gölet sularının fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Araziye yerinde yapılan ölçümlerde ortalama, çözülmüş oksijen 8.70 ± 0.77 mgL⁻¹, su sıcaklığı 13.56 ± 0.62 °C, bulanıklık 18.09 ± 12.57 NTU, elektriksel iletkenlik 423.67 ± 156.37 μ Scm⁻¹, tuzluluk 0.21 ± 0.08 mgL⁻¹, pH 8.77 ± 0.18 , TÇK 215.26 ± 80.04 olarak ölçülmüştür. Laboratuvarında yapılan kimyasal analizlerde ise ortalama, Cl₂ 27.36 ± 3.81 mgL⁻¹, Ca⁺² 52.50 ± 14.43 mgL⁻¹, Mg⁺² 22.95 ± 10.49 mgL⁻¹, Ca+Mg 151.97 ± 48.96 mgL⁻¹, CO₃²⁻ 6.21 ± 0.92 mgL⁻¹, HCO₃⁻ 130.61 ± 61.39 mgL⁻¹, NO₂⁻ 0.07 ± 0.02 mgL⁻¹, NO₂⁻-N 0.02 ± 0.01 mgL⁻¹, NO₃⁻ 3.93 ± 2.38 mgL⁻¹, NO₃⁻-N 0.94 ± 0.56 mgL⁻¹, NH₃ 0.36 ± 0.45 mgL⁻¹, NH₃-N 0.31 ± 0.39 mgL⁻¹, NH₄ 0.38 ± 0.47 mgL⁻¹, PO₄⁻³ 0.10 ± 0.10 mgL⁻¹, P 0.03 ± 0.04 mgL⁻¹, SO₄ 102.95 ± 32.12 mgL⁻¹, K 2.16 ± 1.01 mgL⁻¹, Na 9.76 ± 3.12 mgL⁻¹, B 0.56 ± 0.38 mgL⁻¹, Toplam sertlik 20.33 ± 10.82 mgL⁻¹, Organik madde 1.35 ± 0.39 mgL⁻¹, SAR 0.29 ± 0.07 mgL⁻¹, Cr⁺⁶ 0.001 ± 0.001 mgL⁻¹, Fe⁺² 0.032 ± 0.023 mgL⁻¹, Mn⁺² 0.075 ± 0.129 mgL⁻¹, Cu 0.005 ± 0.003 mgL⁻¹, nikel ve kobalt değerleri ölçülebilir değerin altında ve Zn 0.010 ± 0.003 mgL⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ilgili su kalitesi yönetmeliklerine göre değerlendirilmiştir. Gölet suları, YSKYY ve SKKY'ye göre, pH dışındaki parametrelerin tarımsal sulamada kullanılabilir kalitede olduğu, ASSKY'ye göre, amonyak (Sırmalı ve Morçişek hariç) ve nitrit dışındaki parametrelerin ise sazan ve alabalık üretimine uygun olduğu belirlenmiştir.

Giriş

Su tüm canlılar için yaşam kaynağıdır. Küresel anlamda nüfusun hızla artmasına karşın mevcut su ve kaynaklarının nüfusa paralel olarak artmaması, aşırı tüketimi ve kirletilmesinden dolayı meydana gelen sorunlar, su kaynaklarını verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmıştır (Şen, 2017).

Canlıların yaşamı dışında su, ülkelerin yükselmesinde ve ilerlemesinde önemli bir değerdir. Su uygarlıkların kurulacağı alanların belirlenmesinde etkili olmuştur. Nüfusun artmasıyla birlikte suya olan ihtiyaçta devamlı artmıştır. Bunun sonucunda yetersiz kalan su kaynakları nedeniyle çevre problemleri ortaya çıkmış ve su daha da önemli bir değere sahip olmuştur (Yılmaz ve Peker, 2013).

1960'lı yıllarda 28 milyon nüfusa sahip olan ülkemizde bir kişinin 4.000 m³ su kullanım hakkı varken, 2000'li yıllarda 70 milyon civarında nüfusa sahip olduğunda bir kişinin su kullanım hakkı 2.000 m³'ten altına düşmüştür (Şen, 2016). 85 milyondan fazla nüfusa sahip ülkemizde Nüfusun 84,6 milyon kişi olduğunu düşünürsek, ülkemizde 2023 yılında kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarının 1.323 metreküp olduğu görülmektedir. Bu değer 2050 yılında nüfus artışı ile birlikte 1.069 metreküpe kadar düşmesi beklenmektedir (Özkan, 2023). Bu durum olası bir kuraklık ve normal yağış senaryoları dikkate alınmadan hesaplanmıştır. Bu az miktardaki su kaynakları bilimsel ve akla dayalı yöntemler ile yönetilmez ise su kıtlığı ve kuraklık beklenmektedir (Şen, 2016).

Tarımda kuraklık, hayvansal ve tarım alanlarında ürün veriminin azalmasına ve gıda ürünlerini sağlamak konusunda sorunların ortaya çıkması, su miktarlarının düşmesi, sularda oksijen sıkıntıları, su ürünleri stok yoğunlukları gibi problemlerden dolayı balık ölümlerinin meydana gelmesine sebebiyet verebilmektedir (Kabay, 2019). Kuraklığı etkileyen en önemli parametrelerin başında küresel ısınma olduğu belirtilmektedir (Akbaş, 2014). İklimlerde meydana gelen değişimler sonucunda, 20. ve 21. yüzyıl arasında oluşan küresel ısınma sebebiyle yer

kabuğu sıcaklığı yaklaşık 0.7-0.8°C artmıştır. Bunun sonucu olarak buzulların erimesiyle deniz seviyeleri artacak ve doğal afetler meydana gelecektir. Meydana gelecek kuraklığın etkisiyle tarım alanındaki üretim önemli ölçüde etkilenecek ve birden fazla bitki ve hayvan türlerinin yaşam şartlarının bozulmasına sebebiyle yok oluş meydana gelebilecektir (Şen, 2016).

Van Gölü havzasındaki su kaynaklarında endemik balık türlerinin *Alburnus tarichi*, *Alburnus timarensis*, *Barbus ercisianus*, *Capoeta kosswigi* ve *Oxynoemacheilus ercisianus* yanında havzada endemik olarak bulunan göl, gölet, akarsu ve barajlarda *Cyprinus carpio*, *Oncorhynchus mykiss*, *Gambusia holbrooki* türleri bildirilmiştir (Şen ve ark., 2018).

Bu çalışmada Van Gölü Havzası'nda Van-Özalp sınırları içerisinde bulunan ve çevredeki yöre halkı tarafından tarımsal faaliyetlerde kullanılan Oymaklı, Aşağı Tulgalı, Sağmal, Morçişek ve Saray sınırları içerisindeki Sırlı Göletlerinin su kalitesinin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen Sağmal, Aşağı Tulgalı, Oymaklı ve Sırlı göletlerinde kuraklık ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Demir ve Şen, 2021). Araştırma sonucunda elde edilen veriler, ilgili yönetmeliklerde belirtilen değerlere göre yorumlanarak, göl ve göletler hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanının Durumu

Çalışmaya konu olan, Oymaklı, Aşağı Tulgalı, Sağmal, Sırlı ve Morçişek Göletlerinin (Şekil 1) konumlarına ait bazı veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Çalışma konusu göletlerde aynalı ve pullu sazan (*Cyprinus carpio*, L., 1758) balık türleri mevcut olup yıl boyu ticari avcılığı yasaktır. Üreme dönemleri dışında amatör avcılık serbesttir.

Tablo 1. Göletlerin kıyı uzunluğu, yüzey alanı ve konum bilgileri (Demir, 2023a)

Göl/Gölet	İlçe	Kıyı uzunluğu (km)	Yüzey alanı (km ²)	Koordinatlar	
				Enlem	Boylam
Oymaklı	Özalp	0.60	0.11	38°50'07.88"K	44°13'36.52"D
Sağmal	Özalp	0.90	0.14	38°51'38.63"K	44°06'04.34"D
Aşağı Tulgalı	Özalp	0.50	0.10	38°47'24.93"K	44°15'34.57"D
Morçişek	Özalp	0.80	0.19	38°34'27.89"K	43°52'38.36"D
Sırlı	Saray	0.65	0.21	38°40'57.88"K	44°13'10.61"D

Numune Alma ve Analiz Yöntemleri

Su numuneleri dipsavak çıkışının olduğu yerde numune alma metodlarına göre 1 litrelik su örneği alma kapları kullanılarak alınmıştır (Ayyıldız, 1983). Çalışma çerçevesinde tarımsal sulama amaçlı kullanılan göletlerin bir takım fiziksel ve kimyasal parametrelerini bulmak için; sulama dönemi başlamadan önce, sulama döneminde ve

sulama sonrası olmak üzere 3 dönem Sonbahar (Kasım 2022), İlkbahar (Mayıs 2023) ve Yaz (Temmuz 2023) şeklinde çalışma alanı olarak belirlenen Oymaklı, Aşağı Tulgalı, Sağmal, Sırlı ve Morçişek Göletleri'nden alınmıştır (Şekil 1). Kış mevsiminde, meteorolojik koşullardan dolayı göl ve göletlere ulaşım sağlanamamıştır. Su örneklerinden; sıcaklık, çözünmüş oksijen miktarı (ÇO), toplam çözünmüş katılar (TÇK), tuzluluk (%), elektriksel

iletkenlik (EI) ve pH ölçümlerinin analizleri HACH 2100 Q portatif multimetre cihazı ile bulanıklık analizleri ise HACH 2100 Q turbidimetre cihazı ile yerinde ölçülmüştür. Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Laboratuvarında kimyasal parametrelerden sodyum ve potasyum analizleri BWB alev fotometre (flame fotometre) cihazı ile karbonat, bikarbonat, kalsiyum, klorür, magnezyum, kalsiyum+magnezyum, toplam sertlik ve organik madde (permanganat value) analizleri titrimetrik metotla (APHA, 1995), çinko, bakır, nikel, kobalt, demir, manganez, molibden analizleri ICP-MS cihazı (Agilent Technologies 7700 Series ICP-MS), sülfat ve bor shimano 2V spektrofotometre cihazı ile Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Laboratuvarında ise nitrit, nitrat, amonyum, amonyak, fosfat, fosfor ve askıda katı madde (AKM) analizleri HACH LANGE DR 5000

spektrofotometre cihazı ile ölçümleri yapılmıştır (HACH, 2005).

Çalışma sonucunda elde edilen bulgular; Alabalık ve Sazan Türü Balıkların Yaşadığı Suların Korunması ve İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik (ASSKY, 2014), Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY, 2015), Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri, İnsani Tüketim Amaçlı Sular (TS 266, 2022), İçme Suyu Temin Edilen Suların Kalitesi ve Arıtılması Hakkında Yönetmelik (İSY, 2019), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 2008), Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi (AB, 1998) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ,1993)'ne göre değerlendirilmiştir.



1- Sırmımlı Göleti, 2- Oymaklı Göleti, 3- Aşağı Tulgalı Göleti, 4- Sağmal Göleti, 5- Morçipek Göleti



Sırmımlı Göleti (1)



Oymaklı Göleti (2)



Aşağı Tulgalı Göleti (3)



Sağmal Göleti (4)



Morçipek Göleti (5)

Şekil 1. Sırmımlı (1), Oymaklı (2), Aşağı Tulgalı (3), Sağmal (4), Morçipek (5) Göletleri.

Bulgular ve Tartışma

Van ilinde bulunan Oymaklı, Aşağı Tulgalı, Sağmalı, Sırımlı ve Morçişek Göletlerinde mevsimsel olarak (Kış mevsimi hariç) yapılan ölçümler sonucunda bulunan değerler Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6'da verilmiştir. Ayrıca, tüm göletlerin en az ve en yüksek değerleri ile ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 7'de belirtilmiştir.

Araştırma bulgularına göre, ortalama su sıcaklığı, Oymaklı'da $13.20 \pm 6.76^\circ\text{C}$, Sağmalı'da ortalama $13.80 \pm 9.07^\circ\text{C}$, Aşağı Tulgalı'da $13.97 \pm 5.98^\circ\text{C}$, Sırımlı'da $12.67 \pm 6.47^\circ\text{C}$, Morçişek'te $14.17 \pm 7.60^\circ\text{C}$ (Tablo 2 ve 7), tüm göletler de en düşük Sağmalı'da 3.90°C , en yüksek Morçişek'te 22.20°C olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Gölet sularında ölçülen ortalama sıcaklık değerleri, YSKYY'ye göre 1. sınıf su değerleri arasında, ASSKY'ye göre hedef değerler arasında, SKKY'ye göre 1. sınıf kalite suları arasında yer almıştır. Ayrıca, AB ve TSE 266'ya göre uygun olduğu görülmüştür (Tablo 8). Yapılan başka çalışmalarda ortalama su sıcaklık değeri, Aygır Gölü'nde ise $13.6 \pm 2.5^\circ\text{C}$ (Çavuş, 2018), Nemrut Krater Gölü'nde ortalama 18.10°C (Sepil, 2020), Sarımemet 18.4°C , Koçköprü 17.4°C ve Zerne 19.1°C (Demir, 2023b) olarak bildirmiştir. Bu çalışmada, ortalama su sıcaklık değerleri, Aygır Gölü ile benzer, diğer çalışmalardan daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun iklimsel ve coğrafi şartlardan ve su ölçüm zamanlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çözünmüş oksijen ortalama değeri, Oymaklı'da $9.29 \pm 2.22 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $8.05 \pm 1.35 \text{ mgL}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $9.19 \pm 0.99 \text{ mgL}^{-1}$, Sırımlı'da $8.04 \pm 1.50 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $8.43 \pm 0.88 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 2 ve 7), tüm göletler de en düşük Sırımlı'da 6.37 mgL^{-1} , en yüksek Oymaklı'da 12.18 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Gölet sularında ölçülen ortalama çözünmüş oksijen değeri, YSKYY'ye göre, 1. sınıf su kalitesi olduğu, ASSKY'ye göre çözünmüş oksijen değeri 6 mgL^{-1} 'nin altında olmaması gerektiği bildirilmiştir (Tablo 8). Yapılan başka çalışmalarda göletlerin ortalama çözünmüş oksijen değeri, Yumruklu Göleti'nde 8.15 mgL^{-1} (Atıcı, 2020), Arın Gölü'nde $8.1 \pm 0.4 \text{ mgL}^{-1}$ (Çavuş, 2018), Nemrut Krater Gölü'nde 9.72 mgL^{-1} (Sepil, 2020) olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ortalama çözünmüş oksijen değerleri, çalışma alanı olan göletlerde yaşayan sazan balıkları için uygun olduğu ve daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzer olduğu tespit edilmiştir.

Tuzluluk ortalama değeri, Oymaklı'da 0.12 ± 0.01 , Sağmalı'da 0.33 ± 0.04 , Aşağı Tulgalı'da 0.19 ± 0.03 , Sırımlı'da 0.19 ± 0.00 , Morçişek'te 0.20 ± 0.02 (Tablo 2 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı'da 0.11 , en yüksek Sağmalı'da 0.38 , ölçülmüştür (Tablo 2). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda tuzluluk değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.29 mgL^{-1} (Kaya ve Şen, 2022) ve Aygır Gölü'nde $0.21 \pm 0.003 \text{ mgL}^{-1}$ (Çavuş, 2018), olarak bildirilmiştir. Elde edilen ortalama tuzluluk değeri, daha önce yapılan çalışmalara göre, Sağmalı yüksek, diğer göletler düşük değerlerde bulunmuştur. Sağmalı göletinde tuzluluğun yüksek olması, toprak ve iklim özellikleri,

sulama yöntemi, drenajın yeterliliği, taban suyu düzeyi, sulama ve drenajın yönetimi gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elektriksel iletkenlik ortalama değeri, Oymaklı'da $246.33 \pm 18.18 \mu\text{Scm}^{-1}$, Sağmalı'da $676.67 \pm 79.96 \mu\text{Scm}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $389.67 \pm 47.92 \mu\text{Scm}^{-1}$, Sırımlı'da $390.00 \pm 7.00 \mu\text{Scm}^{-1}$, Morçişek'te $415.67 \pm 35.56 \mu\text{Scm}^{-1}$ (Tablo 2 ve 7), tüm göletlerde en düşük Oymaklı $226 \mu\text{Scm}^{-1}$, en yüksek Sağmalı $769 \mu\text{Scm}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Göletlerin ortalama elektriksel iletkenlik değerleri, YSKYY'ye göre, Oymaklı, Aşağı Tulgalı ve Sırımlı 1. sınıf, Morçişek ve Sağmalı 2. sınıf, İSY'ye göre ise A1 sınıf suları arasında, TSE 266'ya göre parametrik değerde yer almaktadır. Genel olarak tüm göletlerin ortalama elektriksel iletkenlik değerleri, YSKYY'ye göre 2. sınıf, İSY'ne göre A1 kalite suları arasında yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda elektriksel iletkenlik değeri, Sarımemet Baraj Gölü $386.00 \mu\text{Scm}^{-1}$, Koçköprü Baraj Gölü $301.00 \mu\text{Scm}^{-1}$, Zerne Baraj Gölü $364.00 \mu\text{Scm}^{-1}$ (Demir, 2023a), Doluş $662 \mu\text{Scm}^{-1}$, Değirmigöl $515 \mu\text{Scm}^{-1}$, Yumruklu $579 \mu\text{Scm}^{-1}$, Dönerdere $488 \mu\text{Scm}^{-1}$ (Atıcı, 2020), Nazik Gölü'nde $254.4\text{-}340.6 \mu\text{Scm}^{-1}$ arasında (Şen, 2001), Nemrut Krater Gölü'nde $434.20 \mu\text{Scm}^{-1}$ (Sepil, 2020), Kabaklı Göleti'nde $578.0 \mu\text{Scm}^{-1}$ (Kaya ve Şen, 2022) olarak bildirmiştir. Elde edilen değerlere göre, Oymaklı'da elektriksel iletkenliğin toprakta çoğu mahsulün sulanması için kullanılabilir, diğer göletlerde ise orta düzeyde tuz toleransı olan bitkilerin sulamasında kullanılabilir niteliğindedir.

pH ortalama değeri, Oymaklı'da 9.04 ± 0.09 , Sağmalı'da 8.60 ± 0.23 , Aşağı Tulgalı'da 8.73 ± 0.12 , Sırımlı'da 8.65 ± 0.16 , Morçişek'te 8.85 ± 0.41 (Tablo 2 ve 7), tüm göletler de en düşük Sağmalı'da 8.34 , en yüksek Oymaklı'da 9.15 olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Göletlerin ortalama pH değerleri tüm göletlerde, TS 266'ya göre, parametrik değerden düşük, İSY'de ise A1 sınıf, YSKYY ve SKKY'ye göre, 3. sınıf kalite suları içerisinde ve ASSKY'ye göre, zorunlu değerler içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Ülkemizde yapılan farklı limnolojik çalışmalarda göletlerimizin az miktarda alkali yapıya sahip olduğu gözlemlenmiştir (Şen, 2001; Çavuş, 2018). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda pH değeri, Dönerdere'de 8.88 ve Değirmigöl'de 9.00 (Atıcı, 2020), Kabaklı Göleti'nde 8.58 (Kaya ve Şen, 2022) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen pH, değerleri, daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen değerler ile benzer bulunmuştur. Genel olarak kirletici faktörlere maruz kalmayan göllerin suyunda pH değerinin $6\text{-}9$ arasında değiştiği bildirilmiştir (Tanyolaç, 2000). Elde edilen pH değerlerine göre, göletlerin kirletici faktörlere maruz kalmadığını göstermektedir.

Askıda katı madde (AKM) ortalama değeri, Oymaklı'da $4.64 \pm 3.92 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $26.41 \pm 24.62 \text{ mgL}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $20.91 \pm 16.71 \text{ mgL}^{-1}$, Sırımlı'da $11.05 \pm 8.59 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $6.95 \pm 3.93 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 2 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı'da 1.21 mgL^{-1} , en yüksek Sağmalı'da 54.70 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Göletlerin ortalama AKM değerleri, ASSKY'ye göre, uygun değerler arasında yer aldığı belirlenmiştir. YSKYY'ye göre, AKM değeri baraj göllerinde ötrofikasyon takibi için 5 mgL^{-1} 'den

az olması gerektiği bildirilmiştir (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda AKM değeri, Batman Baraj Gölü'nde 6-10 mgL⁻¹ arasında, Dicle Barajı'nda 6-12 mgL⁻¹ arasında (Yıldız ve ark., 2008), Yumruklu 6.5 mgL⁻¹, Dönerdere 18.5 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020) olarak bildirmiştir. Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzer bulunmuştur. Askıda katı maddeler canlıda olumsuz bir etki yapmakta, sudaki ışık miktarını düşürerek canlıların beslenme verimliliğini ve davranışlarının değişmesine, sedimentin doğal yapısının bozulmasına, tür dağılımının değişmesine neden olabilmektedir. Ayrıca yetersiz solunuma bağlı olarak ölümlerine sebebiyet verebilir (Donahue ve Irvine, 2003). Elde edilen AKM değerleri, ötrofikasyonu kontrol etmek için yüksek olduğu belirlenmiştir. Gölet sularında ölçümlerin yapıldığı ilkbahar ve sonbahar aylarında yağmurların, yaz ayında ise eriyen kar sularının etkisiyle gölet sularının bulanıklaştığı, bu nedenle AKM değerlerinin yüksek çıktığı düşünülmektedir.

Bulanıklık ortalama değeri, Oymaklı'da 12.53±11.13 NTU, Sağmalı'da 39.33±37.90 NTU, Aşağı Tulgalı'da 20.91±16.71 NTU, Sırmalı'da 12.03±9.62 NTU, Morçişek'te 7.47±5.54 NTU (Tablo 2 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 3.50 NTU, en yüksek Sağmalı'da 83.00 NTU olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Göletlerin ortalama bulanıklık değerleri, İSY'ye göre, 2. sınıf suları içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Ülkemizde yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bulanıklık değeri, Dönerdere 13.7 NTU (Atıcı, 2020), Aksu Çayı'nın 3 farklı noktasında yapılan ölçümlerde ortalama 4,9 NTU (Dede ve Sezer, 2017), Batman Baraj Gölü'nde 0.3-3.3 NTU arasında (Varol, 2010), Nemrut Krater Gölünde ortalama 3.03 NTU (Sepil, 2020) olarak bildirmiştir. AKM ve bulanıklık değerleri doğru orantılıdır.

Toplam çözünmüş katılar (TÇK) ortalama değeri, Oymaklı'da 117.57±8.73 mgL⁻¹, Sağmalı'da 330.67±40.13 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 188.00±24.25 mgL⁻¹, Sırmalı'da 188.60±3.84 mgL⁻¹, Morçişek'te 251.47±103.12 mgL⁻¹ (Tablo 2 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı'da 107.70 mgL⁻¹, en yüksek Sağmalı'da 377.00 mgL⁻¹ olarak (Tablo 2). Hassas olan bitkilerde (yonca, korunga, buğday, arpa, çavdar vb.), TÇK'nin risk oluşturma değerleri 500-1000 mgL⁻¹ arasındadır. TÇK değerinin yüksek olması bitkilerin hücrenin içindeki çözünmüş maddelerin oluşturduğu su alma isteğini etkileyerek fizyolojik olayları engellemektedir (Obiefuna ve Sheriff, 2011). Elde edilen TÇK değerleri, Özalp ve Saray ilçelerinde yetişen bitkilerin (yonca, korunga, buğday, arpa, çavdar vb.) fizyolojini etkileyecek düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Klorür (Cl₂) ortalama değeri, Oymaklı'da 24.97±4.73 mgL⁻¹, Sağmalı'da 33.26±5.14 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 21.89±2.14 mgL⁻¹, Sırmalı'da 28.52±7.28 mgL⁻¹, Morçişek'te 28.17±9.46 mgL⁻¹ (Tablo 3 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 17.40 mgL⁻¹, en yüksek Sağmalı

ve Sırmalı'da 35.86 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Göletlerin klorür değeri, AB'ye göre, tavsiye edilen limitin altında, İSY'ye göre A1 sınıfında ve TSE 226'ya göre paramedik değerde yer almaktadır (Tablo 8). Ülkemizde yapılan bazı bilimsel çalışmalarda klorür değeri, Aygır Gölü'nde 17,3 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018), Dolutaş 26.6 mgL⁻¹, Değirmigöl 29.6 mgL⁻¹, Yumruklu 23.7 mgL⁻¹, Dönerdere 26.6 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020) olarak bildirilmiştir. Yağışlı olan yerlerde bulunan göllerde sodyum, potasyum ve klorür kurak yerlerdeki göllere göre daha düşük olması beklenir. Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalarda belirtilen değerlere benzer çıkmıştır. Klorür değeri arttıkça tuzluluk miktarı da artar. Elde edilen klorür değeri bunu doğrulamaktadır.

Kalsiyum (Ca⁺²) ortalama değeri, Oymaklı'da 41.67±7.07 mgL⁻¹, Sağmalı'da 76.53±7.25 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 55.23±4.43 mgL⁻¹, Sırmalı'da 45.87±1.89 mgL⁻¹, Morçişek'te 43.20±25.57 mgL⁻¹ (Tablo 3 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 14.00 mgL⁻¹, en yüksek Sağmalı'da 84.20 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda kalsiyum değeri, Deliçay'da ortalama 36.2 mgL⁻¹ (Seyhan, 2016) ve Aygır Gölü'nde 54,3 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018) olarak bildirilmiştir. Göletlerden elde edilen ortalama kalsiyum değerleri, Sağmalı hariç Aygır Gölü'nde bulunan değere yakın, Deliçay'da bulunan değerden yüksek olduğu görülmüştür. Kalsiyum değeri arttıkça tuzluluk ve sertlik miktarı da artar. Kalsiyum değeri yüksek, tuzlu ve sert su özelliğine sahip olan göl suları sulamaya uygun değildir. Elde edilen kalsiyum değerlerine göre, gölet sularının sulamaya uygun olduğu görülmüştür.

Magnezyum (Mg⁺²) ortalama değeri, Oymaklı'da 14.56±5.68 mgL⁻¹, Sağmalı'da 40.60±6.01 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 24.32±2.34 mgL⁻¹, Sırmalı'da 17.48±6.90 mgL⁻¹, Morçişek'te 17.80±10.88 mgL⁻¹ (Tablo 3 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 6.60 mgL⁻¹, en yüksek Sağmalı'da 47.40 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Ülkemizdeki bazı bilimsel çalışmalarda Magnezyum değeri, Kabaklı Göleti'nde 24.47 mgL⁻¹ (Kaya ve Şen, 2022), Karacaören I Baraj Gölü'nde 12.16-21.78 mgL⁻¹ aralığında (Gülle, 2005), Yedikır Baraj Gölü'nde 5-21 mgL⁻¹ (Maraşhoğlu, 2007) olarak bildirilmiştir. Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

Kalsiyum+Magnezyum (Ca⁺²+ Mg⁺²) ortalama değeri, Oymaklı'da 105.60±24.62 mgL⁻¹, Sağmalı'da 232.01±28.16 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 152.43±14.32 mgL⁻¹, Sırmalı'da 119.89±5.43 mgL⁻¹, Morçişek'te 149.92±21.07 mgL⁻¹ (Tablo 3 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı'da 84.16 mgL⁻¹, en yüksek Sağmalı'da 264.44 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 3).

Tablo 2. Göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mgL⁻¹)

Göletler	Mevsimler	Sıcaklık (°C)	ÇO (mgL ⁻¹)	TÇK (mgL ⁻¹)	Eİ (µScm ⁻¹)	Tuzluluk (%)	pH	Bulanıklık (NTU)	AKM (mgL ⁻¹)
Oymaklı	Sonbahar	6.00	12.18	124.30	261.00	0.12	9.15	9.00	3.80
	İlkbahar	14.20	9.41	120.70	252.00	0.12	9.01	3.60	1.21
	Yaz	19.40	7.79	107.70	226.00	0.11	8.97	25.00	8.92
	Ortalama	13.20	9.79	117.57	246.33	0.12	9.04	12.53	4.64
	SD	±6.76	±2.22	±8.73	±18.18	±0.01	±0.09	±11.13	±3.92
Sağmal	Sonbahar	3.90	9.26	377.00	769.00	0.38	8.34	15.00	9.81
	İlkbahar	15.80	8.29	307.00	630.00	0.31	8.79	20.00	14.72
	Yaz	21.70	6.59	308.00	631.00	0.31	8.67	83.00	54.70
	Ortalama	13.80	8.05	330.67	676.67	0.33	8.60	39.33	26.41
	SD	±9.07	±1.35	±40.13	±79.96	±0.04	±0.23	±37.90	±24.62
Aşağı Tulgalı	Sonbahar	5.90	9.18	216.00	445.00	0.22	8.60	10.20	11.62
	İlkbahar	15.80	10.19	173.90	362.00	0.17	8.75	10.00	10.90
	Yaz	20.20	8.21	174.10	362.00	0.17	8.83	37.00	40.20
	Ortalama	13.97	9.19	188.00	389.67	0.19	8.73	19.07	20.91
	SD	±5.98	±0.99	±24.25	±47.92	±0.03	±0.12	±15.53	±16.71
Sırmalı	Sonbahar	5.90	9.27	184.30	387.00	0.19	8.47	5.00	3.50
	İlkbahar	13.30	8.47	191.70	398.00	0.19	8.68	8.10	9.25
	Yaz	18.80	6.37	189.80	385.00	0.19	8.79	23.00	20.40
	Ortalama	12.67	8.04	188.60	390.00	0.19	8.65	12.03	11.05
	SD	±6.47	±1.50	±3.84	±7.00	±0.00	±0.16	±9.62	±8.59
Morçişek	Sonbahar	7.10	8.60	370.00	450.00	0.22	9.21	3.50	6.70
	İlkbahar	13.20	7.47	202.00	418.00	0.20	8.41	5.10	3.15
	Yaz	22.20	9.21	182.40	379.00	0.18	8.94	13.80	11.00
	Ortalama	14.17	8.43	251.47	415.67	0.20	8.85	7.47	6.95
	SD	±7.60	±0.88	±103.12	±35.56	±0.02	±0.41	±5.54	±3.93

Karbonat (CO₃²⁻) ortalama değeri, Oymaklı'da 4.80±3.27 mgL⁻¹, Sağmal'da 7.07±5.40 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 7.00±5.00 mgL⁻¹, Morçişek'te 6.07±3.72 mgL⁻¹ (Tablo 3 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek ve Aşağı Tulgalı'da 2.00 mgL⁻¹, en yüksek Sağmal'da 13.20 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda karbonat değeri, Kabaklı Göleti'nde 13.78 mgL⁻¹ (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 9.80 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

Bikarbonat (HCO₃²⁻) ortalama değeri, Oymaklı'da 104.11±35.11 mgL⁻¹, Sağmal'da 239.12±60.90 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 113.46±6.46 mgL⁻¹, Sırmalı'da 108.17±18.04 mgL⁻¹, Morçişek'te 88.19±54.46 mgL⁻¹ (Tablo 3 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 25.44 mgL⁻¹, en yüksek Sağmal'da 309.27 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bikarbonat değeri, Kabaklı Göleti'nde 182.54 mgL⁻¹ (Kaya

ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 256.9 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018), olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir. Bazı sular toprak içerisine geçtiği zaman çökelme ile karbonat miktarı daha da artar (Bower ve Wilcox, 1965). Elde edilen değerlere göre, göletlerdeki karbonat ve bikarbonat değerlerin farklılık göstermesinin nedeni bölgenin kayaç ve toprak yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toplam sertlik ortalama değeri, Oymaklı'da 16.50±3.85 mgL⁻¹, Sağmal'da 36.08±4.14 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 23.83±2.25 mgL⁻¹, Sırmalı'da 18.73±3.12 mgL⁻¹, Morçişek'te 6.51±4.56 mgL⁻¹ (Tablo 3 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 2.06 mgL⁻¹, en yüksek Sağmal'da 40.86 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 3). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda suyun sertlik değeri, Kabaklı Göleti'nde 161.77 mgL⁻¹ (Kaya ve Şen, 2022), Dönerdere 793.30 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020) olduğu bildirilmiştir. Gölet sularının CaCO₃ mgL⁻¹ sertlik derecesi sınıflanmasına göre,

yumuşak sular (Samsunlu, 2005) içerisinde, Almanya'daki suların sınıflandırılmasına göre ise, Morçişek çok yumuşak, Oymaklı, Sırlımlı orta sert, Aşağı Tulgalı oldukça sert ve Sağmalı sert sular sınıfında yer almaktadır (Oğur ve Tekbaş, 2005). Suların sertliği, kireçtaşı ve kalkerli yerler ile ilişkisi yakındır. Yumuşak sular geçirgenliği az olup, dibindeki

kayaçlar genellikle granit yapıdadır (Gray, 2015). Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerlere göre su sertliğinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, Ca^{+2} ve Mg^{+2} miktarının göletlerin içerisinde düşük miktarda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3. Göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mgL^{-1})

Göletler	Mevsimler	Cl_2	Ca^{+2}	Mg^{+2}	$Ca^{+2} + Mg^{+2}$	CO_3^{2-}	HCO_3^-	Toplam Sertlik
Oymaklı	Sonbahar	27.34	37.00	15.36	100.16	8.40	86.01	15.66
	İlkbahar	19.53	49.80	19.80	132.48	2.00	144.57	20.71
	Yaz	28.05	38.2	8.52	84.16	4.00	81.74	13.14
	Ortalama	24.97	41.67	14.56	105.60	4.80	104.11	16.50
	SD	± 4.73	± 7.07	± 5.68	± 24.62	± 3.27	± 35.11	± 3.85
Sağmalı	Sonbahar	35.86	84.20	47.40	264.44	13.20	223.87	40.86
	İlkbahar	27.34	75.60	36.00	217.82	5.00	309.27	33.95
	Yaz	36.57	69.8	38.4	213.76	3.00	184.22	33.44
	Ortalama	33.26	76.53	40.60	232.01	7.07	239.12	36.08
	SD	± 5.14	± 7.25	± 6.01	± 28.16	± 5.40	± 63.90	± 4.14
Aşağı Tulgalı	Sonbahar	21.66	60.08	27.00	168.96	12.00	111.02	26.43
	İlkbahar	19.88	51.40	23.28	144.32	2.00	108.58	22.56
	Yaz	24.14	54.20	22.68	144.00	7.00	120.78	22.51
	Ortalama	21.89	55.23	24.32	152.43	7.00	113.46	23.83
	SD	± 2.14	± 4.43	± 2.34	± 14.32	± 5.00	± 6.46	± 2.25
Sırlımlı	Sonbahar	35.86	48.00	19.80	129.60	11.40	112.24	20.25
	İlkbahar	21.30	44.40	9.72	96.96	5.00	88.45	15.14
	Yaz	28.40	45.20	22.92	133.12	2.00	123.83	20.81
	Ortalama	28.52	45.87	17.48	119.89	6.13	108.17	18.73
	SD	± 7.28	± 1.89	± 6.90	± 5.43	± 4.80	± 18.04	± 3.12
Morçişek	Sonbahar	31.95	61.60	28.32	174.08	10.20	123.22	2.06
	İlkbahar	17.40	14.00	6.60	140.32	3.00	25.44	6.29
	Yaz	35.15	54.00	18.48	135.36	5.00	115.9	11.17
	Ortalama	28.17	43.20	17.80	149.92	6.07	88.19	6.51
	SD	± 9.46	± 25.57	± 10.88	± 21.07	± 3.72	± 54.46	± 4.56

Nitrit (NO_2^-) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.05 ± 0.03 mgL^{-1} Sağmalı'da 0.06 ± 0.03 mgL^{-1} , Aşağı Tulgalı'da 0.06 ± 0.04 mgL^{-1} , Sırlımlı'da 0.06 ± 0.03 mgL^{-1} , Morçişek'te 0.10 ± 0.01 mgL^{-1} (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Sırlımlı'da 0.02 mgL^{-1} , en yüksek Morçişek'te 0.11 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Göletlerin nitrit değeri, ASSKY'ye göre, zorunlu değerlerden yüksek, AB ve DSÖ'nün belirlediği değerlerden düşük değerde ve İSY'e göre, tamamı A1 sınıf suları içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrit değeri, Aygır Gölü'nde 0.018 mgL^{-1} (Çavuş, 2018), Akköprü Deresi'nde 0.070 mgL^{-1} , Güzelkonak Deresi'nde 0.021

mgL^{-1} (Bayram, 2016), Karasu Çayı'nda 0.024 mgL^{-1} (Atıcı, 2017), Dolutaş 0.000 mgL^{-1} , Değirmigöl 0.004 mgL^{-1} , Yumruklu 0.009 mgL^{-1} , Dönerdere 0.081 mgL^{-1} (Atıcı, 2020) olduğu bildirilmiştir. Göletlerde elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerlere benzer olduğu tespit edilmiştir. Göletlerin ortalama nitrit değerinin yüksek çıkması, son yıllarda yaşanan kuraklıktan ve su yüzey alanlarının daralmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Demir ve Şen, 2021). Ayrıca, göletlerdeki nitrit değeri saz ve alabalık yaşamı için uygun değildir.

Nitrit Azotu (NO_2^- -N) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.01 ± 0.01 mgL^{-1} , Sağmalı'da 0.02 ± 0.01 mgL^{-1} , Aşağı

Tulgali'da $0.02 \pm 0.01 \text{ mgL}^{-1}$, Sırlımlı'da $0.03 \pm 0.01 \text{ mgL}^{-1}$, Morçieek'te $0.02 \pm 0.01 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı, Sağmalı ve Aşğı Tulgali'da 0.01 mgL^{-1} , en yüksek Sırlımlı'da 0.03 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Göletlerin nitrit azot değeri, SKKY'ye göre, Oymaklı 2. sınıf, diğer göletler 3. sınıf, YSKYY'ye göre, Oymaklı, 1. sınıf, diğer göletler 2. sınıf kalite sular içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrit azotu değeri, Aygır Gölü'nde 0.006 mgL^{-1} (Çavuş, 2018), Dolutaş 0.000 mgL^{-1} , Değirmigöl 0.001 mgL^{-1} , Yumruklu 0.003 mgL^{-1} , Dönerdere 0.025 mgL^{-1} (Atıcı, 2020) olduğu bildirilmiştir. Göletlerde elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Nitrat (NO_3^-) ortalama değeri, Oymaklı'da $6.40 \pm 0.95 \text{ mgL}^{-1}$ Sağmalı'da $1.72 \pm 0.19 \text{ mgL}^{-1}$, Aşğı Tulgali'da $2.52 \pm 1.78 \text{ mgL}^{-1}$, Sırlımlı'da $2.07 \pm 0.54 \text{ mgL}^{-1}$, Morçieek'te $6.45 \pm 4.65 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Aşğı Tulgali'da 1.03 mgL^{-1} , en yüksek Morçieek'de 11.70 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Göletlerin nitrat değeri İSY'ye göre, A1 sınıf suları içerisinde, TS 266'ya göre, parametrik değerden düşük, DSÖ ve AB'nin belirlediği değerden düşük olduğu görülmüştür (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrat değeri, Kabaklı Göleti'nde 4.98 mgL^{-1} (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde $1.2 \pm 0.1 \text{ mgL}^{-1}$ (Çavuş, 2018), Dolutaş 2.0 mgL^{-1} , Değirmigöl 4.5 mgL^{-1} , Yumruklu 7.9 mgL^{-1} olduğu bildirilmiştir (Atıcı, 2020). Tarımsal olmayan alanlarda, yerüstü ve yer altı sularında nitrat $0-10 \text{ mgL}^{-1}$ arasında bulunmaktadır (Olhan ve Ataseven, 2009). Bu çalışmada elde edilen değerler, göletlerin etrafında yapılan tarımsal faaliyetlerde kullanılan nitratlı gübre ve ilaçların gölet sularına zarar verecek düzeyde olmadığını göstermektedir. Ayrıca çalışma konusu göletlerin ve göletleri besleyen su kaynaklarının etrafında yerleşim alanları az olduğundan evsel atıklardan çok etkilenmedikleri düşünülmektedir.

Nitrat Azotu (NO_3^- -N) ortalama değeri, Oymaklı'da $1.35 \pm 0.41 \text{ mgL}^{-1}$ Sağmalı'da $0.33 \pm 0.08 \text{ mgL}^{-1}$, Aşğı Tulgali'da $0.83 \pm 0.15 \text{ mgL}^{-1}$, Sırlımlı'da $0.52 \pm 0.08 \text{ mgL}^{-1}$, Morçieek'te $1.67 \pm 0.83 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Sağmalı'da 0.25 mgL^{-1} , en yüksek Morçieek'de 2.60 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Göletlerin ortalama nitrat azot değeri, YSKYY'ye göre tamamı 1. sınıf kalite suları içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda nitrat azotu değeri, Kabaklı Göleti'nde 1.14 mgL^{-1} (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.028 mgL^{-1} (Çavuş, 2018), Dolutaş 0.4 mgL^{-1} , Değirmigöl 1.1 mgL^{-1} , Yumruklu 1.9 mgL^{-1} , Dönerdere 3.7 mgL^{-1} (Atıcı, 2020) olduğu bildirilmiştir.

Amonyum (NH_4) ortalama değeri, Oymaklı'da $0.10 \pm 0.03 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $0.99 \pm 0.34 \text{ mgL}^{-1}$, Aşğı Tulgali'da $0.80 \pm 0.05 \text{ mgL}^{-1}$, Sırlımlı'da $0.01 \pm 0.01 \text{ mgL}^{-1}$,

Morçieek'te $0.02 \pm 0.01 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Sırlımlı'da 0.00 mgL^{-1} , en yüksek Sağmalı'da 1.27 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Göletlerin ortalama amonyum değeri, İSY'ye göre, Oymaklı, Sırlımlı ve Morçieek A1, Sağmalı ve Aşğı Tulgali A2 sınıf suları içerisinde, ASSKY'ye göre, zorunlu değerler içerisinde, TSE 266'ye göre, Aşğı Tulgali ve Sağmalı parametrik değerin üstünde, diğer göletlerde parametrik değerlerde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda amonyum değeri, Aygır Gölü'nde $0.063 \pm 0.001 \text{ mgL}^{-1}$ (Çavuş, 2018), Balıklıgöl'de (Şanlıurfa) $0.2-0.87 \text{ mgL}^{-1}$ (Dişli, 2002) ve Murat Nehri'nde (Elazığ) $0.25-0.88 \text{ mgL}^{-1}$ (Çağlar, 2011) olduğu bildirilmiştir. Göletlerden elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir. Amonyum değeri sazan ve alabalıkların yaşamı için uygun değerler arasında yer almaktadır.

Amonyak (NH_3) ortalama değeri, Oymaklı'da $0.09 \pm 0.03 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $0.92 \pm 0.32 \text{ mgL}^{-1}$, Aşğı Tulgali'da $0.65 \pm 0.02 \text{ mgL}^{-1}$, Sırlımlı'da $0.00 \pm 0.00 \text{ mgL}^{-1}$, Morçieek'te $0.01 \pm 0.01 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Sırlımlı'da 0.00 mgL^{-1} , en yüksek Sağmalı'da 1.20 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Göletlerin amonyak değeri, ASSKY'ye göre, Sırlımlı ve Morçieek hedef değerlerde, Oymaklı, Aşğı Tulgali ve Sağmalı zorunlu değerlerden yüksek çıkmıştır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda amonyak değeri, Kabaklı Göleti'nde 1.76 mgL^{-1} (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.059 mgL^{-1} (Çavuş, 2018), Görentaş (Hatay) Göleti'nde $0.10-0.11 \text{ mgL}^{-1}$ (Tepe ve Mutlu, 2004), Ömerli (İstanbul) Baraj Gölü'nde 1.42 mgL^{-1} (Gürevin, 2004) olduğu bildirilmiştir. Doğal yapılı sularda amonyak 0.1 mgL^{-1} 'den daha düşükken, kanalizasyon ve sanayi atıklarının içerisine karıştığı sularda NH_3 miktarı yüksek olabilmektedir. Bu dönüşüm olayında aerobik bakteriler görev almaktadır (Atabey, 2015). Su içerisindeki amonyağı etkileyen faktörlerden bazıları tarımsal amaçlı amonyaklı gübrelerin kullanımı, su içerisindeki akuatik bitkiler, ölü algler ve canlı dışkılarıdır. Ötrofikasyon ve nitrifikasyondan dolayı oksijen tüketimi, iyonize olmamış amonyaktan dolayı toksisite riskini azaltmak için toplam amonyum konsantrasyonu 1 mgL^{-1} aşmamalıdır (ASSKY, 2014). Birçok balık türünün tolere edebileceği amonyak miktarı $0.02-0.1 \text{ mg/L}$ UIA'dır (Polatsü ve Çamdeviren, 1999). Sazanlar için amonyağın LC50 dozu $1-1.5 \text{ mgL}^{-1}$, alabalıklar için $0.5-0.8 \text{ mgL}^{-1}$ olarak bildirilmiştir (Wicks ve ark., 2002). Alabalık yetiştiriciliğinde amonyak sınır değerin 1 mgL^{-1} olduğu bildirilmiştir (Emre ve Kürüm, 2007). Çalışmada ölçülen amonyak konsantrasyonları ASSKY'ye göre, Morçieek ve Sırlımlı hariç diğer göletlerde sazan ve alabalık için yüksek seviyededir. Bu durumun devam etmesi durumunda göletlerdeki balıkların ölümüne yol açabilir.

Tablo 4. Göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mgL⁻¹)

Göletler	Mevsimler	NO ₂ ⁻	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ -N	NH ₃	NH ₃ -N	NH ₄	PO ₄ ⁻³	P
Oymaklı	Sonbahar	0.05	0.01	5.82	1.45	0.07	0.08	0.08	0.04	0.01
	İlkbahar	0.03	0.01	5.88	0.90	0.09	0.09	0.10	0.03	0.00
	Yaz	0.08	0.02	7.50	1.70	0.12	0.10	0.13	0.05	0.02
	Ortalama	0.05	0.01	6.40	1.35	0.09	0.09	0.10	0.04	0.01
	SD	±0.03	±0.01	±0.95	±0.41	±0.03	±0.01	±0.03	±0.01	±0.01
Sağmal	Sonbahar	0.09	0.02	1.50	0.35	0.58	0.67	0.61	0.08	0.03
	İlkbahar	0.03	0.01	1.85	0.25	0.99	0.79	1.09	0.11	0.05
	Yaz	0.07	0.02	1.80	0.40	1.20	0.99	1.27	0.17	0.06
	Ortalama	0.06	0.02	1.72	0.33	0.92	0.82	0.99	0.12	0.05
	SD	±0.03	±0.01	±0.19	±0.08	±0.32	±0.16	±0.34	±0.05	±0.02
Aşağı Tulgalı	Sonbahar	0.05	0.01	2.04	0.70	0.72	0.63	0.75	0.17	0.06
	İlkbahar	0.03	0.02	1.03	0.80	0.78	0.65	0.80	0.19	0.07
	Yaz	0.10	0.03	4.50	1.00	0.80	0.66	0.85	0.44	0.14
	Ortalama	0.06	0.02	2.52	0.83	0.77	0.65	0.80	0.27	0.09
	SD	±0.04	±0.01	±1.78	±0.15	±0.04	±0.02	±0.05	±0.15	±0.04
Sırmalı	Sonbahar	0.07	0.02	1.73	0.45	0.01	0.00	0.02	0.03	0.01
	İlkbahar	0.02	0.03	1.79	0.50	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00
	Yaz	0.08	0.03	2.70	0.60	0.00	0.00	0.00	0.09	0.03
	Ortalama	0.06	0.03	2.07	0.52	0.01	0.00	0.01	0.04	0.01
	SD	±0.03	±0.01	±0.54	±0.08	±0.01	±0.00	±0.01	±0.04	±0.02
Morçipek	Sonbahar	0.10	0.01	2.87	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
	İlkbahar	0.11	0.02	4.78	1.40	0.02	0.01	0.03	0.01	0.00
	Yaz	0.10	0.03	11.70	2.60	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01
	Ortalama	0.10	0.02	6.45	1.67	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01
	SD	±0.01	±0.01	±4.65	±0.83	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01

Amonyak Azotu (NH₃-N) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.09±0.01 mgL⁻¹, Sağmal'da 0.82±0.16 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 0.77±0.04 mgL⁻¹, Sırmalı'da 0.01±0.01 mgL⁻¹, Morçipek'te 0.02±0.01 mgL⁻¹ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Sırmalı'da 0.00 mgL⁻¹, en yüksek Sağmal'da 0.99 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda amonyak azotu değeri Kabaklı Göleti'nde 0.11 mgL⁻¹ (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.04 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018), Doluş 0.27 mgL⁻¹, Değirmigöl 0.45 mgL⁻¹, Yumruklu 0.04 mgL⁻¹, Dönerdere 0.11 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020), Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 0.11 mgL⁻¹ (Tepe, 2009), Gaga Gölü (Ordu) 0.11 (Taş ve Çetin, 2011), Akdeğirmen Baraj Gölü'nün (Afyonkarahisar) 0.65 mgL⁻¹ (Şahin, 2015), Güzelkonak Deresi'nin (Van) 0.05 mgL⁻¹ (Bayram, 2016) olduğu bildirilmiştir.

Fosfat (PO₄⁻³) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.04±0.01 mgL⁻¹, Sağmal'da 0.12±0.05 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 0.27±0.15 mgL⁻¹, Sırmalı'da 0.04±0.04 mgL⁻¹, Morçipek'te 0.02±0.01 mgL⁻¹ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Sırmalı ve Morçipek'te 0.01 mgL⁻¹, en yüksek Aşağı

Tulgalı'da 0.44 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Tüm göletlerin ortalama fosfat değeri, İSY'ye göre A1 sınıfı içerisinde (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda fosfat değeri, Doluş 0.000 mgL⁻¹, Değirmigöl 0.40 mgL⁻¹, Yumruklu 0.03 mgL⁻¹, Dönerdere 0.01 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020), Balıklıgöl'de (Şanlıurfa) 0.00-0.08 mgL⁻¹ (Dişli, 2002), Görentaş (Hatay) Göleti'nde 0.8-0.9 mgL⁻¹ (Tepe ve Mutlu, 2004), Hazar (Elazığ) Gölü'nde 0.05-1.99 mgL⁻¹ (Çoban, 2007) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen fosfat değerleri sazan ve alabalık için uygun değerdedir.

Fosfor (P) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.01±0.01 mgL⁻¹, Sağmal'da 0.05±0.02 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 0.09±0.04 mgL⁻¹, Sırmalı'da 0.01±0.02 mgL⁻¹, Morçipek'te 0.01±0.01 mgL⁻¹ (Tablo 4 ve 7), tüm göletler de en düşük Sırmalı, Morçipek, Oymaklı'da 0.00 mgL⁻¹, en yüksek Aşağı Tulgalı'da 0.14 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 4). Göletlerin fosfor değeri, SKKY ve YSKYY'ye göre, Oymaklı, Sırmalı ve Morçipek 1. sınıf, Sağmal ve Aşağı Tulgalı 2. sınıf kalite suları içerisinde, ASSKY'ye göre Sağmal ve Aşağı Tulgalı uygun olmayan değerler, diğer

göletler ise uygun olan değerler arasında yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda fosfor değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.08 mgL^{-1} (Kaya ve Şen, 2022), Dolutaş 0.000 mgL^{-1} , Değirmigöl 0.13 mgL^{-1} , Yumruklu 0.01 mgL^{-1} , Dönerdere 0.00 mgL^{-1} (Atıcı, 2020), Hazar (Elazığ) Gölü'nde $0.15\text{-}2.21 \text{ mgL}^{-1}$ (Çoban, 2007) olduğu bildirilmiştir. Elde edilen değerler fosfat ve fosfor değerleri, daha önce yapılan çalışmalardaki değerlere genel olarak benzer olduğu görülmüştür. Elde edilen fosfat ve fosfor değerlerine göre, göletlerde ötrifikasyonun olmadığı ve herhangi bir kirletici unsura maruz kalmadıklarını göstermektedir.

Sülfat (SO_4^-) ortalama değeri, Oymaklı'da $60.48\pm 33.47 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $137.76\pm 60.53 \text{ mgL}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $120.00\pm 16.40 \text{ mgL}^{-1}$, Sırmalı'da $78.56\pm 20.38 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $117.97\pm 27.18 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 5 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı'da 35.04 mgL^{-1} , en yüksek Sağmalı'da 186.72 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Göletlerin sülfat değeri, DSÖ'nün belirlediği tavsiye limitinden düşük değerde, İSY'ye göre, A1 sınıf suları içerisinde, SKKY'e göre 1. sınıf sular, TSE 266'ye göre parametrik değerler içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda sülfat değeri, Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 137.0 mgL^{-1} (Tepe, 2009) olarak bildirilmiştir. Çalışmada elde edilen değerlere göre göletlerde sülfat kaynaklı bir kirlilik görülmemektedir.

Potasyum (K) ortalama değeri, Oymaklı'da $1.30\pm 0.60 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $3.90\pm 0.68 \text{ mgL}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $1.82\pm 0.60 \text{ mgL}^{-1}$, Sırmalı'da $1.82\pm 0.90 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $1.95\pm 0.00 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 5 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı ve Sırmalı'da 0.78 mgL^{-1} , en yüksek Sağmalı'da 4.29 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda potasyum değeri, Aygır Gölü'nde $1.72\pm 0.07 \text{ mgL}^{-1}$ (Çavuş, 2018), Balıklıgöl'de (Şanlıurfa) $0.37\text{-}1.3 \text{ mgL}^{-1}$ (Dişli, 2002) olarak bildirilmiştir. Doğal sularda potasyum $1\text{-}10 \text{ mgL}^{-1}$ arasında bulunur ve potasyum belirtilen limit değerini üzerinde olması balıklarda zehirlenme etkisi yapar (Özdemir, 1994). Elde edilen değerlere baktığımızda, gölet sularında potasyum değeri balıklar için uygun değerler arasında yer almaktadır.

Sodyum (Na) ortalama değeri, Oymaklı'da $9.89\pm 7.05 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $12.96\pm 3.67 \text{ mgL}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $6.90\pm 1.05 \text{ mgL}^{-1}$, Sırmalı'da $12.73\pm 8.01 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $6.33\pm 3.46 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 5 ve 7), tüm göletler de en düşük, Morçişek'te 2.99 mgL^{-1} , en yüksek Sırmalı'da 20.01 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Göletlerin sodyum değeri, İSY'ye göre, A1 sınıf suları, SKKY'ye göre, 1. sınıf sular, TSE 266'ye göre parametrik değerler içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda sodyum değeri, Aygır Gölü'nde $1.72\pm 0.07 \text{ mgL}^{-1}$ (Çavuş, 2018), Balıklıgöl'de (Şanlıurfa) $2.54\text{-}7.04 \text{ mgL}^{-1}$ (Dişli, 2002), Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 58.0 mgL^{-1} (Tepe, 2009) olarak bildirilmiştir. Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile farklılık göstermektedir. Sodyum, magnezyum, potasyum, klorür ve kalsiyumun düşük konsantrasyonları canlıların ihtiyacı için gerekli ve faydalıdır. Sodyum yüksek konsantrasyonlarda olduğunda canlıların sağlığına olumsuz etki eder ve kirletici etkilere sahiptir. Elde edilen değerlere göre, bu

parametrelerin göletlerde kirletici ve canlılara zarar verecek düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Bor (B) ortalama değeri, Oymaklı'da $0.86\pm 1.31 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $0.58\pm 0.77 \text{ mgL}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $0.99\pm 1.63 \text{ mgL}^{-1}$, Sırmalı'da $0.28\pm 0.32 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $0.09\pm 0.15 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 5 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 0.00 mgL^{-1} , en yüksek Aşağı Tulgalı'da 2.88 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Göletlerin bor değeri, SKKY ve YSKYY'e göre, 1. sınıf su kalite değerleri içerisinde, TS 266'ya göre, parametrik değerler altında içerisinde yer almaktadır. İSY'ye göre, A1 kılavuz değerleri içerisinde, DSÖ'ye göre, Sırmalı ve Morçişek tavsiye limitinin altında, Oymaklı, Sağmalı ve Aşağı Tulgalı üstünde yer almaktadır. AB'ye göre, düşük kalite suları içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bor değeri, Uluabat Gölü'nde 0.86 mgL^{-1} (Zünbülül, 2015), Adıgüzel Baraj Gölü'nde 0.659 mgL^{-1} (Minareci ve Çakır, 2018) olarak bildirilmiştir. Elde edilen bor değerleri, Sırmalı ve Morçişek'te hassas bitkiler için 1. sınıf, Sağmalı yarı hassas bitkiler için 1. sınıf, hassas bitkiler için 2. sınıf, Oymaklı, Aşağı Tulgalı hassas bitkiler için 3. sınıf, yarı hassas bitkiler için 2. sınıf ve dayanıklı bitkiler için 1. sınıf sular içerisinde yer almaktadır.

Organik madde ortalama değeri, Oymaklı'da $1.27\pm 0.29 \text{ mgL}^{-1}$, Sağmalı'da $1.66\pm 0.88 \text{ mgL}^{-1}$, Aşağı Tulgalı'da $1.50\pm 0.73 \text{ mgL}^{-1}$, Sırmalı'da $1.62\pm 0.89 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $0.71\pm 0.26 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 5 ve 7), tüm göletler de en düşük Morçişek'te 0.42 mgL^{-1} , en yüksek Sağmalı'da 2.68 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda organik madde değeri, Karanfilliçay (Denizli-Muğla) Deresi'nde $2.2\text{-}14.5 \text{ mgL}^{-1}$ (Bulut ve ark., 2010), Köprüçay (Antalya) Nehri'nde 1.25 mgL^{-1} (Çiçek ve Ertan, 2012) olarak bildirilmiştir. Elde edilen organik madde değerleri daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.28 ± 0.26 , Sağmalı'da 0.30 ± 0.07 , Aşağı Tulgalı'da 0.19 ± 0.02 , Sırmalı'da 0.39 ± 0.24 , Morçişek'te 0.30 ± 0.12 (Tablo 5 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı'da 0.03 , en yüksek Sırmalı'da 0.61 olarak ölçülmüştür (Tablo 5). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda potasyum değeri, Aygır Gölü'nde 0.5736 mgL^{-1} (Çavuş, 2018), Çavuşcu (Konya) Gölü sulama kanalında $0.22\text{-}1.37$ (Dönmez, 2010) olarak bildirilmiştir. Gölet sularındaki SAR değerleri bitki sulamaları için uygundur.

Krom (Cr^{+6}) ortalama değeri, Aşağı Tulgalı, Sırmalı ve Oymaklı ölçülmemiştir (DLA). Sağmalı'da $0.001\pm 0.000 \text{ mgL}^{-1}$, Morçişek'te $0.002\pm 0.001 \text{ mgL}^{-1}$ (Tablo 6 ve 7), tüm göletlerde, en yüksek Morçişek'te 0.003 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Gölet sularındaki krom değeri, SKKY ve YSKYY'ye göre, Aşağı Tulgalı, Sırmalı ve Oymaklı 1. sınıf, Sağmalı ve Morçişek 2. sınıf kalite suları içerisinde, TS 266'ya göre, parametrik değerler altında, İSY'ye göre, A1 sınıfı içerisinde, DSÖ ve AB'ye göre, tavsiye edilebilir limitin altında yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda krom değeri, Karasu Çayı'nda $0.021\pm 0.002 \text{ mgL}^{-1}$ (Atıcı, 2017), Adıgüzel Baraj Gölü'nde 0.0016 mgL^{-1} (Minareci ve Çakır, 2018),

Güzelkonak Deresi'nde 0.029 mgL⁻¹ (Bayram, 2016) ve Dolutaş 0.015 mgL⁻¹, Değirmigöl 0.001 mgL⁻¹, Yumruklu 0.008 mgL⁻¹, Dönerdere 0.00 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020) olarak

bildirilmiştir. Elde edilen değerler, daha önce yapılan çalışmalardaki değerler ile benzerlik göstermektedir.

Tablo 5. Göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mgL⁻¹)

Göletler	Mevsimler	SO ₄ ⁻	K	Na	B	Organik Madde	SAR	Alkalinite
Oymaklı	Sonbahar	48.00	1.17	6.90	2.37	1.60	0.03	T2-A1
	İlkbahar	98.40	1.95	17.94	0.17	1.11	0.54	T2-A1
	Yaz	35.04	0.78	4.83	0.04	1.09	0.28	T1-A1
	Ortalama	60.48	1.30	9.89	0.86	1.27	0.28	T2-A1
	SD	±33.47	±0.60	±7.05	±1.31	±0.29	±0.26	-
Sağmal	Sonbahar	186.72	4.29	17.02	1.47	2.68	0.37	T2-A1
	İlkbahar	70.08	3.12	9.89	0.13	1.10	0.24	T2-A1
	Yaz	156.48	4.29	11.96	0.14	1.20	0.29	T2-A1
	Ortalama	137.76	3.90	12.96	0.58	1.66	0.30	T2-A1
	SD	±60.53	±0.68	±3.67	±0.77	±0.88	±0.07	-
Aşağı Tulgalı	Sonbahar	137.28	2.34	8.05	2.88	2.34	0.21	T2-A1
	İlkbahar	118.08	1.17	5.98	0.05	1.15	0.17	T2-A1
	Yaz	104.64	1.95	6.67	0.05	1.02	0.19	T2-A1
	Ortalama	120.00	1.82	6.90	0.99	1.50	0.19	T2-A1
	SD	±16.40	±0.60	±1.05	±1.63	±0.73	±0.02	-
Sırmalı	Sonbahar	83.52	2.34	20.01	0.64	2.64	0.61	T2-A1
	İlkbahar	56.16	0.78	4.14	0.03	1.11	0.14	T2-A1
	Yaz	96.00	2.34	14.03	0.17	1.10	0.42	T2-A1
	Ortalama	78.56	1.82	12.73	0.28	1.62	0.39	T2-A1
	SD	±20.38	±0.90	±8.01	±0.32	±0.89	±0.24	-
Morçişek	Sonbahar	140.64	1.95	6.10	0.00	0.42	0.42	T2-A1
	İlkbahar	125.44	1.95	2.99	0.01	0.90	0.18	T1-A1
	Yaz	87.84	1.95	9.89	0.26	0.82	0.30	T2-A1
	Ortalama	117.97	1.95	6.33	0.09	0.71	0.30	T2-A1
	SD	±27.18	±0.00	±3.46	±0.15	±0.26	±0.12	-

T2-A1: Orta tuzlu ve az sodyumlu sular, T1-A1: Az tuzlu ve az sodyumlu sular

Demir (Fe⁺²) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.072±0.061 mgL⁻¹, Sağmal'da 0.021±0.025 mgL⁻¹, Aşağı Tulgalı'da 0.022±0.008 mgL⁻¹, Sırmalı'da 0.022±0.012 mgL⁻¹, Morçişek'te 0.029±0.020 mgL⁻¹ (Tablo 6 ve 7), tüm göletler de en düşük Sağmal'da 0.006 mgL⁻¹, en yüksek Oymaklı'da 0.13 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Gölet sularındaki demir değeri, SKKY ve YSKYY'ye göre, 1. sınıf, İSY'ye göre A1 sınıf kalite suları, TSE 266'ye göre parametrik değerler, AB'ye göre uygun değerler içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda demir değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.018 mgL⁻¹ (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.003 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018), Yenişehir Gölü'nün (Hatay) 0.19 mgL⁻¹ (Tepe, 2009), Gaga Gölü (Ordu) 0.19 mgL⁻¹ (Taş ve Çetin, 2011), Ziyaret Göleti (Amasya) 0.051-0.096 mgL⁻¹ (Kaya, 2015), Bendimahi Çayı'nda (Van) 0.025 mgL⁻¹ (Bulum, 2015),

Güzelkonak Deresi'nde 0.003 mgL⁻¹ (Bayram, 2016) ve Dolutaş 0.12 mgL⁻¹, Değirmigöl 0.065 mgL⁻¹, Yumruklu 0.02 mgL⁻¹, Dönerdere 0.02 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020) olarak bildirilmiştir. Demir, sulardaki kimyasal faaliyetlerin gerçekleşmesinde, bitkilerde klorofilin meydana gelmesinde, solunum pigmentinde işlev görmektedir (Tanyolaç, 2009). Oksijen seviyesi düşük olan sularda veya yer altındaki mevcut sularda demirin tamamı çözümlür (Gray, 2015). Oksijen seviyesi düşük olan sularda veya yer altındaki mevcut sularda demirin tamamı çözümlür (Gray, 2015). Demir bileşenleri sulama sularında yüksek değerlerde olursa, toprağın çamur tutmasına ve topraktaki tanelerin arasındaki boşlukları kapatıp hava ve su alışverişini engelleyerek tarımsal açıdan verimsizleşmesine neden olur. Elde edilen demir değerlerine göre, gölet suları tarımsal açıdan verimli düzeydedir.

Tablo 6. Göletlerin su kalite parametrelerinin mevsimsel, ortalama ve standart sapma değerleri (mgL⁻¹)

Göletler	Mevsimler	Co	Cr ⁺⁶	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Cu	Ni	Zn
Oymaklı	Sonbahar	DLA	DLA	0.008	0.005	0.007	DLA	DLA
	İlkbahar	DLA	DLA	0.130	0.002	0.005	DLA	DLA
	Yaz	DLA	DLA	0.078	0.010	0.003	DLA	DLA
	Ortalama	DLA	DLA	0.072	0.006	0.005	DLA	DLA
	SD	±0.000	±0.000	±0.061	±0.004	±0.002	±0.000	±0.000
Sağmal	Sonbahar	DLA	0.001	0.008	0.716	0.005	DLA	DLA
	İlkbahar	DLA	0.001	0.050	0.270	0.003	DLA	DLA
	Yaz	DLA	0.001	0.006	0.010	0.001	DLA	DLA
	Ortalama	DLA	0.001	0.021	0.332	0.003	DLA	DLA
	SD	±0.000	±0.000	±0.025	±0.357	±0.002	±0.000	±0.000
Aşağı Tulgali	Sonbahar	DLA	DLA	0.020	0.406	0.030	DLA	DLA
	İlkbahar	DLA	DLA	0.030	0.231	0.008	DLA	DLA
	Yaz	DLA	DLA	0.015	0.010	0.011	DLA	DLA
	Ortalama	DLA	DLA	±0.022	±0.216	±0.016	DLA	DLA
Sırmalı	Sonbahar	DLA	DLA	0.034	0.005	0.002	DLA	0.005
	İlkbahar	DLA	DLA	0.010	0.005	0.002	DLA	0.008
	Yaz	DLA	DLA	0.021	0.020	0.001	DLA	0.002
	Ortalama	DLA	DLA	0.022	0.013	0.002	DLA	0.005
	SD	±0.000	±0.000	±0.012	±0.011	±0.001	±0.000	±0.003
Morççek	Sonbahar	DLA	0.003	0.008	0.028	0.008	DLA	0.011
	İlkbahar	DLA	0.001	0.048	0.005	0.005	DLA	0.009
	Yaz	DLA	0.002	0.032	0.010	0.001	DLA	0.001
	Ortalama	DLA	0.002	0.029	0.014	0.005	DLA	0.007
	SD	±0.000	±0.001	±0.020	±0.012	±0.004	±0.000	±0.005

DLA: Dedeksiyon Limitinin Altında

Mangan (Mn⁺²) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.006±0.004 mgL⁻¹, Sağmal'da 0.332±0.357 mgL⁻¹, Aşağı Tulgali'da 0.216±0.198 mgL⁻¹, Sırmalı'da 0.013±0.011 mgL⁻¹, Morççek'te 0.014±0.012 mgL⁻¹ (Tablo 6 ve 7), tüm göletler de en düşük Oymaklı'da 0.002 mgL⁻¹, en yüksek Sağmal'da 0.716 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Gölet sularındaki mangan değeri, Oymaklı, Sırmalı ve Morççek, SKKY ve YSKYY'ye göre, 1. sınıf, İSY'ye göre, A1 sınıf, Sağmal, Aşağı Tulgali SKKY ve YSKYY'ye göre, 2. sınıf, İSY'ye göre. A3 sınıf, TSE 266'ye göre Sağmal parametrik değerlerin üstünde, diğre göletler ise parametrik değerlerin içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda mangan değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.018 mgL⁻¹ (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.00 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018) ve Dolutaş 0.5 mgL⁻¹, Değirmigöl 0.3 mgL⁻¹, Yumruklu 0.1 mgL⁻¹, Dönerdere 0.1 mgL⁻¹ (Atıcı, 2020) olarak bildirilmiştir. Hava ile buluşan mangan oksitlenmektedir. Sulardaki mangan canlılar tarafından kullanılabilir şekilde (Gray, 2015). Elde edilen değerlere göre, Sağmal ve Aşağı Tulgali gölet suları mangan bakımından kirlilik sınırını üzerindedir. Başka bir

çalışmada ise Sönmez ve ark. (2012), Karasu Nehri sularının mangan bakımından kirliliğini manganın topraklarda ve su kaynaklarında doğal olarak bulunabilmesi ile ilişkilendirmişlerdir.

Bakır (Cu) ortalama değeri, Oymaklı'da 0.005±0.002 mgL⁻¹, Sağmal'da 0.003±0.002 mgL⁻¹, Aşağı Tulgali'da 0.016±0.012 mgL⁻¹, Sırmalı'da 0.002±0.001 mgL⁻¹, Morççek'te 0.005±0.004 mgL⁻¹ (Tablo 6 ve 7), tüm göletler de en düşük Sağmal, Sırmalı ve Morççek'te 0.001 mgL⁻¹, en yüksek Aşağı Tulgali'da 0.030 mgL⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Gölet sularındaki bakır değeri, TS 266, DSÖ ve AB'ye göre, belirtilen değerlerin altında, SKKY ve YSKYY'ye göre, 1. sınıf, İSY'ye göre, A1 sınıf kalite suları içerisinde, ASSKY'ye göre, Aşağı Tulgali zorunlu değerler, diğerleri ise hedef değerler arasında yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda bakır değeri, Kabaklı Göleti'nde 0.002 mgL⁻¹ (Kaya ve Şen, 2022), Aygır Gölü'nde 0.004 mgL⁻¹ (Çavuş, 2018), Ziyaret Göleti (Amasya) 0.008-0.35 mgL⁻¹ (Kaya, 2015), Bendimahi Çayı'nda (Van) 0.009 mgL⁻¹ (Bulum, 2015) ve Güzelkonak Deresi'nde 0.000 mgL⁻¹ (Bayram, 2016) olarak

bildirilmiştir. Bakır madenlerinden gelen atık sular, farklı su kaynaklarına karıştığında canlılar için risk teşkil etmektedir (Atabey, 2015). Elde edilen bakır değerleri de gösteriyor ki

çalışma alanı olan göletlerin çevresinde ya da yakınında herhangi bir bakır madeni bulunmamaktadır

Tablo 7. Göletlerin su kalite parametrelerinin ortalama ve standart sapma (SD) değerleri

Parametreler	Morçişek Göleti		Aşağı Tullgalı Göleti		Oymaklı Göleti		Sırmalı Göleti		Sağmal Göleti	
	Ort.	SD	Ort.	SD	Ort.	SD	Ort.	SD	Ort.	SD
Sıcaklık (°C)	14.17	±7.60	13.97	±5.98	13.20	±6.76	12.67	±6.47	13.80	±9.07
Tuzluluk	0.20	±0.02	0.19	±0.03	0.12	±0.01	0.19	±0.00	0.33	±0.04
Eİ	415.67	±35.56	389.67	±47.92	246.33	±18.18	390.00	±7.00	676.67	±79.96
TÇK	251.47	±103.12	188.00	±24.25	117.57	±8.73	188.60	±3.84	330.67	±40.13
AKM	6.95	±3.93	20.91	±16.71	4.64	±3.92	11.05	±8.59	26.41	±24.62
Bulanıklık	7.47	±5.54	19.07	±15.53	12.53	±11.13	12.03	±9.62	39.33	±37.90
PH	8.85	±0.41	8.73	±0.12	9.04	±0.09	8.65	±0.16	8.60	±0.23
ÇO	8.43	±0.88	9.19	±0.99	9.79	±2.22	8.04	±1.50	8.05	±1.35
Alkalinite	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl ₂	28.17	±9.46	21.89	±2.14	24.97	±4.73	28.52	±7.28	33.26	±5.14
Ca ⁺²	43.20	±25.57	55.23	±4.43	41.67	±7.07	45.87	±1.89	76.53	±7.25
Mg ⁺²	17.80	±10.88	24.32	±2.34	14.56	±5.68	17.48	±6.90	40.60	±6.01
Ca ⁺² + Mg ⁺²	149.92	±21.07	152.43	±14.32	105.60	±24.62	119.89	±5.43	232.01	±28.16
CO ₃ ²⁻	6.07	±3.72	7.00	±5.00	4.80	±3.27	6.13	±4.80	7.07	±5.40
HCO ₃ ⁻	88.19	±54.46	113.46	±6.46	104.11	±35.11	108.17	±18.04	239.12	±63.90
Toplam Sertlik	6.51	±4.56	23.83	±2.25	16.50	±3.85	18.73	±3.12	36.08	±4.14
NO ₂ ⁻	0.10	±0.01	0.06	±0.04	0.05	±0.03	0.06	±0.03	0.06	±0.03
NO ₂ ⁻ -N	0.02	±0.01	0.02	±0.01	0.01	±0.01	0.03	±0.01	0.02	±0.01
NO ₃ ⁻	6.45	±4.65	2.52	±1.78	6.40	±0.95	2.07	±0.54	1.72	±0.19
NO ₃ ⁻ -N	1.67	±0.83	0.83	±0.15	1.35	±0.41	0.52	±0.08	0.33	±0.08
NH ₃	0.02	±0.01	0.77	±0.04	0.09	±0.03	0.01	±0.01	0.92	±0.32
NH ₃ -N	0.01	±0.01	0.65	±0.02	0.09	±0.01	0.00	±0.00	0.82	±0.16
NH ₄	0.02	±0.01	0.80	±0.05	0.10	±0.03	0.01	±0.01	0.99	±0.34
PO ₄ ⁻³	0.02	±0.01	0.27	±0.15	0.04	±0.01	0.04	±0.04	0.12	±0.05
P	0.01	±0.01	0.09	±0.04	0.01	±0.01	0.01	±0.02	0.05	±0.02
SO ₄ ⁻	117.97	±27.18	120.00	±16.40	60.48	±33.47	78.56	±20.38	137.76	±60.53
K	1.95	±0.00	1.82	±0.60	1.30	±0.60	1.82	±0.90	3.90	±0.68
Na	6.33	±3.46	6.90	±1.05	9.89	±7.05	12.73	±8.01	12.96	±3.67
B	0.09	±0.15	0.99	±1.63	0.86	±1.31	0.28	±0.32	0.58	±0.77
Organik Madde	0.71	±0.26	1.50	±0.73	1.27	±0.29	1.62	±0.89	1.66	±0.88
SAR	0.30	±0.12	0.19	±0.02	0.28	±0.26	0.39	±0.24	0.30	±0.07
Co	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr ⁺⁶	0.002	±0.001	-	-	-	-	-	-	0.001	±0.000
Fe ⁺²	0.029	±0.020	0.015	±0.022	0.072	±0.061	0.022	±0.012	0.021	±0.025
Mn ⁺²	0.014	±0.012	0.010	±0.216	0.006	±0.004	0.013	±0.011	0.332	±0.357
Cu	0.005	±0.004	0.011	±0.016	0.005	±0.002	0.002	±0.001	0.003	±0.002
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	0.007	±0.005	-	-	-	-	0.005	±0.003	-	-

Tablo 8. Göletlerin ortalama parametre değerlerine göre sınıflandırılması

Parametre	Morçipek Göleti							Aşağı Tulgali Göleti							Oymaklı Göleti							Sırmalı Göleti							Sağmal Göleti								
	YSKY	SKKY	ASSKY	İSY	TSE 266	DSÖ	AB	YSKY	SKKY	ASSKY	İSY	TSE 266	DSÖ	AB	YSKY	SKKY	ASSKY	İSY	TSE 266	DSÖ	AB	YSKY	SKKY	ASSKY	İSY	TSE 266	DSÖ	AB	YSKY	SKKY	ASSKY	İSY	TSE 266	DSÖ	AB		
Sıcaklık (°C)	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	A1	-	-	-	-	
Eİ	1	-	-	A1	P.D	-	U	1	-	A1	-	P.D	-	U	1	-	-	A1	P.D	-	U	1	-	-	A1	P.D	-	U	2	-	-	-	-	P.D	-	U	
AKM	-	-	U	-	-	-	-	-	-	U	-	-	-	-	-	-	U	-	-	-	-	-	-	U	-	-	-	-	-	-	U.D	-	-	-	-	-	
Bulanıklık	-	-	-	A2	-	-	-	-	-	-	A2	-	-	-	-	-	-	A2	-	-	-	-	-	-	A2	-	-	-	-	-	-	A2	-	-	-	-	
PH	3	3	U	A1	P.D	-	-	3	3	U	A1	P.D	-	-	3	3	U	A1	P.D	-	-	3	3	U	A1	P.D	-	-	3	3	U	A1	P.D	-	-		
ÇO	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	
Cl ₂	-	-	-	A1	P.D	-	U	-	-	-	A1	P.D	-	U	-	-	-	A1	-	-	U	-	-	-	A1	-	-	U	-	-	-	A1	P.D	-	U		
NO ₂ ⁻	-	-	U.D	A1	-	U	U	-	-	U.D	A1	-	U	U	-	-	U.D	A1	-	U	U	-	-	U.D	A1	-	U	U	-	-	U.D	A1	-	U	U		
NO ₂ -N	2	3	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-
NO ₃ ⁻	-	-	-	A1	P.D	U	U	-	-	-	A1	P.D	U	U	-	-	-	A1	P.D	U	U	-	-	-	A1	P.D	U	U	-	-	-	A1	P.D	U	U		
NO ₃ -N	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
NH ₃	-	-	U	-	-	-	-	-	-	U.D	-	-	-	-	-	-	U.D	-	-	-	-	-	-	U	-	-	-	-	-	-	U.D	-	-	-	-	-	
NH ₄	-	-	U	A1	P.D	-	-	-	-	U	A2	P.D.Ü	-	-	-	-	U	A1	P.D	-	-	-	-	U	A1	P.D	-	-	-	-	U	A2	P.D.Ü	-	-		
PO ₄ ⁻³	-	-	-	A1	-	-	-	-	-	-	A1	-	-	-	-	-	-	A1	-	-	-	-	-	-	A1	-	-	-	-	-	-	A1	-	-	-	-	
P	1	1	U	-	-	-	-	2	2	U.D	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	1	1	U	-	-	-	-	2	2	U.D	-	-	-	-	-	
SO ₄ ⁻	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-		
Na	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-	-	1	-	A1	P.D	-	-		
B	1	1	-	-	P.D	-	-	1	1	-	-	P.D	-	-	1	1	-	-	P.D	-	-	1	1	-	-	P.D	-	-	1	1	-	-	P.D	-	-		
Cr ⁺⁶	2	2	-	A1	P.D	U	U	1	1	-	A1	P.D	U	U	1	1	-	A1	P.D	U	U	1	1	-	A1	P.D	U	U	2	2	-	A1	P.D	U	U		
Fe ⁺²	1	1	-	A1	P.D	-	U	1	1	-	A1	P.D	-	U	1	1	-	A1	P.D	-	U	1	1	-	A1	P.D	-	U	1	1	-	A1	P.D	-	U		
Mn ⁺²	1	1	-	A1	P.D	-	U	1	1	-	A1	P.D	-	U	1	1	-	A1	P.D	-	U	1	1	-	A1	P.D	-	U	2	2	-	A3	P.D.Ü	-	U.D		
Cu	1	1	U	A1	P.D	-	U	1	1	U	A1	P.D	-	U	1	1	U	A1	P.D	-	U	1	1	U	A1	P.D	-	U	1	1	U	A1	P.D	-	U		
Zn	1	1	-	A1	-	-	-	1	1	-	A1	-	-	-	1	1	U	A1	-	-	-	1	1	U	A1	-	-	-	1	1	U	A1	-	-	-	-	

P.D : Parametrik değerde, P.D.Ü : Parametrik değerin üstünde, U: Uygun, U.D : Uygun değil

Çinko (Zn) ortalama değeri, Sırmalı'da 0.011 ± 0.009 mgL^{-1} , Morçişek'te 0.007 ± 0.005 mgL^{-1} (Tablo 6 ve 7), tüm göletlerde, en yüksek Morçişek'te 0.011 mgL^{-1} olarak ölçülmüştür (Tablo 6). Gölet sularındaki çinko değeri, ASSKY'ye göre, zorunlu değerler arasında, SKKY ve YSKYY'ye göre, 1. sınıf, İSY'ye göre, A1 sınıf kalite sular içerisinde yer almaktadır (Tablo 8). Yapılan bazı bilimsel çalışmalarda çinko değeri, Karasu Irmağı'nda (Erzurum) $0.35-1.32$ mgL^{-1} (Sönmez ve ark., 2012), Ziyaret Göleti (Amasya) $0.033-0.146$ mgL^{-1} (Kaya, 2015), Bendimahı Çayı'nda (Van) 0.17 mgL^{-1} (Bulum, 2015), Güzelkonak Deresi'nde 0.037 mgL^{-1} (Bayram, 2016) ve Kabaklı Göleti'nde 0.09 mgL^{-1} (Kaya ve Şen, 2022) olarak bildirilmiştir. Elde edilen değer alabalık ve sazan için uygun değerlerdir. Kobalt ve nikel değerleri düşük konsantrasyon nedeni ile belirlenememiştir (DLA).

Sonuç

Yapılan bu çalışma ile İran sınırına yakın Özalp ve Saray ilçelerinde bulunan su kaynaklarımız hakkında genel bir su kalitesi değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, çalışma konusu olan göletlerin ortalama parametre değerleri su kalite sınıflarına göre değerlendirildiğinde, gölet sularının, YSKYY ve SKKY'ye göre, pH dışındaki parametrelerin tarımsal sulamada kullanılabilir kalitede olduğu, ASSKY'ye göre, nitrit (tüm göletlerde) ve amonyak (Morçişek ve Sırmalı hariç) dışındaki parametrelerin ise sazan ve alabalık üretimine uygun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Wicks ve ark., (2002)'nin bildirdiği değerlere göre, göletlerdeki amonyak değeri sazan balıkları için öldürücü düzeyde olmadığı, ancak alabalıklar için, Sağmal ve A. Tugalı göletlerindeki amonyak değeri, öldürücü düzeyde olduğu, Emre ve Kürüm, (2007)'ün bildirdiği değerlere göre ise, göletlerdeki amonyak değerleri alabalıklar için sınır değerinin altında olduğu görülmüştür.

Göletlere Tarım ve Orman İl Müdürlüğü tarafından belli aralıklar ile sazan balığı aktarılmakta olup, hali hazırda amatör balıkçılık, tarımsal amaçlı olarak kullanılmaktadır (Demir ve Şen, 2021). Göletlerin çevresinde yapılan tarım amaçlı çalışmalar genelde havaların ısınmasıyla başlar. Bu dönemde tarımsal arazilerin yoğun şekilde sulanması, yağışların az olması ve yüksek sıcaklıktan kaynaklanan buharlaşma nedeniyle göletlerin su seviyesinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Gün geçtikçe su kaynaklarımızın tükendiği göz önüne alındığında, arazi sulamalarında, su israfını engellemek için vahşi (salma) sulama yöntemi yerine modern sulama sistemleri kullanılmalıdır. Ayrıca bu konuda, çiftçiler bilinçlendirilmeli ve teşvik edilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışmada, laboratuvarında yapılacak gölet sularının analiz ücretini temin eden Tarım ve Orman Bakanlığı'na (Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü) teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışmada sorumlu yazar dışında, yazarların katkısı yoktur.

Etik Onay

Bu çalışmada, insanlar ve/veya hayvanlar üzerinde bir deney çalışması yapılmamıştır. Çalışma, göletlerden alınan sular üzerinde yapılmıştır. Bu nedenle etik onayına gerek yoktur.

Kaynaklar

- AB. (1998) Avrupa Birliği, insan tüketimi amacıyla kullanılacak su kalitesini 98/83/EC Konsey Direktifi. <https://suar.com.tr/uygulamalar/icmesuyu/icme-suyu-standartlari/avrupa-birligi-icmesuyu-standartlari/>. Erişim tarihi: 10.11.2023.
- Akbaş, A. (2014). Türkiye Üzerindeki Önemli Kurak Yıllar. Coğrafi Bilimler Dergisi 12 (2). 101-118.
- APHA. (1995). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health. USA. 1008p.
- ASSKY. (2014) Alabalık ve Sazan Türü Balıkların Yaşadığı Suların Korunması ve İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete 12.1.2014 tarihli ve 28880 sayılı. Ankara.
- Atabey, E. (2015). Elementler ve Sağlığa Etkileri. Hacettepe Üniversitesi Mezotelyoma ve Medikal Jeoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları. Yayın No: 1. Ankara. s.619.
- Atıcı, A. A. (2017). Karasu Çayı (Van) Kum Alım Faaliyetlerinin Su Kalitesi ve İnci Kefali (*Alburnus tarichi*. Guldenstaedt 1814) Populasyonu Üzerine Etkileri (Doktora tezi basılmamış). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Atıcı, A. A. (2020). Dönerdere, Yumruklu, Değirmigöl ve Dolutaş Göletlerinin (Van, Türkiye) Su Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Cilt: 5 Sayı: 3. 348
- Ayyıldız, M. (1983). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri (ikinci baskı). A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 879. Ders Kitabı No: 244. Ankara.
- Bayram, M. S. (2016). Van Gölü'ne dökülen Güzelkonak (Arpit) Deresi'nin (Gevaş-Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van, Türkiye. 107s.
- Bower, C. A & Wilcox, L. V. (1965). Predpitation and solution ofcalcium carbonate in irrigation operations. Soil Sci 29: 93-94.
- Bulum, B. Ö. (2015). Bendimahı Çayı'nın (Van) su kalite kriterleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van. Türkiye. 126s.

- Bulut, C., Akçimen, U., Uysal, K., Küçükbara, R. & Savaşer, S. (2010). Karanfilliçay Deresi Suyunun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi ve Akuakültür Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 21: 1-7.
- Çağlar, M. (2011). Murat Nehrinin Palu İlçesi ve Güllüskür Bölgeleri Arasında Kalan Kısmının Su Kalitesi Ve Bentik Diyatomeleri (doktora tezi). Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- Çavuş, A. (2018). Aygır Gölü su kalitesi ve yönetimi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Van. Türkiye. 215s.
- Çiçek, N. L. & Ertan, Ö. O. (2012). Köprüçay Nehri (Antalya)'nın fiziko-kimyasal özelliklerine göre su kalitesinin belirlenmesi. *Ekoloji*. 21 (84): 54-65.
- Çoban, F. (2007). Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması (yüksek lisans tezi). Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ.
- Dede, Ö.T. & Sezer, M. (2017). Aksu çayı su kalitesinin belirlenmesinde Kanada su kalitesi indeks (CWQI) modelinin uygulanması. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*. 32 (3): 909-917.
- Demir, M. & Şen, F. (2021). 2021 Yılında Görülen Kuraklığın Van İlindeki Bazı Su Kaynakları ve Balıkçılığa Etkileri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (KUZFAD)*. Sayı: 2. 94 – 104.
- Demir, M. (2023a). Van İlinde Su Ürünleri Üretimimin Mevcut Durumu. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Dergisi (COMU-JMSF). Cilt: 6 Sayı: 1. 15 – 23.
- Demir, M. (2023b). Van İlinde Bulunan Baraj Göllerinde Avlanabilir Stok Tespiti. *Agro Science Journal of Iğdır University* Cilt 1 Sayı 1.
- Dişli, M. (2002). Şanlıurfa Balıklıgölü'nün Su Kalitesi Yönüyle Değerlendirilmesi (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Dönmez, Z. K. (2010). Ilgın Çavuşçu Gölü Sulama Kanalında Su Kalitesi Parametrelerinin İncelenmesi (yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- Donahue, I. & Irvine, K. (2003). Effects of sediment particle size composition on survivorship of benthic invertebrates from Lake Tanganyika. *Africa. Archiv für Hydrobiologie*. 157(1). 131- 144. DOI: 10.1127/0003-9136/2003/0157-0131.
- DSÖ, (1993). World Health Organization. Guidelines for Drinkingwater Quality. <https://suar.com.tr/uygulamalar/icmesuyu/icme-suyu-standartlari/dunya-saglikorgutu-icme-suyu-standartlari/>. Erişim tarihi: 10.11.2023.
- Emre, Y. & Kürüm, V. (2007). Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği. Posta Basım Evi. Seyrantepe-İstanbul. 272.
- Gülle, İ. (2005). Karacaören I Baraj Gölü (Burdur) planktonunun taksonomik ve ekolojik olarak incelenmesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 35(3-4). 201-208.
- Gray, N. F. (2015). Metaller. 9. İçme Suyu Kalitesi. (Ed. Mustafa Işık). Nobel Akademik Yayıncılık. Ankara. 519.
- Gürevin, C. (2004). Ömerli (İstanbul) Baraj Gölü Su Kalitesi Problemlerinin Araştırılması ve Sürdürülebilir Kullanımı (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- HACH. (2005). DR 5000 Spectrometer Procedures Manuel. Erişim tarihi: 10 Haziran 2020. <http://tr.hach.com/quick-search-download-search.jsa?keywords=kullan%C4%B1m>.
- İSY. (2019) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete 6.7.2019 tarihli ve 30823 sayılı. Ankara.
- Kabay, T. (2019). Tarımsal Kuraklık. 3. International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management. Van. Türkiye. 25 - 27 Ekim 2019. ss.128-133.
- Kaya, İ. (2015). Amasya Ziyaret Göleti Havzası Su Kalitesi Ve Sediment Konsantrasyonunun Zamansal Değişiminin Araştırılması (Yüksek lisans tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat.
- Kaya, N. & Şen, F. (2022). Kabaklı Göleti (Diyarbakır) Suyunun Su Kalitesi Özellikleri. *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (KUZFAD)*. Cilt: 2 Sayı: 2. 174 – 184.
- Maraşlıoğlu, F. (2007). Yedikır Baraj Gölü (Amasya-Türkiye) Fitoplanktonu ve Mevsimsel Değişimi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. O.M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun.
- Minareci, O. & Çakır, M. (2018). Adıgüzel Baraj Gölü'nde (Denizli/Türkiye) Deterjan, Fosfat, Bor ve Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 8(1). 61-67.
- Obiefuna, G.I. & Sheriff, A. (2011). Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Area. Yola Area. NE. Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 3: 2: 131-141.
- Oğur, R. & Tekbaş, Ö.F. (2005). "Su Analizleri". Aydan Matbaacılık.
- Olhan, E. & Ataseven, Y. (2009). Türkiye'de içme suyu havza alanlarında tarımsal faaliyetlerden kaynaklanabilecek kirliliği önleme ile ilgili yasal

- düzenlemeler. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. 6 (2). 161-169.
- Özdemir, N. (1994). Tatlı ve Tuzlu Sularda Alabalık Üretimi. Fırat Üniversitesi Yayınları. No:35 228 sayfa. Elazığ.
- Özkan, (2023). Ulusal Su Planı. Tarım ve Orman Dergisi. Tarım ve Orman Bakanlığı. <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/869/ulusal-su-plani-hazirlandi>.
- Pulatsü, S. & Çamdeviren, H. (1999). Water Quality Parameters in İnflow of Sakaryabaşı Trout Farm. Tarım Bilimleri Dergisi. 5:2. 30-35.
- Samsunlu, A. (2005). "Çevre Mühendisliği Kimyası" Birsen Yayınevi. İstanbul.
- Sepil, A. (2020). Nemrut Krater Gölü (Bitlis) Su Kalitesi. Gölde Yaşayan *Aphanius mento* (Heckel. 1843)'nın Larval Ontogenisi Ve Osmoregülatör Kapasitesinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi). Van YYÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- Seyhan, Y. (2016). Deliçay (Haydarbey Çayı)'ın su kalite kriterlerinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Van.
- SKKY. (2008). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Erişim tarihi: 14.11.2023. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080213-13.htm>.
- Sönmez, A.Y., Hisar. O. & Yanık, T. (2012). Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 43(1). 69-77.
- Şahin, C. (2015). Düzağaç Akdeğirmen Baraj Gölü (Sincanlı. Afyonkarahisar) Sığ Bentik Zon'daki Chironomidae Faunasının Su Kalitesi İle İlişkilendirilmesi Üzerine Bir Araştırma (yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Afyon.
- Şen, F. (2001). Nazik Gölü (Ahlat-Bitlis) Sazan (*Cyprinus carpio L.1758*) Populasyonu Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum. Türkiye. 140s.
- Şen, F. (2016). Türkiye'de Su Kaynakları Yönetimi. Söz Sahibi Kurumlar. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve Su Ürünleri Uygulamaları, 2023-2071 Vizyonuyla Tarım (Ed: Kızılkaya S., Öztürk H., Djan F., Değirmen Ş.). 2. Cilt. Semih Ofset. Ankara. s: 208-241.
- Şen, F. (2017). Türkiye'de Su Kaynakları Yönetimi. Söz Sahibi Kurumlar. Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı ve Su Ürünleri Uygulamaları. 2023-2071 Vizyonuyla Tarım. (Ed. Sabri Kızılkaya. Hüseyin Öztürk. Fatih Doğan. Şahin Değirmen. Nail Süngü). Semih Sistem Ofset Basım Yayım. Ankara. 208-241.
- Şen, F. Atıcı. A. A. & Elp, M. (2018). Van Gölü Havzası Endemik Balık Türleri. YYÜ Tar. Bil. Derg. 28:63-70.
- Tanyolaç, J. (2000). Limnoloji. Hatipoğlu Yayınevi. Ankara.
- Tanyolaç, J. (2009). Limnoloji (Tatlısu Bilimi). Hatipoğlu Yayınevi. Ankara. 263.
- Taş, B. & Çetin, M. (2011). Gököl (Ordu-Türkiye)'ün bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin incelenmesi. Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg., 1(1). 73-82.
- Tepe, Y. (2009). Reyhanlı Yenişehir Gölü (Hatay) su kalitesinin belirlenmesi. Ekoloji Dergisi. 18(70). 38-46.
- Tepe, Y. & Mutlu, E. (2004). Yayladağı Görentaş Göleti (Hatay) su kalitesi parametreleri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 35(3-4). 201-208.
- TSE. (2022). Türk Standardı 266 (TS 266): İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara. Türkiye. 1s.
- Varol, M. (2010). Dicle Nehri ve Üzerindeki Baraj Göllerinin Fiziksel. Kimyasal ve Algolojik Özellikleri. Doktora Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Elazığ. 237.
- Yıldız, K., Şen, B., Baykal, T., Akbulut, A., Açıkgöz, İ., Udoh, A. U., Alp, M. T., Canpolat, Ö., Koçer, M. A. & Çağlar, M. (2008). Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Önemli Sulakalanların Alg Florasının Sistemik Olarak İncelenmesi (Dicle Havzası). TÜBİTAK Proje No: TBAG-2436 (101T045).
- Yılmaz, L. & Peker, S. (2013). Su kaynaklarının Türkiye açısından ekono-politik önemi ekseninde olası bir tehlike: Su savaşları. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Ankara. 3(1): 57-74.
- YSKYY. (2015). Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. Resmi Gazete 5.4.2015 tarih ve 29327 sayı. Ankara.
- Wicks, BJ., Joensen, R., Tang, Q. & Randall, DJ. (2002). Swimming and Ammonia Toxicity in Salmonids: the Effect of Sub Lethal Ammonia Exposure on The Swimming Performance of Coho Salmon and The Acute Toxicity of Ammonia in Swimming and Resting Rainbow Trout. Aquat Toxicol. 59(1-2):55-69.
- Zünbülçil, B. (2015). Uluabat Gölü Sulakalan Bölgesi Epifitik Diyatomeleleri İle Su Kalitesi Arasındaki İlişkiler (yüksek lisans tezi). Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



RESEARCH ARTICLE

Can DNA Barcode Study be Done from a Museum Specimen Fixed in a Formaldehyde Solution? A Case of *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758)

Ulvi Kerem Günay^{1*}, Batuhan Yaman Yakın², Atakan Pipilos³, Emre Keskin⁴, Cemal Varol Tok⁵

¹AgriGenomics Hub: Animal and Plant Genomics Research Innovation Center, Ankara University, Ankara, Türkiye

²Ali Nihat Gökyiğit Botanical Garden, Artvin Çoruh University, Artvin, Türkiye

³Department of Biotechnology, Biotechnology Institute, Ankara University, Ankara, Türkiye

⁴Evolutionary Genetics Laboratory (eGL), Department of Fisheries and Aquaculture, Faculty of Agriculture, Ankara University, Ankara, Türkiye

⁵Department of Biology, Faculty of Science, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0003-2136-3954>

<https://orcid.org/0000-0003-4570-5111>

<https://orcid.org/0000-0002-4601-9992>

<https://orcid.org/0000-0002-7279-313X>

<https://orcid.org/0000-0001-9323-9157>

Received: 16.12.2023 / Accepted: 26.12.2023 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Cytochrome oxidase I
European pond turtle
DNA barcoding
Collection
Türkiye

Abstract: DNA barcoding, a molecular taxonomy technique, has been increasingly used by herpetil taxonomists in recent years. In DNA barcoding studies with museum specimens, there are difficulties in achieving success in specimens that have been exposed to formaldehyde, which is usually used as a fixative, for a long time and intensively. Here we studied the effect of formaldehyde on the application of the DNA barcode method in *Emys orbicularis* specimens stored in 4% formaldehyde and 70% ethanol solution since 2008 and 2014. Sanger sequence analysis of tissues taken from samples stored in both ethanol and formaldehyde solution successfully yielded sequences of 623 bp. In conclusion, the use of ethanol solutions should be preferred for mid or long-term sample storage, especially in the context of molecular studies. In cases where the use of formaldehyde is unavoidable, it may be advisable to use extremely low concentrations to increase success in molecular research.

Anahtar kelimeler:

Sitokrom oksidaz I
Benekli kaplumbağa
DNA bakrodlama
Biyolojik koleksiyon
Türkiye

Formaldehit Çözeltilisindeki Bir Müze Örneğinden DNA Barkod Çalışması Yapılabilir mi? *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) Örneği

Öz: Bir moleküler taksonomi tekniği olan DNA barkodlama, son yıllarda herptil taksonomistleri tarafından giderek daha fazla kullanılmaktadır. Müze örnekleri ile yapılan DNA barkodlama çalışmalarında, genellikle fiksatif olarak kullanılan formaldehite uzun süre ve yoğun bir şekilde maruz kalan örneklerde başarı elde etmekte zorluklar yaşanmaktadır. Bu çalışmada, herptil koleksiyon materyali olarak 2008 ve 2014 yıllarından beri %4 formaldehit ve %70 etanol çözeltisinde saklanan *Emys orbicularis* örneklerinde formaldehitin DNA barkod yönteminin uygulanması üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Hem etanol hem de formaldehit çözeltisinde saklanan örneklerden alınan dokuların Sanger dizi analizi sonucunda 623 baz çiftinden oluşan dizileri başarıyla elde edilmiştir. Sonuç olarak, özellikle moleküler çalışmalar bağlamında orta ve uzun süreli numune saklama için alkol solüsyonlarının kullanılmasının tercih edilmesi gerekmektedir. Formaldehit kullanımının kaçınılmaz olduğu durumlarda ise, moleküler araştırmalarda başarıyı artırmak için son derece düşük konsantrasyonların kullanılması tavsiye edilebilir.

Introduction

Since their inception, natural history collections have constituted an indispensable tool for taxonomists (Brooke, 2000), functioning as repositories for the entire spectrum of biological materials integral to taxonomic investigations and facilitating broad dissemination within the scientific community (Pulliandre *et al.*, 2012). Over a span of two and a half centuries, the most important mission of natural history museums and herbaria has been the preservation and dissemination of biological materials and data of scientific importance. However, the advent of the DNA revolution in

the past two decades has engendered a novel challenge (Whitfield, 1999). Curators and scientists are currently confronted with two pivotal inquiries: (a) In instances where novel scientific methodologies necessitate access to the DNA of specimens, how may DNA extraction be conducted from specimens not initially preserved for genomic purposes? (b) When DNA sequences serve as a distinctive marker for specimen identification, how can the enduring association be sustained between the DNA barcode, which provides nomenclature to the user, and the specimens

*Corresponding author: ukgunay@stu.comu.edu.tr

How to cite this article: Günay, U.K., Yakın, B.Y., Pipilos, A., Keskin, E. & Tok, C.V (2024). Can DNA barcode study be done from a museum specimen fixed in a formaldehyde solution? A case of *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). COMU J. Mar. Sci. Fish, 7(1): 18-23. doi:10.46384/jmsf.1405833

meticulously identified by taxonomists? (Pulliandre *et al.*, 2012).

The integration of morphological data with DNA barcode sequences constitutes a potent synergy for a broad spectrum of applications in biodiversity studies (Dayrat 2005, Will *et al.* 2005, Goldstein and DeSalle 2011, Miller *et al.* 2013, Riedel *et al.* 2013). The imperative determination of herptile species at the taxonomic level is indispensable for the comprehensive assessment of species assemblage, spatial distribution, and ecological vitality within a given ecological milieu. DNA barcoding, a molecular taxonomy technique, requires the use of short, predetermined gene sequences in combination with an established reference database (Hebert *et al.*, 2003). Although this method is known to show high efficiency and precision, Hawlitschek *et al.* (2016) emphasize that this method has some biases and limitations in its application. In recent years, numerous DNA barcoding studies on herptile taxa have been conducted (Chovanec and Grillitsch 1994; Beebee *et al.* 2005; Schlaepfer *et al.* 2005; Smith *et al.* 2008; Vences *et al.* 2012; Murphy *et al.* 2013; Perl *et al.* 2014; Chambers *et al.* 2016; Hawlitschek *et al.* 2016; Zangl *et al.*, 2020; Ceriaco *et al.*, 2023). The merging of these molecular datasets significantly augments the repository of the global International Barcode of Life (iBOL) initiative, as posited by Ratnasingham and Hebert (2007).

In a review of the threat categories of turtles and tortoises according to the IUCN (International Union for Conservation of Nature), it was reported that 51.9% of the species had a threatened level Vulnerable or more (CR or EN) (Bayrakcı *et al.*, 2015; Rhodin *et al.*, 2018; IUCN, 2023). *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) the European Pond Turtle is a Palearctic region-native freshwater turtle which has a wide distribution covers the Iberian Peninsula, the Maghreb, central Europe, southern France, Italy, the Baltic States, the Balkan peninsula, Türkiye and the Caspian Sea (Ficetola *et al.*, 2004; Fritz, *et al.*, 2009; Bayrakcı and Ayaz, 2014; Bayrakcı *et al.*, 2015; Escoriza *et al.*, 2020; Broggi, 2023). *Emys orbicularis*, inhabits temporary ponds and seasonal streams and, commonly found in permanent ponds and slow-flowing rivers which often surrounded by woodlands and marshes. According to the IUCN Red List *E. orbicularis* is listed as “Near Threatened” (Bayrakcı *et al.*, 2015; IUCN, 2023).

For various disciplines, including ecology, phylogenetics, biodiversity, evolutionary biology, and epidemiology, stored biological samples provide a valuable supply of genetic data. Formaldehyde solutions has been used to preserve samples, ranging from tissues to whole organisms. However, the sample's amplification of DNA and sequencing suffers by this preservation (Greer *et al.*, 1991). The development of new protocols for isolating DNA from formalin-fixed samples represents a promising avenue for increasing the ability to collect genetic information from such samples. In particular, the use of formalin-fixed samples curated in collections and museums is valuable to distinguish the impact of environmental changes on the genomic structure of biological populations (Totoiu *et al.*, 2020).

The ability of aqueous formaldehyde to inhibit the growth of parasitic microorganisms is another benefit (Fox *et al.*, 1985) yet using formalin-preserved samples for molecular testing is often challenging. Base deglycosylation is caused by the electrophilic formaldehyde's covalent alteration of DNA bases, which results in abasic regions that can break DNA strands (Lindahl and Andersson, 1972). PCR and DNA sequencing can also be inhibited by intrastrand and protein-DNA crosslinks created by formaldehyde (Dutta *et al.*, 2007).

Sequence artifacts, or apparent sequence changes that are distinct from the original sample can arise in DNA that has been effectively extracted from samples (Do and Dobrovic, 2015). Because it might be challenging to differentiate between real and artificial sequence changes, there is a higher chance of false-positive mutation calls (Wong *et al.*, 2013; Wong *et al.*, 2014)

In this study, we present the effect of different types of preserving solution to DNA barcoding studies and a local database for *Emys orbicularis* from the Çanakkale population.

Material and Methods

The samples of *Emys orbicularis* specimens were collected from 2 different localities and stored in 70% ethanol solution in the ÇOMU-ZLAR herptile collection (Table 1).

Table 1. Metadata of *Emys orbicularis* specimens of this study.

GenBank	Collection Code	Tissue Code	Species	Locality	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Preserving Solution	DNA Concentration (µg/µl)	A260/230 (nm)	A260/280 (nm)
OR961469	2014/150	150	<i>Emys orbicularis</i>	Çanakkale	40.156867°	25.957941°	20	70% Ethanol	413.04	2.26	1.74
OR961478	2008/156	156	<i>Emys orbicularis</i>	Çanakkale	39.940815°	26.230843°	15	4% Formaldehyde	108.9	0.5	1.60

DNA Extraction

DNA isolations were carried out on muscular tissue sourced from the posterior extremities. It was performed according to the GeneMATRIX Tissue & Bacterial DNA Purification Kit's Sample preparation for formalin-fixed tissues procedure with minor modifications (Coombs *et al.*, 1999). In accordance with this preparation step, before the genomic DNA extraction, tissue samples were rinsed in phosphate-buffered saline (PBS) buffer to limit exposure to formalin gas and formalin pollution. The resulting DNA's quality and quantity were evaluated using the SPECTROstar Nano Spectrometer device. A straightforward yet efficient method of reducing sequence artifacts resulting from DNA lesions would be to employ particular DNA polymerases with low bypass efficiency over a range of DNA defects. GoTaq® DNA Polymerase, a proprietary Taq polymerase formulation that provides robust amplification comparable to and, in certain situations, better than that of traditional Taq, has been used in the current study.

PCR Amplifications

A 623-bp fragment from the 5' region of the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene, recognized as the DNA barcoding region, was amplified using the degenerate universal barcoding primers dgLCO-1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGAYATYGG-3') and dgHCO-2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAARAYCA-3') (Meyer, 2003). The PCR procedure commenced with an initial heating step at 94 °C for 2 min, followed by 35 cycles consisting of denaturation at 94 °C for 1 min, annealing at 54 °C for 45 s, and extension at 72 °C for 2 min. A final extension step at 72 °C for 10 min concluded the amplification process. Each 10 µL reaction mixture was composed of 0.05 ul of GoTaq® DNA Polymerase, 1,2 ul MgCl₂, 2 ul 5X Buffer, 0,8 ul dNTP, 0,5 ul of each primer

(5 pmol/ml), and sterile water making up the final volume to 10 ul. The PCR products were then assessed for optimal fragment size through electrophoresis on a 2% agarose gel.

Sequencing

The purification of PCR products was carried out with the Thermo Fisher Scientific ExoSAP-IT PCR Product Cleanup Reagent following the supplier's protocol. Subsequently, unidirectional sequencing of these PCR products was conducted using the identical primers. The sequencing process occurred on a Thermo Fisher Scientific SeqStudio Genetic Analyzer, utilizing the Thermo Fisher Scientific BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit in accordance with the manufacturer's specifications.

Analyses

Analyses were performed based on 623 base pair fragments that were trimmed and quality checked. Nucleotide sequences were aligned and checked for read errors, insertions, and deletions. All analyses were performed using MEGA 11 (Tamura *et al.*, 2021) to measure the proportion of correctly identified queries.

Results

A final sequence for cytochrome c oxidase I with a length of 623 base pairs was generated and deposited in the GenBank database under accession numbers OR961469 - OR961478 (Figure 1). No deletions or insertions were detected in the alignment of the sequences. Following translation of the protein-coding mitochondrial cytochrome c oxidase I sequences into protein; an analysis was performed for stop codons based on the vertebrate mitochondrial genetic code. No stop codons were detected, confirming that the cytochrome c oxidase I dataset encodes functional mitochondrial genes. Analysis of the nucleotide composition showed a G-C content of 40.50 percent for the cytochrome c oxidase I dataset.

```

1 gcattaagtc tactaatccg cgcagaactg agtcaaccag gagccctttt aggagatgac
61 caagtctata atgttatcgt tacagcccat gccttcatta taatcttctt catggtcata
121 ccagttataa ttggtggatt tggaaattga cttgtaccat taataatcgg agcaccagat
181 atagcattc cacgtataaa taatataagt ttctgacttt tacctccatc cctactacta
241 cttctagcat catcaggaat tgaagcaggg gcaggcacag gttgaactgt ataccccccg
301 ctagccggaa acttagctca tgccgggtgcc tctgtagacc taactatctt ttctctccac
361 ttgctgggtg tatcttcaat tttaggggct atcaatttta ttaccacagc aattaacata
421 aaatccccag ccatatcaca ataccaaaaca ccctgtttg tatgatcagt acttattacc
481 gctgtcctat tactattatc attaccagta ctagctgcag gtatcactat actacttaca
541 gaccgaaact taaatacaac cttctttgac cttcagggg gaggagacc aatcctatat
601 caacacttat tctgattctt tgg

```

Figure 1. 623 base pair COI data of *Emys orbicularis* from formaldehyde and ethanol preserving solutions.

Discussion

As the exposure time to fixation increases, the number of direct and indirect reactions between DNA and the fixative also increases (Rogers *et al.*, 1990; Greer *et al.*, 1991; Forsthoefel *et al.*, 1992; Hamazaki *et al.*, 1993). Similarly, it has been demonstrated that the duration of

fixation also influences the procedures to be carried out (Gavrilov and Razin, 2009). The results obtained from the current study showed that fixation of tissues with a low concentration of formaldehyde solution did not significantly reduce the amplification potential of DNA.

Blum (1894) is acknowledged for introducing formaldehyde as a tissue fixative. Currently, 10% neutral buffered formalin, a formulation of formaldehyde, is widely utilized as a universal fixative due to its effectiveness in preserving diverse tissue types and components. Nevertheless, endeavours to extract functional DNA from the tissues fixed with formalin have produced outcomes of varying success (Bramwell and Burns, 1988; Yagi *et al.*, 1996). In this case, one of the main factors contributing to the successful results of the specimen stored in formaldehyde solution is the use of about 3-4% formaldehyde, unlike the typical use of formaldehyde, which is usually around 10%.

Although we were successfully able to sequence from a formaldehyde specimen; for biological collections to fulfill their purpose, low concentrations of formaldehyde can be used, if necessary, after creating a "tissue inventory" by taking tissue from the specimens as a preliminary preparation for molecular studies before the specimens are fixed. In this way, we hope that since the samples can be stored intact, the need to obtain new samples from nature will be reduced and the collection samples can be used in future molecular studies.

Acknowledgement

This manuscript is a part of PhD. thesis of Ulvi Kerem GÜNAY, supervised by Cemal Varol TOK and Emre KESKİN.

We would like to thank eGL (Evolutionary Genetics Laboratory) and AgriGx (AgriGenomics Hub) teams, who provided financial, material and labor support for this study.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Author Contributions

Günay U.K.: Conceived, designed and performed analysis, wrote the paper. Pipilos A. and Keskin E.: Performed analysis and wrote the paper. Yakin B.Y. and Tok C.V.: Collected specimens and wrote the paper.

Ethics Approval

No alive specimens were used for this study. The specimens used in this study were found freshly dead during field studies in the past years (2008 & 2014) and have still been preserved in the ÇOMU-ZTAR herptile collection with 2008/156 & 2014/150 collection numbers.

References

- Bayrakçı, Y., & Ayaz, D. (2014). Dynamics of a Central Anatolian population of *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). *Herpetozoa*, 27(1/2), 29-37.
- Bayrakçı, Y., Ayaz, D., & Çiçek, K. (2015). Data on the population of syntopic turtles *Emys orbicularis* (L., 1758) and *Mauremys rivulata* (Valenciennes, 1883)

from Great Menderes Delta (western Anatolia, Turkey). *Russian Journal of Herpetology*, 22(2), 79-83.

- Beebe, T. C., & Griffiths, R. (2005). The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology?. *Biological Conservation*, 125(3), 271 - 285. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.04.009>
- Blum, F. (1894). Notiz über die Anwendung des Formaldehyds (Formol) als Härtungs- und Conservierungsmittel. *Anatomischer Anzeiger (Annals of Anatomy)*, 9, 229-231
- Bramwell, N. H., & Burns, B. F. (1988). The effects of fixative type and fixation time on the quantity and quality of extractable DNA for hybridization studies on lymphoid tissue. *Experimental Hematology*, 16(8), 730-732.
- Broggi, M. F. (2023). Occurrence and status of the European Pond Turtle, *Emys orbicularis hellenica* (Valenciennes, 1833), on Aegean and Ionian Islands (Greece, Turkey). *Herpetozoa*, 36, 249-257.
- Brooke, M. (2000). Why museums matter. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(4), 136-137.
- Ceríaco, L. M. P., Marques, M. P., de Sousa, A. C. A., Veríssimo, J., Beja, P., & Ferreira, S. (2023). Illustrated keys and a DNA barcode reference library of the amphibians and terrestrial reptiles (Amphibia, Reptilia) of São Tomé and Príncipe (Gulf of Guinea, West Africa). *ZooKeys*, 1168, 41.
- Chambers, E. A., & Hebert, P. N. (2016). Assessing DNA barcodes for species identification in North American reptiles and amphibians in natural history collections. *PLOS One*, 11(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154363>
- Chovanec, A., & Grillitsch, B. (1994). *Amphibien als bioindikatoren für die schadstoffbelastung von leingewässern*. Umweltbundesamt. Wien. [ISBN 3-85457-188-7]
- Coombs, N. J., Gough, A. C., & Primrose, J. N. (1999). Optimisation of DNA and RNA extraction from archival formalin-fixed tissue. *Nucleic acids research*, 27(16), e12-i.
- Greer, C. E., Lund, J. K., & Manos M. M. (1991). PCR amplification from paraffin-embedded tissues: recommendations on fixatives for long-term storage and prospective studies. *PCR Methods and Applications*, 1(1), 46-50. <https://doi.org/10.1101/gr.1.1.46> PMID: 1842921
- Dayrat, B. (2005). Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85, 407-415. doi: 10.1111/j.1095-8312.2005.00503.x
- Do, H., & Dobrovic, A. (2015). Sequence artifacts in DNA from formalin-fixed tissues: causes and strategies for minimization. *Clinical Chemistry*, 61(1), 64-71.

- Dutta, S., Chowdhury, G., & Gates, K. S. (2007). Interstrand cross-links generated by abasic sites in duplex DNA. *Journal of the American Chemical Society*, 129(7), 1852–1853. <https://doi.org/10.1021/ja067294u> PMID: 17253689
- Escoriza, D., Franch, M., Ramos, S., Sunyer-Sala, P., & Boix, D. A. N. I. (2020). Demographics and survivorship in the European pond turtle (*Emys orbicularis*): a 31-year study. *Herpetological Conservation and Biology*, 15(1), 41-48.
- Ficetola, G. F., Padoa-Schioppa, E., Monti, A., Massa, R., Bernardi, F. D., & Bottoni, L. (2004). The importance of aquatic and terrestrial habitat for the European pond turtle (*Emys orbicularis*): implications for conservation planning and management. *Canadian Journal of Zoology*, 82(11), 1704-1712.
- Forsthoefel, K. F., Papp, A. C., Snyder, P. J., & Prior, T. W. (1992). Optimization of DNA Extraction from Formalin-fixed Tissue and Its Clinical Application in Duchenne Muscular Dystrophy. *American Journal of Clinical Pathology*, 98, 98-104.
- Fox, C. H., Johnson, F. B., Whiting, J., & Roller, P. P. (1985). Formaldehyde fixation. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 33(8), 845–853. <https://doi.org/10.1177/33.8.3894502> PMID: 389450
- Fritz, U., Ayaz, D., Hundsdörfer, A. K., Kotenko, T., Guicking, D., Wink, M., ... & Buschbom, J. (2009). Mitochondrial diversity of European pond turtles (*Emys orbicularis*) in Anatolia and the Ponto-Caspian Region: Multiple old refuges, hotspot of extant diversification and critically endangered endemics. *Organisms Diversity & Evolution*, 9(2), 100-114.
- Gavrilov, A., & Razin, S. V. (2009). Formaldehyde Fixation of Cells Does not Greatly Reduce the Ability to Amplify Cellular DNA. *Analytical Biochemistry*, 390, 94-96.
- Goldstein, P. Z., DeSalle, R., (2011). Integrating DNA barcode data and taxonomic practice: Determination, discovery, and description. *Bioessays*, 33, 135-147. doi: 10.1002/bies.201000036
- Greer, C. E., Peterson, S. L., Kiviat, N. B., & Manos, N. M. (1991). PCR Amplification from Paraffin-Embedded Tissues. Effects of Fixative and Fixation Time. *American Journal of Clinical Pathology*, 95, 117-124.
- Hamazaki, S., Koshiba, M., Habuchi, T., Takahashi, R., & Sugiyama, T. (1993). The Effect of Formalin Fixation on Restriction Endonuclease Digestion of DNA and PCR Amplification. *Pathology-Research and Practice*, 189, 553-557.
- Hawlitshchek, O., Morinière, J., Dunz, A., Franzen, M., Rödder, D., Glaw, F., & Haszprunar, G. (2016). Comprehensive DNA barcoding of the herpetofauna of Germany. *Molecular Ecology Resources*, 16(1), 242-253.
- Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & DeWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), 313-321.
- IUCN. (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1*. Access date: 15 December 2023, <https://www.iucnredlist.org>.
- Lindahl, T., & Andersson, A. (1972). Rate of chain breakage at apurinic sites in double-stranded deoxyribonucleic acid. *Biochemistry*, 11(19), 3618–3623. <https://doi.org/10.1021/bi00769a019> PMID: 4559796
- Meyer, C. (2003). Molecular systematics of cowries (Gastropoda: Cypræidae) and diversification patterns in the tropics. *Biological Journal of the Linnean Society*, 79(3), 401-459. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2003.00197.x>
- Miller, J. A., Beentjes, K. K., van Helsdingen, P., & IJland, S. (2013). Which specimens from a museum collection will yield DNA barcodes? A time series study of spiders in alcohol. *ZooKeys*, (365), 245.
- Murphy, R., Crawford, A., Bauer, A., Che, J., Donnellan, S., Fritz, U., Haddad, C. B., Nagy, Z., Poyarkov, N., Vences, M., Wang, W., & Zhang, Y. (2012). Cold code: The global initiative to DNA barcode amphibians and nonavian reptiles. *Molecular Ecology Resources*, 13(2), 161-167. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12050>
- Perl, R. G. B., Nagy, Z., Sonet, G., Glaw, F., Wollenberg, K., & Vences, M. (2014). DNA barcoding Madagascar's amphibian fauna. *Amphibia-Reptilia*, 35(2), 197-206. <https://doi.org/10.1163/15685381-00002942>
- Puillandre, N., Bouchet, P., Boisselier-Dubayle, M. C., Brisset, J., Buge, B., Castelin, M., ... & Samadi, S. (2012). New taxonomy and old collections: integrating DNA barcoding into the collection curation process. *Molecular Ecology Resources*, 12(3), 396-402.
- Ratnasingham, S., & Hebert, P. D. (2007). BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Molecular Ecology Notes*, 7(3), 355-364. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x>
- Rhodin, A. G., Stanford, C. B., Van Dijk, P. P., Eisemberg, C., Luiselli, L., Mittermeier, R. A., ... & Vogt, R. C. (2018). Global conservation status of turtles and tortoises (order Testudines). *Chelonian Conservation and Biology*, 17(2), 135-161.
- Riedel, A., Sagata, K., Suhardjono, Y. R., Tänzler, R., & Balke, M. (2013). Integrative taxonomy on the fast track – towards more sustainability in biodiversity research. *Frontiers in Zoology*, 10, 1-9. doi: 10.1186/1742-9994-10-15
- Rogers, B. B., Alpert, L. C., Hine, E. A. S., & Buffone, G. J. (1990). Analysis of DNA in Fresh and Fixed Tissue

- by Polymerase Chain Reaction. *The American Journal of Pathology*, 136(3), 541-548.
- Schlaepfer, M., Hoover, C., & Dodd, C. K. (2005). Challenges in evaluating the impact of the trade in amphibians and reptiles on wild populations. *BioScience*, 55(3), 256-264. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0256:cietio\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0256:cietio]2.0.co;2)
- Smith, M. A., Poyarkov, N., & Hebert, P. N. (2008). DNA Barcoding: CO1 DNA barcoding amphibians: take the chance, meet the challenge. *Molecular Ecology Resources*, 8(2), 235-246. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01964.x>
- Tamura, K., Stecher, G., & Kumar, S. (2021). MEGA11: Molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution*, 38(7), 3022-3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Totoiu, C. A., Phillips, J. M., Reese, A. T., Majumdar, S., Girguis, P. R., Raston, C. L., & Weiss, G. A. (2020). Vortex fluidics-mediated DNA rescue from formalin-fixed museum specimens. *PloS one*, 15(1), e0225807.
- Vences, M., Nagy, Z., Sonet, G., & Verheyen, E. (2012). DNA barcoding amphibians and reptiles. *DNA Barcodes*, 79-107. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-591-6_5
- Whitfield, J. B. (1999). Destructive sampling and information management in molecular systematic research: an entomological perspective. In S. Byers & D. Metsger (Eds.), *Managing the Modern Herbarium: An Interdisciplinary Approach* (pp. 301-314): Society for Preservation of Natural History Collections, New York and Royal Ontario Museum, Toronto.
- Will, K. W., Mishler, B. D., Wheeler, Q. D. (2005). The perils of DNA barcoding and the need for integrative taxonomy. *Systematic Biology*, 54, 844-851. doi: 10.1080/10635150500354878
- Wong, S. Q., Li, J., Salemi, R., Sheppard, K. E., Do, H., Tothill, R. W., ... & Dobrovic, A. (2013). Targeted-capture massively-parallel sequencing enables robust detection of clinically informative mutations from formalin-fixed tumours. *Scientific Reports*, 3(1), 3494.
- Wong, S. Q., Li, J., Tan, A. Y., Vedururu, R., Pang, J. M. B., Do, H., ... & The CANCER 2015 Cohort. (2014). Sequence artefacts in a prospective series of formalin-fixed tumours tested for mutations in hotspot regions by massively parallel sequencing. *BMC medical genomics*, 7, 1-10.
- Yagi, N., Satonaka, K., Horio, M., Shimogaki, H., Tokuda, Y., & Maeda, S. (1996). The role of DNase and EDTA on DNA degradation in formaldehyde fixed tissues. *Biotechnic & histochemistry*, 71(3), 123-129.
- Zangl, L., Daill, D., Schweiger, S., Gassner, G., & Koblmüller, S. (2020). A reference DNA barcode library for Austrian amphibians and reptiles. *PLoS One*, 15(3), e0229353.

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



RESEARCH ARTICLE

Genetic Confirmation of the Striped Eel Catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787) from Iskenderun Bay (Eastern Mediterranean, Türkiye)

Cemal Turan¹, Ayşegül Ergenler¹, Funda Turan¹, Servet Ahmet Doğdu^{1,2} *

¹Faculty of Marine Science and Technology, Iskenderun Technical University, 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye

¹Faculty of Marine Science and Technology, Iskenderun Technical University, 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye

¹Faculty of Marine Science and Technology, Iskenderun Technical University, 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye

²Iskenderun Technical University, Maritime Technology Vocational School of Higher Education, Underwater Technologies, 31200 Iskenderun, Hatay, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0001-9584-0261>

<https://orcid.org/0000-0001-9186-3909>

<https://orcid.org/0000-0002-0257-6009>

<https://orcid.org/0000-0003-2939-5838>

Received: 09.03.2024 / Accepted: 22.05.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Plotosus lineatus
Genetic confirmation
Eel catfish
Invasive species
mtDNA COI

Abstract: The records of the striped eel catfish *Plotosus lineatus* have been assigned based on morphological characters in the Mediterranean Sea. However, molecular and genetic analyses are needed to confirm the morphological taxonomic determination and avoid misidentification. In this study, the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene region was used for genetic confirmation of *Plotosus lineatus* in the Mediterranean Sea. The obtained *P. lineatus* sequences were found to have a 100% identity match with the Red Sea and Mediterranean records. The present molecular genetic study confirms the presence of *P. lineatus* in Turkish marine waters. Also, this study is the first genetic confirmation of *P. lineatus* on the coast of Türkiye and in the Mediterranean Sea.

Anahtar kelimeler:

Plotosus lineatus
Genetik doğrulama
Yılan balığı
İstilacı tür
mtDNA COI

Çizgili Yılan Balığının *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787) İskenderun Körfezi'nden (Doğu Akdeniz, Türkiye) Genetik Doğrulaması

Öz: Çizgili yılan balığı *Plotosus lineatus*'un Akdeniz'deki kayıtları morfolojik karakterlere dayanılarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, morfolojik taksonomik belirlemeyi doğrulamak ve yanlış tanımlamayı önlemek için moleküler ve genetik analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, Akdeniz'deki *Plotosus lineatus*'un genetik doğrulaması için mitokondriyal sitokrom c oksidaz alt ünite I (COI) gen bölgesi kullanılmıştır. Elde edilen *P. lineatus* dizilerinin Kızdizeniz ve Akdeniz kayıtları ile %100 örtüştüğü tespit edilmiştir. Mevcut moleküler genetik çalışma ile *P. lineatus*'un Türk deniz sularındaki varlığını doğrulamaktadır. Ayrıca, bu çalışma *P. lineatus*'un Türkiye kıyılarında ve Akdeniz'de ilk genetik doğrulamasıdır.

Introduction

Marine alien and invasive species have increased in the Mediterranean ecosystem due to the opening of the Suez Canal and the effects of climate change (Turan et al., 2016; Tiralongo et al., 2020; Langeneck et al., 2023). To date, more than 100 non-native fish species from the Indo-Pacific region have entered the Eastern Mediterranean via the Suez Canal (Galil et al., 2018; Turan et al., 2018; Azzurro and D'Amen, 2022; Mutlu et al., 2023).

The family Plotosidae has 10 valid genera and 42 valid species all over the world but only a single species, striped eel catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787), has been reported in the Mediterranean Sea (Golani, 2002; Fricke et al., 2023; Doğdu et al., 2016). *P. lineatus* is distributed throughout the Indo-Pacific, Red Sea and Mediterranean. First recorded in the Mediterranean from the Israeli coast

(Golani, 2002) after which, it was rapidly established in the Mediterranean Sea. Thereafter, it was recorded from Egypt, Syria, Türkiye and Northern Cyprus, respectively (Temraz & Ben Souissi, 2013; Ali et al., 2015; Doğdu et al., 2016; Turan et al., 2022). Monitoring studies have shown that the species is spreading rapidly in the Mediterranean (Turan and Doğdu, 2023; Doğdu & Turan, 2024).

The mtDNA sequence analysis is extensively used for species identification in taxonomic studies (Hebert et al., 2003; Doğdu and Turan, 2021). In recent years, the issue of invasive alien fish species has become a growing concern in marine ecosystems (Katsanevakis et al., 2014; Watkins et al., 2021; Turan and Doğdu, 2022; Chaikin et al., 2023). The mtDNA sequence analysis can identify and differentiate between species of fish with a high degree of accuracy

*Corresponding author: servet.dogdu@iste.edu.tr

How to cite this article: Turan, C., Ergenler, A., Turan, F. & Doğdu, S.A. (2024). Genetic confirmation of the striped eel catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787) from Iskenderun Bay (Eastern Mediterranean, Türkiye). COMU J. Mar. Sci. Fish, 7(1): 24-29. doi:10.46384/jmsf.1449570

(Landi et al., 2014; Isaacs and Hellberg, 2020; Antil et al., 2023). It can play a key role in the identification and management of alien fish species, allowing for early detection and rapid response to prevent further ecological disruption (Bariche et al., 2015; Turan et al., 2017; Doğdu et al., 2019).

Here, we used mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI) for the molecular identification of *Plotosus lineatus*. This is the first genetic confirmation of *P. lineatus* on the coast of Türkiye and in the Mediterranean Sea.

Material and Methods

Four samples of *Plotosus lineatus* were captured by gill net at a depth of 20 m in İskenderun Bay on 20 September 2023 by fishermen. Samples were safely transported to the laboratory and placed on crushed ice for analysis. All tissue samples were stored at -20 °C under 95% ethanol until analysis.

mtDNA were obtained from the muscle samples using phenol-chloroform with minor changes (Sambrook et al., 1989). Polymerase chain reaction (PCR) amplification was performed with the following universal cytochrome c oxidase subunit I (COI) primers (Ward et al., 2005):

Fish1_COI_F1:

5'-TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC-3'

Fish1_COI_R1:

5'-ACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA-3'

The PCR reaction was performed in a volume of 50 µl with 0.4 µM of each primer, 0.2 mM dNTP and 0.5 U Taq DNA polymerase in a PCR buffer containing 20 mM Tris-HCl (pH 8.0), 1.5 mM MgCl₂, 15 mM KCl and 1.5 µl template DNA. The denaturation step comprised 30 cycles at 95°C for 45 seconds, 60°C for 30 seconds, and 75°C for 60 seconds, followed by a final extension for 3 minutes at 72°C. Electrophoresis on a 1.5% agarose gel was used to visualise the PCR products. The order of the nucleotides in the mtDNA COI gene region was determined through DNA sequencing. The BigDye sequencer V3.1 and ABI 3130 XL genetic analyzer were applied with the Sanger et al. (1977) chain termination method. COI subsequences aligned using BioEdit (Hall et al., 2011). Genetic diversity and sequence divergence were determined after sequence alignment and phylogenetic trees were constructed using MEGA X (Kumar et al., 2018). Sequences of other *Plotosus* species obtained from GenBank and the BOLD system were used to construct phylogenetic trees. The accession numbers and references of the sequences used are given in Table 1.

Table 1. Sequences of other *Plotosus* species obtained from Genbank and the BOLD system.

Species	Accession Numbers	Database	References
<i>Plotosus lineatus</i>	KR861548.1	GenBank	Bariche et al., (2015)
<i>Plotosus lineatus</i>	BIM263-13	BOLD System	Unpublished
<i>Plotosus lineatus</i>	KM538501.1	GenBank	Shirak et al., (2016)
<i>Plotosus canius</i>	KR086940.1	GenBank	Samani et al., (2016)
<i>Plotosus canius</i>	MK093214.1	GenBank	Kundu et al., (2019)
<i>Plotosus canius</i>	OR271961.1	GenBank	Unpublished
<i>Plotosus canius</i>	KP258655.1	GenBank	Samani et al., (2016)
<i>Plotosus canius</i>	KU692769.1	GenBank	Dahrudin et al., (2017)
<i>Plotosus limbatus</i>	KF824846.1	GenBank	Barathkumar et al., (2020)
<i>Plotosus limbatus</i>	KF824845.1	GenBank	Barathkumar et al., (2020)
<i>Plotosus limbatus</i>	KF824844.1	GenBank	Barathkumar et al., (2020)
<i>Plotosus japonicus</i>	KR270437.1	GenBank	Liu and Zhang (2016)
<i>Plotosus japonicus</i>	NC_027737.1	GenBank	Liu and Zhang (2016)
<i>Plotosus japonicus</i>	AP012020.1	GenBank	Nakatani et al., (2011)
<i>Plotosus japonicus</i>	ILRS001-19	BOLD System	Goren et al., (2020)
<i>Plotosus nkunga</i>	JF494192.1	GenBank	Unpublished
<i>Plotosus nkunga</i>	JF494190.1	GenBank	Unpublished
<i>Plotosus nkunga</i>	KF511562.1	GenBank	Dhar and Ghosh (2015)
<i>Sebastes schlegelii</i>	OR577041.1	GenBank	Yağlıoglu et al., (2023)

Results

There were observed 5 variable and 630 conservative nucleotides over 635 bp DNA barcode of four *Plotosus lineatus* samples. With the four barcodes obtained from our study, eleven haplotypes were found in a total of 22 sequences belonging to the species of the genus *Plotosus*, and no common haplotype was found between the species (Table 2. See Supplementary Material for further details). The mtDNA COI gene region sequence of four *Plotosus lineatus* samples was obtained at 635 bp and into the Genbank with accession number: PP434659-PP434662 and BOLD with sample number: PLIN001-PLIN004 (BIN: ACG8821). The Genbank and BOLD databases were used

for comparison with sequences of other *Plotosus* species with a worldwide marine distribution. The accession numbers of the sequences used are given in Table 1.

The analyses of Neighbour-Joining (NJ) and Maximum Parsimony (MP) trees of the sequences created within the scope of our study and the sequences obtained from Genbank and BOLD databases are given in Figure 1 and Figure 2. Both NJ and MP phylogenetic trees were observed with similar tree topologies. The bootstrap consensus tree inferred from 1000 replicates was taken to represent the evolutionary history of the taxa analyzed (Felsenstein, 1985).

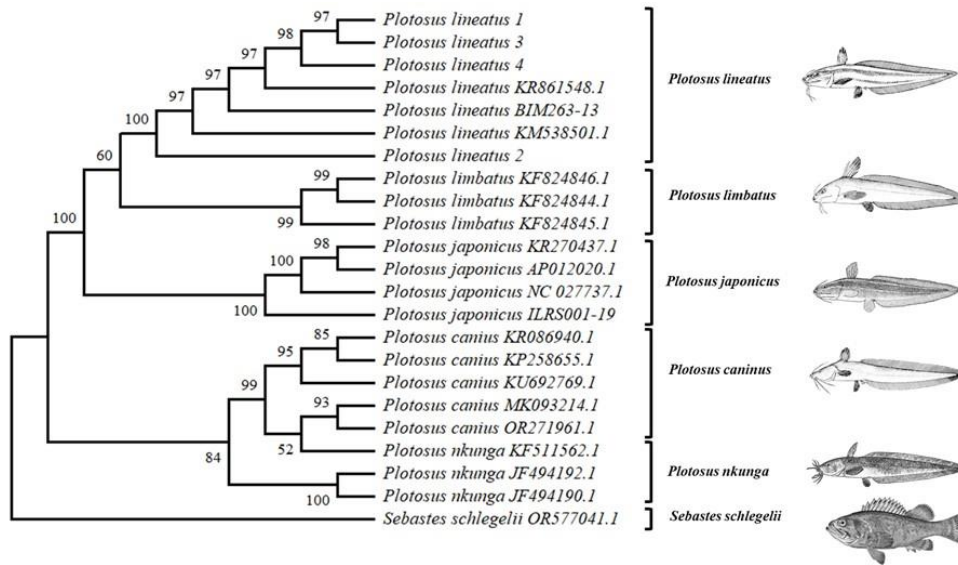


Figure 1. Neighbour-Joining (NJ) phylogenetic tree based on COI sequences. Fish drawings from Froese & Pauly (2023). The NJ tree was constructed by using the outgroup species *Sebastes schlegelii*. In the tree created with the bootstrap test (1000 replicates), branches with a bootstrap value of less than 50% were reduced.

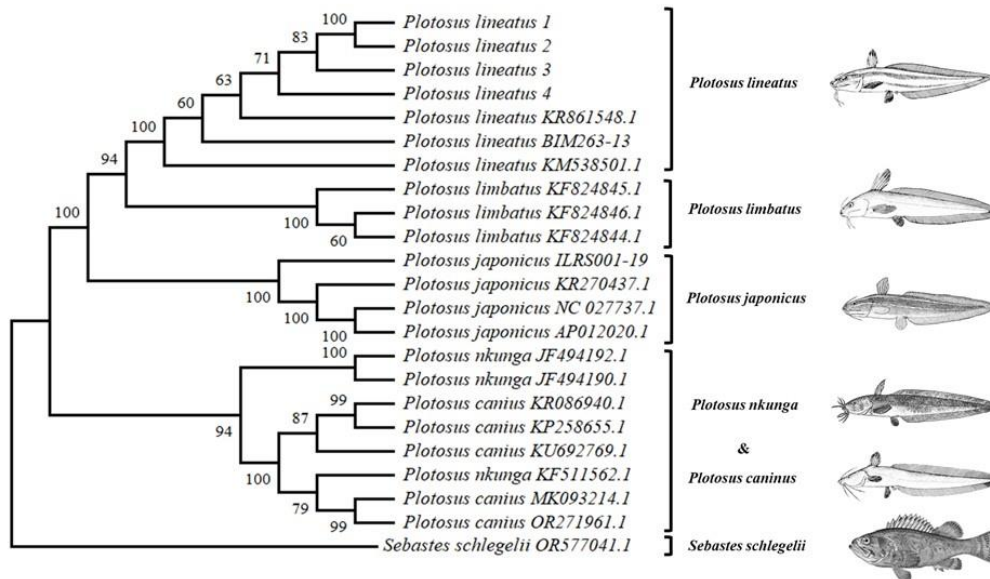


Figure 2. Maximum Parsimony (MP) phylogenetic tree based on COI sequences. Fish drawings from Froese & Pauly (2023). The tree was constructed by using the outgroup species *Sebastes schlegelii*. In the MP tree created with the bootstrap test (1000 replicates), branches with a bootstrap value of less than 50% were reduced.

Discussion

The majority of Lessepsian fish entering the Mediterranean Sea probably originate from populations in the Red Sea (Gollani et al., 2021; Azzurro et al., 2022). In this study, *Plotosus lineatus* specimens distributed in Turkish marine waters were genetically analysed and *P. lineatus* were identified by the NJ and MP trees with a high bootstrap value. At the species level, the obtained *P. lineatus* sequences have a 100% identity match with KR861548.1 (Bariche et al., 2015) and KM538501.1 (Shirak et al., 2016) from the Red Sea according to the blast results obtained from the Genbank database. Moreover, according to the NJ and MP phylogenetic trees, *Plotosus lineatus* were found as genetically distinct from other *Plotosus* species. Goren et al. (2020) recorded *Plotosus japonicus* from the Gulf of Aqaba using the COI gene region and reported that *P. lineatus* and *P. japonicus* showed a sympatric distribution. Therefore, they concluded that the records of these species should be genetically confirmed. Species identification studies, combining both morphological and molecular tools, are becoming increasingly common, allowing clear taxonomic identity to be established (Vella et al., 2016; Karan et al., 2019; Deidun et al., 2020; Turan et al., 2020).

In conclusion, this study proves the presence of *Plotosus lineatus* in Turkish marine waters and in the Mediterranean Sea. Genetic analyses showed that *P. lineatus* is the species that entered the Mediterranean Sea and showed genetic differences from other *Plotosus* species at the species level.

Conflicts of Interest

The authors declare that there are no conflicts of interest or competing interests.

Author Contributions

Cemal TURAN: Designing of the study, identification of species, data analysis, checking-original draft preparation. Ayşegül ERGENLER: Supported the laboratory study, sample collections, and checking-original draft preparation. Funda TURAN: Data analysis, checking-original draft preparation. Servet Ahmet DOĞDU: Designing of the study, identification of species, data analysis, writing-original draft preparation, submission, writing-review and editing, visualization.

Ethics Approval

Ethics committee approval is not necessary for this study.

References

- Ali, M., Saad, A., & Soliman, A. (2015). Expansion confirmation of the Indo-Pacific catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787), (Siluriformes: Plotosidae) into Syrian marine waters. *American Journal of Biology and Life Sciences*, 3(1), 7-11.
- Antil, S., Abraham, J. S., Sripoorna, S., Maurya, S., Dagar, J., Makhija, S., ... & Toteja, R. (2023). DNA barcoding, an effective tool for species identification: a review. *Molecular Biology Reports*, 50(1), 761-775. doi: 10.1007/s11033-022-08015-7
- Azzurro, E., & D'Amen, M. (2022). Climate change paves the way for a new inter-ocean fish interchange. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 20(10), 558-563. doi: 10.1002/fee.2459
- Azzurro, E., Smeraldo, S., & D'Amen, M. (2022). Spatio-temporal dynamics of exotic fish species in the Mediterranean Sea: Over a century of invasion reconstructed. *Global Change Biology*, 28(21), 6268-6279. doi: 10.1111/gcb.16362
- Barathkumar, T. R., & Thangaraj, M. (2020). Phylogenetic observation in Ariidae, Bagridae and Plotosidae catfishes by COI gene sequence analysis. *Notulae Scientia Biologicae*, 12(4), 781-793. doi: 10.15835/nsb12410822
- Bariche, M., Torres, M., Smith, C., Sayar, N., Azzurro, E., Baker, R., & Bernardi, G. (2015). Red Sea fishes in the Mediterranean Sea: a preliminary investigation of a biological invasion using DNA barcoding. *Journal of Biogeography*, 42(12), 2363-2373. doi: 10.1111/jbi.12595
- Chaikin, S., De-Beer, G., Yitzhak, N., Stern, N., & Belmaker, J. (2023). The invasive silver-cheeked toadfish (*Lagocephalus sceleratus*) predominantly impacts the behavior of other non-indigenous species in the Eastern Mediterranean. *Biological Invasions*, 25(4), 983-990. doi: 10.1007/s10530-022-02972-7
- Dahrudin, H., Hutama, A., Busson, F., Sauri, S., Hanner, R., Keith, P., ... & Hubert, N. (2017). Revisiting the ichthyodiversity of Java and Bali through DNA barcodes: taxonomic coverage, identification accuracy, cryptic diversity and identification of exotic species. *Molecular Ecology Resources*, 17(2), 288-299. doi: 10.1111/1755-0998.12528
- Deidun, A., Maggio, T., Castriota, L., Falautano, M., & Franzitta, G. (2020). Genetic confirmation of the first Mediterranean record of *Holacanthus africanus* Cadenat, 1951. *Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment*, 26 (1), 112-118.
- Dhar, B., & Ghosh, S. K. (2015). Genetic assessment of ornamental fish species from North East India. *Gene*, 555(2), 382-392. doi: 10.1016/j.gene.2014.11.037
- Doğdu, S. A., & Turan, C. (2021). Authentication and Traceability of Pufferfish Species Using DNA Sequencing. *Pakistan Journal of Marine Sciences*, 30(1), 1-11.
- Doğdu, S. A., & Turan, C. (2024). Biological and growth parameters of *Plotosus lineatus* in the Mediterranean Sea. *PeerJ*, 12, e16945. doi: 10.7717/peerj.16945
- Doğdu, S. A., Uyan, A., Uygur, N., Gürlek, M., Ergüden, D., & Turan, C. (2016). First record of the Indo-Pacific striped eel catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787)

- from Turkish marine waters. *Natural and Engineering Sciences*, 1(2), 25-32. doi: 10.28978/nesciences.286245
- Doğdu, S. A., Sakalli, U., Gürlek, M., & Turan, C. (2019). The first record of the Lesser amberjack *Seriola fasciata* (Bloch, 1793) in the Çevlik coast of Turkey, Eastern Mediterranean Sea. *Biharean Biologist*, 13(1), 55-57.
- Felsenstein, J. (1985). Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*, 39(4), 783-791. doi: 10.1111/j.1558-5646.1985.tb00420.x
- Fricke, R., Eschmeyer, W.N., Van der Laan, R., (2023). Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 20/12/2023.
- Froese, R. and Pauly, D. (2023). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2023).
- Galil, B. S., Marchini, A., & Occhipinti-Ambrogi, A. (2018). Mare Nostrum, mare quod invaditur the history of bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Histories of Bioinvasions in the Mediterranean*, 21-49.
- Golani, D. (2002). The Indo-Pacific striped eel catfish, *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787), (Osteichthyes: Siluriformes), a new record from the Mediterranean. *Scientia Marina*, 66(3), 321-323. doi: 10.3989/scimar.2002.66n3321
- Golani, D., Azzurro, E., Dulčić, J., Massutí, E., & Orsi Relini, L. (2021). *Atlas of exotic fishes in the Mediterranean Sea (2nd ed.)* (365 p. CIESM Publishers). Monaco: CIESM Publishers.
- Goren, M., Stern, N., & Diamant, A. (2020). New records of *Plotosus japonicus* in the Red Sea and genetic indications for its presence throughout the Indo-Pacific (Osteichthyes: Plotosidae). *Zoology in the Middle East*, 66(2), 124-131. doi: 10.1080/09397140.2020.1729560
- Hall, T., Biosciences, I., & Carlsbad, C. J. G. B. B. (2011). BioEdit: an important software for molecular biology. *GERF Bull Biosci*, 2(1), 60-61.
- Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & DeWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1512), 313-321. doi: 10.1098/rspb.2002.2218
- Isaacs, R. B., & Hellberg, R. S. (2020). Authentication of red snapper (*Lutjanus campechanus*) filets using a combination of real-time PCR and DNA barcoding. *Food Control*, 118, 107375. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107375
- Karan, S., Uyan, A., Doğdu, S. A., Gürlek, M., Ergüden, D., & Turan, C. (2019). Genetic confirmation of Red cornetfish, *Fistularia petimba* (Syngnathiformes: Fistularidae) occurrence in Turkish marine waters. *FishTaxa-Journal of Fish Taxonomy*, 4(3).
- Katsanevakis, S., Wallentinus, I., Zenetos, A., Leppäkoski, E., Çınar, M. E., Oztürk, B., ... & Cardoso, A. C. (2014). Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. *Aquatic Invasions* 9: 391-423. doi: 10.3391/ai.2014.9.4.01
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6), 1547. doi: 10.1093/molbev/msy096
- Kundu, S., Pakrashi, A., Laskar, B. A., Rahaman, I., Tyagi, K., Kumar, V., & Chandra, K. (2019). DNA barcoding reveals distinct population of *Plotosus canius* (Siluriformes: Plotosidae) in Sundarbans waters. *Mitochondrial DNA Part B*, 4(1), 1167-1171. doi: 10.1080/23802359.2019.1591172
- Landi, M., Dimech, M., Arculeo, M., Biondo, G., Martins, R., Carneiro, M., ... & Costa, F. O. (2014). DNA barcoding for species assignment: the case of Mediterranean marine fishes. *PLoS one*, 9(9), e106135. doi: 10.1371/journal.pone.0106135
- Langeneck, J., Bakiu, R., Chalari, N., Chatzigeorgiou, G., Crocetta, F., Doğdu, S. A., ... & Zenetos, A. (2023). New records of introduced species in the Mediterranean Sea (November 2023). *Mediterranean Marine Science*, 24(3), 610-632. doi: 10.12681/mms.35840
- Liu, Y. H., & Zhang, M. H. (2016). The complete mitochondrial genome sequence of *Plotosus japonicus* (Siluriformes: Plotosidae) and phylogenetic studies of Siluriformes. *Mitochondrial DNA Part A*, 27(4), 2791-2792. doi: 10.3109/19401736.2015.1053069
- Mutlu, E., Meo, I. D., Miglietta, C., & Deval, M. C. (2023). Ecological Indicative Stressors of Native vs. Non-Native Fish in an Ultra-Oligotrophic Region of the Mediterranean Sea. *Sustainability*, 15(3), 2726. doi: 10.3390/su15032726
- Nakatani, M., Miya, M., Mabuchi, K., Saitoh, K., & Nishida, M. (2011). Evolutionary history of Otophysi (Teleostei), a major clade of the modern freshwater fishes: Pangaean origin and Mesozoic radiation. *BMC Evolutionary Biology*, 11, 1-25. doi: 10.1186/1471-2148-11-177
- Samani, N. K., Esa, Y., Amin, S. N., & Ikhsan, N. F. M. (2016). Phylogenetics and population genetics of *Plotosus canius* (Siluriformes: Plotosidae) from Malaysian coastal waters. *PeerJ*, 4, e1930. doi: 10.7717/peerj.1930
- Sambrook, J., Fritsch, E. F., & Maniatis, T. (1989). *Molecular cloning: a laboratory manual* (No. Ed. 2). Cold spring harbor laboratory press.
- Sanger, F., Nicklen, S., & Coulson, A. R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74(12), 5463-5467. doi: 10.1073/pnas.74.12.5463

- Shirak, A., Dor, L., Seroussi, E., Ron, M., Hulata, G., & Golani, D. (2016). DNA barcoding of fish species from the Mediterranean coast of Israel. *Mediterranean Marine Science*, 17(2), 459-466. doi: 10.12681/mms.1384
- Temraz, T., & Ben Souissi, J. B. (2013). First record of striped eel catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787) from Egyptian waters of the Mediterranean. *Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la MerMediterrane*, 40, 604.
- Tiralongo, F., Crocetta, F., Riginella, E., Lillo, A. O., Tondo, E., Macali, A., & Azzurro, E. (2020). Snapshot of rare, exotic and overlooked fish species in the Italian seas: A citizen science survey. *Journal of Sea Research*, 164, 101930. doi: 10.1016/j.seares.2020.101930
- Turan, C., & Doğdu, S. A. (2022). Preliminary Assessment of Invasive Lionfish *Pterois miles* Using Underwater Visual Census Method in the Northeastern Mediterranean. *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo*, 80(1), 38-46. doi: 10.2478/cjf-2022-0005
- Turan, C. and Doğdu, S.A. (2023). Mapping Abundance and Distribution of Indo-Pacific Striped Eel Catfish *Plotosus lineatus* in The Northeastern Mediterranean Sea. *Ecological Life Sciences*, 18(1):1-7. doi: 10.12739/NWSA.2023.18.1.5A0187
- Turan, C., Ergüden, D., Gürlek, M. (2016). Climate Change and Biodiversity Effects in Turkish Seas. *Natural and Engineering Sciences*, 1 (2), 15-24. doi: 10.28978/nesciences.286240
- Turan, C., Gürlek, M., Ergüden, D., Uyan, A., Karan, S., & Doğdu, S. A. (2017). Assessing DNA barcodes for identification of pufferfish species (Tetraodontidae) in Turkish marine waters. *Natural and Engineering Sciences*, 2(3), 55-66. doi: 10.28978/nesciences.369538
- Turan, C., Gürlek, M., Başusta, N., Uyan, A., Doğdu, S. A., & Karan, S. (2018). A checklist of the non-indigenous fishes in Turkish marine waters. *Natural and Engineering Sciences*, 3(3), 333-358. doi: 10.28978/nesciences.468995
- Turan C., Uyan A., Gürlek M., Doğdu S.A. 2020. DNA barcodes for identifications of two lionfish species *Pterois miles*(Bennett, 1828) and *P. volitans* (Linnaeus, 1758) in the Mediterranean. *FishTaxa* 16: 29-36
- Turan, C., Ayas, D., Doğdu, S. A., & Ergenler, A. (2022). Extension of the striped eel catfish *Plotosus lineatus* (Thunberg, 1787) from the eastern Mediterranean coast to the Mersin Bay on the western Mediterranean coast of Turkey. *Natural and Engineering Sciences*, 7(3), 240-247. doi: 10.28978/nesciences.1183740
- Vella, N., Vella, A., & Agius Darmanin, S. (2016). Morphological and genetic analyses of the first record of the Niger Hind, *Cephalopholis nigri* (Perciformes: Serranidae), in the Mediterranean Sea and of the African Hind, *Cephalopholis taeniops*, in Malta. *Marine Biodiversity Records*, 9(1), 1-5. doi: 10.1186/s41200-016-0101-y
- Ward, R. D., Zemlak, T. S., Innes, B. H., Last, P. R., & Hebert, P. D. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1462), 1847-1857. doi: 10.1098/rstb.2005.1716
- Watkins, H. V., Yan, H. F., Dunic, J. C., & Côté, I. M. (2021). Research biases create overrepresented “poster children” of marine invasion ecology. *Conservation Letters*, 14(3), e12802. doi: 10.1111/conl.12802
- Yağlioğlu, D., Doğdu, S. A., & Turan, C. (2023). First Morphological and Genetic Record and Confirmation of Korean Rockfish *Sebastes schlegelii* Hilgendorf, 1880 in the Black Sea Coast of Türkiye. *Natural and Engineering Sciences*, 8(3), 140-150. doi: 10.28978/nesciences.1363941

RESEARCH ARTICLE

Potential Effects of Different Selectivity Analysis Methods on Selectivity Parameters for Some Fish Species in Gillnet Fishing

Çağdaş Demirdak^{1*}, Adnan Ayaz²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Türkiye
²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0003-1487-6831>
<https://orcid.org/0000-0003-4839-9244>

Received: 08.03.2024 / Accepted: 30.04.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Selectivity
Bogue
Saddled seabream
Holt
SELECT

Abstract: In this study, the effects of different selectivity analysis methods on selectivity parameters in gill net fishing were investigated. Thirty-one operations were carried out in commercial fishing areas on the coast of Çanakkale. In the trials four different gill nets with mesh sizes of 20, 22, 23 and 25 mm were used. The selectivity analysis was performed for bogue (*Boops boops*) and saddled seabream (*Oblada melanura*) using both Holt and SELECT methods and the differences in the selectivity parameters were compared. Using Holt selectivity analyses method, modal lengths were calculated as 20,50, 22,55, 23,57 and 25,62 cm for bogue and 9,65, 10,61, 11,09 and 12,06 cm for saddled seabream for the nets with mesh sizes 20, 22, 23 and 25 mm, respectively. Modal lengths of SELECT method were calculated as 19,89, 21,88, 22,87 and 24,86 cm for bogue and 13,55, 14,91, 15,58 and 16,94 cm for saddled seabream for the nets with mesh sizes 20, 22, 23 and 25 mm, respectively. In order to compare Holt and SELECT methods, areas under the selectivity curves (SEA) and selectivity ranges were calculated. SEA values for bogue indicated that, selectivity curves of Holt method were 37%, 25%, 20% and 10% bigger than of those of SELECT method for mesh sizes 20, 22, 23 and 25 mm, respectively. Similarly, for the saddled seabream we have found that selectivity curves of Holt method were %41, %29, %24 and %14 bigger than those of SELECT method, for mesh sizes 20, 22, 23 and 25 mm, respectively. As a result, it was determined that different selectivity analysis methods resulted in up to 40% differences, especially for the saddled seabream.

Anahtar kelimeler:

Seçicilik
Kupes
Melanur
Holt
SELECT

Sade Uzatma Ağları Avcılığında Bazı Balık Türlerinde Farklı Seçicilik Analiz Yöntemlerinin Seçicilik Parametrelerine Olası Etkileri

Öz: Bu çalışmada voli yöntemiyle uygulanan uzatma ağlarıyla avcılık sonucunda yakalanan bazı balık türleri ile ilgili, farklı seçicilik analiz yöntemlerinin seçicilik parametrelerine etkisi araştırılmıştır. Çanakkale kıyılarında farklı ağ göz genişliğindeki (20, 22, 23 ve 25 mm) uzatma ağlarıyla toplamda 31 operasyon yapılmıştır. Operasyon sonucunda avlanan kupes (*Boops boops*) ve melanur (*Oblada melanura*) balıklarının hem Holt hem de SELECT yöntemiyle seçicilik analizi yapılmış ve seçicilik parametrelerinin farklılıkları karşılaştırılmıştır. Seçicilik analizleri sonucunda tüm ağ göz genişlikleri için Holt yöntemi sonucunda hesaplanan optimum yakalama boyları kupes balıkları için sırasıyla 20,50, 22,55, 23,57 ve 25,62 cm, melanur balıkları için sırasıyla 9,65, 10,61, 11,09 ve 12,06 cm'dir. SELECT yöntemiyle yapılan analizler sonucunda tüm ağ göz genişlikleri için hesaplanan optimum yakalama boyları sırasıyla kupes balıkları için 19,89, 21,88, 22,87 ve 24,86 cm, melanur balıkları için 13,55, 14,91, 15,58 ve 16,94 cm'dir. Seçicilik analiz yöntemlerinin karşılaştırılması için Holt ve SELECT yöntemiyle oluşturulan seçicilik eğrilerinin altında kalan alanlar (SEA) ve seçicilik aralığı değerleri hesaplanmıştır. Kupes balıklarının 20, 22, 23 ve 25 mm ağ göz genişliğinde Holt yöntemiyle oluşturulan seçicilik eğrilerinin SEA değerleri, SELECT yöntemi ile oluşturulan seçicilik eğrisinden sırasıyla %37, %25, %20 ve %10 daha büyük olduğu hesaplanmıştır. Melanur balıklarının 20, 22, 23 ve 25 mm ağ göz genişliğinde Holt yöntemiyle oluşturulan seçicilik eğrilerinin SEA değerleri, SELECT yöntemi ile oluşturulan seçicilik eğrisinden sırasıyla %41, %29, %24, %14 daha büyük olduğu hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda farklı seçicilik analiz yöntemlerinin analiz sonuçlarında farklılıklara neden olduğu özellikle melanur gibi yassı balıkların seçicilik parametrelerini %40 kadar değiştirdiği belirlenmiştir.

*Corresponding author: kanvermez.c@gmail.com

Giriş

1970'lerden günümüze kadar olan süreçte dünya genelinde balık stoklarının azalma eğiliminde olduğu görülmektedir (FAO, 2022). Uluslararası ve ulusal yöntemlerle çeşitli koruma önlemleri alınarak tür, cinsiyet ve boy seçiciliğinin artırılmasıyla deniz ekosisteminin korunması amaçlanmaktadır (Aday vd., 2002; Lester vd., 2003; Longhurst, 2002; Sullivan, 2003; Wilberg vd., 2005). Seçicilik çalışmaları, balık popülasyonlarının dinamiklerinin (büyüme ve ölüm oranları, popülasyon büyüklüğü, vb.) ve stok çalışmalarının sürdürülmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Hamley, 1975).

Uzatma ağları; kullanımı kolay ve düşük maliyetli av araçlarıdır. Buna ek olarak hem boy hem de tür seçiciliği bakımından en etkili av araçlarından birisidir (Holt, 1963; Hamley, 1975; Reis ve Pawson, 1992; Hubert vd., 2012; Dankwa vd., 2014). Bu özelliklerinden dolayı seçicilik çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Hamley, 1975; Millar, 1992).

Uzatma ağlarında seçicilik; balıkların davranış ve morfolojik özellikleri ile av araçlarının teknik özelliklerine (donam faktörü, ağ rengi, ağ esnekliği, vb.) bağlı olarak değişmektedir (Clarke, 1960; Hamley, 1975). Uzatma ağları seçicilik yöntemlerinde genel olarak Holt ve SELECT yöntemleri uygulanırken, son zamanlarda sıklıkla SELECT yöntemi tercih edilmektedir (Cilbiz vd., 2017; Tesfaye, 2019). Pet vd. (1995) ve Büyükdeveci (2019), analiz yönteminden kaynaklanabilecek olası değişimleri belirlemek amacıyla aynı balık türünde iki analiz yöntemi uygulayarak seçicilik parametrelerinde olabilecek değişimleri araştırmışlardır. Büyükdeveci (2019); *Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus*, *Solea solea*, *Pegusa lascaris*, *Arnoglossus laterna* türleri arasında uzatma ağlarıyla yapılan avcılık sonucunda hem Holt hem de SELECT yöntemleriyle her balık türü için ayrı ayrı seçicilik analizleri yapmıştır. Her bir analiz yöntemi sonucunda elde edilen parametreler karşılaştırılmış ve optimum yakalama boyları (OYB) arasındaki farklılıkların hata aralıklarında kaldığını belirtmiştir. Pet vd. (1995); sazan balığı, kaya balığı, yayın balığı türleri arasında her bir tür için Holt ve Secin yöntemleriyle hesaplanan seçicilik eğrilerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda Secin yöntemi ile elde edilen seçicilik eğrilerin Holt yöntemi sonucunda elde edilen seçicilik eğrilerine göre daha dar olduğu sonucuna varılmıştır. Literatürde, uzatma ağlarında seçicilik analizi çalışmaları, tek yöntem seçilerek sonuçların değerlendirilmesine yoğunlaşmıştır. Seçicilik analizlerini etkileyen faktörler dikkate alınarak mevsimsel, avlanma bölgeleri ile balıkların beslenme farklılıklarının değişen analiz sonuçlarının ortaya çıkmasına neden olduğu literatürde detaylı olarak tartışılmıştır (McCombie ve Berst, 1969; Hamley, 1975; Van Densen, 1987; Aydın, 1997, Kurkilahti vd., 2002, İlkyaz, 2005, Ayaz vd., 2011; Büyükdeveci, 2019).

Kuzey Ege ve Çanakkale kıyıları, Türkiye balıkçılığı açısından önemli bir yere sahiptir ve ticari balıkçılar tarafından sıklıkla uzatma ağları kullanılmaktadır (Ayaz vd., 2010; Ayaz ve Altınağaç, 2020). Bölgedeki ticari

balıkçılık açısından kupes (*Boops boops* Linnaeus, 1758) ve melanur (*Oblada melanura* Linnaeus, 1758) türleri önemli bir yere sahiptir dolayısıyla doğru seçicilik analiz yöntemlerinin belirlenerek sağlıklı sonuçların elde edilmesi hem balık popülasyonlarının sürekliliği hem de ticari balıkçılık yönetimleri açısından büyük öneme sahiptir. Literatürde aynı türlerde farklı seçicilik analizlerinin olası farklılıkları ile ilgili yeterli çalışma olmaması nedeniyle bu çalışmada seçicilik eğrileri ve OYB değerlerinin analiz yöntemlerinden kaynaklı farkların ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Mayıs 2023-Kasım 2023 döneminde, Kuzey Ege Denizi'nde Gelibolu yarımadası kıyılarında 5-30 m derinlik konturlarında 31 deneme yapılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul'unun 2022/07-02 numaralı kararı ile hayvan deneyleri etiği açısından uygundur. Çalışmada aynı ağ malzeme ve teknik özelliklere sahip olan sırasıyla 20, 22, 23 ve 25 mm göz genişliğinde, 0.5 donam faktörüne sahip 210d/3 numara ip kalınlığında ve 100 göz derinliğinde sade uzatma ağları kullanılmıştır. Çalışmanın amacı farklı seçicilik yöntemlerinin seçicilik parametreleri üzerinde olası etkilerini incelemektir. Bu nedenle uzatma ağlarında seçiciliği etkileyen ağ ip kalınlığı, ağ göz genişliği, ağ ipinin rengi, ağın görünürlüğü, esnekliği ve kalınlığı, donam faktörü gibi teknik özellikleri aynı olan yalnızca ağ göz genişlikleri değişen ağlar kullanılmıştır. Buna ek olarak aynı örnekleme döneminde aynı bölgede avcılık operasyonları yürütülmüştür. Deniz çalışmalarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'ne ait olan Bilim I araştırma gemisi ve ticari balıkçı gemilerinden faydalanılmıştır.

Sade uzatma ağları avcılığında voli yöntemi kullanılmıştır. Voli yönteminde önceki tecrübelerle dayanarak hedeflenen türün bulunma ihtimali bulunduğu doğal resif alanlarının etrafı ağlar ile çevrilerek, balıkların ışık ya da ses ile korkutularak ağa doğru hareket etmeleri sağlanmaktadır. Bunun yanında echosounder gibi balık bulucular da kullanmak sureti ile balık sürüsünün bulunduğu yer de tespit edilerek aynı yöntem uygulanıp avcılık yapılabilmektedir.

Her av operasyonundan sonra ağ göz genişliklerine göre yakalanan balıklar ayrı ayrı gruplandırılmıştır. Her ağ göz genişliğinde yakalanan her bir balık için boy ve ağırlık parametreleri ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Parametrelerin hassasiyet değerleri boy için 1 mm ağırlık için ise 1 gr olarak belirlenmiştir.

Bu ölçümler sonucunda elde edilen aynı veri seti Holt ve SELECT seçicilik tahmin metodları ile analiz edilmiştir.

Elde edilen optimum yakalama boyları birbiri ile karşılaştırılmıştır. Seçicilik analizlerinden Holt metodu Microsoft Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır. SELECT metodun uygulaması ise PASGEAR II

programında yapılmıştır. PASGEAR II programında yapılan analizler sonucunda SELECT metotta belirlenen en iyi modelin parametreleri kullanılarak Microsoft excel programında farklı göz genişliklerindeki ağların optimum yakalama boyları ve yayılım değerleri hesaplanmıştır.

Ağların seçicilik aralıklarının minimum değerini belirlerken, optimum yakalama boyundan yayılım değeri çıkartmak, maksimum değeri belirlerken de optimum yakalama boyuna yayılım değerini eklemek suretiyle aralık belirlenmektedir.



Şekil 1. Çalışma sahası

Çalışmada seçicilik analizlerinde kullanılan Holt yöntemi, farklı göz genişliklerindeki ağlar ile bunlara yakalanan balıkların boy-frekans dağılımları arasındaki matematiksel işlemler sonucunda, yakalanma olasılığının 0 ile 1 arasında gösterilerek seçicilik eğrilerinin oluşturulmasına dayanan bir yöntemdir (Holt, 1963). Bu yöntemde avcılık verileri ve regresyon grafikleri manuel olarak oluşturulmaktadır. Holt yönteminde iki ağ göz genişliğinde yakalanan balıkların logaritması aşağıdaki denklemle ifade edilir,

$$\ln \frac{C_2}{C_1} = a + bL \quad (1)$$

Burada C_2 büyük ağ göz genişliğine sahip ağ ile yakalanan balık sayısı, C_1 ise küçük ağ göz genişliğine sahip ağ ile yakalanan balık sayısıdır. L ise balık boyudur. Denklemindeki a ; lineer regresyon denklemindeki kesişme değerini, b ise lineer regresyon denklemindeki eğimi gösterir. a ve b katsayılarının hesaplanmasıyla seçicilik faktörü (SF) ve varyans (S^2) hesaplanmaktadır. Seçicilik faktörünün bulunmasının ardından optimum yakalama boyu aşağıdaki formüller ile hesaplanmaktadır.

$$SF = \frac{-2a}{b(M_a + M_b)} \quad (2)$$

Burada;

M_a ; küçük ağ göz genişliği değeri (mm)

M_b ; büyük ağ göz genişliği değeri (mm)

Ağ göz genişliklerine göre optimum yakalama boyları (L_a ve L_b), seçicilik faktörü (SF) ve ağ göz genişlikleri ile aşağıdaki denklemdeki gibi hesaplanır.

$$L_a = SF \times M_a \quad (3)$$

$$L_b = SF \times M_b \quad (4)$$

Varyans değeri ise aşağıdaki denklem ile elde edilir;

$$S^2 = \frac{SF \times (M_b + M_a)}{b} \quad (5)$$

Ağ göz genişliklerine göre seçicilik eğrileri (S_a ve S_b); her boy değerine karşılık gelen yakalama olasılığı (P) yardımıyla aşağıdaki denklemle hesaplanılır,

$$S_a = e^{-\frac{(L-L_a)^2}{2 \times S^2}} \quad (6)$$

$$S_b = e^{-\frac{(L-L_b)^2}{2 \times S^2}} \quad (7)$$

Çalışmada kullanılan diğer analiz yöntemi ise SELECT (Share Each Lengthclass Catch Total) seçicilik analiz yöntemidir (Millar, 1992; Millar ve Holst, 1997; Millar ve Fryer, 1999). Bu yöntem, beklenen av oranları ile avcılık sonucunda elde edilen av oranlarının maksimum olasılık dağılımı ile seçicilik eğrilerinin oluşturulmasına dayanan bir yöntemdir (Millar, 1992).

Bu yönteme göre j göz açıklığına sahip ağa l uzunluğunda yakalanan balık sayısı n_{ij} Poisson dağılımına sahiptir. Ağ gözüne yakalanan balıkların sayısının (n_{ij}) Poisson dağılımına sahip oldukları varsayılır ve aşağıdaki bağıntı ile ifade edilirler

$$n_{ij} \approx n_{ij} \approx Pois(p_j \lambda_j r_j(l)) \quad (8)$$

λ_j , ağ ile karşılaşan l uzunluğundaki balıkların bolluğunu ifade ederken $p_j(l)$ nispi balıkçılık yoğunluğunu temsil eder. Nispi balıkçılık yoğunluğu genellikle sabit kabul edilir.

n_{ij} 'nin log-olasılık dağılımı,

$$\sum_i \sum_j \{n_i \log [p_j \lambda_j r_j(l)] - p_j \lambda_j r_j(l)\} \quad (9)$$

Avcılık sonucunda elde edilen veriler PASGEAR II version 2.6 (Kolding ve Skålevik, 2020) bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Program SELECT metot ile beş farklı modele (Normal location, normal scale, log-normal, gamma ve bi-modal) ait parametreleri hesaplamaktadır. Bu parametreler içinde en düşük model sapma değerini veren model en iyi model olarak seçilmektedir. Seçicilik eğrileri bu modelin parametrelerine göre excel programı kullanılarak çizdirilmiştir. SELECT metoda ait model denklemleri aşağıda verilmiştir.

Normal Location:

$$\exp\left(-\frac{(l-k.m_j)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (10)$$

Normal Scale:

$$\exp\left(-\frac{(l-k_1.m_j)^2}{2k_2^2.m_j^2}\right) \quad (11)$$

Log-Normal:

$$\frac{m_1}{l.m_1} \exp\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{(\log(l) - \mu - \log\left(\frac{m_j}{m_1}\right))^2}{2\sigma^2}\right) \quad (12)$$

Gamma:

$$\left(\frac{1}{(\alpha-1).k.m_j}\right)^{\alpha-1} \exp\left(\alpha-1 - \frac{l}{k.m_j}\right) \quad (13)$$

Bi-modal:

$$\exp\left(-\frac{(l-k_1.m_j)^2}{2k_2^2.m_j^2}\right) + c.\exp\left(-\frac{(1-k_3.m_j)^2}{2k_4^2.m_j^2}\right) \quad (14)$$

Uzatma ağlarında seçicilik eğrileri genel olarak balıkların boy değerlerine karşılık yakalanma olasılıklarının dağılımları hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlar. Bu eğriler, sıfırdan maksimuma çıkan sonrasında da tekrar sıfıra inen normal dağılım şeklindedirler (Hamley, 1975). Uzatma ağlarında seçiciliği etkileyen parametrelere bağlı olarak bu şekiller genlik ve yayılım bakımından farklılık gösterebilirler. Bu çalışmada aynı türe ait seçicilik eğrileri Holt ve SELECT yöntemleriyle oluşturulmuştur ve sonrasında Origin 2019b programıyla bu eğrilerin altında kalan alanlar (olasılık x cm biriminde) hesaplanmıştır. Seçicilik eğrilerinin altında kalan alanlar (SEA) değerleri şekiller üzerinde *Area* ifadesiyle gösterilmiştir.

Seçicilik aralığı değeri, çan eğrisi ya da normal dağılım grafiklerinin genişlikleri hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlayan bir parametredir. Normal dağılım grafiğinin %50 değerine karşılık gelen çıkış ve iniş kolundaki iki nokta arasındaki uzaklığı ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile seçicilik aralığı, seçicilik eğrisinde yakalanma olasılığı %50 olan en kısa boy değerinden başlayarak maksimum boy değerini izleyen ve son olarak yakalanma olasılığı %50 olan en uzun boy değerini kapsayan aralığı tanımlamaktadır. Bu çalışmada her bir seçicilik analiz yönteminin seçicilik aralığı belirlenerek yöntem farkından kaynaklanabilecek boy aralığı değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Bulgular

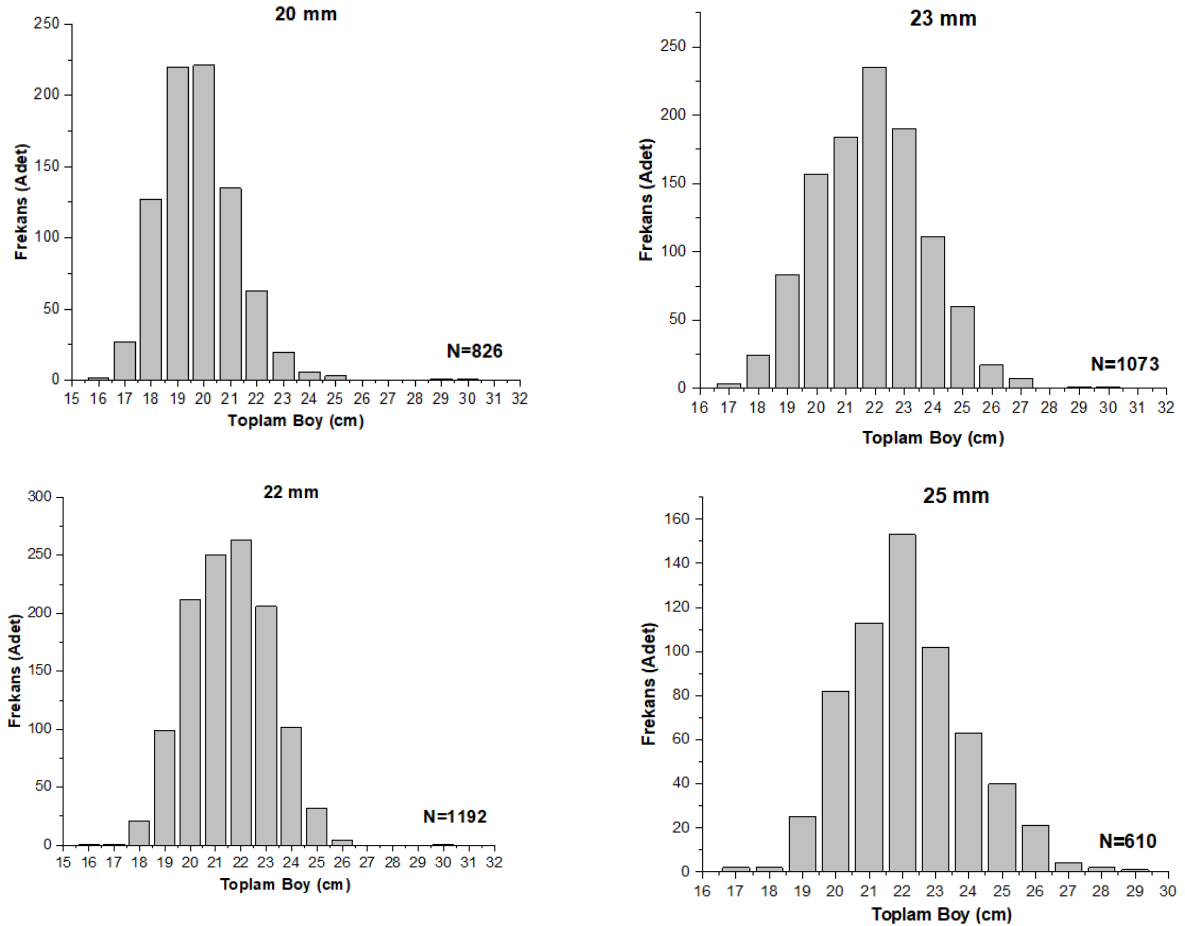
Çalışma periyodu sonucunda voli yöntemiyle 3701 adet kupes ve 995 adet melanur balığı yakalanmıştır. Avcılık sonucunda yakalanan kupes ve melanur türlerinin boy ve ağırlık değerleri ölçülmüştür. Avlanan kupes balıkları için minimum ve maksimum boylar sırasıyla 15,4 cm ve 29,9 cm, minimum ve maksimum ağırlıklar ise sırasıyla 44 g ve 292 g'dır. Avlanan melanur balıklarının maksimum ve minimum boyları sırasıyla 27,5 cm ve 13,2 cm olup maksimum ve minimum ağırlıklar ise 303 g ve 8,1 g'dır (Tablo 1).

Tablo 1’de kupes ve melanur balıkları için verilen boy-frekans dağılımları (N) incelendiğinde tüm ağ göz genişlikleri için kupes balıklarının melanur balıklarına göre yakalanma miktarları daha yüksektir.

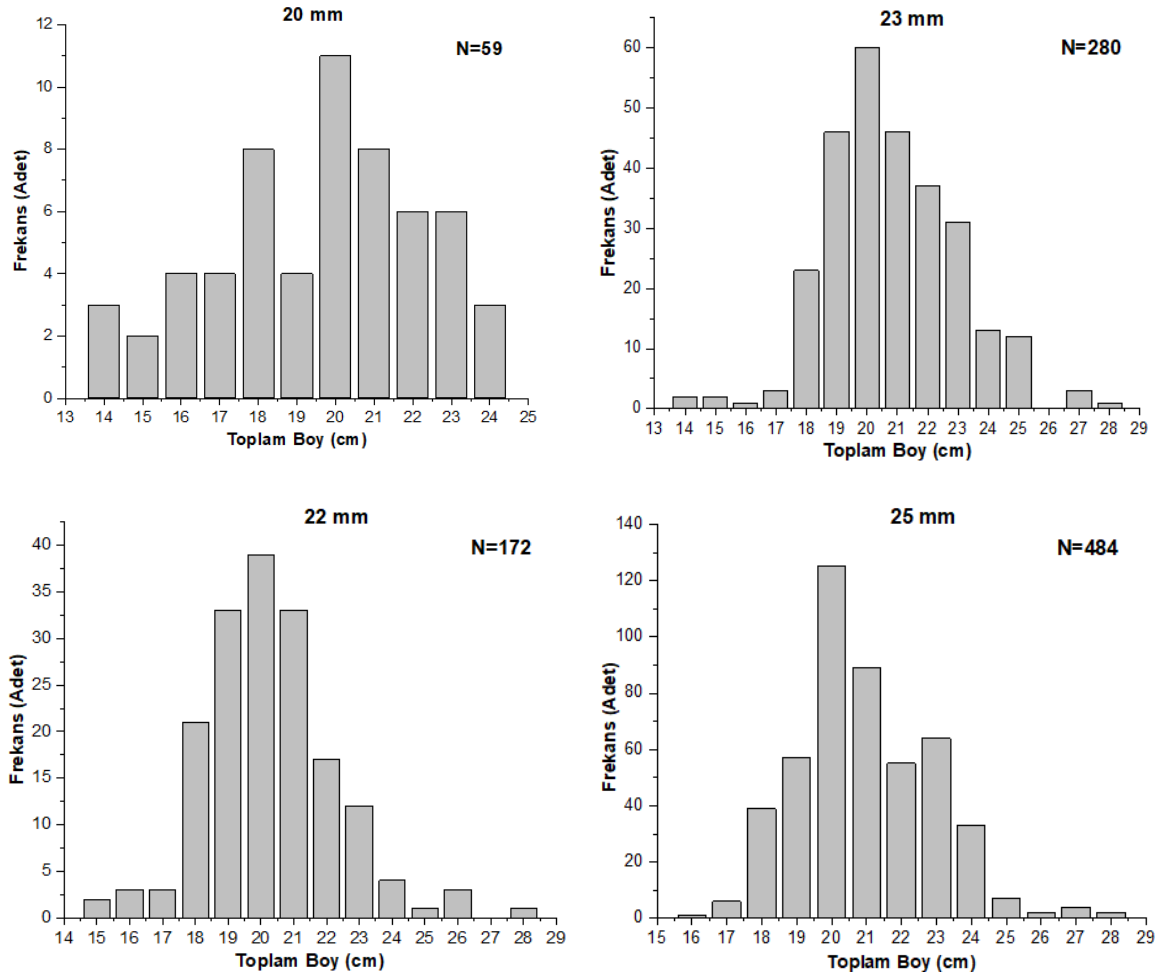
Avlanılan iki türün farklı göz genişliğinde yakalanma adetleri incelendiğinde, kupes balıkları için en fazla miktar 22 mm göz genişliğinde, melanur balıkları için ise 25 mm göz genişliğinde elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Denemeler sonucunda yakalanan kupes ve melanur balıklarının farklı göz genişliklerine göre adet biriminde frekans değerleri (N), maksimum, minimum ve ortalama boy ve ağırlık değerleri

	Ağ Göz Genişliği	N	Maksimum Boy (cm)	Minimum Boy (cm)	Ortalama Boy (cm)±Std. Hata	Minimum Ağırlık (g)	Maksimum Ağırlık (g)	Ortalama Ağırlık ± Std. Hata
Kupes	20 mm	826	29,9	15,7	19,4±0,2	60	167	89,3±0,3
	22 mm	1192	29,5	15,4	21,11±0,2	44	195	110,76±0,3
	23 mm	1073	29,7	16,3	21,41±0,2	46	292	116,29±0,3
	25 mm	610	29	16,2	21,71±0,2	47	277	121,93±0,3
Melanur	20 mm	59	23,8	13,2	19,047±0,3	27	170	95,068±0,4
	22 mm	172	27,5	14,5	19,811±0,2	42	264	101,145±0,3
	23 mm	280	27,5	13,5	20,381±0,2	9,5	264	111,989±0,3
	25 mm	484	27,4	15,8	20,548±0,2	8,1	303	114,478±0,4



Şekil 2. Kupes balıklarının farklı ağ göz genişliklerine göre frekans-toplam boy dağılımları



Şekil 3. Melanur balıklarının farklı ağ göz genişliklerine göre frekans-toplam boy dağılımları

Holt yöntemi kullanılarak hesaplanan ağların seçicilik parametreleri

Çalışma sonucunda avlanılan kupes ve melanur için Holt yöntemiyle yapılan seçicilik analizi sonucunda elde edilen parametreler Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir. 20 mm, 22 mm, 23 mm ve 25 mm ağ göz genişlikleri için ortak hesaplamalar kupes ve melanur balıkları için yapılmıştır.

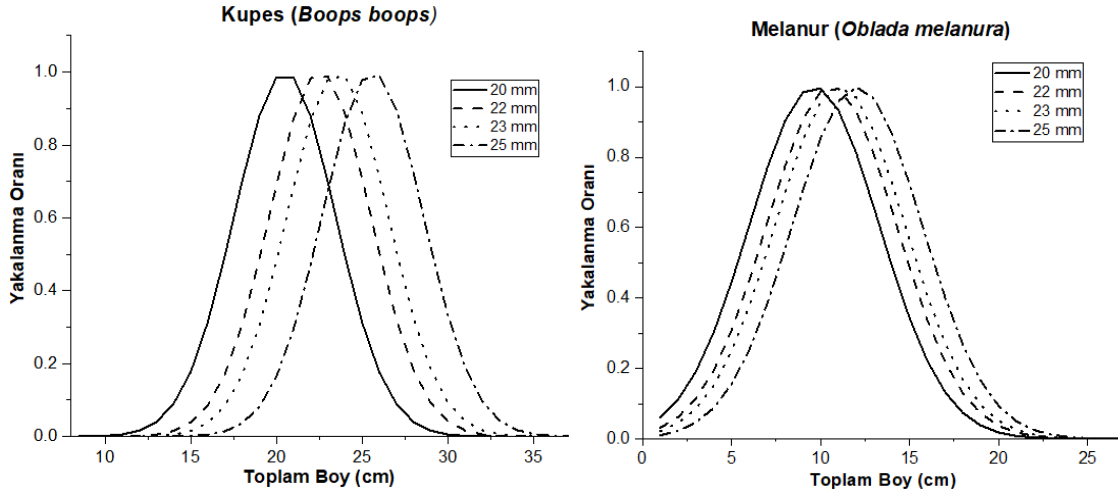
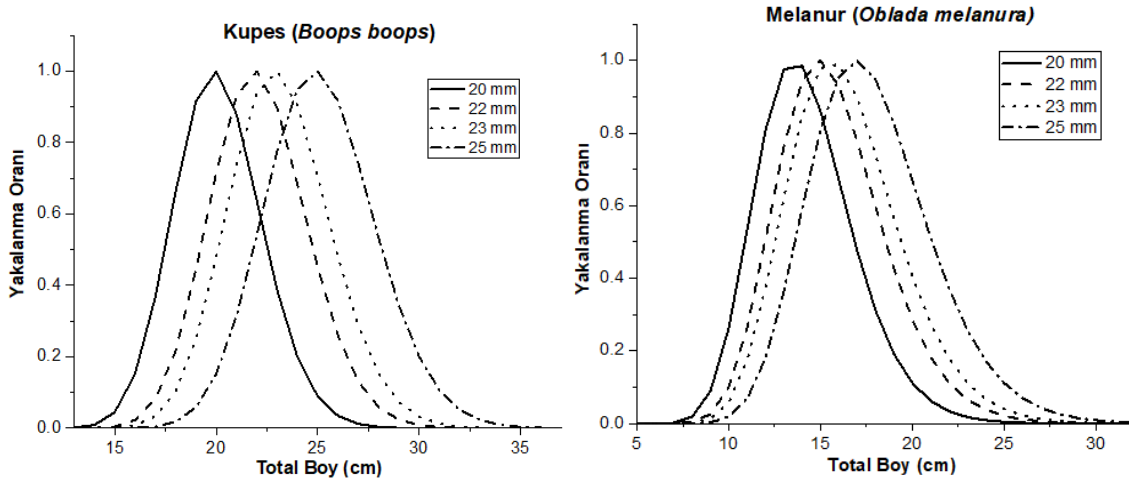
Holt yöntemiyle yapılan seçicilik analizleri sonucunda kupes balıkları için optimum yakalama boyları her ağ göz genişliğine göre sırasıyla 20,50 cm, 22,55 cm, 23,57 cm ve 25,62 cm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). Melanur balıkları için ise her ağ göz genişliğine göre optimum yakalama boyları sırasıyla 9,65 cm, 10,61 cm, 11,09 cm ve 12,06 cm'dir (Tablo 3). Kupes ve melanur balıklarının Holt yöntemiyle hesaplanan seçicilik eğrileri sırasıyla Şekil 5'te gösterildiği gibidir.

Tablo 2. Kupes ve melanur balıklarının 20 mm-22mm-23mm ve 25 mm ağ göz genişliğine sahip ağ çiftleri için hesaplanan regresyon katsayıları ve seçicilik parametreleri

Tür	C ₁	C ₂	a	b	r ²	Lc ₁	Lc ₂	SF	SD
Kupes	20	22	-12,889	0,6477	0,8101	18,95	20,85	9,48	1,71
	23	25	-3,8785	0,1491	0,1842	24,93	27,10	10,84	3,81
Melanur	20	22	-0,7673	0,0784	0,0732	9,32	10,25	4,66	3,45
	23	25	-0,7921	0,0667	0,3921	11,38	12,37	4,95	3,85

Tablo 3. Kupes ve melanur balıklarının ortak seçicilik faktörü, ortak standart sapma ve optimum yakalama boyları

Tür	SF	SD	L ₂₀	L ₂₂	L ₂₃	L ₂₅
Kupes	10,25	2,96	20,50	22,55	23,57	25,62
Melanur	4,82	3,66	9,65	10,61	11,09	12,06

**Şekil 4.** Kupes ve melanur balıklarının farklı ağ göz genişliğindeki uzatma ağırlarının Holt yöntemiyle hesaplanan seçicilik eğrileri**Şekil 5.** Kupes ve melanur balıklarının tüm ağ göz genişliğindeki uzatma ağırlarının SELECT yöntemiyle hesaplanan seçicilik eğrileri

b. SELECT yöntemi kullanılarak hesaplanan ağların seçicilik parametreleri

Kupes ve melanur balıkları için 20 mm, 22 mm, 23 mm ve 25 mm ağ göz genişliklerindeki seçicilik parametreleri SELECT yöntemiyle hesaplanmıştır (Tablo 4). Seçicilik parametreleri en düşük sapma değerini veren model ile hesaplanmıştır. Kupes balıkları için en düşük sapma değerini veren model Gamma, melanur balıkları için ise en

düşük sapma değerini veren model Log-normal olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Seçicilik analizleri sonucunda 20 mm, 22 mm, 23 mm ve 25 mm ağ göz genişliklerinde avlanan kupes balıklarının optimum yakalama boyları sırasıyla 19,89 cm, 21,88 cm, 22,87 cm, 24,86 cm ve melanur balıkları için sırasıyla 13,55 cm, 14,91 cm, 15,58 cm, 16,94 cm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5)

Tablo 4. Kupes ve melanur balıklarının SELECT yöntemi kullanılarak yapılan analizler sonucunda her iki yöntem için hesaplanan model parametreleri

Tür	Model	Parametre	Sapma Değeri	p-value	Serbestlik Derecesi(d.f.)
Kupes	Normal Location	$(k;\sigma)=(9,899;2,450)$	342,58	0,0001	48
	Normal Scale	$(k_1;k_2)=(9,992;1,061)$	289,565	0,0001	48
	Log-normal	$(\mu_1;\sigma)=(2,996;0,109)$	293,146	0,0001	48
	Gamma	$(k;\alpha)=(0,0116;86,722)$	288,268	0,0001	48
	Bi-modal	Hesaplanamadı	Hesaplanamadı	Hesaplanamadı	Hesaplanamadı
Melanur	Normal Location	$(k;\sigma)=(6,377;3,303)$	64,824	0,0644	49
	Normal Scale	$(k_1;k_2)=(4,495;2,263)$	60,875	0,1189	49
	Log normal	$(\mu_1;\sigma)=(2,641;0,186)$	55,515	0,2427	49
	Gamma	$(k;\alpha)=(0,0329;20,286)$	57,865	0,1806	49
	Bi-modal	Hesaplanamadı	Hesaplanamadı	Hesaplanamadı	Hesaplanamadı

Tablo 5. Kupes ve melanur balıklarının SELECT yöntemi kullanılarak hesaplanan optimum boy ve yayılım değerleri

Tür	Ağ Göz Genişliği	Optimum Boy (cm)	Yayılım (cm)	Seçicilik Modeli
Kupes	20 mm	19,89	2.15	Gamma
	22 mm	21,88	2.36	
	23 mm	22,87	2.47	
	25 mm	24,86	2.69	
Melanur	20 mm	13,55	2.68	Log normal
	22 mm	14,91	2.95	
	23 mm	15,58	3,08	
	25 mm	16,94	3,35	

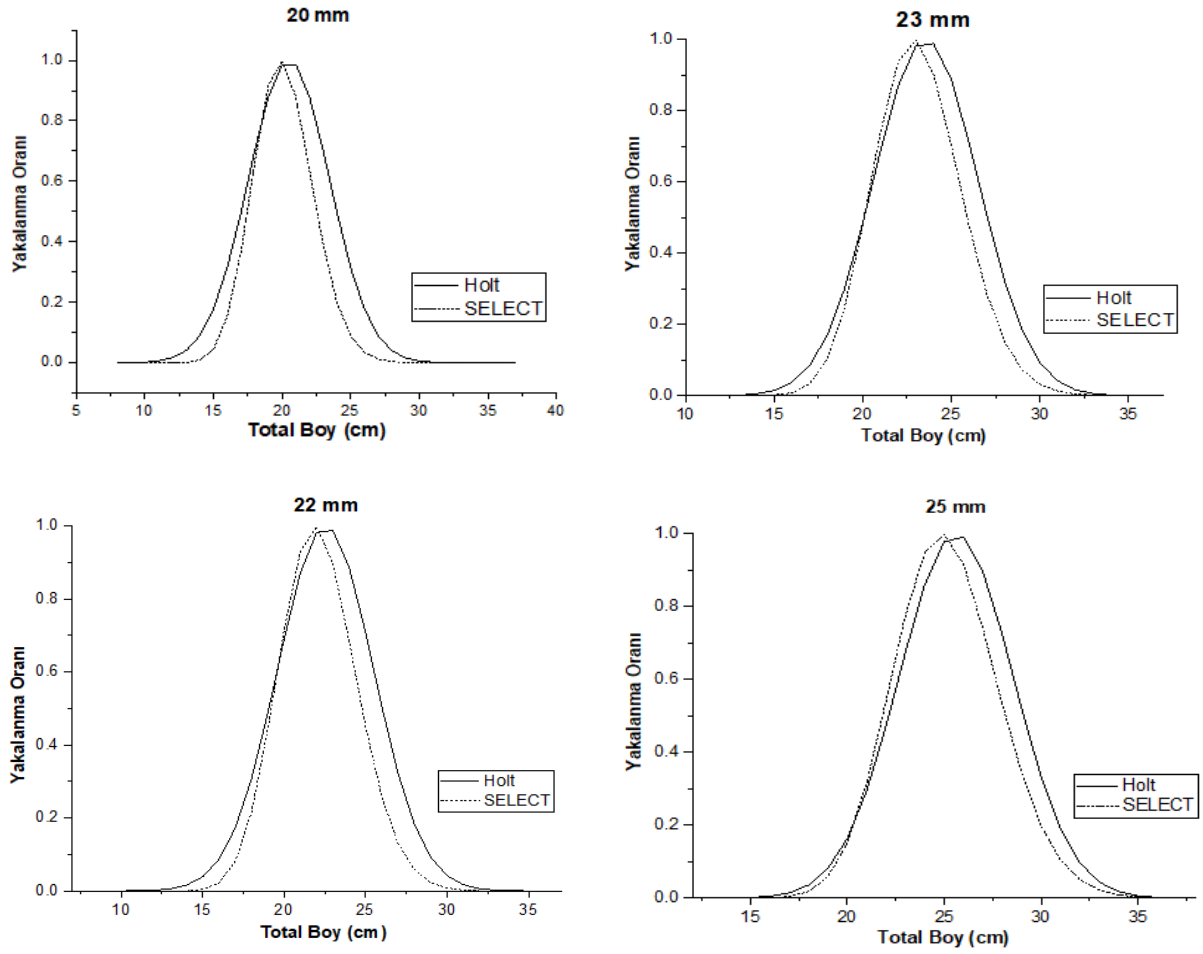
Holt ve SELECT hesaplanan seçicilik analizlerinin karşılaştırılması

Bu çalışma sonucunda kupes ve melanur balıklarının farklı ağ göz genişliklerine göre farklı yöntemler sonucunda elde edilen SEA ve eğrilerin normal dağılım grafiğinin %50 değerine karşılık gelen çıkış ve iniş kolundaki iki nokta arasındaki uzaklık değerleri (seçicilik aralığı) hesaplanmıştır ve analizler sonucunda elde edilen

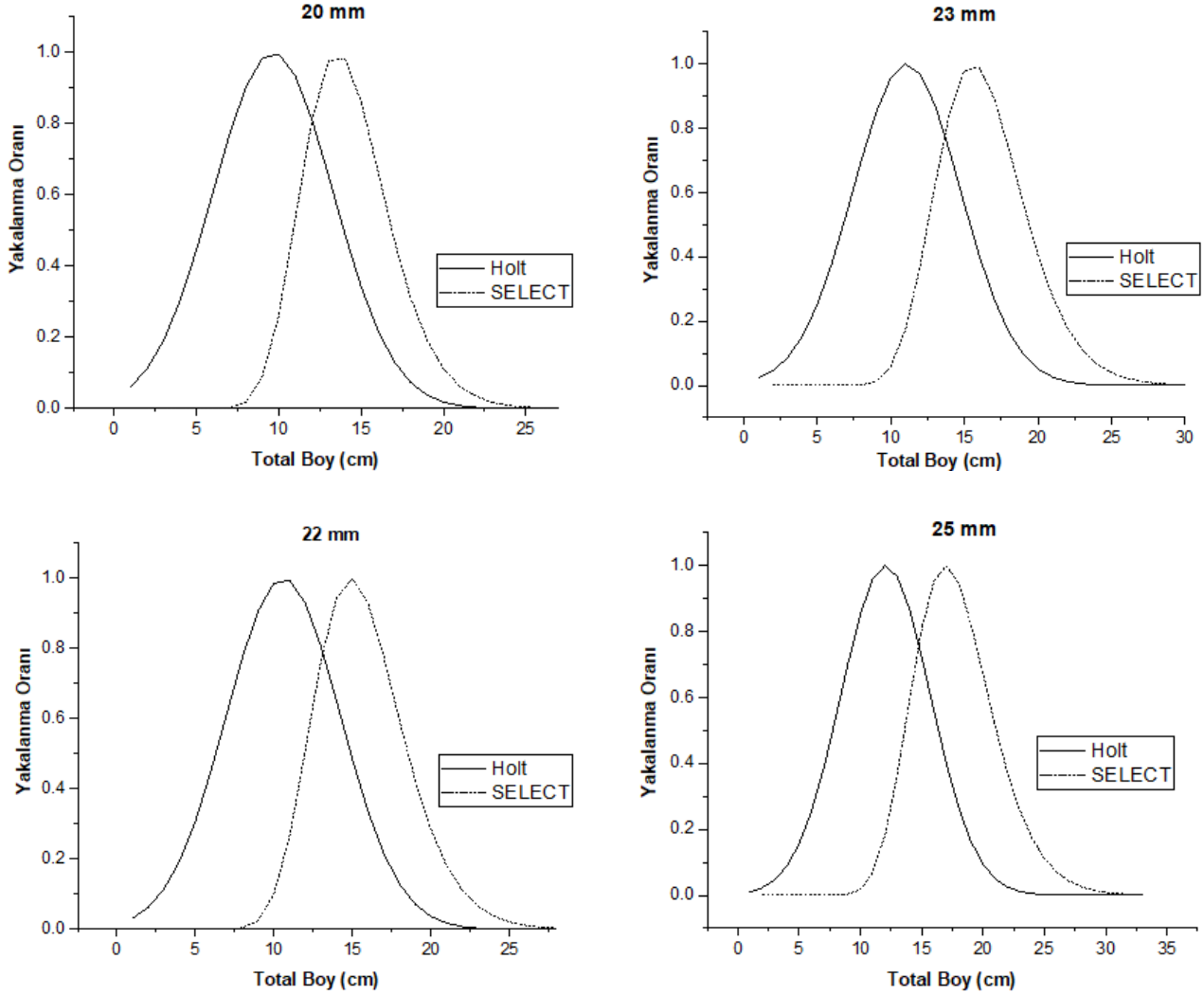
optimum yakalama boyları (OYB) kıyaslanmıştır. Kupes balıklarının farklı seçicilik analiz yöntemleriyle hesaplanan seçicilik analiz sonuçları arasında farklar birbirine çok yakın değerler iken melanur balıklarında seçicilik analiz yöntemine bağlı olarak seçicilik analiz sonuçları arasında belirgin farklılıklar olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak kupes balıklarının daha fusiform yapıda iken melanur balıklarının yassı vücut yapısına sahip olması yorumlanmıştır.

Tablo 6. Bu çalışma sonucunda kupez balıklarının farklı ağ göz genişliklerine göre farklı yöntemler sonucunda elde edilen seçicilik eğrilerinin altında kalan alan (SEA), eğrilerin normal dağılım grafiğinin %50 değerine karşılık gelen çıkış ve giriş kolundaki iki nokta arasındaki uzaklık değerleri (seçicilik aralığı) değerleri ve optimum yakalama boyları (OYB).

Tür	Parametre	20 mm		22 mm		23 mm		25 mm	
		Holt	SELECT	Holt	SELECT	Holt	SELECT	Holt	SELECT
Kupes	SEA	7,401	5,385	7,402	5,922	7,401	6,192	7,400	6,732
	Seçicilik Aralığı	7,031	5,099	7,023	5,584	7,019	5,829	7,012	6,356
	OYB	20,50	19,89	22,55	21,88	23,57	22,87	25,92	24,86
Melanur	SEA	9,056	6,411	9,100	7,031	9,123	7,361	9,110	8,010
	Seçicilik Aralığı	8,646	6,066	8,652	6,603	8,631	6,957	8,631	7,494
	OYB	9,65	13,55	10,61	14,91	11,09	15,58	12,06	16,94



Şekil 6. Kupes balıklarının Holt ve SELECT yöntemiyle hesaplanan seçicilik eğrilerinin farklı ağ göz genişliklerine göre karşılaştırılması.



Şekil 7. Melanur balıklarının Holt ve SELECT yöntemiyle hesaplanan seçicilik eğrilerinin farklı ağ göz genişliklerine göre karşılaştırılması

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada 20 mm, 22 mm, 23 mm ve 25 mm ağ göz genişliğine sahip uzatma ağlarıyla voli yöntemi uygulanarak kupes ve melanur balıklarının seçicilik analiz çalışmaları yapılmıştır. Analizler sonucunda her bir balık türü için hesaplanan optimum yakalama boyları (OYB), SEA ve eğrilerin normal dağılım grafiğinin %50 değerine karşılık gelen çıkış ve iniş kolundaki iki nokta arasındaki uzaklık değerleri (Seçicilik aralığı) Holt ve SELECT yöntemleriyle hesaplanarak farklılıklar incelenmiştir. Fusiform vücut yapısına sahip olan kupes balıklarında seçicilik parametrelerinde (optimum yakalama boyu ve seçicilik aralığı gibi) seçicilik analiz yönteminden kaynaklanabilecek farklar kabul edilebilir seviyede olmasına rağmen vücut şekli yassı olan melanur balıklarında seçicilik analiz yöntemi değiştiğinde seçicilik parametreleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda ağ göz genişliklerine göre frekans (adet) sayıları dikkate alındığında (Tablo 1) kupes balıkları

için en yüksek frekans değeri 22 mm'de olup melanur balıkları için en yüksek frekans değeri 25 mm'de elde edilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi balıkların morfolojik özellikleri ağ göz genişliğine göre yakalanma sayısını önemli ölçüde etkilemektedir. Yakalanan melanur balıklarının sayıları 20 mm göz genişliğinde 59 adet ile en düşük değer olup en yüksek değer ise 25 mm'de 484 adettir. Kupes balıklarının yakalanma sayıları ise 20 mm göz genişliğinde 826 adet ile en düşük değerde olup 22 mm göz genişliğinde 1192 adet ile en yüksek değerdedir. Kupes balıklarının 23 mm ve 25 mm göz genişliğindeki yakalanma sayıları ise azalarak elde edilmiştir.

Kupes balıklarının literatürde yer alan bazı seçicilik analiz çalışmaları bu çalışma ile karşılaştırılmıştır. Ayaz ve Altınağaç (2020) tarafından yapılan çalışmada 20 mm, 22 mm, 23 mm ve 25 mm ağ göz genişliklerinde SELECT yöntemi sonucunda hesaplanan optimum yakalama boyları sırasıyla 19,13 cm, 21,04 cm, 22 cm ve 23,91 cm'dir. Ayaz vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada ise SELECT yöntemi ile seçicilik hesaplamaları yapılmış ve optimum

yakalama boyları 22 mm, 23 mm ve 24 mm göz genişliğindeki uzatma ağları için sırasıyla 21,55 cm, 22,52 cm ve 24,48 cm olarak belirlenmiştir. Ayaz vd. (2011) 22 mm, 23 mm ve 25 mm göz genişliğindeki uzatma ağlarında optimum yakalama boyları sırasıyla 20,70 cm, 21,30 cm ve 21,82 cm olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise 20, 22, 23 ve 25 mm ağ göz genişliği için Holt yöntemiyle sırasıyla 20,50, 22,55, 23,57 ve 25,62 cm olarak hesaplanmıştır (Tablo 3). SELECT yöntemiyle hesaplanan optimum yakalama boyları ise ağ göz genişliklerine göre sırasıyla 19,89, 21,88, 22,87 ve 24,86 cm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5). Holt yöntemi, veri girişlerinin ve hesaplamalarının kullanıcı tarafından yapıldığı bir yöntemdir. SELECT yöntemi ise tamamen program tabanlı çalışan bir yöntemdir. Bu nedenle kupes balıklarının optimum yakalama boylarında Holt ve SELECT yöntemine göre farklı değerler elde edilmesi beklenen bir sonuçtur. Yöntem farkından kaynaklanan farklı optimum yakalama boyları değerleri melanur balıklarının avcılığında da belirlenmiştir.

Melanur balıklarının uzatma ağlarıyla yapılan seçicilik çalışmalarında Subakan vd. (2017) tarafından SELECT yöntemiyle 20, 22, 23 ve 25 mm ağ göz genişliği için optimum yakalama boyları sırasıyla 15,3, 16,83, 17,59 ve 19,12 cm olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise 20, 22, 23 ve 25 mm ağ göz genişlikleri için Holt yöntemiyle hesaplanan optimum yakalama boyları sırasıyla 9,65, 10,61, 11,09 ve 12,06 cm'dir (Tablo 3). SELECT yöntemiyle hesaplanan optimum yakalama boyları ise ağ göz genişliklerine göre sırasıyla 13,55, 14,91, 15,58 ve 16,94 cm olarak hesaplanmıştır (Tablo 5).

Bu çalışmada kupes ve melanur balıkları için hesaplanan optimum yakalama boyları ile literatür değerleri arasında farklılıklar görülmektedir. Bunun nedeni, teknik (ağ göz genişlikleri, donam faktörü, ağın esnekliği, kalınlığı, vb.) ve biyolojik (balıkların vücut şekli, davranışı, beslenme periyodu, vb.) farklılıklar ile avlanma bölgelerinin ve mevsimlerinin farklılıklarından kaynaklanabileceği sonucuna varılmıştır. Özellikle melanur balığının kupes balığından farklı vücut şekline sahip olması ve literatürde seçiciliği ile ilgili yeterli sayıda çalışma olmaması nedeniyle ilerleyen dönemlerde bu balık türü için daha fazla çalışma yapılması önerilmektedir.

Bu çalışma sonucunda farklı yöntemler ile oluşturulan seçicilik eğrilerinin SEA ve değerleri dikkate alındığında, tüm ağ göz genişliklerinde kupes ve melanur balıkları için Holt yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrilerinin SELECT yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrilerinden daha yüksek değerlere sahiptir (Tablo 6). OYB karşılaştırıldığında ise kupes balıkları için Holt yöntemi, melanur balıkları için ise SELECT yöntemi sonucunda hesaplanan değerlerin diğer yönteme kıyasla daha büyük oldukları belirlenmiştir (Şekil 6).

Kupes balıklarının 20, 22, 23 ve 25 mm ağ göz genişliğinde seçicilik eğrilerinin SEA değerleri incelendiğinde, Holt yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrisinin SELECT yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrisinden sırasıyla %37, %25, %20, %10 daha büyük

olduğu hesaplanmıştır (Tablo 6 ve Şekil 6). Seçicilik aralığı değerleri dikkate alındığında ise kupes balıklarının tüm ağ göz genişlikleri için hesaplanan seçicilik eğrilerinde Holt yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrilerinin değerleri SELECT yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrilerine kıyasla sırasıyla %38, %26, %20 ve %10 daha büyüktür (Tablo 6 ve Şekil 6). Diğer bir ifade ile kupes balıkları için aynı boydaki bir balığın yakalanma olasılığı Holt ve SELECT yöntemine göre farklılık göstermektedir. Holt yöntemi SELECT yöntemine kıyasla daha geniş toplam boy grubunun yakalanma olasılığı olduğunu hatta bazı boy değerlerinin SELECT yöntemine göre yakalanma olasılığı yok iken Holt yöntemine göre yakalanma olasılığı olduğu sonucu elde edilmiştir (Şekil 6). OYB dikkate alındığında ise 20, 22 ve 23 mm ağ göz genişliklerinde Holt yöntemi ile hesaplanan değerler SELECT yöntemi ile hesaplanan değerlerden %3 daha uzun, 25 mm ağ göz genişliğinde ise %4 daha uzundur (Tablo 6).

Melanur balıkları için 20, 22, 23 ve 25 mm ağ göz genişliklerinde hesaplanan seçicilik eğrilerinin SEA değerleri incelendiğinde, Holt yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrisinin SELECT yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrisinden sırasıyla %41, %29, %24, %14 daha büyük olduğu hesaplanmıştır (Tablo 6 ve Şekil 7). Seçicilik aralığı değerleri dikkate alındığında ise melanur balıklarının tüm ağ göz genişlikleri için hesaplanan seçicilik eğrilerinde Holt yöntemi ile hesaplanan değerler SELECT yöntemi ile hesaplanan değerlerden sırasıyla %43, %31, %24 ve %15 daha büyüktür (Tablo 6 ve Şekil 7). Holt yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrileri, SELECT yöntemi ile hesaplanan seçicilik eğrilerine göre daha büyük ve geniştir. Diğer bir ifade ile melanur balıkları için aynı boydaki bir balığın yakalanma olasılığı Holt ve SELECT yöntemine göre farklılık göstermektedir. Holt yöntemi SELECT yöntemine kıyasla daha geniş toplam boy grubunun yakalanma olasılığı olduğunu hatta bazı boy değerlerinin SELECT yöntemine göre yakalanma olasılığı yok iken Holt yöntemine göre yakalanma olasılığı olduğu sonucu elde edilmiştir (Şekil 7). Şekil 7'de de görüldüğü üzere iki farklı yöntem ile hesaplanan optimum yakalama boyları belirgin şekilde birbirlerinden farklıdır. Tüm ağ göz genişliklerinde SELECT yöntemi ile hesaplanan değerlerden OYB değerleri, Holt yöntemi ile hesaplanan OYB değerlerinden %40 daha uzundur. Bu farkın nedeni olarak melanur balıklarının morfolojik özelliklerinin kupes balıklarından daha farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Seçicilik çalışmalarının temel amaçlarından birisi balıkların ilk üreme boyları ile optimum yakalama boylarının karşılaştırılmasıyla, stokların korunması için hazırlanan yasal düzenlemelere katkı sunmaktır. Kupes balığının ilk üreme boyu Cengiz (2022) tarafından yapılan çalışmada 16,6 cm, Soykan vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada dişi bireylerde 12,9 cm, erkek bireylerde ise 9,3 cm, Amira vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada ise 14,7 cm olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kupes balığının en kısa optimum yakalama boyu 20 mm ağ göz genişliğinde Holt yöntemiyle 20,50 cm, SELECT

yöntemiyle ise 19,89 cm olarak hesaplanmıştır. Literatürdeki ilk üreme boylarına kıyasla daha büyük yakalama boyunun elde edilmesi nedeniyle 20 mm göz genişliğindeki avcılığın stoğa olumsuz etkisinin olmayacağı yorumlanmıştır. Melanur balıkları için ilk üreme boyu çalışması Daban vd. (2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışma sonucunda melanur balıklarının ilk üreme boyu dişi bireylerde 18,83 cm, erkek bireylerde ise 18,97 cm olarak belirlenmiştir. Tablo 6'da görüldüğü gibi 20 mm, 22 mm, 23 mm ve 25 mm ağ göz genişliklerinde Holt ve SELECT yöntemiyle belirlenen optimum yakalama boyları ilk üreme boylarından önemli ölçüde küçük kalmaktadır. Daha detaylı incelendiğinde ise bu çalışma sonucunda yakalanan en küçük melanur balığı 20 mm ağ göz genişliğinde Holt yöntemiyle 9,65 cm, SELECT yönteminde ise 13,55 cm olarak hesaplanmıştır ancak Tablo 6'da görüldüğü gibi 22 mm ağ göz genişliğinde yakalanan melanur balıklarının Holt yöntemiyle hesaplanan optimum yakalama boyu 10,61 cm olarak belirlenmiştir. Melanur balıklarında tüm ağ göz genişliklerinde Holt yöntemiyle hesaplanan optimum yakalama boyları SELECT yöntemine kıyasla %41'e varan daha kısa boylar hesaplanmıştır. Dolayısıyla ilk üreme boyu ile birlikte değerlendirme yapıldığında, özellikle melanur balıkları gibi yassı vücut yapısına sahip balıklarda seçicilik analiz yönteminin farklı olması ilk üreme boyu ile kıyaslama yapılarak mevcut avcılığın stok üzerine etkilerinin yorumlanmasını zorlaştırabilmektedir. Balıklar ekosistem içerisinde yaşamaktadırlar, bu nedenle bir türün stok durumunda gelişen olumsuzluklar o tür ile etkileşim halinde olan diğer türleri de etkileyerek ekosistem içerisinde genel bir olumsuzluğa neden olabilir. Sucul ekosistemin korunması amacıyla seçicilik analiz çalışmaları geliştirilerek özellikle yöntem farkından olan farklılıklar belirlenerek ilk üreme boyları ile kıyaslama yapılarak araştırma yapılması ilerleyen çalışmalar için önerilmektedir.

Literatür çalışmalarında yoğun olarak tek bir seçicilik analiz yöntemi tercih edilerek ilgili parametreler belirlenmektedir. Bu çalışma sonucunda farklı seçicilik analiz yöntemlerinin OYB değerlerinde ve total boyların yakalanma olasılıklarında farklılıklara yol açacağı belirlenmiştir. Mevcut farklılıkların bir nedeni; Holt yönteminin manuel (Avlanma verilerinin kullanıcı tarafından elle girildiği ve seçicilik parametrelerinin hesaplanması sürecinde saçılmaya neden olabilecek verilerin kullanıcı tarafından silinebildiği) bir yöntem, SELECT yönteminin ise program tabanlıdır (Seçicilik parametreleri program tarafından hesaplanır ve kullanıcının işlemlere müdahale etmesi söz konusu değildir). Diğer bir neden ise balıkların vücut şekilleri ile ilgili olabilir. Bu çalışma ile görülmektedir ki özellikle melanur gibi vücut şekli yassı olan balıkların seçicilik analiz sonuçları yöntemlere göre değişebilmektedir. Avlanma bölgesi, avcılık yöntemi, ağların teknik özellikleri gibi seçicilik analizlerine etki edebilecek parametrelerin aynı olması sağlanarak bu çalışmaya benzer çalışmaların arttırılmasının seçicilik analiz yöntemlerinden kaynaklanacak farkların, özellikle yassı vücut yapısına sahip olan balıklarda belirlenmesinin türlerin stok ve

ekosistem çalışmalarına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Çağdaş DEMİRDAK'ın doktora tezinin bir bölümünü içermektedir. Çalışmada katkılarından dolayı Prof. Dr. Uğur ALTINAĞAÇ'a, Prof. Dr. Uğur ÖZEKİNCİ'ye, Doç. Dr. Alkan ÖZTEKİN'e ve Oğuzhan AYAZ'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar araştırmanın veri toplanması, verilerin analizleri ve sonuçların değerlendirilmesi ile makalenin yazım sürecinde görev almışlardır.

Etik Onay

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul'unun 2022/07-02 numaralı kararı ile hayvan deneyleri etiği açısından uygundur.

Kaynaklar

- Aday, D., Kush, C., Wahl, D., & Philipp, D. (2002). The influence of stuted body size on the reproductive ecology of bluegill *Leomis macrochirus*. *Ecology of Freshwater Fish*, 11(3), 190-195.
- Amira, S., Alioua, Z., & Harchouche, K. (2019). Gonadal development and fecundity of bogue *Boops boops* (Linnaeus, 1758) (Sparidae) on the central Algerian coast. *Turkish Journal of Zoology*, 43(1), 12-29. doi: 10.3906/zoo-1805- 44
- Ayaz, A., Altınagac, U., Ozekinci, U., Ozen, O., Altın, A., & Ismen, A. (2011). Effect of twine thickness on selectivity of gillnets for bogue, *Boops boops*, in Turkish waters. *Mediterranean Marine Science*, 12(2), 358-368. doi: 10.12681/mms.37
- Ayaz, A., Altınagac, U., Ozekinci, U., Cengiz, O., & Oztekin, A. (2010). Effects of Hanging Ratio on Gill Net Selectivity for Annular Sea Bream (*Diplodus annularis*) in the Northern Aegean Sea, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(7), 1137-1142.
- Ayaz, A., Kale, S., Cengiz, O., Altınagac, U., Ozekinci, U., Oztekin, A., & Altın, A. (2009). Gillnet Selectivity for Bogue *Boops boops* Caught by Drive-in Fishing Method from Northern Aegean Sea, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8, 2537-2541.
- Ayaz, O., & Altınagac, U. (2020). Determination of the Effect of Different Catching Methods Made with Gillnets on the Selectivity of Bogue (*Boops boops* Linnaeus, 1758). *COMU Journal of Marine Science and Fisheries*, 3(2), 102-110. doi: 10.46384/jmsf.810339

- Aydın, M. (1997). Mezgit galsama ağlarının seçicilik parametrelerinin hesaplanması. (Yüksek Lisans Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.
- Büyükdeveci, F. (2019). Karadeniz’de kullanılan farklı ağ göz açıklığına sahip fanyalı uzatma ağlarının seçiciliklerinin farklı modellerle belirlenmesi. (Doktora Tezi), Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.
- Cengiz, Ö. (2022). Some biological aspects of bogue Boops boops (Linnaeus, 1758) from Saros Bay (Northern Aegean Sea, Turkey). *The Palawan Scientist*, 14(1), 22-34.
- Cilbiz, M., Uysal, R., Alp, A., Yeğen, V., Apaydın Yağcı, M., Yağcı, A., & Küçükkara, R. (2017). Mesh Size Recommendation for Turkey Pike (*Esox lucius* L., 1758) Gillnet Fishery. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 813-818. doi: 10.4194/1303-2712-v17_4_17
- Clarke, J. R. (1960). Report on selectivity of fishing gear. ICNAF Spec. Publ., 2, 27-36.
- Dankwa, H. R., Agyakwah, S. K., Agbogah, K., Kolding, J., Abban, E. K., & Amerdom, E. (2014). Catch Composition and Efficiency of Major Fishing Gears Used in Stratum II of the Volta Lake-Implications for Managing the Fisheries. *Ghana Journal of Science*, 54, 83-92.
- Daban, I. B., Ismen, A., Arslan Ihsanoglu, M., & Cabbar, K. (2020). Age, growth and reproductive biology of the saddle seabream (*Oblada melanura*) in the North Aegean Sea, Eastern Mediterranean. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 49(1), 13-22. doi: 10.1515/ohs-2020-0002
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy. doi: 10.4060/cb2429en. Erişim tarihi: 20 Ocak 2024.
- Hamley, J.M., (1975). Review of Gillnet Selectivity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32, 1943-1969.
- Holt, S. J. (1963). A method for determining gear selectivity and its application. ICNAF Special Publication/ICES/FAO Tech. Pap. 5, 56(3), 303-312.
- Hubert, W. A., Pope, K. L., & Dettmers J. M. (2012). Passive Capture Techniques. In A. V. Zale, D. L. Parrish & T. M. Sutton (Eds.), *Fisheries techniques* (3rd Edition, pp 223-265) Nebraska Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Staff Publications, University of Nebraska, Lincoln.
- İlkyaz, A. T. (2005). Uzatma ağı seçicilik parametrelerinin direk metodu ile belirlenmesi. (Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye.
- Kolding, J., & Skålevik, Å. (2020). PasGear 2. A database package for experimental or artisanal fisherydata.Version 2.13. <http://www.imr.no/forskning/bistandsarbeid/nansi/s/pasgear2/en>. Erişim tarihi: 24.01.2024.
- Kurkilahti, M., Appelberg, M., Hesthagen, T., & Rask, M. (2002). Effect of Fish Shape on Gillnet Selectivity: A Study with Fulton’s Condition Factor. *Fisheries Research*, 54, 153-170. doi: 10.1016/S0165-7836(00)00301-5
- Lester, N. P., Marshall, T. R., Armstrong, K., Dunlop, W. I., & Ritchie, B. (2003). A broad-scale approach to management of Ontario’s recreational fisheries. *North American Journal of Fisheries Management*, 23(4), 1312-1328.
- Longhurst, A. (2002). Murphy’s law revisited: longevity as a factor in recruitment to fish populations. *Fisheries Research*, 56(2), 125-131.
- McCombie, A.M., & Berst, A.H. (1969). Some effects of shape and structure of fish on selectivity of gillnets. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 26, 2681-2689.
- Millar, R.B. (1992). Estimating the Size-Selectivity of Fishing Gear by Conditioning on the Total Catch. *Journal of the American Statistical Association*, 87, 962-968.
- Millar, R.B., & Fryer, R.J. (1999). Estimating the size selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9, 89-116. doi: 10.1023/A:1008838220001
- Millar, R.B., & Holst, R. (1997). Estimation of gillnet and hook selectivity using log-linear models, *Ices Journal of Marine Science*, 54, 471-477. doi: 10.1006/jmsc.1996.0196
- Pet, J., Pet-Soede, C., & van Densen, W. L. (1995). Comparison of methods for the estimation of gillnet selectivity to tilapia, cyprinids and other fish species in Sri Lankan reservoir. *Fisheries Research*, 24(2), 141-164. doi: 10.1016/0165-7836(94)00364-3
- Reis, E.G., & Pawson, M.G. (1992). Determination of gillnet selectivity for bass (*Dicentrarchus labrax* L.) using commercial catch data. *Fisheries Research*, 13, 173-187.
- Soykan, O., İlkyaz, A.T., Metin, G., & Kınacıgil, H. T. (2015). Growth and reproduction of *Boops boops*, *Dentex macrophthalmus*, *Diplodus vulgaris*, and *Pagellus acarne* (Actinopterygii: Perciformes: Sparidae) from east-central Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45(1), 39-55. doi: 10.3750/AIP2015.45.1.05
- Subakan, G., Öztekin, A., Daban, İ. B., & Ayaz, A. (2017). Kuzey Ege Denizi’nde Kupes Uzatma Ağlarında Hedef Dışı Av Olarak Yakalanan Bazı Balık Türlerinin Seçiciliği. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(1), 103-110. doi: 10.12714/egejfas.2017.34.1.14

- Sullivan, M. G. (2003). Active management of walleye fisheries in Alberta: Dilemmas of managing recovering fisheries. *North American Journal of Fisheries Management*, 23(4), 1343-1358.
- Tesfaye, G. (2019). Gillnet Selectivity of Commercially Important Fish Species in Lake Hastenge, Ethiopia. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(5),403-409.
- Van Densen, W.L.T. (1987). Gillnet selectivity to pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.), and perch, *Percafluviatilis* (L.), Caught Mainly Wedged. *Aquaculture Research*, 18(1), 95-106.
doi: 10.1111/j.1365-2109.1987.tb00127.x
- Wilberg, M. J., Bence, J. R., Eggold, B. T., Makauskas, D., & Clapp, D. F. (2005). Yellow perch dynamics in southwestern Lake Michigan during 1986–2002. *North American Journal of Fisheries Management*, 25(3), 1130-1152.

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



RESEARCH ARTICLE

Variations Observed in the Muscle Scars of Left Valve of *Pododesmus patelliformis* (Linnaeus, 1761) [Bivalvia: Anomiidae]

Serhat Albayrak*, Senem Çağlar

Istanbul University Faculty of Science Department of Biology 34134 Vezneçiler İstanbul Türkiye
Istanbul University Faculty of Science Department of Biology 34134 Vezneçiler İstanbul Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-5007-1638>
<https://orcid.org/0000-0001-5882-9020>

Received: 22.03.2024 / Accepted: 03.06.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Bivalvia
Anomiidae
Pododesmus patelliformis

Abstract: This study investigates the unusual muscle scars observed in some specimens of *Pododesmus patelliformis* (Linnaeus, 1761). Materials were collected between 1964 and 1977 from 18 stations across the Sea of Marmara and the Aegean Sea. In only 49 out of the 85 specimens examined (57.7%), the muscle scars were distinctly separated from each other as described in the general literature. Thirty-six specimens (42.3%) exhibited muscle scars that differed from the known pattern. These atypical muscle scar types were categorized into five types, explained, photographed, and illustrated in this study.

Anahtar kelimeler:

Bivalvia
Anomiidae
Pododesmus patelliformis

Pododesmus patelliformis (Linnaeus, 1761) [Bivalvia: Anomiidae]'in Sol Kapağının Kas İzlerinde Görülen Varyasyonlar

Öz: Bu çalışma *Pododesmus patelliformis* (Linnaeus, 1761)'in bazı örneklerinde gözlenen sıra dışı kas izlerini ele almaktadır. Materyaller 1964-1977 yılları arasında Marmara Denizi ve Ege Denizi'ndeki 18 istasyondan elde edilmiştir. İncelenen 85 örneğin sadece 49'unda (%57,7) kas izleri literatürde belirtildiği gibi belirgin bir şekilde birbirinden ayrılmıştır. Otuz altı örnekte (%42,3) bilinen modelden farklı kas yara izleri vardı. Bu farklı kas yara izi tipleri bu çalışma ile beş sınıfa ayrılmış, açıklanmış, fotoğraflanmış ve şekli çizilerek gösterilmiştir.

Introduction

Cox et al. (1969) described Anomiidae as follows: "Shells irregular in outline, mostly sessile, slightly to markedly inequivalve. Byssus present in young stages, later modified in most to become pluglike, horny, passing through embayment or foramen in lower valve (normally RV). Adductor muscle scar subcentral, with one or more pedal and byssal retractor muscle scars above it, best seen on LV, opposite to foramen." Members of the family Anomiidae inhabitate hard substrates, by attaching themselves with a calcified byssus passing inside of the left valve through a hole, called as foramen or byssal aperture, in the right valve. This family can be readily identified by semi-transparent lower (right) valve with a foramen. However, species level identification is challenging due to the valves often mimicking the shape of the hard substrate on which they reside. The shape and number of muscle scars in the upper (left) valve are the primary diagnostic features

used in species identification within the family (Poppe & Goto, 1993; Tebble, 1966).

The Anomiidae family is represented by five species [*Anomia ephippium* Linnaeus, 1758, *Isomoniam alberti* (Dautzenberg & H. Fischer, 1897), *Heteranomia squamula* (Linnaeus, 1758), *Pododesmus patelliformis* (Linnaeus, 1761) and *Pododesmus squama* (Gmelin, 1791)] in the European Marine Mollusca (MolluscaBase eds., 2024). *A. ephippium*, *H. squamula*, *P. patelliformis* and *P. squama* are found in the Mediterranean basin and Atlantic coasts of European countries, whereas *I. alberti* is restricted to the North Atlantic coasts of Europe (WoRMS eds., 2024). In the seas surrounding Türkiye, *A. ephippium* and *P. patelliformis* are distributed along the coasts of Black, Marmara, Aegean and Levantine Seas. Conversely, *H. squamula* and *P. squama* are known only from Marmara and Aegean coasts, and *I. alberti* has not been reported from Turkish seas (Albayrak, 2011; Uysal et al., 2008).

*Corresponding author: serhatal@istanbul.edu.tr

How to cite this article: Albayrak, S., Çağlar, S. (2024). Variations observed in the Muscle scars of left valve of *Pododesmus patelliformis* (Linnaeus, 1761) [Bivalvia: Anomiidae]. COMU J. Mar. Sci. Fish, 7(1): 44-51. doi:10.46384/jmsf.1456850

Anomia ehippium is distinguished from other species by having three muscle scars. The other four species each exhibit two muscle scars within the left valves. *P. patelliformis* and *P. squama* are separated from other species in the family by having byssal and adductor muscle scars which feature radiating furrows (Fig. 1). In *P. patelliformis*, the two muscle scars are clearly separated and distinct, whereas in *P. squama* they merge to form one continuous scar (Poppe & Goto, 1993; Tebble, 1966). Moreover, the external sculpture of left valve in *P. patelliformis* displays approximately thirty radiating ribs, as opposed to the very fine and numerous striae found in *P.*

squama (Bucquoy et al., 1887-1898; Forbes & Hanley, 1853; Tebble, 1966).

In 2010, emeritus Prof.Dr. Muzaffer Demir brought to our attention the unusual muscle scars in *P. patelliformis* specimens obtained from the Sea of Marmara and the Aegean Sea. These variations did not align with the existing literature. The significance of the subject inspired us to prepare this article even though it comes years after his passing. This study aims to present the different muscle scar patterns observed in *P. patelliformis*.

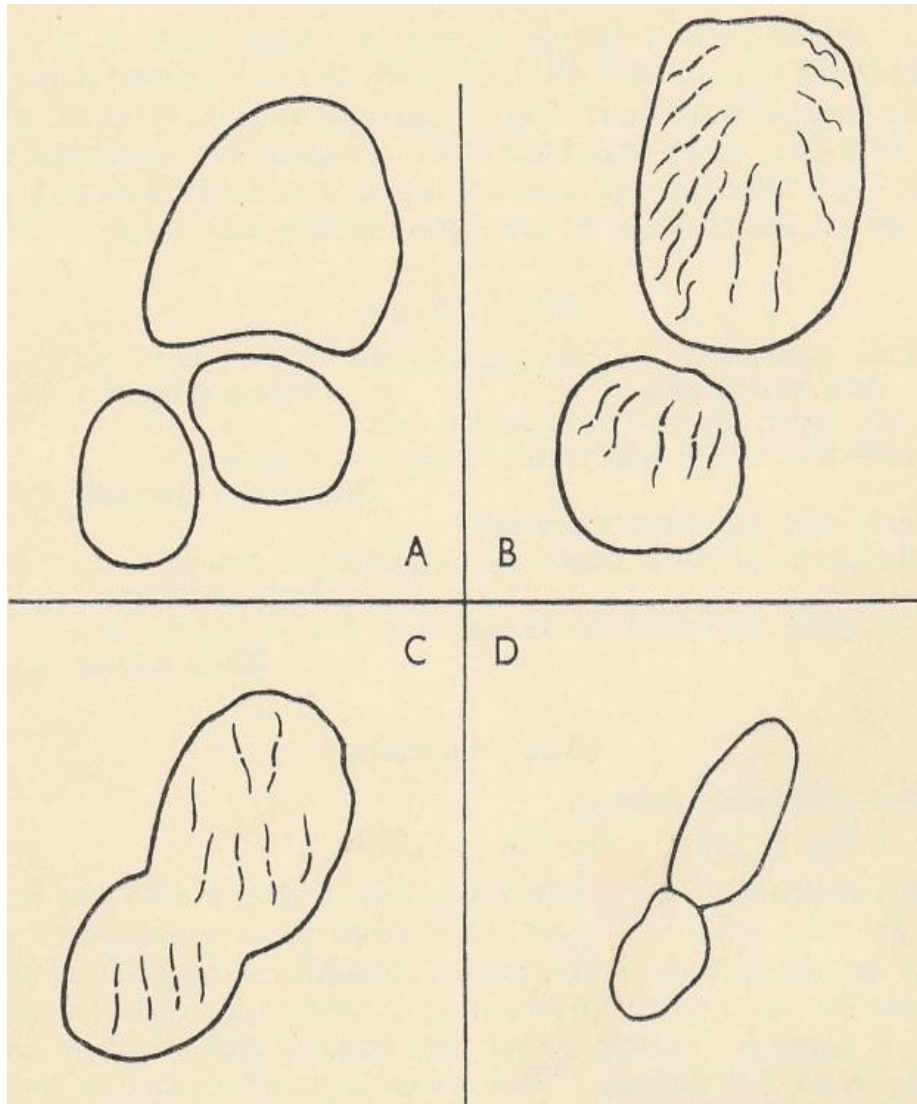


Figure 1. Muscle scars in the Anomiidae family after Tebble (1966). A) *Anomia ehippium*, B) *Pododesmus patelliformis*, C) *Pododesmus squama*, D) *Heteranomonia squamula*

Material and Methods

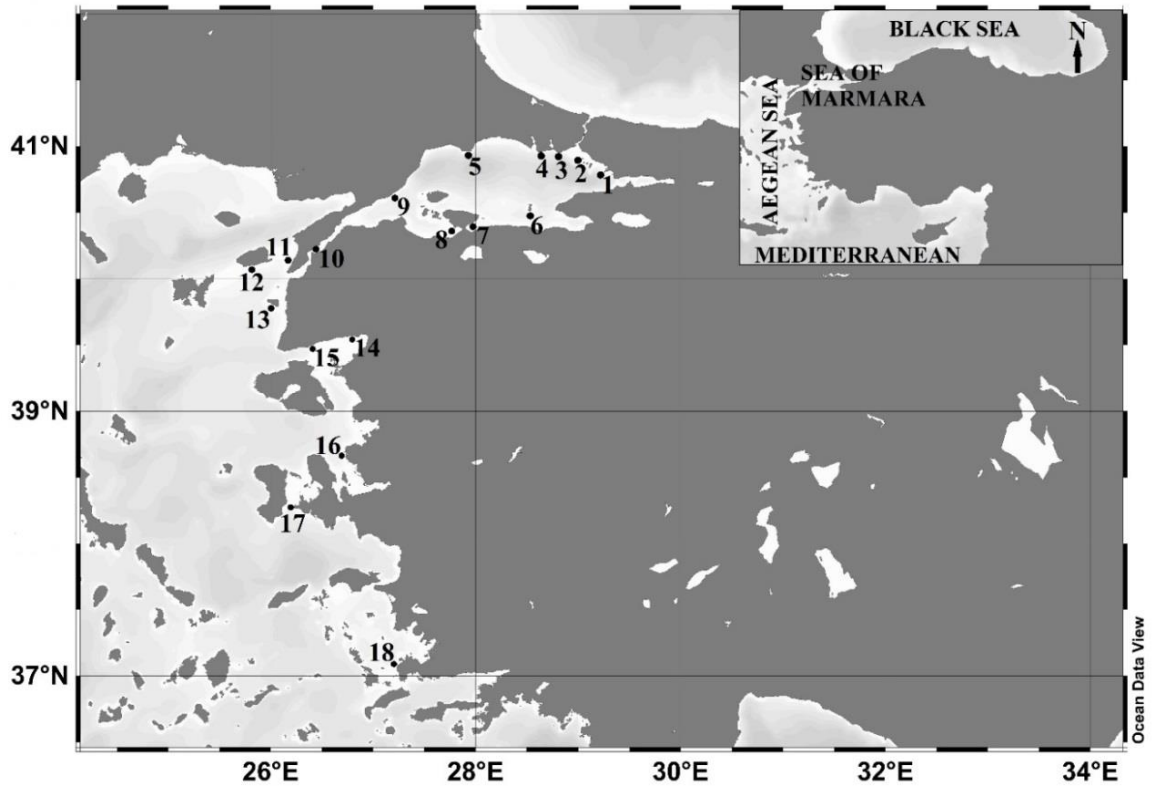
The material for this study was collected between 1964 and 1977 from 18 stations, 10 in the Sea of Marmara and 8 in the Aegean Sea by trawlers (Fig. 2, Tab. 1).

A total of 85 *P. patelliformis* individuals, 62 from the Sea of Marmara and 23 from the Aegean Sea, were selected. Photographs were taken with a digital camera connected to

a stereomicroscope and later illustrations were also carried out. After being examined and photographed in the laboratory, all the samples were taken back by Prof. Demir. Unfortunately, the materials could not be found by his family after his passing. Thus, the materials examined in the present study are not part of the Hydrobiology Collection of Department of Biology, Faculty of Science, the University of Istanbul.

Table 1. Locations and depths of sampling stations

Station	Location	Depth (m)
1	Tuzla	30
2	Kınalıada	30
3	Küçükçekmece	25
4	Ambarlı	40
5	M. Ereğlisi	25
6	İmralı	20
7	Bandırma	35
8	Erdek	55
9	Şarköy	80
10	Çanakkale	20
11	Kabatepe	70
12	Gökçeada	15
13	Bozcaada	45
14	Altınoluk	35
15	Behramkale	65
16	Foça	30
17	Çeşme	45
18	Bodrum	30

**Figure 2.** Sampling stations in the coasts of Marmara and Aegean Seas in Türkiye

Results

Although muscle scars are widely used as a primary character for species identification in the Anomiidae family, here we used exterior sculpture of the left valve to distinguish *P. patelliformis* from *P. squama*, both of which differ from other species in the family by having muscle scars with radiating furrows, as some variations in the muscle scar were observed in *P. patelliformis*. Based on definitions by Forbes & Hanley (1853) and Tebble (1966), individuals with approximately thirty radial ribs on the exterior surface of the left valve were identified as *P. patelliformis* (Fig. 3a), while individuals with very fine and numerous striae were identified as *P. squama* (Fig. 3b).

Six different muscle scar patterns were observed in *P. patelliformis* individuals, one of which was consistent with the literature.

Type I: Muscle scars were contiguous across their width (Fig. 4) in 19 (22,4 %) out of 85 individuals from Stations 1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 16 and 18. These individuals were found at depths of 20, 25, 30, 55, 70 and 80 meters.

Type II: Muscle scars were adjacent to each other with a wide and short cervix (Fig. 5) in 6 individuals (7 %) from

Stations 2, 6, 7, 11 and 18. This type of muscle scar is somewhat similar to *P. squama*, however, they are joined together to form one continuous scar in *P. squama*. These individuals were found at depths of 20, 30, 35 and 70 meters.

Type III: Muscle scars were connected by a narrow and short cervix (Fig. 6) in 5 individuals (5,9 %) from Stations 7 and 13. These individuals were found at depths of 35 and 45 meters.

Type IV: Muscle scars were connected by a thin and long cervix (Fig. 7) in 3 individuals (3,5 %) from Stations 8 and 12. These individuals were found at depths of 15 and 55 meters.

Type V: There was a narrow and long cervix between muscle scars, but, this cervix did not reach to upper scar (Fig. 8) in 3 individuals (3,5 %) from Stations 6 and 11. These individuals were found at depths of 20 and 70 meters.

Type VI: Muscle scars were clearly separated from each other (Fig. 9) just as described in the general literature in 49 individuals (57,7 %) from Stations 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 15, 17 and 18. These individuals were found at depths of 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 55, 65 and 80 meters.



a



b

Figure 3. Exterior surfaces of a) *Pododesmus patelliformis*, b) *Pododesmus squama*

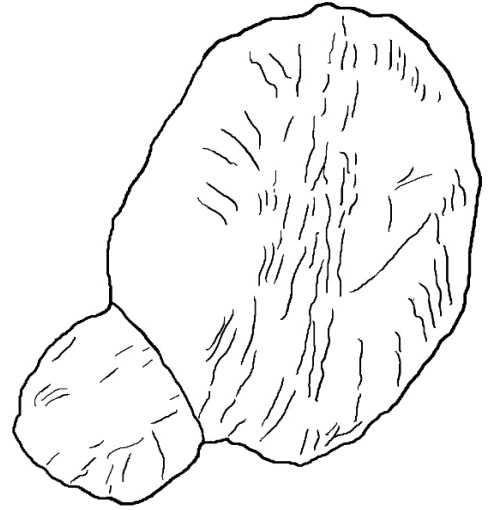
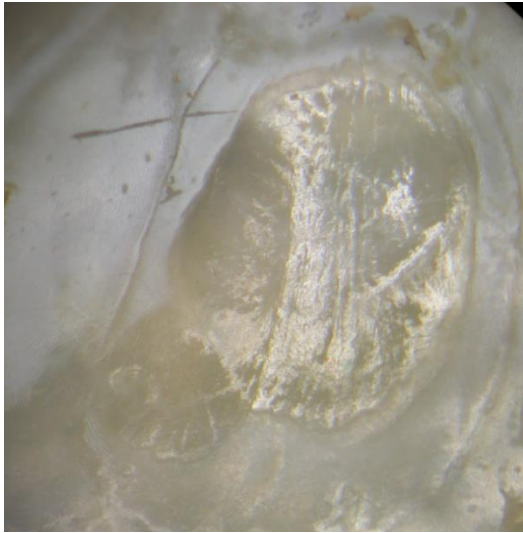


Figure 4. Photograph and illustration of muscle scars belonging to type I

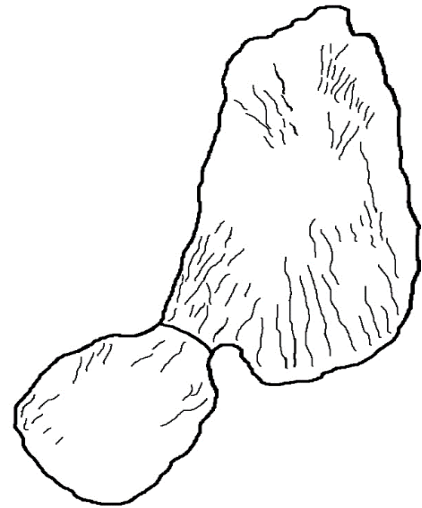


Figure 5. Photograph and illustration of muscle scars belonging to type II

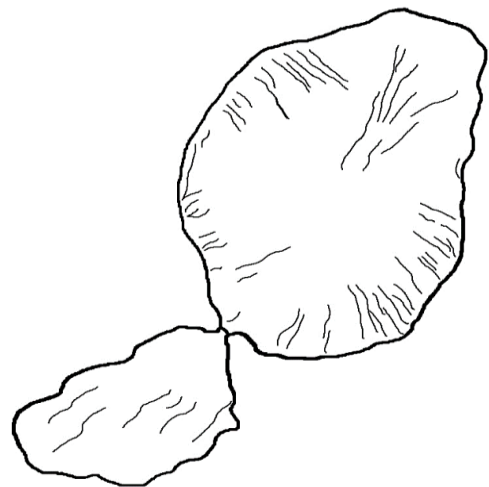
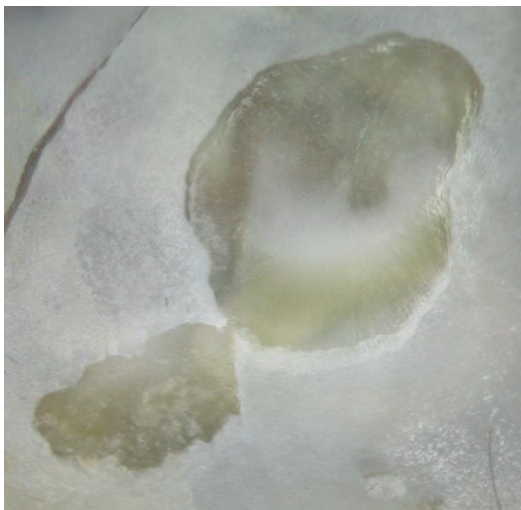


Figure 6. Photograph and illustration of muscle scars belonging to type III

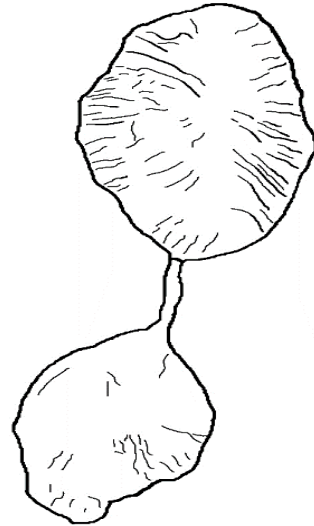


Figure 7. Photograph and illustration of muscle scars belonging to type IV

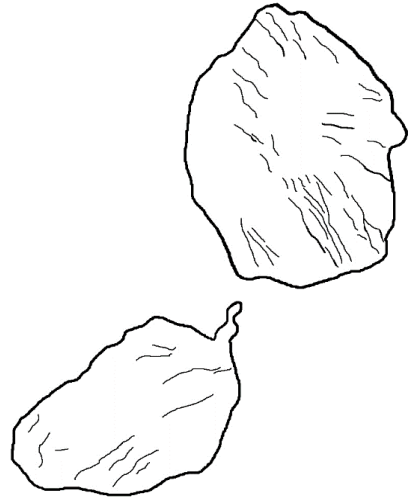


Figure 8. Photograph and illustration of muscle scars belonging to type V

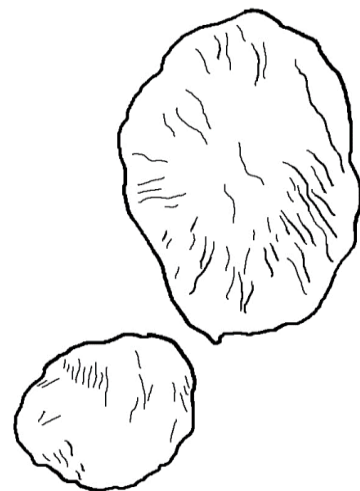
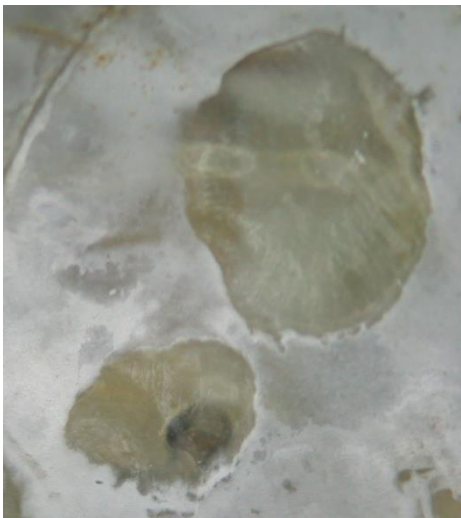


Figure 9. Photograph and illustration of muscle scars belonging to type VI

Discussion

The shape and number of muscle scars in Anomiid species have either not been mentioned or inadequately defined in earlier works (Bucquoy et al., 1887-1898; Carus, 1889-1893; Forbes & Hanley, 1853; Locard, 1892). The byssal and adductor muscle scars of *Pododesmus patelliformis* were described in the literature as distinctly separated from each other which serves as a key descriptive character (Nordsieck, 1969; Poppe & Goto, 1993; Tebble, 1966). Contrary to this general pattern, Parenzan (1974) illustrated a muscle scar type with adjacent scars and HABITAS (online) provided photograph of another type with connected muscle scars.

This study identifies six different muscle scar patterns of *P. patelliformis*. These patterns can be grouped into three categories: adjacent, connected and separated.

Of the 85 specimens examined, 25 specimens (29,4 %), corresponding to type I and type II in this study, had adjacent muscle scars. *Isomonina alberti* and *Heteranomia squamula* also exhibit adjacent byssal and adductor muscle scars. However, *I. alberti* can be easily distinguished from other Anomiid species by its dorsal margin with auricles similar to those of Pectinidae family (Cox et al., 1969) and *H. squamula* can be distinguished from *P. patelliformis* by the absence of radiating furrows on the scars (Tebble, 1966). Additionally, the diameters of the examined *P. patelliformis* specimens exceeded 19 mm while *H. squamula* reaches only up to 12,7 mm in diameter (Nordsieck, 1969).

Eight specimens (9,4 %), corresponding to type III and type IV in this study, had connected muscle scars. *Pododesmus squama* within the Anomiidae family also has joined and furrowed muscle scars (Poppe & Goto, 1993; Tebble, 1966). However, the exterior of left valve of *P. squama* is sculptured with very fine and numerous striae countable only under a microscope whereas *P. patelliformis* has approximately thirty radiating ribs countable with the naked eye (Bucquoy et al., 1887-1898; Forbes & Hanley, 1853; Tebble, 1966). Left valve sculpture proved that all of the examined 85 specimens belonged to *P. patelliformis*.

Muscle scars were separated from each other in 52 specimens (61,2 %), corresponding to the type V and type VI in this study. Although type VI matched the general literature description, a residue of cervix was present in type V.

Specimens with type I muscle scars were found in 11 stations at depths of 20-80 m, whereas those with type II muscle scars were found in 5 stations at depths of 20-70 m, type III in 2 stations at depths of 35-45 m, type IV in 2 stations at depths of 15-55 m, type V in 2 stations at depths of 20-70 m and type VI in 13 stations at depths of 15-80 m. As seen, specimens with different types of muscle scars were not confined to a narrow depth range. Moreover, specimens with various muscle scar types were found in the same stations. Station 6 hosted four different types: I, II, V and VI; Station 11 hosted three different types: I, II, V; Stations 2 and 18 hosted three different types: I, II and VI; Station 7 hosted three different types: II, III and VI; Station

8 hosted three different types: I, IV and VI; Stations 1, 3 and 9 hosted two different types: I and VI; Station 12 hosted two different types: IV and VI. These findings indicated that muscle scars did not vary depending on depth. We were unable to comment on the effects of other environmental factors due to the lack of data. However, it is likely that differential gene expression patterns due to intraspecific genetic variations and/or epigenetic modifications may have caused the different types of muscle scars.

In conclusion, the shape of muscle scars did not conform the literature in about 39 % of the examined specimens. The study identified different patterns, beginning with adjacent, continuing with connected by different cervix types and finally becoming separated. It is advised that other diagnostic features, in addition to muscle scars, should be carefully examined when identifying Anomiid species.

Acknowledgements

We commemorate Prof.Dr. Muzaffer Demir with deep gratitude for his invaluable contributions to the marine biology research in Türkiye and extend our heartfelt thanks to him for providing the samples used in this study.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Author Contributions

Serhat Albayrak and Senem Çağlar have planned and designed this study and contributed to the preparation of the final manuscript.

Ethics Approval

No ethics committee approval is required for this study that involves post hoc examination of bivalve shells collected in earlier studies between 1964-1977.

References

- Albayrak, S. 2011. *The Marine Bivalvia (Mollusca) of Turkey*. İstanbul Üniversitesi Press, Yayın No: 5030, İstanbul. ISBN: 978-975-404-905-3.
- Bucquoy, E., Dautzenberg, P., & Dollfus, G. (1887-1898). *Les mollusques marins du Roussillon. Tome II, Pelecypodes*. J.-B. Bailliere et Fils. Paris.
- Carus, J.V. (1889-1893). *Prodromus faunae Mediterraneae. Vol. II, Brachiostomata, Mollusca, Tunicata, Vertebrata*. E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung. Stuttgart.
- MolluscaBase eds. (2024). *MolluscaBase. Anomiidae Rafinesque, 1815*. European Register of Marine Species, Costello, M.J.; Bouchet, P.; Boxshall, G.; Arvanitidis, C.; Appeltans, W. (2024). Accessed on: 2024-02-20, <http://www.marbef.org/data/aphia.php?p=taxdetails&id=214>

- Cox, L.R., Newell, N.D., Branson, C.C., Casey, R., Chavan, A., Coogan, A.H., Dechaseaux, C., Fleming, C.A., Haas, F., Hertlein, L.G., Keen, A.M., LaRocque, A., McAlester, A.L., Perkins, B.F., Puri, H.S., Smith, L.A., Soot-Ryen, T., Stenzel, H.B., Turner, R.D., & Weir, J. (1969). Treatise on invertebrate paleontology. Part N, Vol.1-2, Mollusca 6, Bivalvia. In: Moore, R.C. (Ed.), *Systematic descriptions*. Geological Society of America, Boulder & University of Kansas, Lawrence: N225-N907.
- Forbes, E., & Hanley, S. (1853). *A history of British Mollusca, and their shells. Vol. II*. Samuel Bentley and Co. Bangor House, Shoe Lane, London.
- HABITAS (The Web Site of the Ulster Museum Sciences Division). Accessed on: 11 January 2024, <http://www.habitas.org.uk/marinelife/photo.asp?item=5279d>.
- Locard, A. (1892). *Les coquilles marines des cotes de France*. Librairie J.-B. Bailliere et Fils. Paris.
- Nordsieck, F. (1969). *Die europaischen meeresmuscheln (Bivalvia)*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.
- Parenzan, P. (1974). *Carta d'identita delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. II, Bivalvi*. Prima Parte. Ed. Bios Taras, Taranto.
- Poppe, G.T., Goto, Y. (1993). *European seashells. Vol. II, (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Verlag Christa Hemmen. Wiesbaden.
- Tebble, N. (1966). *British bivalve seashells*. Trustees of the British Museum (Natural History), London.
- Uysal, Z., Latif, M.A., Özsoy, E., Tuğrul, S., Kubilay, N., Beşiktepe, Ş.T., Yemenicioğlu, S., Mutlu, E., Ediger, D., Beşiktepe, Ş., Ediger, V., Örek, Y.A., Örek, H., Demirel, M., Tunç, Ş.Ç., & Terbıyık, T. (2008). *Kilikya Baseni Kıyisal Ekosisteminde Dolaşım, Taşınım ve Ötrofikasyon Araştırmaları*. The Scientific and Technical Research Council of Turkey (TÜBİTAK) 104Y277 p. 523.
- WoRMS Editorial Board (2024). *World Register of Marine Species*. Available from <https://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed on: 2024-05-02. doi:10.14284/170

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



RESEARCH ARTICLE

Chemical Composition of Two Grey Mullet Species (*Chelon auratus*, *Mugil cephalus*): A Comparative Study on Wild and Aquaculture-Adapted Species

Ekrem Cem Çankırılıgil^{1*}, Ayça Altuntaş²

¹ Sheep Breeding Research Institute, Department of Fisheries, Bandırma, Balıkesir, Türkiye
² Central Fisheries Research Institute, Department of Aquaculture, Yomra, Trabzon, Türkiye.

<https://orcid.org/0000-0001-5898-4469>
<https://orcid.org/0000-0002-2916-8195>

Received: 03.06.2024 / Accepted: 24.06.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Protein quality
DIAAS
Lipid indices
Black Sea
Seafood

Abstract: This study assessed the chemical composition of wild and culture-adapted golden grey mullet (*Chelon auratus*) and flathead grey mullet (*Mugil cephalus*). Wild samples were collected seasonally from Trabzon shores and compared to those adapted to aquaculture conditions for one year. Both species had high levels of glutamate, aspartate, alanine, leucine, and isoleucine. *Mugil cephalus* was a high protein source for adults, with a digestible indispensable amino acid score (DIAAS) score above 100 in both wild and culture forms. However, a DIAAS score exceeding 100 was only detected in wild *Chelon auratus* in the winter and spring. Both species had high levels of EPA and DHA, with *Mugil cephalus* having the highest lipid quality. Despite seasonal variations, cultured fish maintained a good nutritional profile similar to wild fish, especially in the autumn and summer.

Anahtar kelimeler:

Protein kalitesi
DIAAS
Lipit indeksleri
Karadeniz
Su ürünleri

İki Kefal Türünün (*Chelon auratus*, *Mugil cephalus*) Kimyasal Kompozisyonu: Doğal ve Akuakültüre Adapte Edilmiş Türlerin Karşılaştırılması

Öz: Bu çalışmada, doğal ve kültüre adapte edilmiş altınbaş kefal (*Chelon auratus*) ve has kefal (*Mugil cephalus*) türlerinin kimyasal bileşimi değerlendirilmiştir. Örnekler Trabzon kıyılarından mevsimsel olarak avlanmış ve bir yıl boyunca yetiştiricilik şartlarına adapte edilen bireylerle karşılaştırılmıştır. Her iki türde de yüksek düzeyde glutamat, aspartat, alanin, lösin ve izölösin tespit edilmiştir. *Mugil cephalus*, doğal ve kültür formlarında 100'ün üzerinde bir sindirilebilir elzem amino asit skoruna (DIAAS) sahip yüksek protein kaynağı olarak belirlenmiştir. Ancak, 100'ü aşan DIAAS skoru sadece kış ve ilkbaharda doğadan avlanan *Chelon auratus*'ta tespit edilmiştir. Her iki türde de yüksek miktarda EPA ve DHA tespit edilmiş olup *Mugil cephalus* türünün en yüksek lipit kalitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Mevsimsel değişikliklere rağmen, kültüre adapte edilen balıkların, özellikle sonbahar ve yaz aylarında, doğadan avlanan balıklara benzer iyi bir besin profilini koruduğu tespit edilmiştir.

Introduction

The increasing global population necessitates the efficient use of diminishing natural resources, with seafood consistently playing a vital role in human nutrition throughout history. However, overfishing and adverse environmental factors have caused a rapid decline in natural fish populations, with some species even facing extinction. Consequently, aquaculture has become essential to meet the growing demand for food and protein (Lee and Tamaru, 1988; Harmantepe and Büyükhatipoğlu, 2007; FAO, 2020). With the global population currently at 7 billion and projected to reach 8 billion within the next 20 years, the demand for aquaculture products is expected to rise

significantly (FAO, 2020). The surge in aquaculture production has also heightened the demand for fish meal and fish oil, which are critical components in fish feed production. These components, serving as primary sources of protein and fat, have seen significant price increases, substantially raising feed costs (Harmantepe and Büyükhatipoğlu, 2007). The profitability of fish farming is closely linked to the growth rate of the fish; hence, producers aim to bring fish to market quickly to maximize returns (Yiğit and Aral, 1999). As a result, fish species that adapt well to environmental conditions and exhibit rapid growth are preferred for cultivation.

*Corresponding author: ekremcem19@gmail.com

How to cite this article: Çankırılıgil, E. C., Altuntaş, A. (2024). Chemical composition of two grey mullet species (*Chelon auratus*, *Mugil cephalus*): a comparative study on wild and aquaculture-adapted species. COMU J. Mar. Sci. Fish, 7(1): 52-66. doi:10.46384/jmsf.1494918

In this context, it is crucial to investigate species that can diversify the aquaculture sector and thrive under current environmental conditions with minimal fish meal and oil requirements in their feed (Thomas et al., 2021; van Riel et al., 2023). As herbivorous fish, grey mullets are among the promising candidates for such diversification (Lee and Tamaru, 1988) due to their unique tolerance to a wide range of salinity and temperature levels. As pelagic species, grey mullets predominantly inhabit coastal areas of tropical and subtropical seas (Whitfield and Durand, 2023). *Mugil cephalus*, a notable species in this family, is widely distributed in the Black Sea, Mediterranean Sea, Aegean Sea, and along the Spanish coast of the Atlantic Ocean. *Chelon auratus* (Risso, 1810) is found in the Black Sea, the Mediterranean, the Sea of Azov, the southern coasts of Africa and Europe, the Caspian Sea, the Scandinavian coasts and the southern coasts of England. They spend the winter in the warmer waters of Crimea, the Caucasus, and Anatolia in the Black Sea and the Sea of Marmara, migrating northwest and northeast to feed (Çiloğlu, 2023; Froese and Pauly, 2024).

Despite their potential, grey mullet species are not extensively cultured, with only a few scientific research conducted (Garcia-Marquez et al., 2011; Nguyen et al., 2023; Quiros-Pozo et al., 2023). From 2015 to 2019, the TAGEM project "Determination of the Bioecology and Aquaculture Characteristics of the Mullet Species (*Mugil cephalus*, *Liza aurata*) in the Eastern Black Sea" focused on

adapting grey mullet species to culture conditions as well as fish feed (Altuntaş et al., 2020). In the context of this project, grey mullet species were successfully adapted to culture conditions over approximately one year. This study uses both wild and aquaculture-adapted individuals from this project. The main aim of this study is to evaluate the chemical composition of wild and culture-adapted golden grey mullet (*Chelon auratus*) and flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) individuals to determine their suitability for aquaculture and to compare the nutritional profiles of cultured and wild individuals across different seasons. Preliminary results indicate that both mullet species have successfully adapted to culture conditions and show significant potential for further rearing activities.

Material and Methods

Fish material and fishing operation

This study examined two economic grey mullet species, golden grey mullet *Chelon auratus* (Risso, 1810) and flathead grey mullet *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). The study materials were obtained from the Project titled "Determination of the Bioecology and Aquaculture Characteristics of the Mullet Species (*Mugil cephalus*, *Liza aurata*) in the Eastern Black Sea". In the project context, grey mullet species were caught seasonally, and some individuals were adapted to the culture conditions. The workflow of the study is shown in Figure 1.

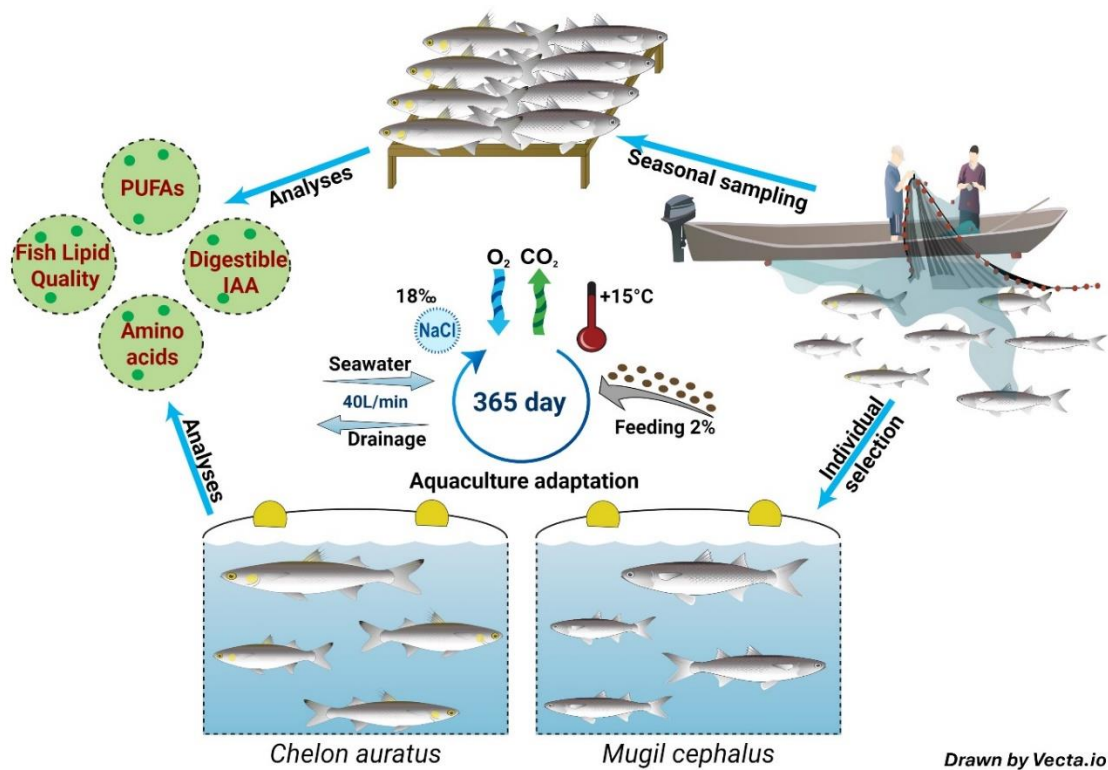


Figure 1. Workflow diagram of this study's methodological procedure. The graphic was drawn using Vecta.io software (Vecta, 2024)

Fishing operations were carried out by partnering with a small-scale fishing boat owner who operated in Trabzon, Eastern Black Sea. Legal permits were provided for the fishing ban period. Surveys were carried out periodically in mids of October, February, April, July from 2016 to 2017 along Trabzon coast. Sampling coordinates were between 41°0'43.79"N, 39°43'30.10"E and 40°58'31.64"N, 39°50'13.24"E. Sampling stations were shown in Figure 2. Fish were caught using gillnet nets with 36 mm mesh size. In sampling studies, two grey mullet species were seen in exact locations every season. Some of the samples were

stored for the chemical analyses at +4 °C, while some were collected as live material for adaptation studies. For aquaculture adaptation studies, the fish's body form and condition were considered, along with their health status after the fishing operation. Individuals who lost scales or were damaged were often lost during adaptation due to infections caused by these injuries. Therefore, only individuals with no signs of external injuries were directly transferred from the ship's deck to special transport tanks (0.5 m³).

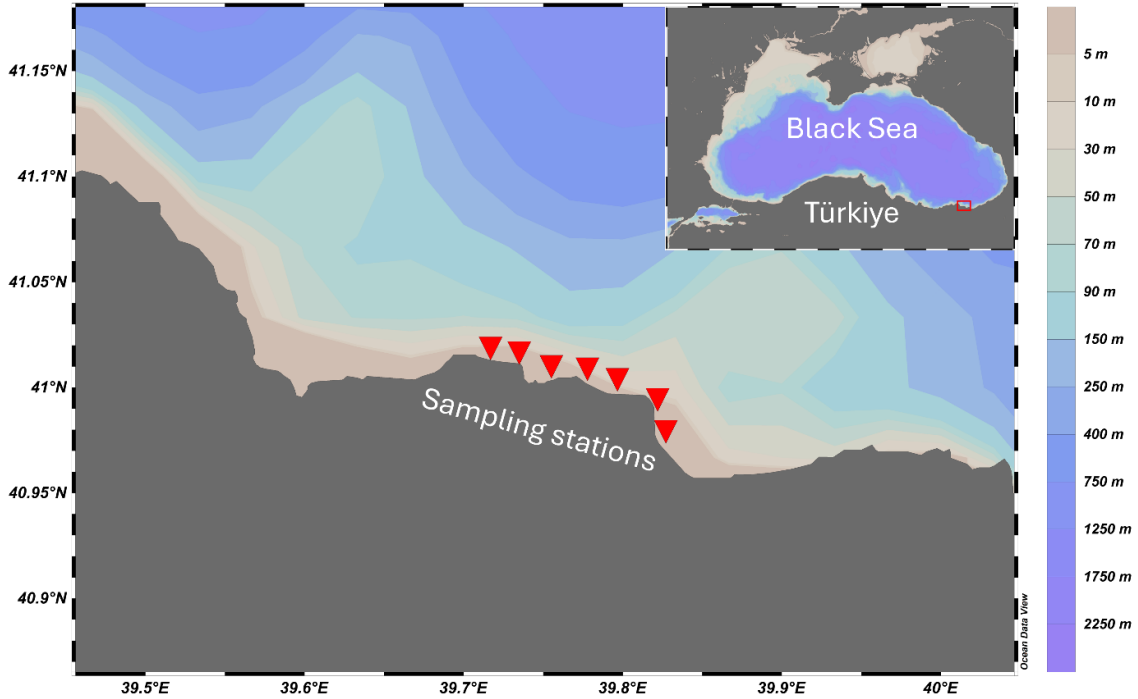


Figure 2. Sampling stations on Trabzon coast of the Black Sea. The sampling map was drawn by ODV software (Schlitzer, 2024)

Aquaculture adaptation and rearing conditions

In this study, a group of fish were selected for aquaculture adaptation studies. Some of them were stored for chemical analysis and immediately transported to the laboratory in cold storage at +4 °C. The fish taken alive from the fishing vehicles were placed in transportation tanks with liquid oxygen and transferred to the marine fish adaptation unit at Central Fisheries Research Institute. Grey mullets were placed in separate fiberglass tanks (2x2x1m) in an open system aquaculture unit with continuous water exchange at 40 L/min. The tanks were supplied with seawater drawn from a depth of 54 m, approximately 1 km off the coast of Trabzon-Yomra. The mean salinity was 18‰ and the temperature was 15 °C. The fish were not fed for the first two days to allow them to adapt to the tank environment. A mixture of feed consisting of small crustaceans, macroalgae, and pelagic fish was provided to adapt them to feeding. From the very first feeding, a meticulous approach was taken. Fresh feed was used for ten days, followed by a commercial pellet fish feed. The fish were fed approximately 2% of their total weight daily, ensuring a consistent and precise feeding regime.

Harvesting and pre-treatment for analyses

After the one-year adaptation study, a subset of the fish was harvested for this study. It is important to note that only fish successfully adapted to the feed and aquaculture environment were used. Throughout the adaptation and harvesting procedures, strict adherence to ARRIVE guidelines (Kilkenny et al., 2010) and EU directive for animal experiments (European Commission, 2010) was maintained, ensuring the highest ethical standards. After harvesting, the fish were anesthetized in clove oil baths (50 µL/L) and euthanized immediately by the gill-cutting method. All wild and aquaculture samples were skinned and filleted, and their internal organs were removed. Finally, the obtained fillets were homogenized at 1800 rpm and stored until the analyses were at +4 °C. In this study, 30 individuals were used in each season and cultured form for each species (n=150 for *C. auratus*, n=150 for *M. cephalus*). Mean length and weight were determined as 28.19±1.14 cm and 367.12±14.06 g for *C. auratus*, and 26.86±0.97 cm and 455.38±11.29 g for *M. cephalus*.

Proximate composition analyses

Moisture analyses were performed using Horwitz's (2000) method. Two grams of the homogenates were placed in petri plates and dried in an oven (Sanyo MOV1125, Japan) at 100 °C for 24 hours. The dried samples were weighed with analytical balance (Kern ABJ-220, Philippines), and the % moisture (water) content was determined. Crude protein analysis was performed using the AOAC (2000) method. 0.5 grams of the samples were weighed, taken into distillation tubes, and burned with 15 mL H₂SO₄ and Kjeldahl tablet at 450 °C. The solutions were distilled with distillation equipment (FOSS 2100, Denmark) and the, obtained solutions were then titrated with 0.1 N HCl, and the protein ratio was calculated. Crude fat analysis was performed according to Folch et al. (1957)'s method. In this method, 0.5-gram samples were weighed, and 10 mL of methanol-chloroform (2:1) mixture was added and kept in the dark for 12 hours. The filtered samples were then concentrated in a Rotary evaporator (Eyela N-N 1521, Japan) to calculate the % of the crude fat content. Crude ash content was determined according to Horwitz's (2000) method. The samples weighed 1 gram in heat-resistant porcelain crucibles and were incinerated in a muffle furnace (Protherm PLF, Türkiye) at 600 °C for 6 hours. The obtained samples were weighed, and crude ash content was determined by percentage.

Amino acid analysis

Acidic digestion was used to prepare the fish meat for analysis. Fish meat was hydrolyzed with HCl until completely hydrolyzed (24 hours, 110 °C) (Çankırılıgil et al., 2020). The hydrolysates obtained were filtered through a 0.45 µm syringe filter and diluted 10⁻¹ with distilled water. The filtrates obtained were then stored in 1.5 mL amber vials until the analyses started. Amino acid analyses were performed according to Henderson et al. (2000). The solutions obtained were filtered through a PTFE injector filter. The filtrates were transferred to 1.5 mL vials and analyzed on an HPLC with a DAD detector (Agilent Infinity II, U.S.A) at 40 °C with a 2 mL/min flow rate. For the separation of amino acids, Zorbax Eclipse AAA amino acid column was used as stationary phase and a mixture (45%:45%:10%) of 40 mM Na₂HPO₄(A) and MeOH:ACN:H₂O(B) fixed at pH 7.8 with 10 N NaOH as mobile phase. The gradient stages of the mobile phase were A:100%, B:0% at the 1.9th minute; A:43%, B:57% at the 18.1st minute; A:0%, B:100% at the 18.6th minute; A:0%, B:100% at the 22.3rd minute and A:100%, B:0% at the 23.2nd minute. Amino acids were detected at 338 nm and 262 nm.

Protein quality evaluation

The protein qualities of both grey mullet species were evaluated using the digestible indispensable amino acid score (DIAAS) method (FAO, 2013). In this method, IAA reference ratios were calculated by multiplying the true ileal digestibility (df) for each indispensable amino acid in the grams of protein in the samples comparing to the reference protein values (FAO, 2013; Kendler et al., 2023). True ileal digestibility reflects the actual amount of amino acid the

metabolism can use. Limited digestibility data exists for fish species individually, including grey-mullet species. This study used universal values for amino acid digestibility of fish muscle described by Moughan et al. (2012). Actual ileal digestibility factors were accepted as 85% for histidine, 93% for isoleucine, 91% for leucine, 93% for lysine, 83% for phenylalanine, 95% for threonine, and 90% for valine. According to the literature, no specific digestibility data exists for cysteine, methionine, and tyrosine in fish muscle. Thus, the true ileal protein digestibility of fish protein used for those amino acids is 90% (Moughan et al., 2012; Shaheen et al., 2016). Reference protein values were obtained from WHO/FAO/UNU (2007) for two distinct age groups: children (6 months to 3 years) and older children, adolescents, and adults. Finally, the lowest DIAA value was multiplied by 100, and the DIAA score (DIAAS) was calculated (FAO, 2013). The equations used in the study are shown below.

$$\text{mg amino acid per g protein} = \frac{\text{mg amino acid per g wet weight}}{\text{g protein per g wet weight}}$$

$$\text{Digestible IAA reference ratio} = \frac{\text{mg of amino acid in 1 g sample protein} \times (\text{df}/100)}{\text{mg of amino acid in 1 g of reference protein}}$$

$$\text{DIAAS} = 100 \times \text{lowest digestible IAA reference ratio of given amino acids}$$

Fatty acid analysis

Fatty acid analysis was performed according to IUPAC (1987). A 0.15 g of the lipid sample was weighed, obtained from the crude fat extraction procedure performed according to Folch et al. (1957). 5 mL of methanolic 0.5 N NaOH and the boiling stone were added into the samples which were then placed in Soxhlet evaporator (Velp Scientifica Ser148, Italy). The temperature was fixed at 65 °C. After 15 minutes, 5 mL BF₃ was added, and the samples were kept at 65 °C for another 2 minutes. At the end of 2 minutes, 2 mL heptane was added to the samples. After 1 minute of evaporation at 65 °C, the obtained mixture was transferred into 25 mL flasks, and they were mixed with saturated NaCl solution to form a liquid phase containing lipids. The obtained phase was filtered with a 0.45 µm injector filter and stored in 1.5 mL vials. Finally, the samples were analyzed in gas chromatography (Shimadzu GC-17A, Japan) with an FID detector and 150 cm column.

Calculation of lipid quality indices

Obtained fatty acid data was evaluated to assess the lipid quality of the grey-mullet species. Total eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic content as mg per 100g (EPA+DHA mg/100g), polyunsaturated fatty acid/saturated fatty acid ratio (PUFA/SFA), total omega 3 and omega 6 fatty acid ratio (n-3/n-6), linoleic acid/ α -linolenic acid ratio (LA/ALA), fish lipid quality (FLQ), health-promoting index (HPI), unsaturation index (UI) were calculated according to Chen and Liu (2020). While the nutritional value index (NVI) was calculated using the method described by Wołoszyn et al. (2020), the hypo/hypercholesterolemic ratio (h/H) was determined according to Santos-Silva et al. (2002). Finally, the atherogenicity index (AI) and thrombogenicity index (TI) were calculated according to Ulbricht and Southgate (1991). Equations that were used in assessing lipid quality are shown below:

$$PUFA/SFA = \sum PUFA / \sum SFA$$

$$LA/ALA = C18:2 n - 6 / C18:3 n - 3$$

$$n - 3 / n - 6 = \sum n - 3 / \sum n - 6$$

$$NVI = (C18:0 + C18:1) / C16:0$$

$$FLQ = 100 \times (C22:6 n - 3 + C20:5 n - 3) / \sum FA$$

$$HPI = \sum UFA / [C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0]$$

$$UI = 1 \times (\% \text{monoenoics}) + 2 \times (\% \text{dienoics}) + 3 \times (\% \text{trienoics}) + 4 \times (\% \text{tetraenoics}) + 5 \times (\% \text{pentaenoics}) + 6 \times (\% \text{hexaenoics})$$

$$HH = (C18:1 + \sum PUFA) / (C14:0 + C16:0)$$

$$AI = [C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0] / (\sum MUFA + \sum PUFA)$$

$$TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0.5 \times \sum MUFA) + (0.5 \times \sum n - 6 PUFA) + (3 \times n - 3 PUFA) + (n - 3 / n - 6)]$$

Statistical analysis

Data were expressed as mean values \pm standard error (SE). Differences between mean values of aquaculture forms of the two species were determined via T-test. In contrast, differences between mean values of seasonal variations of the same fish species were evaluated by one-way variance analysis (ANOVA). Homogeneity and normal distribution of the values were calculated using Levene and Anderson-Darling tests, respectively. The significance level (p value) was adopted as 0.05, and mean values less than

0.05 were accepted as statistically significant. The IBM SPSS 23 was used in all statistical analyses.

Results

The proximate composition of grey mullet species was presented in Table 1. It was determined that the moisture (water) was 71.69 \pm 0.27-78.31 \pm 0.38%, crude protein was 16.71 \pm 0.12%-18.62 \pm 0.24%, crude fat was 2.11 \pm 0.18-7.27 \pm 0.27% and crude ash was 1.37 \pm 0.07-1.90 \pm 0.23% in the muscle tissue of golden grey mullet (*Chelon auratus*). The highest crude protein, crude fat and crude ash were determined in spring and winter, respectively. The lowest protein content was found in autumn samples, while the lowest crude fat and crude ash content were found in summer and culture forms (p < 0.05). In muscle tissue of flathead grey mullet (*Mugil cephalus*), the moisture (water) was 73.14 \pm 0.26-77.31 \pm 0.22%, crude protein was 16.24 \pm 0.17-16.81 \pm 0.17%, crude fat was 3.85 \pm 0.08-7.70 \pm 0.26% and crude ash was 1.34 \pm 0.11-1.40 \pm 0.17%. The highest crude protein content was found in the autumn, and the highest crude fat content was found in the winter and spring. The lowest crude protein and fat were detected in the summer samples, and the individuals adapted to the culture conditions (p < 0.05). There was no statistical difference between the samples in crude ash contents (p > 0.05). The proximate composition of culture-adapted grey mullet individuals was statistically similar to those caught in nature in the summer.

Table 1. Proximate composition of wild and culture forms of grey mullet species (%)

Golden grey mullet (<i>Chelon auratus</i>)					
	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture
Moisture	77.91 \pm 0.24 ^{ab}	71.69 \pm 0.27 ^c	71.93 \pm 0.48 ^c	78.31 \pm 0.38 ^a	77.41 \pm 0.20 ^b
Protein	16.71 \pm 0.12 ^c	17.61 \pm 0.19 ^b	18.62 \pm 0.24 ^a	17.13 \pm 0.29 ^{ab}	17.06 \pm 0.15 ^{ab}
Fat	2.76 \pm 0.16 ^c	7.27 \pm 0.27 ^a	6.36 \pm 0.24 ^b	2.11 \pm 0.18 ^d	2.23 \pm 0.21 ^d
Ash	1.52 \pm 0.09 ^b	1.90 \pm 0.23 ^a	1.89 \pm 0.09 ^a	1.37 \pm 0.07 ^c	1.42 \pm 0.18 ^c
Flathead grey mullet (<i>Mugil cephalus</i>)					
	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture
Moisture	75.28 \pm 0.28 ^b	73.18 \pm 0.17 ^c	73.14 \pm 0.26 ^c	77.31 \pm 0.22 ^a	77.20 \pm 0.18 ^a
Protein	16.81 \pm 0.17 ^a	16.51 \pm 0.24 ^{ab}	16.50 \pm 0.14 ^{ab}	16.24 \pm 0.17 ^b	16.30 \pm 0.20 ^b
Fat	5.17 \pm 0.10 ^b	7.54 \pm 0.23 ^a	7.70 \pm 0.26 ^a	3.85 \pm 0.08 ^c	3.92 \pm 0.11 ^c
Ash	1.34 \pm 0.11 ^a	1.37 \pm 0.10 ^a	1.36 \pm 0.08 ^a	1.40 \pm 0.17 ^a	1.38 \pm 0.13 ^a

Values expressed as mean value \pm standard error. Different superscripts in a line represent statistical differences (p < 0.05)

Table 2 demonstrates the amino acid compositions of golden grey mullet (*Chelon auratus*) and flathead grey mullet (*Mugil cephalus*). Total amino acid contents were found between 13.39 \pm 0.24-14.20 \pm 0.15 g/100g in the muscle tissue of *C. auratus* and 13.45 \pm 0.20-14.08 \pm 0.24 g/100g in *M. cephalus*. The highest total amino acid content in both species was found in the winter and spring (p < 0.05). The amino acid compositions of the culture forms of

both species were statistically similar to the summer and autumn samples (p > 0.05). All essential amino acids were detected in all samples. Glutamine, asparagine, alanine, leucine and isoleucine were the highest-detected amino acids in all groups. Tryptophan was the lowest (p < 0.05). In muscle tissue of *C. auratus*, asparagine, glutamine, aspartate, serin, glutamate, histidine, alanine, tyrosine, cysteine, tryptophan and phenylalanine were found

statistically the same in all seasons and culture form ($p > 0.05$). Glycine, threonine and isoleucine were highest in the winter, while lysine was highest in the spring ($p < 0.05$). Valine, methionine and leucine were found to be the most common in both the winter and spring seasons. In *M. cephalus*, asparagine, glutamine, aspartate, serin, glycine, valine, methionine, leucine and lysine were statistically the same in all groups ($p > 0.05$). Glutamine was highest in the spring, while histidine was highest in the summer. Threonine and isoleucine were higher in the winter and spring seasons ($p < 0.05$). In culture forms of *C. auratus*, amino acids were statistically similar compared to the autumn and summer seasons ($p > 0.05$). No statistical differences were found in the total amino acid compositions of the culture form of *M. cephalus* ($p > 0.05$).

The digestible amino acid composition and DIAAS score of the grey mullet species are shown in Table 3. According to the results, only two ileal amino acids, valine and histidine, were found below the recommended daily intake ratios in some groups, which defines limiting amino acids for DIAAS calculation. In *C. auratus*, valine was found below the daily recommendations in all groups for young children. At the same time, it was also below the recommended levels in the autumn, summer and culture groups for adult reference patterns. Histidine was found below the recommended daily intake for young children in the winter and spring. In *M. cephalus*, histidine was found below the recommendations for young children only in winter and spring groups, similar to *C. auratus*. In contrast, valine was found in autumn and culture form. Notably, the amino acid compositions of *M. cephalus* were higher than the daily recommendations for adults in terms of all digestible ileal amino acids. DIAAS score of *C. auratus* ranged between 89-92 for young children and 98-103 for adults. In *M. cephalus*, the DIAAS score ranged between 93 and 102 for young children, whereas it was calculated between 100-112 for adults. It is clear that *M. cephalus* is richer in terms of amino acid quality than *C. auratus*, with the highest DIAAS scores.

The fatty acid compositions of grey mullets are presented in Table 4. The total saturated fatty acid value was found to be the lowest in the winter, with $39.67 \pm 0.37\%$ in total, while it was the highest in the summer season, with $43.53 \pm 0.41\%$ in *C. auratus*. Palmitic acid (C16:0) was the highest saturated fatty acid in all samples, followed by pentadecanoic (C15:0) and stearic acids (C18:0). In contrast, the lowest total saturated fatty acids content was detected in the spring, while the highest values were found in both the summer and autumn seasons in *M. cephalus*. The highest amount of saturated fatty acid found in the muscle tissues of both mullet species was palmitic acid ($p < 0.05$). It was followed by pentadecanoic acid (C15:0), myristic acid (C14:0) and stearic acids (C18:0). The total monounsaturated fatty acids were statistically similar within each group of both fish species ($p > 0.05$). The highest monounsaturated fatty acid was oleic acid (C18:1), followed by palmitoleic acid (C16:1) in all groups ($p < 0.05$). The amount of oleic acid did not change throughout the year or in the culture form of *C. auratus* ($p > 0.05$).

However, the oleic acid content was increased in culture-adapted *M. cephalus* ($p < 0.05$). The highest total polyunsaturated fatty acid values were found in the winter and spring seasons in both species. The highest polyunsaturated fatty acids were docosahexaenoic acid (DHA) (C22:6) and eicosapentaenoic acid (EPA) (C20:5) in *C. auratus*. In *M. cephalus*, DHA was the highest PUFA, followed by linoleic acid (C18:2) ($p < 0.05$). In *C. auratus*, DHA was detected at the highest in the winter ($p < 0.05$), while it was found statistically the same in other groups ($p > 0.05$). However, in *M. cephalus*, DHA was detected as the lowest in the cultured form ($p < 0.05$), even though no statistical differences were detected between seasons ($p > 0.05$). EPA was found to be highest in the winter and spring groups of *C. auratus* ($p < 0.05$); there were no statistical differences ($p > 0.05$) between groups in *M. cephalus*. Essential fatty acids, linoleic acid (C18:2) and α -linolenic acid (C18:3) were detected in all groups. Linoleic acid was found statistically the same in both species' cultured forms and autumn, winter and spring seasons ($p > 0.05$). Only the summer values were found to be statistically different ($p < 0.05$) from the lowest. Similarly, α -linolenic acid was found to be the lowest in the summer and autumn samples ($p < 0.05$). *M. cephalus* had more total polyunsaturated fatty acids, DHA, linoleic acid and α -linolenic acid in all seasons and cultured forms than wild and cultured *C. auratus* (Table 4).

Lipid quality changes of grey mullet species are shown in Figure 3 and Table 5. According to the results, the highest PUFA/SFA ratios were detected in the winter and spring seasons in each species, but *M. cephalus* has higher values amongst species with 0.93 ± 0.04 and 0.94 ± 0.05 ($p < 0.05$). The highest FLQ of *C. auratus* groups was calculated in the winter season at 20.05 ± 0.35 , while the highest FLQ was found in the spring season of wild *M. cephalus* ($p < 0.05$). HPI and UI reached the highest proportions in the winter in *C. auratus* ($p < 0.05$). Similarly, in *M. cephalus*, UI was found to be highest in the winter along with the spring season ($p < 0.05$). However, HPI and HH were found to be statistically the same ($p > 0.05$). AI and TI were found to have the highest values in the summer in *C. auratus* ($p < 0.05$). Moreover, no statistical differences were detected in the LA/ALA, n3/n6, and NVI indices of *C. auratus* meat ($p > 0.05$). Similarly, in *M. cephalus*, seasonal values of LA/ALA, n3/n6, NVI, AI and TI indices were not statistically different ($p > 0.05$). In *C. auratus*, AI and TI were detected as the highest in the summer season ($p < 0.05$).

Table 2. Amino acid composition of wild and cultured forms of grey mullet species (g/100g)

	Golden grey mullet (<i>Chelon auratus</i>)					Flathead grey mullet (<i>Mugil cephalus</i>)				
	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture
Asp	1.45±0.05 ^a	1.50±0.03 ^a	1.48±0.03 ^a	1.42±0.05 ^a	1.44±0.06 ^a	1.45±0.06 ^A	1.53±0.05 ^A	1.54±0.03 ^A	1.48±0.04 ^A	1.49±0.05 ^A
Glu	1.96±0.06 ^a	2.05±0.06 ^a	1.98±0.06 ^a	1.94±0.06 ^a	1.95±0.06 ^a	1.97±0.20 ^A	2.10±0.13 ^A	2.07±0.18 ^A	1.95±0.10 ^A	2.02±0.09 ^A
Asn	0.43±0.04 ^a	0.42±0.05 ^a	0.45±0.02 ^a	0.44±0.03 ^a	0.44±0.02 ^a	0.44±0.05 ^A	0.41±0.04 ^A	0.47±0.05 ^A	0.46±0.04 ^A	0.44±0.04 ^A
Ser	0.40±0.03 ^a	0.42±0.01 ^a	0.44±0.03 ^a	0.40±0.03 ^a	0.41±0.01 ^a	0.51±0.02 ^A	0.48±0.05 ^A	0.47±0.05 ^A	0.52±0.03 ^A	0.53±0.03 ^A
Gln	0.31±0.04 ^a	0.35±0.03 ^a	0.33±0.02 ^a	0.32±0.03 ^a	0.32±0.02 ^a	0.29±0.02 ^B	0.31±0.02 ^{AB}	0.34±0.02 ^A	0.28±0.01 ^B	0.31±0.02 ^{AB}
His	0.40±0.04 ^a	0.38±0.04 ^a	0.39±0.03 ^a	0.42±0.04 ^a	0.43±0.02 ^a	0.42±0.02 ^{AB}	0.35±0.03 ^B	0.38±0.03 ^{AB}	0.46±0.04 ^A	0.40±0.02 ^{AB}
Gly	0.53±0.02 ^b	0.58±0.02 ^a	0.53±0.03 ^b	0.51±0.03 ^b	0.52±0.02 ^b	0.55±0.04 ^A	0.51±0.05 ^A	0.50±0.04 ^A	0.54±0.02 ^A	0.58±0.03 ^A
Thr	0.69±0.03 ^{ab}	0.75±0.04 ^a	0.71±0.03 ^{ab}	0.64±0.02 ^b	0.65±0.04 ^b	0.64±0.03 ^B	0.72±0.04 ^A	0.74±0.02 ^A	0.63±0.03 ^B	0.66±0.03 ^B
Ala	1.39±0.06 ^a	1.48±0.04 ^a	1.42±0.06 ^a	1.36±0.05 ^a	1.35±0.07 ^a	1.38±0.06 ^A	1.43±0.05 ^A	1.40±0.04 ^A	1.35±0.05 ^A	1.41±0.06 ^A
Try	0.49±0.05 ^a	0.46±0.05 ^a	0.49±0.04 ^a	0.50±0.04 ^a	0.51±0.04 ^a	0.50±0.02 ^A	0.53±0.03 ^A	0.51±0.02 ^A	0.49±0.03 ^A	0.51±0.03 ^A
Cys	0.17±0.03 ^a	0.19±0.03 ^a	0.15±0.02 ^a	0.16±0.02 ^a	0.20±0.03 ^a	0.16±0.02 ^A	0.16±0.02 ^A	0.18±0.02 ^A	0.13±0.04 ^A	0.18±0.03 ^A
Val	0.72±0.03 ^b	0.81±0.04 ^a	0.83±0.04 ^a	0.75±0.04 ^b	0.74±0.02 ^b	0.75±0.05 ^A	0.79±0.03 ^A	0.82±0.04 ^A	0.79±0.03 ^A	0.77±0.04 ^A
Met	0.47±0.02 ^b	0.54±0.03 ^a	0.55±0.03 ^a	0.48±0.02 ^b	0.51±0.02 ^{ab}	0.48±0.03 ^A	0.54±0.05 ^A	0.50±0.03 ^A	0.49±0.04 ^A	0.51±0.02 ^A
Trp	0.15±0.01 ^a	0.17±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a	0.16±0.01 ^a	0.18±0.01 ^a	0.12±0.01 ^A	0.13±0.01 ^A	0.14±0.01 ^A	0.12±0.01 ^A	0.13±0.01 ^A
Phe	0.63±0.07 ^a	0.65±0.06 ^a	0.66±0.04 ^a	0.60±0.06 ^a	0.61±0.02 ^a	0.58±0.04 ^A	0.60±0.04 ^A	0.61±0.03 ^A	0.59±0.04 ^A	0.62±0.03 ^A
Ile	0.75±0.03 ^{ab}	0.80±0.03 ^a	0.77±0.03 ^{ab}	0.72±0.02 ^b	0.73±0.04 ^b	0.72±0.02 ^B	0.75±0.03 ^A	0.76±0.02 ^A	0.70±0.03 ^B	0.71±0.01 ^B
Leu	1.32±0.03 ^b	1.40±0.04 ^a	1.42±0.04 ^a	1.31±0.03 ^b	1.35±0.02 ^{ab}	1.29±0.08 ^A	1.36±0.06 ^A	1.37±0.06 ^A	1.30±0.07 ^A	1.32±0.10 ^A
Lys	1.19±0.04 ^c	1.25±0.03 ^b	1.33±0.04 ^a	1.26±0.02 ^b	1.22±0.03 ^{bc}	1.20±0.07 ^A	1.27±0.11 ^A	1.28±0.08 ^A	1.24±0.06 ^A	1.22±0.07 ^A
∑AA	13.45±0.23 ^b	14.20±0.15 ^a	14.09±0.21 ^a	13.39±0.24 ^b	13.56±0.23 ^b	13.45±0.20 ^B	13.97±0.18 ^A	14.08±0.24 ^A	13.52±0.18 ^B	13.81±0.21 ^{AB}

Asp: aspartic acid, Glu: glutamic acid, Asn: asparagine, Ser: serine, Gln: glutamine, His: histidine, Gly: glycine, Thr: threonine, Ala: alanine, Tyr: tyrosine, Cys: cysteine, Val: valine, Met: methionine, Trp: tryptophan, Phe: phenylalanine, Ile: isoleucine, Leu: leucine, Lys: lysine, ∑AA: total amino acids. Values are expressed as mean value±standard error. Different superscripts in a line represent statistical differences. Sentenced case letters defined statistical differences between golden grey mullets, while capital letters were used for flathead grey mullets. The p-value is accepted as 0.05.

Table 3. Digestible indispensable amino acid ratio (DIAA) and scores (DIAAS) for wild and culture forms of grey mullet species

DIAA calculations			Golden grey mullet (<i>Chelon auratus</i>)					Flathead grey mullet (<i>Mugil cephalus</i>)				
Reference pattern	Amino acids	Daily intake	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture
For young children (6 months to 3 years)	AAA	52	1.11	1.04	1.02	1.06	1.09	1.07	1.14	1.13	1.10	1.15
	His	20	1.02	0.92	0.89	1.04	1.07	1.06	0.90	0.98	1.20	1.04
	Ile	32	1.30	1.32	1.20	1.22	1.24	1.24	1.32	1.34	1.25	1.27
	Leu	66	1.09	1.10	1.05	1.05	1.09	1.06	1.14	1.14	1.10	1.12
	Lys	57	1.16	1.16	1.17	1.20	1.17	1.16	1.26	1.27	1.25	1.22
	SAA	27	1.28	1.38	1.25	1.25	1.39	1.27	1.41	1.37	1.27	1.41
	Thr	31	1.27	1.31	1.17	1.14	1.17	1.17	1.34	1.37	1.19	1.24
	Trp	8.5	1.01	1.08	0.97	1.05	1.18	1.01	1.09	1.16	1.04	1.10
	Val	43	0.90	0.96	0.93	0.92	0.91	0.93	1.00	1.04	1.02	0.99
		DIAAS %		90	92	89	92	91	93	90	98	102
	Limiting AA		Val	His	His	Val	Val	Val	His	His	Val	Val
For older children, adolescents and adults	AAA	41	1.41	1.32	1.30	1.35	1.38	1.35	1.44	1.43	1.40	1.46
	His	16	1.27	1.15	1.11	1.30	1.34	1.33	1.13	1.22	1.50	1.30
	Ile	32	1.39	1.41	1.28	1.30	1.33	1.33	1.41	1.43	1.34	1.35
	Leu	61	1.18	1.19	1.14	1.14	1.18	1.14	1.23	1.24	1.19	1.21
	Lys	48	1.38	1.38	1.38	1.43	1.39	1.38	1.49	1.50	1.48	1.45
	SAA	23	1.50	1.62	1.47	1.46	1.63	1.49	1.66	1.61	1.49	1.66
	Thr	25	1.57	1.62	1.45	1.42	1.45	1.45	1.66	1.70	1.47	1.54
	Trp	6.6	1.31	1.39	1.24	1.35	1.52	1.30	1.40	1.49	1.34	1.42
	Val	40	0.97	1.03	1.00	0.99	0.98	1.00	1.08	1.12	1.09	1.06
		DIAAS %		97	103	100	99	98	100	108	112	109
	Limiting AA		Val	Val	Val	Val	Val	Val	Val	Val	Val	Val

AAA: aromatic amino acids (phenylalanine + tyrosine), His: histidine, Ile: isoleucine, Leu: leucine, Lys: lysine, SAA: sulfur amino acids (methionine + cystine), Thr: threonine, Trp: tryptophan, Val: valine. IAA references for young children and adults were obtained from FAO (2013) and daily intakes were expressed as mg amino acid/g protein.

Table 4. Fatty acid composition of wild and cultured forms of grey mullet species (%)

Fatty Acids	Golden grey mullet (<i>Chelon auratus</i>)					Flathead grey mullet (<i>Mugil cephalus</i>)				
	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture
C _{10:0}	0.11±0.02 ^a	0.02±0.01 ^b	0.10±0.02 ^a	0.08±0.01 ^a	0.07±0.02 ^a	0.08±0.02 ^B	0.13±0.02 ^A	0.07±0.01 ^B	0.13±0.02 ^A	0.14±0.02 ^A
C _{12:0}	0.22±0.02 ^a	0.18±0.03 ^{ab}	0.19±0.02 ^{ab}	0.18±0.03 ^{ab}	0.15±0.02 ^b	0.32±0.03 ^A	0.29±0.03 ^A	0.26±0.04 ^A	0.34±0.04 ^A	0.28±0.04 ^A
C _{14:0}	3.01±0.13 ^{bc}	2.35±0.12 ^d	3.22±0.07 ^b	4.25±0.08 ^a	2.87±0.11 ^c	2.91±0.14 ^A	2.82±0.10 ^A	2.70±0.18 ^{AB}	2.65±0.14 ^{AB}	2.60±0.10 ^B
C _{15:0}	8.31±0.12 ^b	7.54±0.13 ^d	7.97±0.09 ^c	8.63±0.18 ^a	8.34±0.13 ^b	8.31±0.25 ^A	7.65±0.26 ^B	7.75±0.19 ^B	8.45±0.31 ^A	8.01±0.14 ^{AB}
C _{16:0}	24.40±0.31 ^a	23.65±0.30 ^c	23.30±0.24 ^b	24.61±0.38 ^a	24.42±0.23 ^a	22.40±0.17 ^A	22.05±0.32 ^{AB}	21.86±0.30 ^B	22.65±0.37 ^A	22.34±0.15 ^A
C _{17:0}	1.56±0.09 ^b	1.59±0.08 ^b	1.61±0.11 ^b	1.88±0.12 ^a	1.86±0.15 ^a	1.92±0.07 ^A	1.66±0.10 ^B	1.48±0.07 ^C	1.90±0.15 ^A	1.91±0.11 ^A
C _{18:0}	3.24±0.10 ^{ab}	3.66±0.08 ^a	3.20±0.15 ^{ab}	2.88±0.22 ^b	3.31±0.23 ^{ab}	3.30±0.11 ^A	3.28±0.12 ^A	3.20±0.08 ^{AB}	3.21±0.10 ^{AB}	3.06±0.08 ^B
C _{20:0}	0.25±0.03 ^b	0.18±0.02 ^c	0.22±0.02 ^{bc}	0.29±0.02 ^a	0.23±0.03 ^{bc}	0.52±0.05 ^B	0.53±0.03 ^B	0.54±0.02 ^B	0.66±0.04 ^A	0.64±0.04 ^A
C _{21:0}	0.26±0.03 ^c	0.20±0.02 ^d	0.35±0.04 ^b	0.44±0.04 ^a	0.35±0.04 ^b	0.66±0.03 ^{AB}	0.60±0.03 ^B	0.61±0.04 ^B	0.65±0.03 ^{AB}	0.71±0.03 ^A
C _{23:0}	0.33±0.03 ^a	0.30±0.02 ^a	0.32±0.03 ^a	0.29±0.03 ^a	0.20±0.03 ^b	0.52±0.04 ^A	0.51±0.03 ^A	0.56±0.04 ^A	0.52±0.05 ^A	0.56±0.03 ^A
Σ_{SFA}	41.69±0.34^b	39.67±0.37^d	40.48±0.43^c	43.53±0.41^a	41.80±0.36^b	40.94±0.44^A	39.52±0.43^C	39.03±0.47^D	41.16±0.34^A	40.25±0.24^B
C _{14:1}	0.19±0.02 ^{ab}	0.16±0.021 ^b	0.21±0.02 ^a	0.20±0.02 ^a	0.18±0.01 ^{ab}	0.11±0.02 ^A	0.13±0.02 ^A	0.14±0.02 ^A	0.12±0.02 ^A	0.10±0.02 ^A
C _{15:1}	0.24±0.02 ^a	0.26±0.03 ^a	0.24±0.01 ^a	0.24±0.02 ^a	0.19±0.03 ^a	0.32±0.03 ^{AB}	0.31±0.02 ^{AB}	0.33±0.02 ^{AB}	0.36±0.02 ^A	0.27±0.02 ^B
C _{16:1}	8.11±0.17 ^c	8.86±0.12 ^a	8.39±0.11 ^b	8.04±0.09 ^c	8.62±0.20 ^a	7.13±0.21 ^B	7.32±0.18 ^{AB}	7.56±0.17 ^A	7.06±0.16 ^B	7.58±0.08 ^A
C _{17:1}	2.98±0.08 ^a	2.91±0.14 ^a	2.88±0.13 ^a	2.11±0.09 ^a	2.06±0.12 ^b	2.75±0.12 ^{AB}	2.65±0.07 ^B	2.89±0.15 ^A	2.21±0.14 ^C	2.34±0.13 ^C
C _{18:1}	12.68±0.31 ^a	12.41±0.32 ^a	12.58±0.34 ^a	12.74±0.35 ^a	12.92±0.32 ^a	10.36±0.23 ^B	10.28±0.40 ^B	10.50±0.15 ^B	10.67±0.21 ^{AB}	10.99±0.24 ^A
C _{20:1}	1.75±0.08 ^a	1.71±0.06 ^a	1.74±0.05 ^a	1.80±0.10 ^a	1.76±0.09 ^a	1.75±0.14 ^A	1.70±0.12 ^A	1.63±0.15 ^A	1.73±0.13 ^A	1.80±0.10 ^A

Table 4 continued

C _{22:1}	1.44±0.11 ^a	1.41±0.16 ^a	1.43±0.07 ^a	1.43±0.12 ^a	1.40±0.13 ^a	1.50±0.12 ^A	1.58±0.16 ^A	1.46±0.11 ^A	1.50±0.13 ^A	1.53±0.14 ^A
∑MUFA	27.39±0.18^{ab}	27.72±0.25^a	27.47±0.17^{ab}	26.56±0.36^b	27.13±0.27^{ab}	23.92±0.31^{AB}	23.97±0.38^{AB}	24.51±0.27^A	23.65±0.28^B	24.61±0.32^A
C _{18:2}	5.61±0.12 ^a	5.84±0.13 ^a	5.59±0.12 ^a	5.11±0.15 ^b	5.46±0.15 ^a	6.15±0.20 ^{AB}	6.42±0.19 ^A	6.35±0.13 ^A	6.00±0.20 ^B	6.20±0.18 ^{AB}
C _{18:3}	2.21±0.08 ^b	2.31±0.07 ^{ab}	2.40±0.05 ^a	2.08±0.06 ^c	2.28±0.08 ^{ab}	3.39±0.12 ^C	3.89±0.08 ^A	3.67±0.11 ^B	3.34±0.11 ^C	3.64±0.09 ^B
C _{20:2}	0.94±0.05 ^a	0.80±0.07 ^b	0.91±0.06 ^a	0.85±0.05 ^{ab}	0.91±0.04 ^a	1.21±0.15 ^A	1.29±0.14 ^A	1.25±0.07 ^A	1.14±0.17 ^A	1.16±0.10 ^A
C _{20:3}	0.88±0.04 ^a	0.89±0.03 ^a	0.92±0.05 ^a	0.83±0.05 ^a	0.86±0.05 ^a	1.64±0.15 ^A	1.68±0.16 ^A	1.64±0.17 ^A	1.59±0.15 ^A	1.57±0.13 ^A
C _{20:4}	1.12±0.06 ^a	1.21±0.05 ^a	1.15±0.06 ^a	1.18±0.07 ^a	1.19±0.06 ^a	1.35±0.17 ^A	1.36±0.21 ^A	1.38±0.20 ^A	1.38±0.18 ^A	1.37±0.14 ^A
C _{20:5}	6.29±0.29 ^b	7.23±0.27 ^a	7.01±0.18 ^a	6.48±0.28 ^b	6.87±0.19 ^{ab}	5.89±0.24 ^A	6.01±0.26 ^A	6.28±0.27 ^A	6.12±0.21 ^A	6.20±0.26 ^A
C _{22:5}	1.52±0.13 ^a	1.51±0.11 ^a	1.56±0.15 ^a	1.30±0.09 ^b	1.40±0.15 ^b	1.36±0.16 ^A	1.46±0.19 ^A	1.55±0.18 ^A	1.43±0.16 ^A	1.40±0.15 ^A
C _{22:6}	12.23±0.23 ^b	12.82±0.27 ^a	12.48±0.28 ^b	12.06±0.31 ^b	12.06±0.27 ^b	14.12±0.25 ^A	14.36±0.27 ^A	14.35±0.26 ^A	14.09±0.24 ^A	13.56±0.18 ^B
∑PUFA	30.80±0.41^b	32.61±0.44^a	32.02±0.40^a	29.89±0.47^c	31.03±0.51^b	35.11±0.35^B	36.47±0.38^A	36.47±0.41^A	35.09±0.29^B	35.10±0.32^B

∑SFA total saturated fatty acids, ∑MUFA total monounsaturated fatty acids, ∑PUFA total polyunsaturated fatty acids, C10:0 capric acid, C12:0 lauric acid, C14:0 myristic acid, C15:0 pentadecanoic acid, C16:0 palmitic acid, C17:0 margaric acid, C18:0 stearic acid, C20:0 arachidic acid, C21:0 heneicosylic acid, C23:0 Tricosanoic acid, C14:1 myristoleic acid, C15:1 pentadecenoic acid, C16:1 palmitoleic acid, C17:1 heptadecenoic acid, C18:1 oleic acid, C20:1 eicosenoic acid, C22:1 erucic acid, C18:2 linoleic acid, C18:3 α -linolenic acid, C20:2 eicosadienoic acid, C20:3 dihomogamma linolenic acid, C20:4 arachidonic acid, C20:5 eicosapentaenoic acid (EPA), C22:5 docosapentaenoic acid, C22:6 docosahexaenoic acid (DHA). Values are expressed as mean value±standard error. Different superscripts in a line represent statistical differences. Sentenced case letters defined statistical differences between golden grey mullets, while capital letters were used for flathead grey mullets. The p-value is accepted as 0.05.

Table 5. Lipid quality indices of wild and cultured forms of grey mullet species

	Golden grey mullet (<i>Chelon auratus</i>)					Flathead grey mullet (<i>Mugil cephalus</i>)				
	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture	Autumn	Winter	Spring	Summer	Aquaculture
EPA+DHA	511.1±20.88 ^c	1457.6±42.65 ^a	1239.6±37.25 ^b	391.2±19.73 ^d	422.1±15.24 ^d	1034.5±31.32 ^B	1535.9±40.55 ^A	1588.5±37.64 ^A	778.1±25.44 ^C	774.6±24.19 ^C
PUFA/SFA	0.74±0.03 ^{ab}	0.82±0.05 ^a	0.79±0.03 ^a	0.69±0.04 ^b	0.74±0.03 ^{ab}	0.86±0.05 ^{AB}	0.93±0.04 ^A	0.94±0.05 ^A	0.85±0.03 ^B	0.87±0.04 ^{AB}
LA/ALA	2.54±0.11 ^a	2.53±0.09 ^a	2.33±0.13 ^a	2.46±0.09 ^a	2.39±0.12 ^a	1.81±0.15 ^A	1.65±0.06 ^A	1.73±0.12 ^A	1.80±0.05 ^A	1.70±0.09 ^A
n-3/n-6	3.02±0.09 ^a	3.15±0.13 ^a	3.19±0.07 ^a	3.19±0.08 ^a	3.10±0.14 ^a	3.03±0.18 ^A	3.02±0.15 ^A	3.06±0.19 ^A	3.12±0.26 ^A	3.02±0.09 ^A
NVI	0.65±0.05 ^a	0.68±0.04 ^a	0.68±0.07 ^a	0.63±0.03 ^a	0.66±0.04 ^a	0.61±0.02 ^A	0.61±0.03 ^A	0.63±0.02 ^A	0.61±0.04 ^A	0.63±0.02 ^A
FLQ	18.54±0.32 ^b	20.05±0.35 ^a	19.50±0.36 ^{ab}	18.54±0.38 ^b	18.94±0.30 ^b	20.02±0.26 ^B	20.38±0.28 ^{AB}	20.63±0.30 ^A	20.23±0.22 ^{AB}	19.77±0.31 ^B
HPI	1.59±0.08 ^b	1.82±0.07 ^a	1.64±0.05 ^b	1.35±0.07 ^c	1.61±0.09 ^b	1.72±0.09 ^A	1.80±0.13 ^A	1.85±0.08 ^A	1.75±0.10 ^A	1.81±0.07 ^A
UI	166.67±1.54 ^c	176.06±1.82 ^a	172.76±2.06 ^b	163.19±1.35 ^d	167.76±1.72 ^c	180.10±2.15 ^B	185.05±2.33 ^A	186.41±2.45 ^A	180.53±2.04 ^B	179.80±2.30 ^B
h/H	1.59±0.04 ^b	1.73±0.05 ^a	1.68±0.06 ^{ab}	1.48±0.06 ^c	1.61±0.04 ^b	1.80±0.13 ^A	1.88±0.08 ^A	1.91±0.09 ^A	1.81±0.11 ^A	1.85±0.11 ^A
AI	0.63±0.04 ^b	0.55±0.03 ^c	0.61±0.03 ^{bc}	0.74±0.05 ^a	0.62±0.02 ^b	0.58±0.03 ^A	0.56±0.04 ^A	0.54±0.04 ^A	0.57±0.02 ^A	0.55±0.03 ^A
TI	1.12±0.05 ^{ab}	1.05±0.05 ^b	1.06±0.04 ^b	1.18±0.05 ^a	1.11±0.06 ^{ab}	1.05±0.05 ^A	1.01±0.03 ^A	0.99±0.03 ^A	1.05±0.04 ^A	1.01±0.04 ^A

EPA: eicosapentaenoic acid, DHA: docosahexaenoic acid, PUFA: polyunsaturated fatty acids, SFA: saturated fatty acids, LA: linoleic acid, ALA: alpha-linolenic acid, NVI: nutritive value index, FLQ: fish lipid quality, HPI: health promoting index, UI: unsaturation index, h/H: hypo/hypercholesterolemic ratio, AI: atherogenicity index, TI: thrombogenicity index. Values are expressed as mean value±standard error. Different superscripts in a line represent statistical differences. Sentenced case letters defined statistical differences between golden grey mullets, while capital letters were used for flathead grey mullets. The p-value is accepted as 0.05.

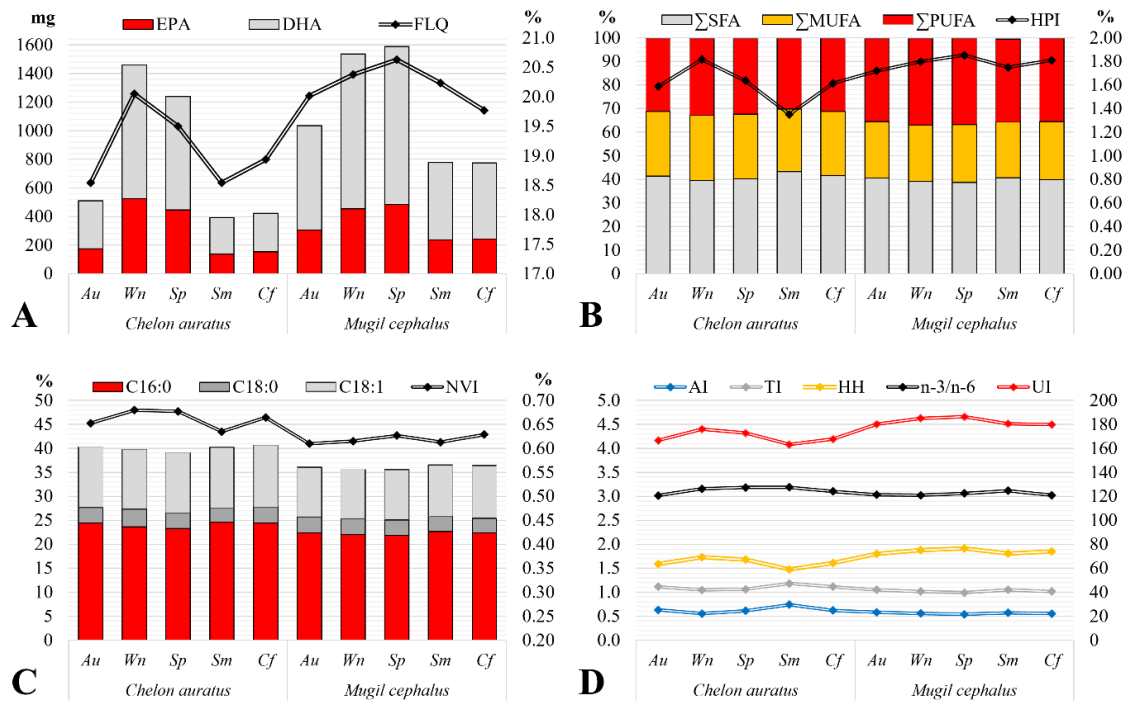


Figure 3. Changes in lipid quality. A: Food lipid quality (FLQ) with EPA and DHA, B: Health-promoting index (HPI), C: Nutritive value index (NVI), D: Indices of atherogenicity (AI), thrombogenicity (TI), unsaturation (UI), hypo/hypercholesterolemia (HH) and n-3/n-6 ratio

Discussion

Seafood contains high levels of essential amino acids and polyunsaturated fatty acids necessary for human nutrition (Özden and Erkan, 2008; Sahena et al., 2009). These nutrients are used for many essential tasks, such as maintaining metabolic activities, repairing organs and tissues, and regulating hormones and secretions (Ballantyne, 2011). Aquaculture is one of the main ways to meet the increasing global food demand with nutritious products like seafood (FAO, 2020). The food quality of aquaculture-derived seafood varies depending on many factors, such as nutrition, season, size, age, and water temperature (Nurnadia et al., 2011; Bjorndal and Guillen, 2016). In this research, both species show similar changes in proximate composition by the seasons. Crude fat content, in particular, increases in the winter season when water temperatures drop and decreases in the summer and autumn seasons in parallel with the reproduction period of the fish. The differences in meat quality are believed to be mainly a factor of seasonal and reproductive patterns of the fish (Di Lena et al., 2016). Besides, fish adapted to culture conditions were sampled at the end of one year. Environmental conditions were constant during sampling. Sampling was carried out in May 2018, and the salinity of the water used during the sampling was 0.18‰, the temperature was 15 °C, the nitrite nitrogen value was 0.046 MM, the nitrate nitrogen value was 1.312, the ammonia value was 0.001 MM, the phosphate value was 0.108 MM and silicon value 4.637 MM. Since the environmental conditions and nutritional characteristics were similar in the

study, the nutrient content of the fish in culture conditions was similar.

When the amino acid contents of two mullet species were compared with the individuals caught in nature, it was observed that the results obtained were statistically similar to the summer and autumn samples ($p > 0.05$). Although no statistical difference was detected between seasons for most amino acids ($p > 0.05$), statistical differences were found between total amino acid contents ($p < 0.05$). Statistically, the lowest total amino acid amounts were obtained in these periods. Aspartate and glutamate are the most abundant amino acids in tissues. In the pretreatment of amino acid analysis, fish meat is hydrolyzed with high temperature and low pH (Çankırılıgil et al., 2020). Due to this hydrolyzation process, asparagine and glutamine, which are intolerant to heat and low pH, are broken down into aspartate and glutamate (Varlık et al., 2004; Moreno et al., 2012). Similarly, tryptophan, which is highly sensitive to environmental conditions, is reduced during this acidic digestion process (Varlık et al., 2004). For this reason, tryptophan, asparagine and glutamine amounts were found to be lower, while aspartate and glutamate were found to be higher.

The DIAAS score defines the food's protein quality, and the highest values were calculated for *M. cephalus*. FAO (2013) states that a DIAAS score ranges between 75 - 99, which means the sample food can be accepted as a good protein source. If the DIAAS score is 100 or higher, the sample food is an excellent food source in terms of protein quality. According to the results, *M. cephalus* is an excellent protein source for older children, adolescents and adults in

all seasons. At the same time, it was an excellent protein source for young children (6 months to 3 years) in winter, spring and summer seasons, exceeding 100 points. *C. cephalus* was detected as an excellent protein source only for older children, adolescents and adults in the winter and spring.

Palmitic acid (C16:0) is often fish's most abundant saturated fatty acid (Yu et al., 2020). Comparing the fatty acid differences between the groups, it can be seen that the results are similar with crude nutrient composition and amino acid composition. Unsaturated fatty acids tend to increase in the winter, while saturated fatty acids tend to decrease. Similarly, the lowest amounts of polyunsaturated fatty acids were found in the summer. According to the literature, EPA (C20:5) and DHA (C22:6) are higher in pelagic fish in colder waters than in other fish (Hossain, 2011). As a result, the meat quality of both species varies mainly due to environmental conditions resulting from seasonal differences and reproductive periods. When we compared it to aquaculture-adapted individuals, it was shown that the cultured form of *M. cephalus* had more total polyunsaturated fatty acids, DHA (mg), than that in *C. auratus* (Table 4). However, the cultured form of *M. cephalus* had more lipid content than *C. auratus*, which was approximately 1.75 times higher. For this reason, although the proportional amount of EPA in the cultured form of *M. cephalus* was found to be less than that of *C. auratus* when proportioned with the crude fat amounts of the species, it is seen that *M. cephalus* contains more EPA with 243.04 mg than *C. auratus* as 153.20 mg. Similarly, when expressed in milligrams, the total amount of DHA in the cultured form of *M. cephalus* is approximately 1.97 times higher (531.55 mg) than *C. auratus* (268.94 mg). In similar studies on grey mullets, palmitic acid, oleic acid, EPA and DHA were found at similar ratios (Alpaslan et al., 2019; Ramoz-Judez et al., 2023). Our results are similar to those reported in the literature.

In the Mediterranean diet, food sources having high PUFA/SFA, n3/n6, HPI, FLQ and NVI were linked to positive health effects such as reducing cholesterol and preventing cardiovascular diseases (Hossain, 2011; Chen and Liu, 2020). PUFA/SFA ratios were highest in winter and spring seasons in both species due to those seasons' rich polyunsaturated fatty acid contents (Table 4). In addition, FLQ was higher in these seasons due to low SFA and high PUFA proportions (Figure 3A). Similarly, HPI was also found to be highest in the groups with more polyunsaturated fatty acids than saturated ones (Figure 3B). NVI was associated with palmitic acid (C16:0), stearic acid (C18:0) and oleic acid (C18:1) of the food source, and it was found higher in groups having relatively low palmitic acid and high oleic acid, such as winter and spring seasons of *C. auratus* (Figure 3C). UI is characterized by the amount of unsaturated fatty acids and double bond counts in each fatty acid (Chen and Liu, 2020). Thus, UI increased parallel with DHA and EPA contents, which have 6 and 5 double bonds, respectively. AI and TI indices were found to be inversely proportional to the h/H ratio (Figure 3D). Due to increasing some saturated fatty acids, such as lauric acid (C12:0),

myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0) and stearic acid (C18:0), AI and TI can be high, but the h/H value is low. Similarly, as the amounts of unsaturated fatty acids increase, the h/H ratio decreases, while AI and TI values increase (Ulbricht and Southgate, 1991; Santos-Silva, 2002). All three indices are directly related to cardiovascular health and must be within specific ranges for an ideal diet (Hossain, 2011). For fish, these values are between 0.21-1.07 for AI, 0.14-0.87 for TI, and 0.87-4.83 for h/H (Chen and Liu, 2020). The values of AI and h/H determined in our study are consistent with the literature. AI was found to be slightly higher than the literature in the range of 1.05 ± 0.05 - 1.18 ± 0.05 for *C. auratus* and 0.99 ± 0.03 - 1.05 ± 0.05 for *M. cephalus*.

In conclusion, aquaculture products, such as those from golden grey mullet (*Chelon auratus*) and flathead grey mullet (*Mugil cephalus*), offer biologically rich sources of essential amino acids and polyunsaturated fatty acids vital for human nutrition. This study demonstrates that the meat quality of these species, including their crude nutrient composition and amino acid content, varies seasonally and is influenced by their reproductive cycles. Notably, crude fat content increases during colder months and decreases during the reproductive period in the summer and autumn. Environmental conditions and feeding regimes in aquaculture settings can mirror these natural variations, resulting in similar nutrient profiles between cultured and wild-caught specimens. The high levels of EPA and DHA, as well as other fatty acids found in these fish, underscore their nutritional value. Ultimately, the findings highlight the significant impact of seasonal and reproductive factors on the meat quality of cultured fish, affirming their importance as a nutritious and sustainable food source.

Acknowledgments

This work is part of a project titled Determination of the Bioecology and Aquaculture Characteristics of the Mullet Species (*Mugil cephalus*, *Liza aurata*) in the Eastern Black Sea and supported by the Republic of Türkiye, Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policies [Grant number: TAGEM/HAYSUD/ 2015/A11/P-01/4]. Also, the authors would like to thank Eyüp Çakmak, Şirin Firidin and Assoc. Dr. Nazlı Kasapoğlu for their assistance in sampling studies.

Conflict of Interest

The author declares no conflict of interest

Author Contributions

Ekrem Cem Çankırılıgil and Ayça Altuntaş planned and designed the research and performed sampling studies, data collection and analysis. Ayça Altuntaş carried out culture adaptation studies and provided fish material from aquaculture. Ekrem Cem Çankırılıgil performed chemical analysis and manuscript writing. All authors discussed the results and contributed to the final manuscript.

Ethics Approval

All animal experiments were performed according to the ARRIVE guidelines and EU directive 2010/63/EU. The study was ethically approved with the ETİK-2017/2 code by the Ethical Committee of Animal Experiments of Central Fisheries Research Institute, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Türkiye.

References

- Alparslan, Y., Metin, C., Yapici, H. H., Eksi, Z., Ates, Ü., & Baygar, T. (2019). Nutritional composition and fatty acid profile of commercially important mullet species in the Koycegiz Lagoon. *Aquatic Sciences and Engineering*, 34(4), 131–137. <https://doi.org/10.26650/ASE2019598683>
- Altuntaş, A., Çakmak, E., Firidin, Ş., Çankırlılıgil, E. C., Kasapoğlu, N., Polat, H., Sağlam, H., Kurt, İ., Düzgüneş, Z. D., Beken, A. T., Alemdağ, M., Parlak, R., Haşimoğlu, A., Özel, O. T., Altuntaş, C., Küçük, E., & Eroğlu, O. (2020). *Determination of the bioecology and aquaculture characteristics of the mullet species (Mugil cephalus, Liza aurata) in the Eastern Black Sea*. Project Report. Republic of Türkiye, Ministry of Agriculture and Forestry, General Directorate of Agricultural Research and Policies. TAGEM/HAYSUD/2015/A11/P-01/4
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of the AOAC International* (W. Horwitz, Ed.; 17th ed.). Association of Official Analytical Chemists.
- Ballantyne, J. S. (2011). Amino acid metabolism. *Fish Physiology*, 20, 77–107. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00002-7>
- Bjorndal, T., & Guillen, J. (2016). Market competition between farmed and wild fish: a literature survey. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, 1114, 22.
- Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 1–24. <https://doi.org/10.3390/ijms21165695>
- Çankırlılıgil, E. C., Berik, N., & Erbay, E. A. (2020). Optimization of hydrolyzation procedure for amino acid analysis in fish meat with HPLC-DAD by Response Surface Methodology (RSM). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(2), 113–123. <https://doi.org/10.12714/egejfas.37.2.01>
- Çiloğlu, E. (2023). Population dynamics and stock assessment of two mullet species (*Chelon auratus* Risso, 1810 and *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758) in the Köyceğiz lagoon-estuary (Mediterranean coast). *Regional Studies in Marine Science*, 58, 102791. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102791>
- Di Lena, G., Navigato, T., Rampacci, M., Casini, I., Caproni, R., & Orban, E. (2016). Proximate composition and lipid profile of red mullet (*Mullus barbatus*) from two sites of the Tyrrhenian and Adriatic seas (Italy): A seasonal differentiation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 45, 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.10.003>
- European Commission. (2010). Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. *Official Journal of the European Union*, 276, 1–79.
- FAO. (2013). Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. In *FAO food and nutrition paper* (Vol. 92).
- FAO. (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistical Database*.
- Folch, J., Lees, M., & Sładane-Stanley, G. H. A. (1957). Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.*, 226, 497–509.
- Froese, R., & Pauly, D. (2021). *FishBase*. Access date: 01.05.2024, www.fishbase.org
- García-Márquez, J., Galafat, A., Alarcón, F. J., Figueroa, F. L., Martínez-Manzanares, E., Arijo, S., & Abdala-díaz, R. T. (2021). Cultivated and wild juvenile thick-lipped grey mullet, *Chelon labrosus*: A comparison from a nutritional point of view. *Animals*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/ani11072112>
- Harmantepe, F. B., & Büyükhatipoğlu, Ş. (2007). Effect of two different feeds on growth of rainbow trout and feed cost. *Journal of Fisheries Sciences.Com*, 1(4), 168–175. <https://doi.org/10.3153/jfscom.2007020>
- Henderson, J. W., Ricker, R. D., Bidlingmeyer, B. A., & Woodward, C. (2000). *Rapid, accurate, sensitive, and reproducible HPLC analysis of amino acids*.
- Horwitz, W. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international (Oma)*. Education Gaithersburg.
- Hossain, M. A. (2011). Fish as source of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which one is better-farmed or wild? *Advance Journal of Food Science and Technology*, 3(6), 455–466. <https://doi.org/11953E/1/11.10>
- IUPAC International Union of Pure and Applied Chemistry. (1979). *Standards methods for the analysis of oils, fats and derivatives* (6th ed.). Pergamon Press.
- Kendler, S., Thornes, F. W., Jakobsen, A. N., & Lerfall, J. (2023). Nutritional profiling and contaminant levels of five underutilized fish species in Norway. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118094>
- Kilkenny, C., Browne, W. J., Cuthill, I. C., Emerson, M., & Altman, D. G. (2010). Improving bioscience research reporting: The ARRIVE guidelines for reporting animal research. *PLoS Biology*, 8(6), e1000412. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000412>

- Lee, C.-S., & Tamaru, C. S. (1988). Advances and future prospects of controlled maturation and spawning of grey mullet (*Mugil cephalus* L.) in captivity. *Aquaculture*, 74(1), 63–73. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90087-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90087-7)
- Moreno, H. M., Montero, M. P., Gómez-Guillén, M. C., Fernández-Martín, F., Mørkøre, T., & Borderías, J. (2012). Collagen characteristics of farmed Atlantic salmon with firm and soft fillet texture. *Food Chemistry*, 134(2), 678–685. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.160>
- Moughan, P. J., Gilani, S., Rutherford, S. M., & Tomé, D. (2012). True ileal amino acid digestibility coefficients for application in the calculation of digestible indispensable amino acid score (DIAAS) in human nutrition. In S. Gilani, D. Tomé, P. Moughan & B. Burlingame (eds), *Report of a Sub-Committee of the 2011 FAO Consultation on “Protein Quality Evaluation in Human Nutrition” on: The assessment of amino acid digestibility in foods for humans and including a collation of published ileal amino acid digestibility data for human foods* (pp 2-58). FAO Expert Consultation.
- Nguyen, M. T., Pham, N. T. A., Vo, L. T., Truong, D. V., Nguyen, H. V., Nguyen, T. D. Q., Nguyen, P. N., & Bossier, P. (2023). Integrated mariculture of co-cultured whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and grey mullet (*Mugil cephalus*) in sequence with red tilapia (*Oreochromis* spp.) in a closed biofloc-based system. *Aquaculture*, 566, 739200 <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.739200>
- Nurnadia, A. A., Azrina, A., & Amin, I. (2011). Proximate composition and energetic value of selected marine fish and shellfish from the West Coast of Peninsular Malaysia. *International Food Research Journal*, 18, 137–148.
- Özden, Ö., & Erkan, N. (2008). A preliminary study of amino acid and mineral profiles of important and estimable 21 seafood species. *British Food Journal*, 113(4), 457–469. <https://doi.org/10.1108/MBE-09-2016-0047>
- Quirós-Pozo, R., Concu, D., Robaina, L., Vallainc, D., Loi, B., & Roo, J. (2023). Effects of different co-feeding protocols on the early weaning of flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) larvae. *Animals*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/ani13101685>
- Ramos-Júdez, S., Estévez, A., González-López, W. Á., & Duncan, N. (2023). Lipid and fatty acid composition of muscle, liver, ovary, and peritoneal fat in wild flathead grey mullet (*Mugil cephalus*) according to ovarian development. *Theriogenology*, 198, 317–326. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.12.046>
- Sahena, F., Zaidul, I. S. M., Jinap, S., Saari, N., Jahurul, H. A., Abbas, K. A., & Norulaini, N. A. (2009). PUFAs in fish: Extraction, fractionation, importance in health. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 8, 59–74.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2–3), 187–194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)
- Schlitzer, R. (2021). *Ocean Data View*. Access date: 01.05.2024, <https://odv.awi.de/>
- Shaheen, N., Islam, S., Munmun, S., Mohiduzzaman, Md., & Longvah, T. (2016). Amino acid profiles and digestible indispensable amino acid scores of proteins from the prioritized key foods in Bangladesh. *Food Chemistry*, 23, 83–89.
- Thomas, M., Pasquet, A., Aubin, J., Nahon, S., & Lecocq, T. (2021). When more is more: taking advantage of species diversity to move towards sustainable aquaculture. *Biological Reviews*, 96(2), 767–784. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/brv.12677>
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, T. D. A. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338, 985–992.
- van Riel, A.-J., Nederlof, M. A. J., Chary, K., Wiegertjes, G. F., & de Boer, I. J. M. (2023). Feed-food competition in global aquaculture: Current trends and prospects. *Reviews in Aquaculture*, 15(3), 1142–1158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12804>
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., & Baygar, T. (2004). *Su ürünleri işleme teknolojisi*. İstanbul Üniversitesi Yayın No 4465 Su Ürünleri Fak. No 7.
- Vecta. (2024). *Vecta.io: Online SVG editor*. Access date: 01.05.2024, <https://Vecta.Io/App>.
- Whitfield, A. K., & Durand, J.-D. (2023). An overview of grey mullet (Mugilidae) global occurrence and species-rich ecoregions, with indications of possible past dispersal routes within the family. *Journal of Fish Biology*, 103(2), 202–219. <https://doi.org/10.1111/jfb.15450>
- WHO/FAO/UNU Expert Consultation (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. World Health Organization technical report series (935).
- Wołoszyn, J., Haraf, G., Okruszek, A., Werenńska, M., Goluch, Z., & Teleszko, M. (2020). Fatty acid profiles and health lipid indices in the breast muscles of local Polish goose varieties. *Poultry Science*, 99(2), 1216–1224. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.026>
- Yiğit, M., & Aral, O. (1999). Comparison of the growth differences of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) in freshwater and seawater (the Black Sea). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 23(1), 53–59.
- Yu, Y., Li, C., Liu, J., Zhu, F., Wei, S., Huang, Y., Huang, X., & Qin, Q. (2020). Palmitic acid promotes virus replication in fish cell by modulating autophagy flux and TBK1-IRF3/7 Pathway. *Frontiers in Immunology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.01764>



RESEARCH ARTICLE

Population Structure of the Tub Gurnard (*Chelidonichthys lucerna* Linnaeus, 1758) in Türkiye Coasts Using Otolith Chemistry and Shape Analysis

Sibel Atak Sanduvaç^{1*}, Ali İşmen²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Çanakkale, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-1320-2598>

<https://orcid.org/0000-0003-2456-0232>

Received: 22.05.2024 / Accepted: 03.07.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Triglidae
Natural tag
Sagitta
Stock discrimination
Fisheries management

Abstract: *Chelidonichthys lucerna* is an economically important demersal species. It is under excessive fishing pressure and yields from fisheries are in decline in Türkiye. Information about the species' population structure and habitat connections is limited. In this study, otolith chemistry and shape analyses of 160 individuals captured between February 2020 and December 2020, in the four main fishing grounds of Türkiye coasts (Black Sea/Ordu, Marmara Sea/Bandırma, Aegean Sea/Foça, Mediterranean Sea/Mersin) were investigated. Otolith morphology and chemistry (Li:Ca, Na:Ca, Mg:Ca, Mn:Ca, Fe:Ca, Co:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Zn:Ca, Sr:Ca, Ba:Ca, Pb:Ca, K:Ca, P:Ca) of the individuals with similar length range (19-25 cm, TL) were evaluated by univariate and multivariate statistical analyses. The overall combination of otolith elemental chemistry and morphology techniques revealed the highest re-classification success (75%-90%) of samples to their original location and the existence of significant differences among sampling regions. When otolith shape analysis and otolith chemistry were evaluated together, linear discrimination function analyses fully discriminated *C. lucerna* individuals from the four sampling regions (Black Sea, Marmara, Aegean, Mediterranean). Moreover, the results of the analyses revealed that there were habitat connections among individuals from the Sea of Marmara and Aegean Sea and that the Black Sea and the Mediterranean Sea were isolated regions in terms of *C. lucerna* stocks. The shape and chemical signatures suggest that *C. lucerna* is apparently not a single stock-unit in the Turkish coasts and that these fish stocks should be managed separately for fisheries purposes.

Anahtar kelimeler:

Triglidae
Doğal etiket
Sagitta
Stok ayırımı
Balıkçılık yönetimi

Türkiye Kıyılarında Kırlangıç Balığının (*Chelidonichthys lucerna* Linnaeus, 1758) Otolit Kimyası ve Otolit Şekil Analizi Kullanılarak Populasyon Yapısı

Öz: *Chelidonichthys lucerna* ekonomik öneme sahip demersal bir türdür. Ülkemizde aşırı avcılık baskısı altındadır ve elde edilen miktar azalmaktadır. Türün populasyon yapısı, habitat bağlantıları hakkındaki bilgi sınırlıdır. Bu çalışmada Türkiye kıyılarında dört avlanma bölgesinde (Karadeniz/Ordu, Marmara Denizi/Bandırma, Ege Denizi/Foça ve Akdeniz/Mersin) Şubat 2020-Aralık 2020 tarihleri arasında yakalanan 160 adet bireyin otolit şekli ve kimyası incelenmiştir. Boy aralığı benzer bireylerin TL (19-25 cm, TL) otolit morfolojisi ve kimyası (Li:Ca, Na:Ca, Mg:Ca, Mn:Ca, Fe:Ca, Co:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Zn:Ca, Sr:Ca, Ba:Ca, Pb:Ca, K:Ca, P:Ca) tek ve çok değişkenli istatistiksel analizlerle değerlendirilmiştir. Otolit morfolojisi ve kimyası tekniklerinin genel kombinasyonu, örneklerin orijinal konumlarına en yüksek yeniden sınıflandırma başarısını (%75-%90) ve örnekleme bölgeleri arasında önemli farklılıkların varlığını ortaya çıkarmıştır. Otolit şekil analizleri ve otolit kimyası birlikte değerlendirildiğinde dört denizden örneklenen (Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz) *C. lucerna* bireylerini tam olarak ayırt edebilmiştir. Ayrıca, analiz sonuçları, Marmara ve Ege denizlerindeki bireyler arasında habitat bağlantılarının bulunduğunu, *C. lucerna* stokları açısından Karadeniz ve Akdeniz'in izole bölgeler olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen şekil ve kimyasal bulgular, *C. lucerna*'nın Türkiye kıyılarında tek bir stok birimi olmadığını ve bu balık stoklarının balıkçılık amacıyla ayrı ayrı yönetilmesi gerektiğini göstermiştir.

*Corresponding author: ecologist.sibel@gmail.com

How to cite this article: Atak Sanduvaç, S., & İşmen, A. (2024). Population structure of the tub gurnard (*Chelidonichthys lucerna* Linnaeus, 1758) in Türkiye coasts using otolith chemistry and shape analysis. COMU J. Mar. Sci. Fish, 7(1): 67-85. doi:10.46384/jmsf.1488491

Giriş

Ticari balık türlerinin stok yapısının bilinmesi hem sürdürülebilir avcılık hem de nesli tükenmekte olan türlerin yönetimi için temel bir bilgidir. Balık stoklarının sürdürülebilir üretimi için doğru/etkin balıkçılık yönetim uygulamalarının belirlenmesinde güvenilir stok değerlendirilmeleri oldukça önemli bir gerekliliktir (İşmen vd., 2004, Turan, 2006). Kemikli balıkların otolit kimyası, bireyin ortamının kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki farklılıkları yansıtabilen doğal etiketleri temsil etmektedir. Otolitler balığın iç kulaklarında bulunan ve balığın dengesi ve işitme fonksiyonlarında önemli rol oynayan metabolik olarak inert aragonit kalsifiye yapılardır. Otolitler etraftaki sudan sürekli kalsiyum karbonat ve diğer kimyasal elementlerin ilavesiyle balığın ömrü boyunca büyür, bu elementler geri emilmez ve birey için tam bir çevre kaydı sağlar. Kimyasal otolit analizi, bir balığın embriyonik evrelerinden ölene kadar bir yaşam öyküsü profili oluşturulmasına izin verir. Bu da balık yaşam alanlarının çevresel koşulları, özellikleri ve tüm yaşamları boyunca hareket düzenleri hakkında bilgi verir. Otolit şekli türe özgüdür, bölgeler arası çeşitlilik gösterir ve balık popülasyonu çalışmaları için ideal bir belirteç gibi görülmektedir. Ayrıca, otolitlerin kimyasal ve şekil analizlerinin kombinasyonunun balık stoklarını ayırt etmek için iyi bir araç olduğu kanıtlanmıştır (Bouchard vd., 2015; Campana, 1999; Elsdon ve Gillanders, 2002; Martin ve Thorrold, 2005; Secor ve Rooker, 2000; Zorica vd., 2010; Sturrock vd., 2012; Ferreira vd., 2019).

Triglidae familyasına ait ekonomik öneme sahip demersal bir balık olan kırlangıç balığı (*C. lucerna*), Akdeniz ve Karadeniz'de, Doğu Atlantik kıyıları boyunca, Norveç'ten Afrika'nın kuzeybatı kıyılarına da yayılan bir Akdeniz-Atlantik türüdür (Richards ve Saksena 1990; İşmen vd., 2004). ICES, *C. lucerna*'yı potansiyel bir ticari tür ve yeni bir MOU (Mutabakat Muhtırası) türü olarak tanımlamış ve stok değerlendirme amacıyla biyolojik parametreler hakkında bilgi elde etmek için izleme programlarının yapılmasını önermiştir. Ülkemizde Triglidae familyası *Chelidonichthys cuculus*, *Chelidonichthys gurnardus*, *Chelidonichthys lastoviza*, *Chelidonichthys lucernus*, *Chelidonichthys obscurus*, *Lepidotrigla cavillone*, *Lepidotrigla dieuzeidei*, *Trigla lyra* olmak üzere 8 tür ile temsil edilmektedir (Bilecenoğlu vd., 2014). Bu türlerden *C. lucerna* ekonomik öneme sahip demersal bir tür olup, aşırı avcılık baskısı altındadır. Üretim miktarı her geçen yıl azalmaktadır. Türkiye'de otolit morfolojisi ve/veya kimyasal analizi kullanarak stok ayırımıyla ilgili yapılmış çalışmalar az sayıda olup, kalkan balığı, iskarmoz balığı, istavrit, yılan balığı, hamsi, sardalya inci kefali, gümüş balığı, dikenli kırlangıç balığı, türlerinde yapılmıştır (Akyol vd., 1997; Serpin, 2007; Başusta vd., 2013a; Başusta vd., 2013b; Başusta vd., 2013c; Saygın 2019). Türkiye sularında *C. lucerna*'nın biyolojik özellikleri ile ilgili yapılmış çalışmalar bulunmaktadır (İşmen vd., 2004; Çiçek vd., 2008; Uyan 2014; Çiçek vd., 2020; Başusta ve Bıyıklı, 2022). Dünya geneline bakıldığında ise *C. lucerna*'nın otolit morfolojisi ve kimyasal analizi kullanarak stok ayırımıyla ilgili

yapılmış sadece bir çalışma bulunmaktadır (Ferreira vd. 2019).

Bu çalışmada, Türkiye kıyılarında (Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz), *C. lucerna*'nın otolit morfolojisi ve kimyası incelenerek, habitat kullanım alanlarına bağlı stokların ayrımı ve stoklar arası farklılıklar veya benzerliklerin ilişki düzeylerinin tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Örnekleme

Chelidonichthys lucerna bireyleri Karadeniz (Ordu) (n=91), Marmara Denizi (Bandırma) (n=121), Ege Denizi (Foça) (n=155) ve Akdeniz (Mersin) (n=100) olmak üzere Türkiye kıyılarından doğrudan balıkçılardan temin edilmiştir. Trol ve uzatma ağlarla yakalanmış örnekler soğuk zincirde taşınmıştır. Laboratuvara getirilen her bir bireyin total boyu (TL; 0,1 cm), çatal boyu ve vücut ağırlığı (W; 0,01 g) ölçülmüştür. Bireyler disekte edilmiş, iç organları çıkarıldıktan sonra makroskopik gözlem ile gonadlardan cinsiyet tayini yapılmıştır. Sonrasında balığın başı dikkatlice açılmış ve başın iki yanında bulunan 3 çift otolitten en büyüğü olan sagittal otolitler metalik kontaminasyonu önlemek için plastik pens kullanılarak balık kafasından dikkatlice çıkarılmıştır. Otolitler distile su ile kan, doku ve diğer yüzey kontaminantlarından arındırılıp, temizlenmiş, tartılmış ($\pm 0,0001$ g) ve daha ileri analiz yapılmak üzere eppendorf tüplerine aktarılmıştır.

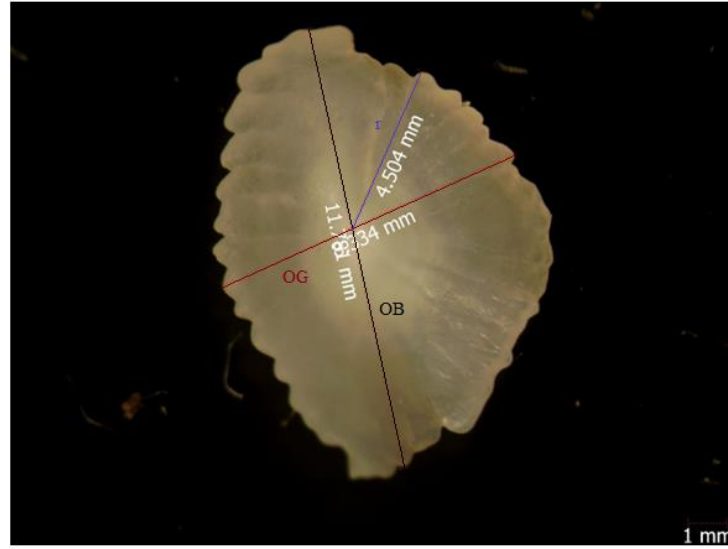
Otolit şekli, bir dizi çevre ve endojen faktörlerden etkilenmektedir ve stoklar arasında farklılık gösterebilmektedir. Ayrıca, aynı stoktaki boy ve yaş sınıfları arasında da farklılık gösterebilmektedir. Bu faktörlerin etkisini ortadan kaldırmak için benzer TL (19-25 cm) aralığında ve 2 yaşında 160 adet birey seçilmiştir (ANOVA; $F_{3,156}=0,119$, $p=0,94$) (Adelir-Alves vd. 2018; Moreira vd., 2018, 2019). Otolit şekil indeksleri ve element analizleri bu bireyler üzerinden yürütülmüştür. Sağ ve sol sagittal otolitlerin uzunluğu, genişliği ve ağırlığını karşılaştırmak için t testi (Zar, 1999) kullanılmıştır. Tür için sağ ve sol otolitler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Bu nedenle analizlerde sağ otolit kullanılmıştır.

Otolit şekil analizi

Otolitlerin iki boyutlu dijital görüntüleri, yansıyan ışık ve karanlık alan altında 15x büyütmede binoküler stereo mikroskop (Olympus SZX2-ILLB) üzerine monte edilmiş yüksek çözünürlüklü bir USB kamera kullanılarak kaydedilmiş ve Argenit KameraM 3.3.0.0 dijital görüntü analiz programı kullanılarak analiz edilmiştir. Görüntüleme proximal yüzeyden olacak şekilde 10x23 büyütme ile yapılmıştır. Otolitlerin morfometrik ölçümleri için sağ sagittal otolitlerin rostrumu sağa dönük ve dış bükey taraf yukarı gelecek şekilde yerleştirilip, Sulcus acusticus'u görüntülenmiştir.

Otolit genişliği (mm) için otolitin ventral ile dorsal hat uzunluğu, otolit boyu (mm) için posterior uç ile anterior uç noktalar arası esas alınmıştır. Otolit çevresi ve alan ölçüleri

otolit çevresi üzerinde hat boyunca takip edilerek, stereomikroskop yardımıyla hesaplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. *Chelidonichthys lucerna*'ya ait sagittal otolit (OB: Otolit Boyu (mm), OG: otolit genişliği (mm), r: Yarıçap (mm)) (Marmara Denizi)

Otolitlerden ölçüm sonunda elde edilen ham veriler [otolit boyu (OL, mm), otolit genişliği (OWi, mm), otolit alanı (OA, mm²) ve otolit çevresi (OP, mm)] değerlendirilerek, her bir bireyin otolit şekil indeksleri hesaplanmıştır. Otolitlerin şekil indekslerinin belirlenmesinde Tablo 1'de verilen formüller kullanılmıştır (Tuset vd., 2003b; Ponton vd., 2006). Otolit şekli, balıkların ontogenetik gelişimi boyunca değişebildiği, farklı yaş-boy gruplarındaki popülasyonların arasındaki karşılaştırmaları

önyargılı hale getirdiği için otolit uzunluğunun ve otolit ağırlığının her morfometrik indeksin büyüklüğü üzerindeki etkileri ayrı ayrı istatistiksel analiz (ANCOVA) (faktör:bölge, kovaryant: otolit uzunluğu ve faktör:bölge kovaryant: otolit ağırlığı) ile değerlendirilmiştir. Denizlere göre otolit uzunluğu ile otolit şekil indeksleri (eliptiklik, dairesellik, çerçeve oranı, form faktör, yuvarlaklık ve dikdörtgenlik) arasında ilişki olup olmadığı regresyon analizi ile yapılmıştır.

Tablo 1. Türlerin otolitlerinin şekil indeksleri için kullanılan formüller

Parametreler	Şekil indeksi	Formül
OP (Otolit Çevresi, mm)	Form Faktör (FF)	$4.\pi.OA/(OP)^2$
OA (Otolit Alanı, mm ²)	Dairesellik (CL)	$(OP)^2/OA$
OL (Otolit Boyu, mm)	Yuvarlaklık (RO)	$4.OA/\pi.(OL)^2$
OWi (Otolit Genişliği, mm)	Eliptiklik (EL)	$(OL-OWi)/(OL+OWi)$
	Dikdörtgenlik (RE)	$OA/(OL.OWi)$
	Çerçeve Oranı (AR)	OL/OWi

Otolit element analizi

Üzerindeki kan, doku ve diğer yüzey kontaminantlarından arındırılmış ve temizlenerek saklama kaplarına (eppendorf) alınmış olan otolitler, mikrokimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Öncelikle, her bir otolitin sabit ağırlığa ulaşması için 120 °C'ye ayarlı etüvde 2 saat süre ile cam tüpler içerisinde kalması sağlanmıştır.

Kuruması tamamlanan otolit örnekleri yaklaşık 0.001 grama duyarlı hassas terazi ile tartılarak, mikrodalga yakma ünitesindeki vessel'lara aktarılmıştır. Daha sonra her bir vessel'ın üzerine %65'lik nitrik asit (HNO₃)'ten 8 ml ve %30'luk hidrojen peroksit (H₂O₂)'den 2 ml ilave edilerek, Ethos marka Easy model cihazda SK-12 rotor kullanılarak, sıcaklık kontrollü mikrodalga ile yakmaya tabi tutulmuştur (Rooker vd., 2001).

Ölçüm sırasında dikkate alınan standartlar: EPA 200.2 (Spektroskopi tekniğiyle toplam geri kazanılabilir element analizi için örnek hazırlama) ve EPA 6020'dir (Çevresel numunelerde Endüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ile çoklu element tayini). Otolit numuneleri 0.0060-0.030 g aralığında ortalama ise 0.015 g olacak şekilde 13 ml hacimli test tüplere yerleştirilmiştir. Üzerlerine 0.4 ml aqua regia; 3:1 oranında hidroklorik asit: nitrik asit (3:1 HCl:HNO₃) eklenmiş sonrasında ise iki gün boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. İkinci günün sonunda 15 dakika boyunca 40°C ultrasonik banyoda tutulmuştur. Sonrasında üzerlerine 10ml ultra saf su eklenmiştir. Seyreltme faktörleri ortalama 1000 olarak hesaplanmıştır. Elementlerin konsantrasyonları Endüktif Olarak Eşleştirilmiş Plazma Kütle Spektrofotometresi (ICP-MS, Agilent 7700X) ile ölçülmüştür (Patterson vd., 1999; Campana vd., 2000; Campana ve Thorrold 2001; Patterson vd., 2004; Walther ve Limburg, 2012; Thomas vd., 2017; Bal ve Esen, 2021). Kalibrasyon eğrileri için 27 element karışımı standartlar (8500-6940 2A ve 8500-6940 Hg) kullanılarak yapılmıştır. Kalite kontrolü üçlü ölçüm ve sertifikalı referans malzemeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol numunesi (sertifikalı referans materyali, SRM, CRM) olarak denizel hayvan dokusu olan TORT2 (Lobster hepatopancreas) kullanılmıştır. Tüm elementler %95 ve üzeri doğrulukla ölçülmüştür. Bu çalışmada 1ppm internal standart karışımı ISTD Agilent 5188-6525:Li6, Sc45, Ge72, Rh103, In115,Tb159, Lu175, Bi209 kütleleri numunelerle birlikte sürekli olarak analiz edilmiş ve bağıntılı olarak hesaplamada yer almıştır. Her element için tespit limiti (DL, LOD) kalibrasyon eğrisinin altında listelenmiştir. Nicel tayin sınırı (NTS, Limit of quantification LOQ) ise LOD değerinin 3,3 katı olarak belirlenmiştir (EPA, 2014).

Deniz balıkları otolitlerinde elementlerin stabilitesinin türlere göre değişkenlik göstermesi nedeniyle genellikle kaydedilen iz elementler de dikkate alınarak, *C. lucerna*'nın bütün otolitlerinde bulunan en bol ve olası bilgilendirici unsurları belirlemek için bir ön analiz yapılmıştır. Analizde ilk aşamada elementlerin stabilitesinin türlere göre değişkenlik göstermesi nedeniyle *C. lucerna* türü için otolitlerde fiziksel olarak stabil olan tekrarlanabilir ve kararlı elementler incelenmiş (Silva vd., 2011; Correia vd., 2014; Daros vd., 2016) ve 14 element (Li, Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb, K, P) belirlenmiştir. Çalışma, belirlenen elementlerin kalsiyuma oranları (element:Ca) üzerinden yürütülmüştür.

Denizler arasında TL açısından önemli bir farklılık olmamasına rağmen, element konsantrasyonu ile balık büyüklüğü (otolit ağırlığı) arasındaki ilişkiler kovaryans analizi (ANCOVA, ortak değişken: otolit ağırlığı) ile test edilmiştir. Element: Ca oranlarının otolit ağırlığı ile anlamlı düzeyde ilişkili olmadığı tespit edilmiştir (ANCOVA, $p > 0.05$). Numuneler arasındaki balık boyutu farklılıklarının, otolit kimyasında bölgeye özgü herhangi bir farklılığa yol açmamasını sağlamak için, elementlerin konsantrasyonları, ortak grup içi doğrusal eğim çarpımının otolit ağırlığı ile gözlenen konsantrasyondan çıkarılması suretiyle ağırlık açısından azaltılmıştır (Campana vd., 2000).

İstatistiksel analizler

Ham veriler Quinn ve Keough (2002)'ye göre normallik (Shapiro-Wilk testi), varyans homojenliği (Brown-Forsythe testi) ve eşit grup içi kovaryans matrisleri (ayırt edici fonksiyon puanlarının incelenmesi) açısından kontrol edilmiştir. Bu varsayımlar şekil indeksleri ve element:Ca oranlarının bir kısmı için sağlansa da Na:Ca, Mg:Ca, Fe:Ca, Zn:Ca element oranlarında sağlanmamıştır. Bu nedenle bu dört orana Log₁₀ dönüşümü yapılarak, varsayımlar sağlanmıştır.

Denizler arasındaki bireysel elementlerin ve şekil indekslerinin farklılıklarını araştırmak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Anlamlı farklar bulunduğu ($p < 0.05$) ise Tukey post hoc testi yapılmıştır. Otolit çoklu element (element:Ca) ve şekil indeksleri ve her ikisinin birleşimindeki (element:Ca, şekil indeksi) uzaysal farklılıkları test etmek için çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) kullanılmıştır. MANOVA analizinde çok değişkenli istatistiklerin en sağlam testi (Pillai izi) için yaklaşık F oranı istatistiği rapor edilmiştir. Denizler arasında post hoc çok değişkenli ikili karşılaştırmalar, Hotelling T-kare testi kullanılarak yapılmıştır. Örnekler arasındaki benzerlik derecesi ve grup ayrımı için her ölçümün göreceli önemi, öklid mesafesine dayanan ileri adımlı diskriminant fonksiyon analizi (DFA) ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, bir jackknifed prosedürünü kullanarak, mekansal farklılıkları görselleştirmek ve balıkların bu orijinal konuma göre yeniden sınıflandırma doğruluk başarısını incelemek için de DFA kullanılmıştır. Sonuçlar iki boyutlu grafiklerde sunulmuştur (Moreira vd., 2018). Tüm istatistiksel analizlerde SPSS v. 21 kullanılmıştır.

Bulgular

Otolit şekil indeksleri

Otolit morfolojisi ve kimyasını test etmek için seçilen 19-25 cm boy aralığındaki tüm bireylerin sağ otolitlerine şekil indeksleri uygulanmıştır. Denizlerdeki *C. lucerna* bireylerinin sagittal otolitlerinin boyu (OL), genişliği (OWi), yarıçapı (Or), ağırlığı (Ow), alanı (A), çevresi (P), form faktörü (FF), yuvarlaklığı (RO), dikdörtgenlik (RE), eliptiklik (EL), daireselliği (CL) ve çerçeve oranı (AR) ölçülmüştür. Tablo 2'de her bir bölgede şekil indekslerinin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir.

Denizler arasında otolit şekil indekslerinin otolit uzunluğu ile olan ilişkisi Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu verilere göre otolit uzunluğu artarken; eliptiklik ($EL=0,07OL+0,13$, $R^2=0,415$), çerçeve oranı ($AR=0,19OL+0,62$, $R^2=0,416$) artmakta, dikdörtgenlik ($RE=-0,03OL+0,81$, $R^2=0,082$) ve yuvarlaklık ($RO=-0,14OL+1,18$, $R^2=0,476$) azalmaktadır. Otolit uzunluğu ile otolit şekil dairesellik ($CL=2,19OL+14,11$, $R^2=0,043$) ve form faktör ($FF=-0,05OL+0,75$, $R^2=0,046$) arasında ise doğrusal olmayan ilişki olduğu belirlenmiştir. Otolit şekli balığın ontogenetik gelişimi boyunca değişebildiği için balık boyutunun (yani otolit uzunluğunun) her bir şekil indeksi üzerindeki etkisini ortadan kaldırıp bölgeler arasında şekil indeksleri açısından farklılık olup olmadığını

test etmek için ANCOVA kullanılmıştır (faktör:bölge, kovaryant: otolit uzunluğu). Yapılan istatistiksel analizler sonucunda Karadeniz'deki stokların Marmara Denizi'ndeki stoklardan form faktör şekil indeksi açısından farklı olduğu ve bu farkın anlamlı olduğu saptanmıştır (MANOVA, Pillai's Trace: $F_{3,156} = 1,263$ $p=0,04$). Dairesellik şekil indeksi açısından ise tüm denizlerdeki stokların birbirinden farklı olduğu ve farkın anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 3).

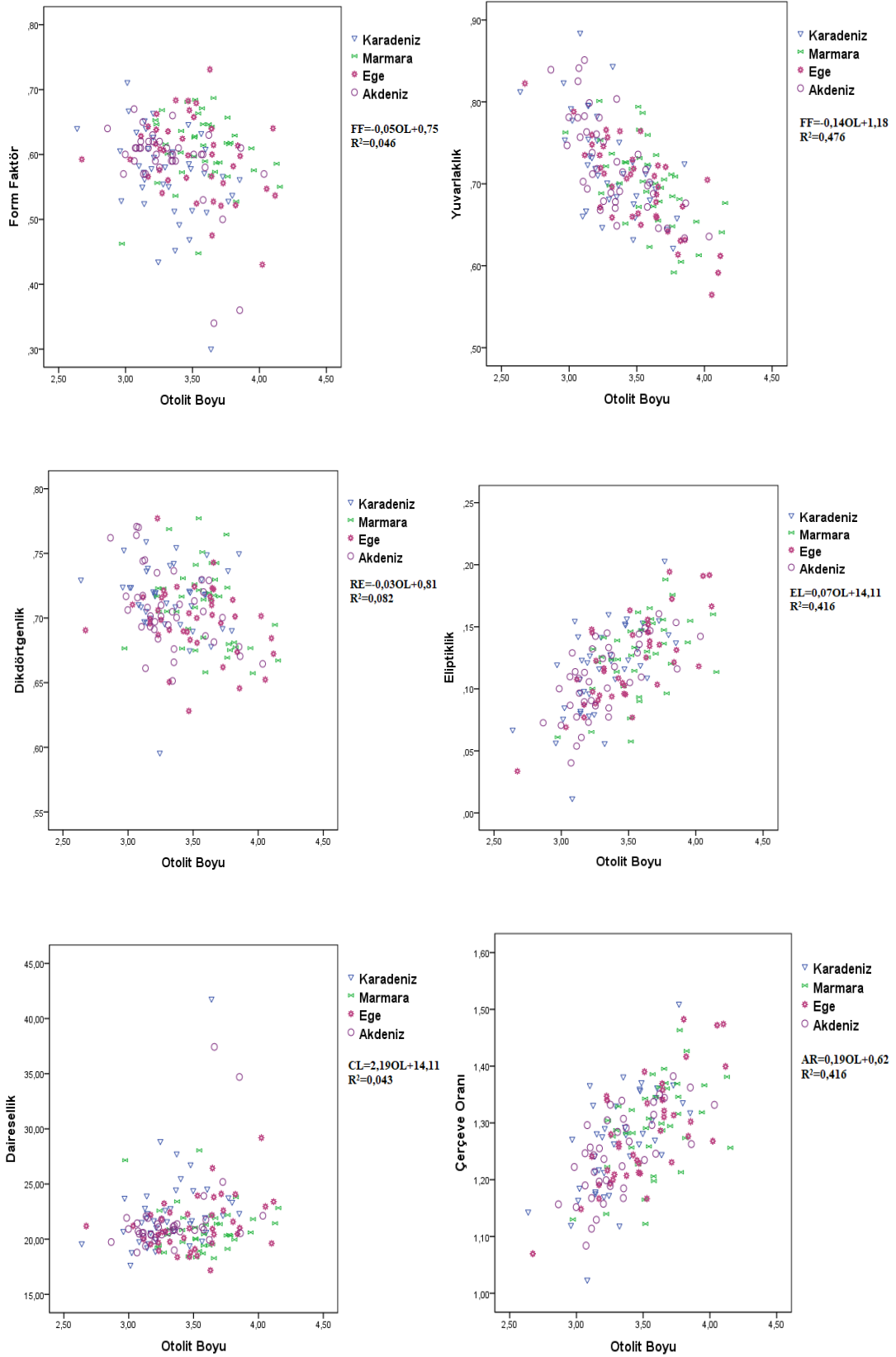
Yapılan istatistiksel analizler sonucunda otolit ağırlığının Marmara Denizi'nde tüm diğer denizlerden anlamlı derecede farklı olduğu saptanmıştır (MANOVA, $F_{3,156}=10,245$, $p=0,00$). Karadeniz'de otolit boyu, genişliği, yarıçapı ve alanı açısından Marmara ve Ege denizlerinde farklı olduğu ve farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Akdeniz'in otolit boyu ve

yarıçapı açısından Marmara ve Ege denizlerinden anlamlı derecede farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Yapılan diskriminant analizi sonucunda üç adet diskriminant fonksiyonu üretilmiş olup birinci ve ikinci diskriminant fonksiyonlarının toplam varyansa %72,6 ve %26,1 oranında katkıda bulunması toplam varyansın çoğunluğunun ilk iki kanonik değişken tarafından açıklandığını gösterir. Analiz sonucunda şekil indeksleri açısından tüm denizlerde örtüşme gözlenmiştir. Birbirinden kısmi olarak ayrılan bölgeler ise Karadeniz ve Marmara denizleri olmuştur (Şekil 3A). Bireylerin orijinal gruplarına göre doğru sınıflandırılması otolit şekline göre yapıldığında %45 ile %47,5 arasında değişim göstermektedir (Tablo 6).

Tablo 2. *Chelidonichthys lucerna* bireylerinin sağ sagittal otolitlerinin denizlerdeki şekil indeksleri

Bölge		OL	OWİ	OR	OW	A	P	FF	RO	RE	EL	CL	AR
Karadeniz	Minumum	2,638	2,269	2,368	0,004	4,44	9,331	0,301	0,622	0,596	0,012	17,658	1,024
	Maksimum	3,852	3,01	3,255	0,01	8,441	17,361	0,711	0,884	0,759	0,203	41,792	1,51
	Ortalama	3,319	2,626	2,792	0,007	6,247	11,828	0,569	0,723	0,715	0,116	22,569	1,266
	Standart Sapma	0,263	0,175	0,179	0,001	0,793	1,377	0,075	0,06	0,029	0,036	3,964	0,092
Marmara	Minumum	2,973	2,482	2,585	0,006	5,292	10,674	0,448	0,592	0,657	0,058	18,28	1,122
	Maksimum	4,153	3,306	3,392	0,016	9,16	14,46	0,687	0,801	0,777	0,188	28,049	1,463
	Ortalama	3,584	2,774	2,966	0,009	7,05	12,103	0,606	0,7	0,709	0,127	20,902	1,294
	Standart Sapma	0,247	0,189	0,167	0,002	0,793	0,848	0,054	0,05	0,031	0,031	2,092	0,079
Ege	Minumum	2,673	2,395	2,412	0,005	4,613	9,888	0,43	0,565	0,628	0,034	17,181	1,07
	Maksimum	4,117	3,172	3,555	0,012	8,95	16,163	0,731	0,822	0,777	0,194	29,189	1,482
	Ortalama	3,509	2,737	2,904	0,008	6,715	11,931	0,596	0,697	0,698	0,122	21,295	1,283
	Standart Sapma	0,312	0,167	0,2	0,002	0,845	1,177	0,061	0,056	0,027	0,036	2,336	0,093
Akdeniz	Minumum	2,865	2,377	2,565	0,006	5,221	10,332	0,336	0,634	0,651	0,04	18,794	1,084
	Maksimum	4,034	3,058	3,194	0,015	8,12	16,007	0,668	0,851	0,771	0,16	37,429	1,382
	Ortalama	3,324	2,668	2,801	0,008	6,279	11,642	0,589	0,726	0,708	0,109	21,709	1,247
	Standart Sapma	0,267	0,161	0,158	0,002	0,723	1,267	0,064	0,06	0,03	0,03	3,539	0,075



Şekil 2. Denizler arasında otolit uzunluğuna göre otolit şekil indeksleri

Tablo 3. Şekil indekslerinin denizler arasındaki farkları (ANOVA)

Şekil indeksleri	F	p
Form faktör	5,825	0,001
Yuvarlaklık	0,856	0,465
Dikdörtgenlik	1,806	0,148
Eliptiklik	0,948	0,419
Dairesellik	5,137	0,020
Çerçeve oranı	1,012	0,389

Otolit element analizi

Her bir denizde *C. lucerna* otolitlerinin element konsantrasyonlarının ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Otolitlerin element konsantrasyonları Şekil 4'de verilmiştir. Bölgesel olarak bakıldığında otolitlerde en çok bulunan element kalsiyumdur. Kalsiyumdan sonra en bol bulunan elementin ise Karadeniz, Ege ve Akdeniz denizlerinde sodyum iken, Marmara Deniz'inde stronsiyum elementi olduğu saptanmıştır.

Tablo 4. *Chelidonichthys lucerna* otolitlerinin denizlerdeki element konsantrasyonlarına ait ortalama \pm standart sapma değerleri ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)

Element	Bölge			
	Karadeniz	Marmara	Ege	Akdeniz
Li	0,125 \pm 0,199	0,190 \pm 0,095	0,145 \pm 0,074	0,149 \pm 0,056
Na	2880,506 \pm 774,304	1994,501 \pm 652,776	2819,171 \pm 514,167	3464,755 \pm 350,622
Mg	37,557 \pm 46,864	30,756 \pm 22,627	41,514 \pm 28,861	45,305 \pm 60,435
Mn	9,166 \pm 4,407	3,893 \pm 2,827	6,796 \pm 3,284	10,691 \pm 3,688
Fe	1,669 \pm 2,383	2,584 \pm 2,464	3,906 \pm 5,217	5,247 \pm 3,839
Co	0,125 \pm 0,182	0,245 \pm 0,115	0,295 \pm 0,135	0,404 \pm 0,128
Ni	0,089 \pm 0,126	0,207 \pm 0,160	0,173 \pm 0,086	0,383 \pm 0,143
Cu	0,200 \pm 0,417	0,226 \pm 0,201	0,352 \pm 0,449	0,885 \pm 0,587
Zn	2,329 \pm 2,875	0,852 \pm 1,783	2,999 \pm 3,085	6,058 \pm 5,247
Sr	1788,536 \pm 222,610	2455,781 \pm 618,544	2570,556 \pm 465,945	2593,074 \pm 311,311
Ba	4,031 \pm 1,683	2,251 \pm 1,089	2,113 \pm 1,133	2,517 \pm 1,060
Pb	0,115 \pm 0,071	0,130 \pm 0,051	0,147 \pm 0,054	0,223 \pm 0,069
K	891,110 \pm 222,764	591,507 \pm 189,985	750,438 \pm 228,759	1168,619 \pm 217,295
P	20,382 \pm 9,726	16,972 \pm 7,831	20,987 \pm 13,770	17,309 \pm 10,368
Ca	282322,123 \pm 72520,386	335844,768 \pm 25712,011	368453,928 \pm 61253,449	405112,887 \pm 34269,534

Element:Ca değerlerine normallik testi uygulanmıştır. Normal dağılım şartını taşıyıp taşımadıkları olgusu Shapiro-Wilk testi ve çarpıklık basıklık değerleri olan Skewness ve Kurtosis sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre Li:Ca, Mn:Ca, Co:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Sr:Ca, Ba:Ca, Pb:Ca, K:Ca ve P:Ca oranları normal dağılım gösterirken, Na:Ca, Mg:Ca, Fe:Ca, Zn:Ca oranlarının normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Bu nedenle normal dağılım şartını taşımayan verilere Log₁₀ dönüşümü uygulanmış ve verilerin normal dağılması sağlanmıştır. Varyansların homojenliği varsayımı için Levene testi uygulanmış ve tüm verilerin homojenlik şartını taşıdığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca Element:Ca konsantrasyonu ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki kovaryans analizi (ANCOVA, kovaryant: otolit ağırlığı) ile test edilmiş ve Element:Ca oranlarının

otolit ağırlığı ile anlamlı düzeyde ilişkili olmadığı tespit edilmiştir (ANCOVA, $p > 0.05$). Denizler arasında Element:Ca konsantrasyonlarında anlamlı farklılık olup olmadığı Tek Yönlü ANOVA analizi kullanılarak test edilmiştir. Analiz sonucunda Li:Ca, Mn:Ca, Fe:Ca, Co:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Zn:Ca, Sr:Ca, Ba:Ca ve K:Ca konsantrasyonlarında bölgesel olarak anlamlı farklılıklar olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$) (Tablo 5). Birinci ve ikinci diskriminant fonksiyonları için gruplar arasında ayırım yapılmasında birincil öneme sahip elementler sırasıyla Sr, K, Zn, Fe, Cu, Ni, Li, Coolmuştur (Şekil 5).

Tablo 5. Element:Ca konsantrasyonlarının denizler arasındaki farkları (ANOVA)

Element K.	F	p
Li:Ca	3,592	0,015
Mn:Ca	13,152	0,000
Fe:Ca	14,784	0,000
Co:Ca	2,816	0,041
Ni:Ca	12,330	0,000
Cu:Ca	9,061	0,000
Zn:Ca	8,289	0,000
Sr:Ca	8,389	0,000
Ba:Ca	16,765	0,000
K:Ca	7,574	0,000

Otolitlerin çok elementli konsantrasyonlarında denizler arasında farklılıklar saptanmıştır (MANOVA, Pillai's Trace: $F_{3,156}=9,699$ $p=0,00$). Ayrıca çoklu element karşılaştırmaları da yapılmış ve denizler arasında anlamlı farklılıklar olduğu saptanmıştır (Hotelling T kare testi $p<0,05$). Sr:Ca içeriği denizler arasında farklılık göstermektedir ($p=0,00$), diğer denizlere kıyasla Marmara Denizi'ndeki otolitlerde en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Zn:Ca element oranının Marmara Denizi'nde tüm diğer denizlerden az olduğu, Karadeniz'de Ege Denizi'nden fazla olduğu tespit edilmiştir. Mn:Ca, Ni:Ca, K:Ca ve Cu:Ca konsantrasyonları açısından tüm denizlerin birbirinden anlamlı derecede farklı olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Karadeniz'de Fe:Ca oranının diğer üç denizden fazla olduğu ve bu sonucun da istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Li:Ca konsantrasyonunun Marmara Denizi'nde Ege ve Akdeniz'den farklı olduğu belirlenmiştir. Co:Ca ve Ba:Ca element oranlarının Karadeniz'de Marmara ve Ege denizlerinden anlamlı derecede farklı olduğu diğer denizlere oranla otolitlerde fazla bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4).

Tablo 6. *Chelidonichthys lucerna* bireylerinin otolit şekli, otolit kimyası ve tüm doğal etiketlerine dayalı Jackknifed çapraz doğrulamalı yeniden sıralama matrisi

Otolit Şekli	Tahmini Lokasyon					
	Karadeniz	Marmara	Ege	Akdeniz	Total	%
Orijinal Lokasyon						
Karadeniz	19	2	9	10	40	47,5
Marmara	4	18	11	7	40	45
Ege	10	9	18	3	40	45
Akdeniz	9	7	5	19	40	47,5
Otolit Kimyası	Tahmini Lokasyon					
	Karadeniz	Marmara	Ege	Akdeniz	Total	%
Orijinal Lokasyon						
Karadeniz	32	0	5	3	40	80
Marmara	2	28	8	2	40	70
Ege	1	4	32	3	40	80
Akdeniz	3	1	2	34	40	85
Tüm Doğal Etiketler	Tahmini Lokasyon					
	Karadeniz	Marmara	Ege	Akdeniz	Total	%
Orijinal Lokasyon						
Karadeniz	33	0	5	3	40	82,5
Marmara	2	30	8	2	40	75
Ege	1	4	34	3	40	85
Akdeniz	3	1	2	36	40	90

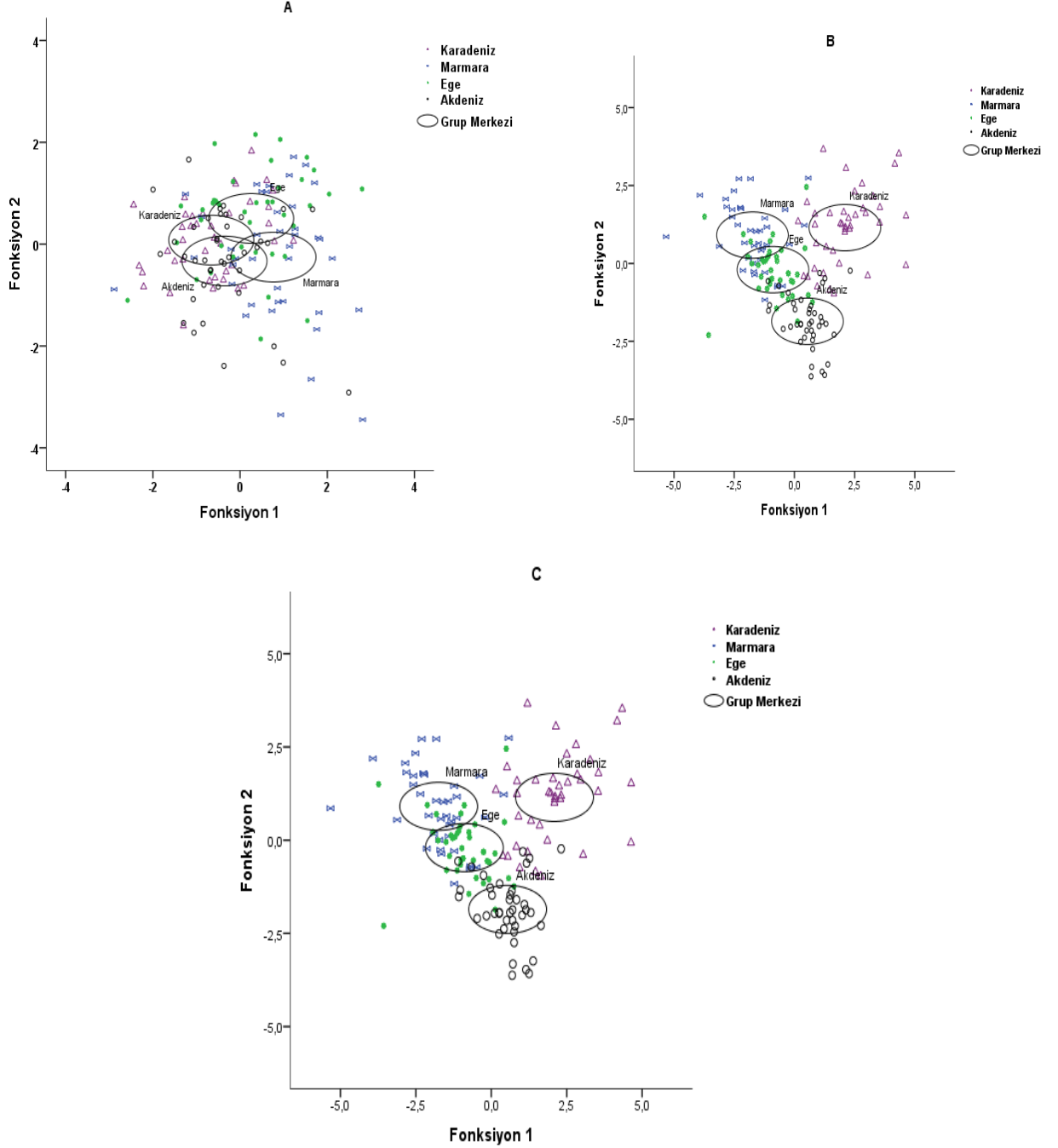
Otolit kimyasına ilişkin diskriminant analiz grafiği Şekil 3B'de verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda üç adet fonksiyon üretilmiş olup, ilk iki fonksiyon sırasıyla %54,4 ve %35,2 oranları ile varyansın çoğunluğunu

açıklamaktadır. Grafiğe bakıldığında fonksiyon 1'in Marmara ve Karadeniz, fonksiyon 2'nin ise Marmara ve Akdeniz popülasyonlarını ayırdığı gözlenmektedir.

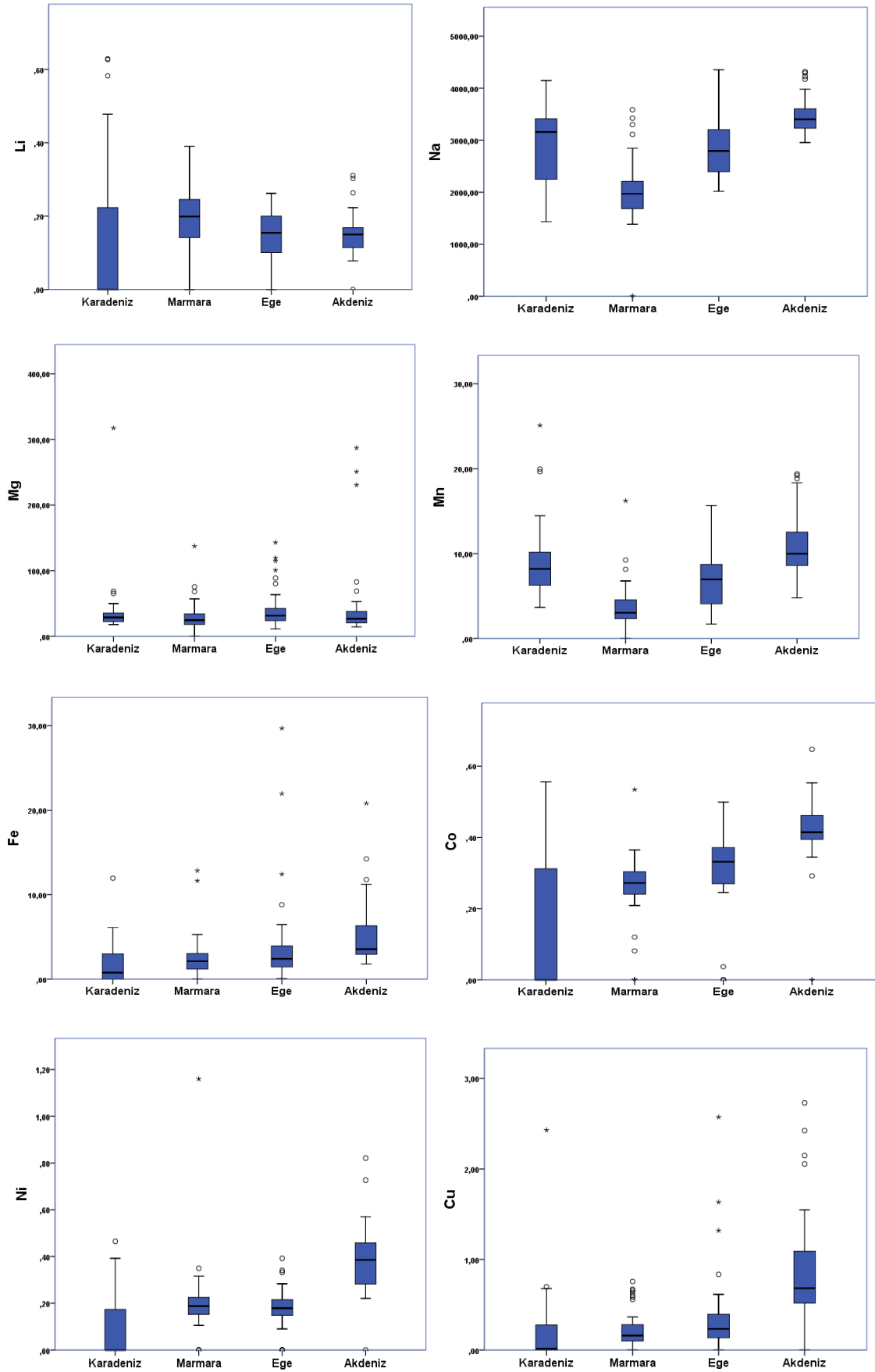
Marmara ve Ege populasyonlarında ise kısmen de olsa örtüşme olduğu sonucuna varılmıştır.

Bireylerin orijinal gruplarına göre doğru sınıflandırılması otolit kimyasına göre yapıldığında ise %70 ile %85 arasında değişim göstermektedir. En yüksek

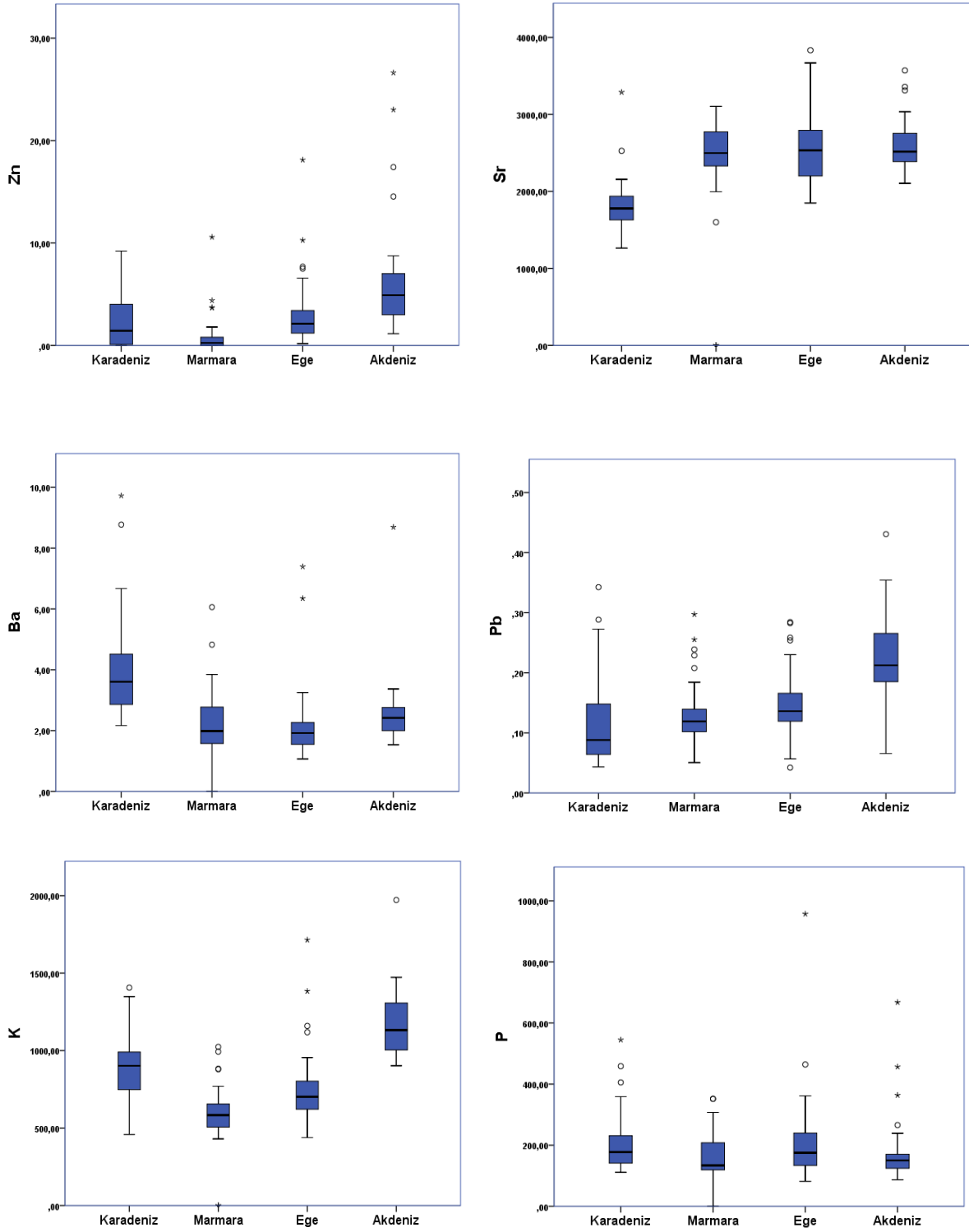
yeniden sınıflandırma oranı açıkça izole olan Akdeniz örneklerinde gözlenmiştir. Otolit kimyası açısından dört denizde de balıklar nispeten yüksek bir doğruluk derecesiyle orijinal konumlarına göre yeniden sınıflandırılabilir (Tablo 6).



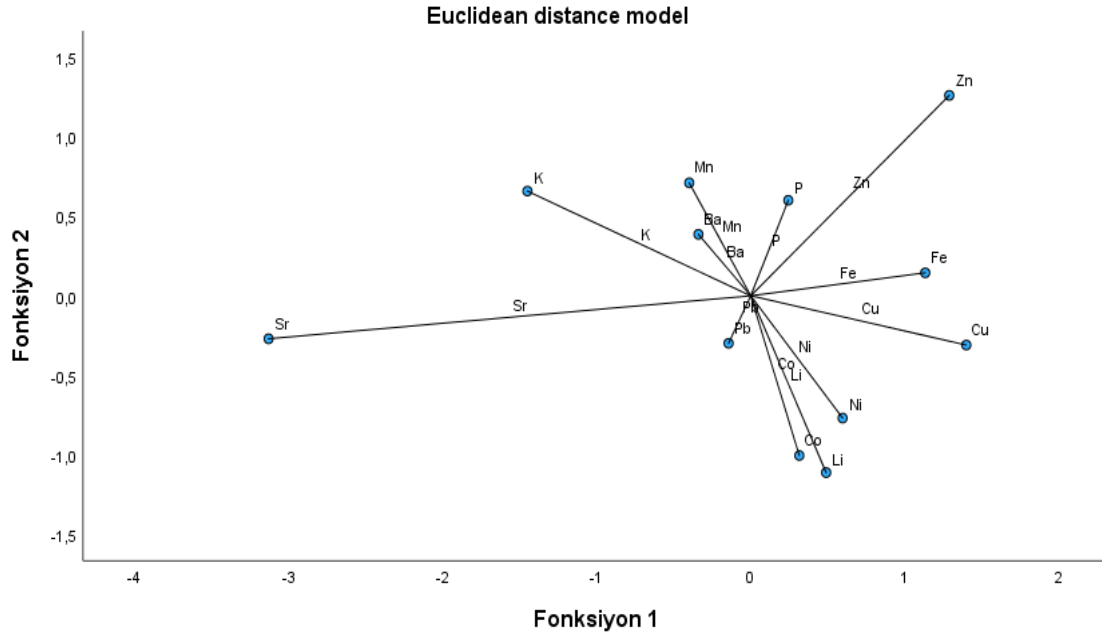
Şekil 3. *Chelidonichthys lucerna* bireylerindeki doğal etiketler için mekansal farklılıkları gösteren doğrusal diskriminant fonksiyon analizleri (LDFA) grafikleri (A) otolit şekil indeksleri, (B) otolit kimyası (C) tüm doğal etiketler (şekil indeksleri ve elementler). Verilerin etrafındaki elipsler %95 güven aralığını temsil eder. Her veri noktası birer balık bireyine tekabül eder. Denizler; Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz



Şekil 4. *Chelidonichthys lucerna*'nın sağ otolitlerinde kaydedilen element konsantrasyon grafikleri ($\mu\text{g.g}^{-1}$)



Şekil 4 devamı. *Chelidonichthys lucerna*'nın sağ otolitlerinde kaydedilen element konsantrasyon grafikleri (µg.g⁻¹)



Şekil 5. *Chelidonichthys lucerna* bireylerine ait otolit element konsantrasyonlarının diskriminant fonksiyonu. Vektörler, her değişkene ilişkin puanların ilk iki diskriminant fonksiyonu üzerindeki yüklerini gösterir.

Otolit element ve şekil analizi

Tüm doğal otolit etiketler bir araya getirildiğinde (otolit şekil indeksleri ve otolit kimyası), denizler arasında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (MANOVA, Pillai's Trace $F_{3,156} = 7,345$, $p=0,00$). Dört denizden gelen balıklar yakalanma konumlarına göre oldukça yüksek bir doğruluk derecesiyle yeniden sınıflandırılmıştır (%75 ile %90 arasında) (Tablo 6). Tüm doğal etiketlere yapılan diskriminant analizi sonucunda üç adet fonksiyon üretilmiş olup, %54,4 ve 35,9 oranında katkıda bulunması, toplam varyansın çoğunluğunun ilk iki kanonik değişken tarafından açıklandığını göstermektedir. Tüm örneklerin ilk iki diskriminant fonksiyonun grafiği Akdeniz ve Karadeniz'in birbirlerinden ve diğer denizlerden önemli ölçüde ayrıldığını ve de Marmara ve Ege denizlerinin kısmen de olsa örtüştüğünü göstermiştir (Şekil 3C).

Tartışma

Balık stoklarının ayırt edilmesi güvenli balıkçılık kaynak yönetimi için gereklidir (Begg ve Waldman, 1999). Stokların tanımlanması populasyonlar arası bağlantıların veya farklılıkların ilişki düzeylerinin belirlenmesine imkân verir (Gillanders ve Kingsford, 1996; Pender ve Griffin 1996; Campana ve Thorrold, 2001; Forrester ve Swearer, 2002). Ticari olarak sömürülen balık stoklarının çoğu, geçici bir karışımla güçlü habitat örtüşmeleri gösterir. Özellikle stoklar üretkenlik bakımından farklılık gösterdiğinde stok karışımlarının dikkate alınmaması, özgünyumurtlayan bireylerin aşırı sömürüsüne yol açabilir (Kerr vd., 2020). Bu nedenle, karışım stoklarındaki bireylerin, yüksek sınıflandırma doğruluğu olan güvenilir

stok ayırma yöntemleri kullanılarak stok orijinlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Cadrin vd., 2014).

Balıklarda stok ayırma ile ilgili Türkiye denizlerinde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Atay (1985), kırlangıç balıklarının Marmara, Ege ve Akdeniz'de bolca bulunduğunu, Karadeniz'de ise nadiren bulduklarını belirtmiştir. Turan vd. (2004) yaptıkları çalışmada Karadeniz, Ege ve Kuzeydoğu Akdeniz'deki hamsinin (*Engraulis encrasicolus* L.) morfometrik yapısını incelemiş, denizler arasında yüksek derecede (%93) farklılık olduğunu, denizlerdeki hamsilerin farklı kümelenmeleri temsil ettiğini, özellikle de Akdeniz'deki hamsi popülasyonlarının Ege ve Karadeniz'den morfolojik olarak farklı olduğunu saptamıştır. Bizim çalışmamızda da *C. lucerna* türünün Akdeniz popülasyonunun diğer denizlerden önemli ölçüde ayrıldığı sonucuna varılmıştır. Turan (2004) yaptığı çalışmada *Trachurus mediterraneus* türünün Karadeniz, Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz'deki stokları arasındaki morfolojik farklılıkları incelemiştir. Marmara Denizi örneklerinin hem morfometrik hem de meristik karakterler açısından diğerlerinden en izole örnekler olduğu, Ege Denizi ve Akdeniz'de bir dereceye kadar örtüşme olduğu belirlenmiştir. Ergüden ve Turan (2005) yaptıkları çalışmada *Dicentrarchus labrax* türünün Karadeniz, Marmara, Ege ve Kuzeydoğu Akdeniz'deki populasyonlarının genetik ve morfolojik yapısının incelemiş, populasyonların morfolojik olarak birbirinden ayrıştığını saptamıştır. Turan (2006) yaptıkları çalışmada Karadeniz, Marmara, Ege ve Kuzeydoğu Akdeniz'deki lüfer (*Pomatomus saltatrix*) stokları arasındaki morfometrik ve meristik değişimlerini incelemiştir. Çalışmada hem morfometrik hem de meristik analizlerde en yüksek yeniden

sınıflandırma oranının, en net izole edilen gruplar olan Doğu Karadeniz ve Kuzeydoğu Akdeniz örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada da *C. lucerna* bireylerinin morfolojik analizler (otolit şekil indeksleri) açısından en yüksek yeniden sınıflandırma oranının Karadeniz ve Akdeniz’de (%47,5) olduğu saptanmıştır. Dürrani ve Seyhan (2024) yaptıkları çalışmada *Trachurus mediterraneus* türünün Marmara ve Karadeniz’deki vücut ve otolit şekil analizlerini kullanarak stoklarının tanımlanmasını amaçlamışlardır. Çalışmada şekil indeksleri ve eliptik fourier analizi kullanılarak yapılan otolit şekil analizi, üç farklı *T. mediterraneus* stokunun varlığını desteklemiş, Doğu Karadeniz, Orta Karadeniz ve Marmara Denizi arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Saygın (2024) yaptığı çalışmada Ege, Karadeniz ve Akdeniz’de yaşayan *Mullus barbatus* türünün sagittal otolit morfolojisini incelemiştir. Çalışma sonunda Eliptik Fourier analizinin (%68,6) Karadeniz’i Akdeniz ve Ege Denizlerinden ayırırken, Wavelet analizinin (%69,3) Ege Denizi’ni Akdeniz ve Karadeniz’den ayırdığı saptanmıştır.

Balıkların iç kulağında bulunan kalsiyum karbonat yapıları otolitler yaygın olarak kullanılan stok ayırma tekniklerinden biridir (Campana ve Casselman 1993). Otolit şekil ölçümleri, spesifik ayırım, stok analizi ve otolit morfolojisi çalışmalarıyla şekil farklılıklarının işlevinin ve ekolojik öneminin test edilmesinde bir indeks olarak kabul edilmektedir (Aguirre ve Lombarte, 1999; Cardinale vd., 2004). Otolit şekil analizleri, balık popülasyonları arasında ayırım yapmak için değerli bir araçtır (Stransky vd., 2008; Agüera ve Bronphy 2011; Moreira vd., 2019). Otolit şeklinin bir dizi çevresel (Tuset vd., 2003b; Carvalho vd., 2015; Vignon 2015) ve endojen faktörlerden (Castonguay vd., 1991; Simoneau vd., 2000; Cardinale vd., 2004) etkilenmekte ve bir türün stokları arasında farklılık gösterebildiği gibi, aynı stok içindeki yaş, cinsiyet ve yıl sınıfları arasında da farklılık gösterebilmektedir (Campana ve Casselman 1993; Cardinale vd., 2004; Ladroit vd. 2017). Otolit şekli çoğunlukla çevresel ve genetik faktörlerin bir kombinasyonu tarafından yönlendirilir ve farklı stokların ilgili bir işareti olarak kullanılabilen stoka özgü özellikler içerir (Vieira vd., 2014; Berg vd., 2018)

Otolit ağırlığı, büyüme oranındaki değişikliklere karşı duyarlıdır ve güçlü bir ayırıcıdır (Reznick vd., 1989; Pawson, 1990; Foresberg ve Neal, 1993; Tuset vd, 2006; Ilkyaz vd., 2010; Zorica vd., 2010; Amouei vd., 2014). Bostancı vd. (2015) dört allopatrik *Alburnus* türünün tanımlanması amacıyla yaptıkları çalışmada otolit şekli ve morfolojisini kullanmıştır. Yapılan çalışmada otolit ağırlığının *Alburnus* türleri için güçlü bir ayırıcı olmadığı sonucuna varılmıştır. Bizim çalışmamızda otolit ağırlığının bölgeler arasında anlamlı farklılıklar gösterdiği yapılan istatistiksel analizler sonucunda Marmara Denizi’nde tüm diğer denizlerden anlamlı derecede farklı olduğu saptanmıştır.

Dairesellik (CL) minimum 4π (12.57) değerini alan ve otolit tam bir daireye ne kadar benzediği ile ilgili bilgi veren otolit şekil indeksidir (Tuset vd. 2003b). Tuset vd. (2008) yaptıkları çalışmada *C. lucerna* türü için daireselliğin minimum 15,4 cm maksimum 26,0 olduğunu

belirtmişlerdir. Çiçek vd. (2021) ise *C. lucerna* türü için ortalama daireselliği 17,378 olarak belirlemiştir. Bu çalışmada ortalama dairesellik Karadeniz’de 22,5 cm, Marmara Denizi’nde 20,9 cm, Ege Denizi’nde 21,2 cm, Akdeniz’de 21,7 cm olarak tespit edilmiştir.

Dikdörtgenlik (RE) otolit şekil indeksi uzunluk ve genişliğin alana göre olan değişikliklerini tanımlar, diğer bir deyişle alanın uzunluk ve genişliğin çarpımına oranıdır. Dikdörtgenlik için 1,0 değeri otolit tam bir kare olduğunu ifade eder (Tuset 2003b). *C. lucerna* türü için dikdörtgenlik Tuset vd. (2008)’nin çalışmasında 0,1, Çiçek vd. (2021)’nin çalışmasında ise 0,683 olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada Karadeniz’de 0,715, Marmara Denizi’nde 0,709, Ege Denizi’nde 0,698, Akdeniz’de 0,708 olarak saptanmıştır.

Form faktörü (FF); mükemmel bir daire olduğunda 1,0 değerini alan, düzensizleştikçe de 0’a yaklaşan, yüzey alanı düzensizliğini tahmin etmek için kullanılan otolit şekil indeksidir. Yuvarlaklık (RO); daireye benzerlik hakkında bilgi veren otolit şekil indeksidir. Eliptiklik (EL), otolit eksenlerindeki değişikliklerin orantılı olup olmadığını gösterir (Tuset 2003b). Çerçeve oranı (AR) otolit uzunluğu ile otolit genişliği arasındaki orandır, bu faktör otolit şekil eğilimini ifade eder; balığın otoliti ne kadar uzun olursa çerçeve oranı da o kadar büyük olur (Zorica vd., 2010). Çiçek vd. (2021) yaptıkları çalışmada *C. lucerna* türü için ortalama form faktör 0,723, yuvarlaklık 0,630, eliptiklik 0,160, çerçeve oranı ise 1,382 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada ortalama form faktörü Karadeniz’de 0,568, Marmara Denizi’nde 0,606, Ege Denizi’nde 0,596, Akdeniz’de 0,589 olarak belirlenmiştir. Ortalama yuvarlaklık Karadeniz’de 0,723, Marmara Denizi’nde 0,700, Ege Denizi’nde 0,697, Akdeniz’de 0,726 olarak tespit edilmiştir. Ortalama eliptiklik Karadeniz’de 0,116, Marmara Denizi’nde 0,127, Ege Denizi’nde 0,122, Akdeniz’de 0,109 olarak saptanmıştır. Ortalama çerçeve oranı ise Karadeniz’de 1,266, Marmara Denizi’nde 1,294, Ege Denizi’nde 1,283, Akdeniz’de 1,247 olarak tespit edilmiştir.

Özpiçak vd. (2019) Karadeniz’de lüfer balığının otolit şekil indeksleri üzerine yaptıkları çalışmada otolit uzunluğu artarken çerçeve oranı, eliptiklik ve daireselliğin arttığı, form faktörü, yuvarlaklık ve dikdörtgenlik değerlerinin ise azaldığı sonucuna varmıştır. Bu çalışmada da otolit uzunluğu artarken; çerçeve oranı ve eliptiklik artarken, yuvarlaklık ve dikdörtgenliğin azaldığı tespit edilmiştir. Ferreira vd. (2019) Portekiz’de *C. lucerna* bireylerinin stok ayırımı ile ilgili yaptıkları çalışmada form faktör, dikdörtgenlik ve dairesellik şekil indeksleri açısından bölgelerin birbirinden ayrıştığı sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamızda form faktör ve dairesellik şekil indeksleri stokları ayırmada istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. *Chelidonichthys lucerna* otolitlerinin şekil indekslerine yapılan diskriminant analizi, denizlerde örtüşmeler olsa da Karadeniz ve Marmara denizlerinin otolit morfolojisi açısından birbirinden farklı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, yapılan istatistiksel analizler dairesellik şekil indeksi açısından tüm denizlerdeki stokların birbirinden farklı olduğunu, form faktör şekil

indeksi açısından ise Karadeniz'deki stokların Marmara Denizi'ndeki stoklardan farklı olduğunu açığa çıkarmıştır.

Literatürde bireylerin otolit şekil indeksleri ile orijinal konumlarına göre doğru sınıflandırılmasıyla ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Begg ve Brown (2000), *Melanogrammus aeglefinus* stoklarının tanımlanmasında yıl sınıflarında %56-81 oranında sınıflandırma başarısı bildirmişlerdir. Devries vd. (2002), doğu Meksika Körfezi ile Atlantik Okyanusu arasındaki *Scomberomorus cavalla* stoklarının sınıflandırılmasında %81,6 doğruluk elde etmiştir. Tuset vd. (2003b) *Serranus cabrilla*'da Kanarya Adaları ile Alicante arasında bölgesel farklılıkları %68,8 doğrulukla ortaya koymuştur. Bourehail vd. (2015) Cezayir'de *Sphyræna sphyraena* ve *Sphyræna viridensis* stoklarını ayırmak için otolit şekil indekslerini kullanmış ve çalışmada bireylerin %80'inin otolit şekli ile doğru şekilde sınıflandırılabilceği sonucuna varmışlardır. Ozpıçak vd. (2018) Karadeniz bölgesindeki dört lokaliteden örneklenen kefalın utriküler ve lagenar otolit şekillerinin popülasyon içi ve popülasyonlar arası varyasyonlarını belirledikleri çalışmada, bireylerin otolit şekline göre %65 oranında doğru şekilde sınıflandırıldığını tespit etmişlerdir. Ferreira vd. (2019) Portekiz'de *C. lucerna* bireylerinin stok ayrımı ile ilgili yaptıkları çalışmada otolit şekil indeksleri ile bireylerin orijinal bölgelerine yeniden tahsis başarısının düşük olduğu (%51) sonucuna varmıştır. Bu çalışmada ise *C. lucerna* bireylerinin orijinal denizlerine göre doğru sınıflandırılması otolit şekline göre yapıldığında başarı çok düşük olmuştur (%47,5). Bu nedenle de sadece şekil indeks analizi sonuçlarına bakarak *C. lucerna* popülasyonlarını sınıflandırmanın yeterli olmadığı düşünülmektedir.

Balık otolitlerindeki element konsantrasyonlarının kronolojik kayıtları, bireysel balıkların yaşadığı çevresel koşulları anlamak için yaygın olarak kullanılan bir araçtır (Hüssy vd., 2024). Otolit element bileşiminin balık stoklarının popülasyon yapısını ve popülasyonların bağlantısını belirlemede yararlı bir teknik olduğu kanıtlanmıştır (Silva vd., 2011; Higgins vd., 2013; Moreira vd., 2018). Turan vd. (2006) *Trachurus mediterraneus* türünde yaptıkları çalışmada Na:Ca ve K:Ca oranlarının Karadeniz ve Ege denizlerinin ayrılmasında önemli ölçüde rol aldığını rapor etmişlerdir. Rooker vd. (2001) Atlantik mavi yüzgeçli orkinosun bölgesel stok farklılığını değerlendirmede lityumun (Li) önemli bir element olduğunu, magnezyumun (Mg) ise böyle bir önem arz etmediğini bildirmiştir. Ayrıca Gillanders ve Kingsford (2003) yaptıkları çalışmada benzer habitatlardaki çipura türleri arasında lityum (Li) ve manganez (Mn) elementleri açısından önemli farklılıklar bulunduğunu bildirmiştir. Bal ve Esen (2021) Marmara Denizi'nde iki demersal balık türünün *Merluccius merluccius* ve *Mullus surmuletus*'un otolit kimyası ve otolit morfolojisi üzerine yaptıkları çalışmada otolitlerde Sr:Ca ve Mg:Ca konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışmada iki balık türü için stronsiyum (Sr), magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) miktarları arasındaki önemli fark olduğu, Sr ve Mg elementlerinin *Merluccius merluccius* türünde daha fazla olduğu bulunmuştur. Schroeder vd. (2022) Atlantik okyanusunda *Sardinella brasiliensis* ile ilgili yaptıkları çalışmada Ba:Ca,

Cu:Ca, Li:Ca, Mg:Ca, Mn:Ca, Sr:Ca ve Zn:Ca element oranlarının bölgesel olarak farklılıklarını rapor etmişlerdir. Ferreira vd. (2023) Portekiz kıyılarında yaptıkları çalışmada *C. lucerna* türünün otolitlerindeki Sr:Ca ve Ba:Ca oranını kullanarak acı ve deniz suları arasındaki tür hareketini değerlendirmiştir. Çalışmada juvenil bireyler kullanılmış ve çoğu bireyin (%97) nehir ağzına bağlı bir profile sahip olsa da tüm yaşamı boyunca orada olmadığı, %63'ünün yaşamının erken dönemlerinde deniz sularında bulunduğu saptanmıştır. Koochaknejad vd. (2024) otolit element analizi ile Basra Körfezi'nde *Tenualosa ilisha* balığının göç davranışlarını ve stok yapısını belirledikleri çalışmada otolitlerdeki Sr:Ca, Ba:Ca ve Li:Ca oranlarını analiz etmiştir. Bu örneklerden de anlaşıldığı üzere elementlerin stok ayrımı üzerindeki etkisi türlere göre değişim göstermektedir. Çalışmamızda *C. lucerna* otolitlerinin kimyasal analizi sonucunda diğer kıyı deniz türlerinde bulunan genel konsantrasyon aralıkları dahilinde olan 10 elementin (Li, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, K) bilgilendirici seviyelerde varlığı tespit edilmiştir. Na:Ca, Mg:Ca, Pb:Ca, P:Ca elementlerinin oranları çalışma alanı boyunca bölgesel bir değişiklik göstermemiştir. Türkiye'nin dört denizinden yakalanan türün otolitlerinde hemen hemen tüm element:Ca oranları bölgesel farklılıklar göstermiştir.

Karadeniz, Ege ve Akdeniz'de kalsiyumdan sonra en bol bulunan element sodyum (Na) iken, Marmara Denizi'nde stronsiyum (Sr) elementi olmuştur. Ferreira vd. (2019) Portekiz'de yaptıkları çalışmada da stronsiyum (Sr) elementinin *C. lucerna* otolitlerinde en bol bulunan element olduğunu rapor etmişlerdir. Sr elementinin tuzluluk ile pozitif korelasyona sahip olduğunu ve bu nedenle genellikle yüksek tuzluluk ortamlarıyla ilişkilendirilen bir eser element olduğunu belirten birçok çalışma mevcuttur (Silva vd., 2011; Reis-Santos vd., 2013; Moreira vd., 2018). Ancak, Hüssy vd. (2024) yaptıkları çalışmada beklenenin aksine çevresel kontrol altındaki elementlerden olan Sr elementinin tuzlulukla ilişkili olmadığını belirtmişlerdir. Otolitlerdeki Sr elementinin fazla olması suyun tuzluluk oranıyla ilgili olabilir ya da balık büyümesi ve yumurtlama gibi intogenetik süreçlerden kaynaklanabilmektedir. Ayrıca, Ferreira vd. (2023) Portekiz kıyılarında yaptıkları çalışmada *C. lucerna*'nın yüksek çevresel esneklik ve adaptasyon göstererek farklı tuzluluk derecelerine sahip habitatlara yerleşebildiği ve göç edebildiğini belirlemişlerdir. Diğer denizlerdeki *C. lucerna* otolitlerinde sodyum elementinin fazla çıkması da yine suyun tuzluluk oranı ile ya da balık bireylerinin beslenme, büyüme gibi fizyolojik süreçleri ile ilişkili olabilir (Sturrock vd., 2015; Avigliano vd., 2017; Heimbrand vd., 2020). Sr ve Ba elementleri genellikle zıt yönlerde değişen tuzluluk gradyanlarıyla ilişkilidir. Sr elementi Marmara Denizi'nde fazla iken, Ba elementi ise tuzluluk oranı daha düşük olan Karadeniz'de Marmara Denizi'ne oranla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Br konsantrasyonu genellikle karasal tatlı su kaynakları ve kıyıdaki yükselme süreçleriyle ilişkilidir (Bath vd., 2000; Hamer vd., 2006).

Mn:Ca, Ni:Ca, Co:Ca, Cu:Ca, Zn:Ca konsantrasyonlarının tüm bölgelerde anlamlı derecede farklı olduğu saptanmıştır. Balık otolitlerinde Cu, Zn, Co ve

Ni gibi geçiş metallere varlığı, çevresel bir etkiden çok, esas olarak fizyolojik rollerinden kaynaklanmaktadır (Halden vd., 2000; Ranaldi ve Gagnon, 2008; Thomas vd., 2017). Ayrıca, Co, Cu gibi ağır metallerin otolitlerde fazlalığı, balıkların su kirliliğine çevresel olarak maruz kalma geçmişiyle tutarlı olabilir. Co elementi Karadeniz'de Marmara ve Ege denizlerine oranla daha fazla bulunmuştur. Bu da Karadeniz'de su kirliliği olma ihtimalini akıllara getirmektedir. Zn:Ca element oranı Marmara Denizi'nde tüm diğer denizlere oranla daha fazladır. Teleost balıklarında Zn alımının birincil kaynağı beslenmedir (Pentreath 1973; Ranaldi ve Gagnon, 2008; Mathews ve Fisher, 2009). Ayrıca, Thomas vd. (2017) yaptıkları çalışmada dışilerin otolitlerindeki Zn:Ca oranını *Pleuronectes platessa* türünün yumurtlama zamanı ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Hüseyin vd. (2024) ise fizyolojik kontrol altında olan Zn elementinin yumurtlayan bireylerde fazla olduğunu belirtmiştir. Marmara Denizi'nde Zn elementinin fazla çıkması büyük ölçekte suyun kimyası, balıkların beslenme ve üreme gibi fizyolojik süreçleri ile ilişkili olabilir.

Chelidonichthys lucerna populasyon yapısı üzerindeki iki otolit doğal etiketinin sinerjistik bir kombinasyonu, bunların populasyon etkileşimlerini anlama konusundaki faydalarını ve potansiyellerini karşılaştırmak için fırsat sağlamaktadır. Diskriminant analizi sonucunda %95 güven aralığı ile yapılan elipslerden de açıkça görülmektedir ki Marmara ve Karadeniz stokları hem otolit şekli hem de kimyası açısından birbirinden farklıdır. Bu da iki stokun yüksek düzeyde ayrıştığını, populasyonlarının sınırlı miktarda karıştığını ya da hiç karışmadığını düşündürmektedir. Yine Akdeniz tüm diğer denizlerden otolit kimyası açısından ayrılmaktadır. Bu da Akdeniz'deki tür dağılım alanının muhtemelen otolitlerin kimyasını etkileyebilecek çevresel farklılıkların bir sonucu olarak diğer denizlerden izole edildiğini göstermektedir. Marmara ve Ege denizleri stoklarının hem otolit şekli hem de kimyası açısından örtüştüğü belirlenmiştir. Bu durum bitişik denizlerdeki ortam koşullarının benzerliği nedeniyle olabilir. Tüm doğal etiketler (otolit şekil indeksi ve otolit kimyası) birlikte değerlendirildiğinde dört denizde de balıklar nispeten yüksek bir doğruluk derecesiyle (%75-90) orijinal konumlarına göre yeniden sınıflandırılabilir.

Sonuç olarak, otolit şekil analizleri ve otolit kimyası birlikte değerlendirildiğinde Türkiye'nin dört denizindeki (Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz) örneklemelerde *C. lucerna* bireylerini yüksek oranda ayırt edebilmiştir. Yapılan analizler sonucunda Marmara ve Ege denizlerinde habitat bağlantıları bulunsun da, Karadeniz ve Akdeniz'in *C. lucerna* stokları açısından izole bölgeler olduğu belirlenmiştir. Bu balık stoklarının balıkçılık amacıyla ayrı ayrı yönetilmesi gerektiğini göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Sibel Atak Sanduvaç'ın doktora tezinin bir bölümünü içermektedir. Bu çalışma finansal olarak FDK-2020-3428 nolu BAP projesi tarafından desteklenmiştir. Çalışmamızda balık temininde yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Esin Yalçın Kaplama, Prof. Dr. Mehmet Aydın, Dr.

Murat Dağtekin'e ve de çalışmanın kimyasal analizlerinde yardımcı olan Öğr. Gör. Dr. Selahattin Erdoğan ve ekibine teşekkürü borç biliriz.

Çıkar Çatışması:

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Yazar Katkıları

Sibel Atak Sanduvaç ve Prof. Dr. Ali İşmen çalışmayı planlamışlardır. Yazarlar örnekleme, analiz etme, sonuçları tartışma ve makalenin yazımında katkıda bulunmuşlardır.

Etik Onay

Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

Kaynaklar

- Adelir-Alves, J., Daros, F. A., Spach, H. L., Soeth, M., & Correia, A. T. (2018). Otoliths as a tool to study reef fish population structure from coastal islands of South Brazil. *Marine Biology Research*, 14, 973–988.
- Aguirre, H., & Lombarte, A. (1999). Ecomorphologic comparisons of sagittae in *Mullus barbatus* and *M. surmuletus*. *Journal of Fish Biology*, 55, 105–114.
- Agüera, A., & Brophy, D. (2011). Use of saggital otolith shape analysis to discriminate Northeast Atlantic and western Mediterranean stocks of Atlantic saury, *Scomberesox saurus saurus* (Walbaum). *Fisheries Research*, 110, 465–471.
- Akyol, O., Metin, G., & Unsal, S. (1997). Relationship between otolith to fork lengths of sardine (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1972) in the Bay of Izmir (Aegean Sea). Mediterranean Fisheries Congress 9–11 April 1997, Izmir, Turkey, pp. 925–929 (in Turkish).
- Amouei, F., Valinassab, T., & Haitov, A. (2014). Aging and morphology of otolith in *Alburnus chalcoides* (Guldenstaedt, 1772) in the southern Caspian Sea. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 12, 205–214.
- Atay, D. (1985). Deniz Balıkları ve Üretim Tekniği. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yay. 943 Ders Kitabı No: 268, Ankara, 278s.
- Avigliano, E., Domanico, A., Sánchez, S., & Volpedo, A. V. (2017). Otolith elemental fingerprint and scale and otolith morphometry in *Prochilodus lineatus* provide identification of natal nurseries. *Fisheries Research*, 186, 1–10.
- Bal, H., & Esen, S. (2021). Preliminary study on otolith chemistry and otolith morphology of two demersal fish species, European hake (*Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758) and striped red mullet (*Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) in the Sea of Marmara. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(4), 515–521.

- Başusta, A., Bal, H., & Aslan, E. (2013a). Otolith biometry-total length relationships in the population of Hazar Bleak, *Alburnus heckeli* (Battalgil, 1943) inhabiting Lake Hazar, Elazığ, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(1), 1180–1182.
- Başusta, A., Özer, E. I., & Girgin, H. (2013ab). Munzur Nehri'ndeki kırmızı benekli alabalığın (*Salmo trutta macrostigma* (Dummeril, 1858)) otolit boyutları- balık boyu arasındaki ilişki. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 7(1), 22–29.
- Başusta, A., Özer, E. I., & Girgin, H. (2013bc). Akdeniz'deki *Lepidotrigla dieuzeidei* (Blanc & Hureau, 1973) popülasyonunda otolit biyometrisi-balık boyu uzunluğu arasındaki ilişki. *Yunus Araştırma Bülteni*, 3, 3–9.
- Başusta, A., & Bıyıklı, N. D. (2022). Kuzeydoğu Akdeniz'de Yaşayan *Chelidonichthys lucerna* (Linnaeus, 1758) Türünün Otolit Biyometrisi. *Ecological Life Sciences*, 17(4), 187-202.
- Bath, G. E., Thorrold, S. R., Jones, C. M., Campana, S. E., McLaren, J. W., & Lam, J. W. (2000). Strontium and barium uptake in aragonitic otoliths of marine fish. *Geochimica et cosmochimica acta*, 64(10), 1705-1714.
- Begg, G. A., & Brown, R.W. (2000). Stock identification of Haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Transactions of American Fisheries Society*, 129, 335-345.
- Begg, G. A., & Waldman, J. R. (1999). An holistic approach to fish stock identification. *Fisheries research*, 43(1-3), 35-44.
- Berg, F., Almeland, O.W., Skadal, J., Slotte, A., Andersson, L., & 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, e0190995.
- Bilecenoğlu, M., Kaya, M., Cihangir, B., & Çiçek, E. (2014). An updated checklist of the marine fishes of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 38(6), 901-929.
- Bouchard, C., Thorrold, S.R., & Fortier, L. (2015). Spatial segregation, dispersion and migration in early stages of polar cod *Boreogadus saida* revealed by otolith chemistry. *Marine Biology*, 162, 855–868.
- Bourehail, N., Morat, F., Lecomte-Finiger, R., & Kara, M. H. (2015). Using otolith shape analysis to distinguish barracudas *Sphyraena sphyraena* and *Sphyraena viridensis* from the Algerian coast. *Cybiurn* 39(4), 271-278.
- Bostancı, D., Polat, N., Kurucu, G., Yedier, S., Konaş, S., & Darçin, M. (2015). Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(6), 1013-1022.
- Cadrin, S. X., Karr, L. A., & Mariani, S. (2014). Stock identification methods: an overview. *Stock identification methods*, 1-5.
- Campana, S.E., & Casselman, J. M. (1993). Stock discrimination using otolith shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50, 1062–1083.
- Campana, S. E., (1999). Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series*, 188, 263–297.
- Campana, S. E., Chouinard, G. A., Hanson, J. M., Frechet, A., & Bratney, J. (2000). Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. *Fisheries Research*, 46, 343–357.
- Campana, S. E., & Thorrold, S. R. (2001). Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations?. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(1), 30-38.
- Cardinale, M., Doering-Arjes, P., Kastowsky, M., & 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, 158–167.
- Carvalho, B.M., Vaz-dos-Santos, A.M., Spach, H.L., & Volpedo, A.V. (2015). Ontogenetic development of the sagittal otolith of the anchovy, *Anchoa tricolor*, in a subtropical estuary. *Scientia Marina*, 79, 409–418.
- Castonguay, M., Simard, P., & Cagnon, P. (1991). Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(2), 296-302.
- Correia, A.T., Hamer, P., Carocinho, B., & Silva, A. (2014). Evidence for meta-population structure of *Sardina pilchardus* in the Atlantic Iberian waters from otoliths elemental signatures of a strong cohort. *Fisheries Research*, 149, 76–85.
- Çiçek, E., Avsar, D., Ozyurt, C. E., Yeldan, H., & Manasırlı, M. (2008). Age, growth, reproduction and mortality of tub gurnard (*Chelidonichthys lucernus* (Linnaeus, 1758)) inhabiting in Babadillimani Bight (Northeastern Mediterranean Coast of Turkey). *Journal of Biological Sciences*, 8(1): 155-160.
- Çiçek, E., Avşar, D., Yeldan, H., & Manaşırılı, M. (2020). Comparative morphology of the sagittal otolith of mullet species (Mugilidae) from the Iskenderun Bay, north-eastern Mediterranean. *Acta Biologica Turcica*, 33(4), 219-226.
- Çiçek, E., Avşar, D., Yeldan, H., & Manaşırılı, M. (2021). Otoliths atlas of 77 fish species from the Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean Sea. *Fishtaxa-Journal of Fish Taxonomy*, (19).
- Daros, F. A., Spach, H. L., Sial, A. N., & Correia, A. T. (2016). Otolith fingerprints of the coral reef fish

- Stegastes fuscus in southeast Brazil: a useful tool for population and connectivity studies. *Regional Studies in Marine Science*, 3, 1–20.
- Devries, D. A., Churchill, B. G., & Prager, M. H. (2002). Using otolith shape analysis to distinguish eastern Gulf of Mexico and Atlantic Ocean stocks of King Mackerel. *Fisheries Research*, 57, 51–62.
- Dürrani, Ö., & Seyhan, K. (2024). Stock identification of the Mediterranean horse mackerel (Carangidae: *Trachurus mediterraneus*) in the Marmara and Black Seas using body and otolith shape analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 299, 108687.
- Heimbrand, Y., Limburg, K. E., Hüseyin, K., Casini, M., Sjöberg, R., Palmén Bratt, A. M., & Öhlund, J. (2020). Seeking the true time: Exploring otolith chemistry as an age-determination tool. *Journal of fish biology*, 97(2), 552–565.
- Elsdon, T. S., & Gillanders, B. M. (2002). Interactive effects of temperature and salinity on otolith chemistry: challenges for determining environmental histories of fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1796–1808.
- EPA. (2014). "Method 6020B (SW-846): Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry," Revision 2. Washington, DC.
- Ergüden, D., & Turan, C. (2005). Examination of genetic and morphologic structure of sea-bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) populations in Turkish coastal waters. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 29(3), 727–733.
- Ferreira, I., Santos, D., Moreira, C., Feijó, D., Rocha, A., & Correia, A. T. (2019). Population structure of *Chelidonichthys lucerna* in Portugal mainland using otolith shape and elemental signatures. *Marine Biology Research*, 15(8-9), 500–512.
- Ferreira, I., Daros, F. A., Moreira, C., Feijó, D., Rocha, A., Mendez-Vicente, A., ... & Correia, A. T. (2023). Is *Chelidonichthys lucerna* (Linnaeus, 1758) a Marine Estuarine-Dependent Fish? Insights from Saccular Otolith Microchemistry. *Fishes*, 8(7), 383.
- Foresberg, J. E., & Neal, R. (1993). Estimating sex of Pacific halibut (*Hippoglossus stenolepis*) using Fourier shape analysis of otoliths. *Technical Report-International Pacific Halibut Commission*, 29, 5–23.
- Forrester, G. E., & Swearer, S. E. (2002). Trace elements in otoliths indicate the use of open-coast versus bay nursery habitats by juvenile California halibut. *Marine Ecology Progress Series*, 241, 201–213.
- Gillanders, B. M., & Kingsford, M. J. (1996). Elements in otoliths may elucidate the contribution of estuarine recruitment to sustaining coastal reef populations of a temperate reef fish. *Marine Ecology Progress Series*, 141, 13–20.
- Gillanders, B. M., & Kingsford, M. J. (2003). Spatial variation in elemental composition of otoliths of three species of fish (family Sparidae). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57(5-6), 1049–1064.
- Halden, N. M., Mejia, S. R., Babaluk, J. A., Reist, J. D., Kristofferson, A. H., Campbell, J. L., & Teesdale, W. J. (2000). Oscillatory zinc distribution in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) otoliths: The result of biology or environment? *Fisheries Research*, 46(1-3), 289–298.
- Hamer, P. A., Jenkins, G. P., & Coutin, P. (2006). Barium variation in *Pagrus auratus* (Sparidae) otoliths: a potential indicator of migration between an embayment and ocean waters in south-eastern Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(3-4), 686–702.
- Higgins, R., Isidro, E., Menezes, G., & Correia, A. (2013). Otolith elemental signatures indicate population separation in deep-sea rockfish, *Helicolenus dactylopterus* and *Pontinus kuhlii*, from the Azores. *Journal of Sea Research*, 83, 202–208.
- Hüseyin, K., Haase, S., Mion, M., Hilvarsson, A., Radtke, K., Thomsen, T. B., ... & Sturrock, A. M. (2024). Into the wild: coupling otolith and archival tag records to test assumptions underpinning otolith chemistry applications in wild fish. *Frontiers in marine science*, 11, 1365023.
- Ilkyaz, A. T., Metin, G., & Kinacıgil, H. T. (2010). The use of otolith length and weight measurements in age estimations of three Gobiidae species (*Deltentosteus quadrimaculatus*, *Gobius niger*, *Lesueurigobius friesii*). *Turkish Journal of Zoology*, 35, 819–827.
- İşmen, A., İşmen, P., & Başusta, N. (2004). Age, growth and reproduction of Tub Gurnard (*Chelidonichthys lucerna* L. 1758) in the Bay of Iskenderun in the eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences*, 28(2), 289–295.
- Kerr, L. A., Whitener, Z. T., Cadrin, S. X., Morse, M. R., Secor, D. H., & Golet, W. (2020). Mixed stock origin of Atlantic bluefin tuna in the US rod and reel fishery (Gulf of Maine) and implications for fisheries management. *Fisheries research*, 224, 105461.
- Koochaknejad, E., Closs, G. P., Jarvis, M., Eskandari, G., Savari, A., Safahieh, A., & Reid, M. (2024). Preliminary microchemical analyses of North-western Persian Gulf hilsa shad otolith trace elements: Indications of complex migratory behavior and stock structure. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 571, 151981.
- Ladroit, Y., Maolagain, C. O., & Horn P. L. (2017). An investigation of otolith shape analysis as a tool to determine stock structure of ling (*Genypterus blacodes*). *New Zealand Fisheries Assessment Report 2017/24*, 16.
- Martin, G.B., & Thorrold, S.R. (2005). Temperature and salinity effects on magnesium, manganese, and barium incorporation in otoliths of larval and early juvenile spot

- Leiostomus xanthurus*. *Marine Ecology Progress Series*, 293, 223–232.
- Mathews, T., & Fisher, N. S. (2009). Dominance of dietary intake of metals in marine elasmobranch and teleost fish. *Science of the total environment*, 407(18), 5156–5161.
- Moreira, C., Froufe, E., Sial, A. N., Caeiro, A., Vaz-Pires, P., & Correia, A. T. (2018). Population structure of the blue jack mackerel (*Trachurus picturatus*) in the NE Atlantic inferred from otolith microchemistry. *Fisheries Research*, 197:113–122.
- Moreira, C., Froufe, E., Sial, A.N., Caeiro, A., Vaz-Pires, P., & 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.
- Özpiçak, M., Saygin, S., Aydin, A., Hancer, E., Yilmaz, S., Polat, N. (2018). Otolith shape analyses of *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)(Actinopterygii: Cyprinidae) inhabiting four inland water bodies of the middle Black Sea region, Turkey. *Iranian Journal of Ichthyology*, 5(4), 293–302.
- Özpiçak, M., Saygin, S., & Polat, N. (2019). Otolith Shape Analysis of Bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) in the Black Sea Region (Samsun, Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 507–516.
- Patterson, H. M., Thorrold, S. R., & Shenker, J. M. (1999). Analysis of otolith chemistry in Nassau grouper (*Epinephelus striatus*) from the Bahamas and Belize using solution based ICPMS. *Coral Reefs*, 18, 171–178.
- Patterson, H. M., McBride, R. S., & Julien, N. (2004). Population structure of red drum (*Sciaenops ocellatus*) as determined by otolith chemistry. *Marine Biology*, 144, 855–862.
- Pawson, M. G. (1990). Using otolith weight to age fish. *Journal of Fish Biology*, 36, 521–531.
- Pender, P. J., & Griffin, R. K. (1996). Habitat history of barramundi *Lates calcarifer* in a north Australian river system based on barium and strontium levels in scales. *Transactions of the American Fisheries Society*, 125(5), 679–689.
- Pentreath, R. J. (1973). The accumulation and retention of ⁶⁵Zn and ⁵⁴Mn by the plaice, *Pleuronectes platessa* L. *Journal of experimental marine Biology and Ecology*, 12(1), 1–18.
- Ponton, S., Flanagan, L. B., Alstad, K. P., Johnson, B. G., Morgenstern, K. A. I., Kljun, N., & Barr, A. G. (2006). Comparison of ecosystem water-use efficiency among Douglas-fir forest, aspen forest and grassland using eddy covariance and carbon isotope techniques. *Global Change Biology*, 12(2), 294–310.
- Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ranaldi, M. M., & Gagnon, M. M. (2008). Zinc incorporation in the otoliths of juvenile pink snapper (*Pagrus auratus* Forster): The influence of dietary versus waterborne sources. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 360(1), 56–62.
- Reis-Santos, P., Tanner, S. E., Elsdon, T. S., Cabral, H. N., & Gillanders, B. M. (2013). Effects of temperature, salinity and water composition on otolith elemental incorporation of *Dicentrarchus labrax*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 446, 245–252.
- Reznick, D., Lindbeck, E., & Bryga, H. (1989). Slower growth results in larger otoliths: an experimental test with guppies (*Poecilia reticulata*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46, 108–112.
- Richards, W. J., & Saksena, V. P. (1990). Triglidae. In: Quero, J. C., Hureau, J. C., Karrer, C.A.P., Saldanha, L. (Eds). Check-List of the Fishes of the Eastern Tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris and UNESCO, Paris, 1990; Vol. 2, 680–684
- Rooker, J. R., Zdanowicz, V. S., & Secor, D. H. (2001). Chemistry of tuna otoliths: assessment of base composition and postmortem handling effects. *Marine Biology*, 139, 35–43.
- Saygin, S. (2019). İnci kefalı (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)'nin otolit stronsiyum izotop oranlarından (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr) faydalanılarak en uygun doğal üreme alanının belirlenmesi ve türün biyolojik döngüsü.
- 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*, 1–11.
- Schroeder, R., Schwingel, P. R., & Correia, A. T. (2022). Population structure of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*) in the Southwest Atlantic inferred from body morphology and otolith shape signatures. *Hydrobiologia*, 849(6), 1367–1381.
- Secor, D. H., & Rooker, J. R. (2000). Is otolith strontium a useful scalar of life cycles in estuarine fishes? *Fisheries Research*, 46, 359–371.
- Serpin, D. (2007). *İskarmoz balığı (Saurida undosquamis* Richardson, 1848)populasyonlarının morfometrik ve meristik karakterler ile otolit element kompozisyonları arasındaki farklılıklar (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Silva, D. M., Santos, P., & Correia, A. T. (2011). Discrimination of *Trisopterus luscus* stocks in the northern of Portugal using otolith elemental fingerprints. *Aquatic Living Resources*, 24, 85–91.
- Simoneau, M., Casselman, J. M., & Fortin, R. (2000). Determining the effect of negative allometry (length/height relationship) on variation in otolith shape in lake trout (*Salvelinus namaycush*), using Fourier-series analysis. *Canadian Journal of Zoology*, 78, 1597–1603.

- Stransky, C., Murta, A. G., Schlickeisen, J., & Zimmermann, C. (2008). Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean. *Fisheries Research*, 89(2), 159-166.
- Sturrock, A. M., Trueman, C. N., Darnaude, A. M., & Hunter, E. (2012). Can otolith elemental chemistry retrospectively track migrations in fully marine fishes? *Journal of Fish Biology*, 81, 766–795.
- Sturrock, A. M., Hunter, E., Milton, J. A., EIMF, Johnson, R. C., Waring, C. P., & Trueman, C. N. (2015). Quantifying physiological influences on otolith microchemistry. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(7), 806-816.
- Thomas, O. R., Ganio, K., Roberts, B. R., & Swearer, S. E. (2017). Trace element–protein interactions in endolymph from the inner ear of fish: implications for environmental reconstructions using fish otolith chemistry. *Metallomics*, 9(3), 239-249.
- Turan, C., Ergüden, D., Gürlek, M., Başusta, N., & Turan, F. (2004). Morphometric structuring of the anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Black, Aegean and Northeastern Mediterranean Seas. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(5), 865-871.
- Turan, C. (2006). The use of otolith shape and chemistry to determine stock structure of Mediterranean horse mackerel *Trachurus mediterraneus* (Steindachner). *Journal of Fish Biology*, 69, 165-180.
- Turan, C., Oral, M., Öztürk, B., & 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.
- Tuset V. M., Lozano, I. J., Gonzalez, J. A., Pertusa, J. F., & Garcia-Diaz, M. M. (2003b). Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber *Serranus cabrilla* (L., 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 88–93.
- Tuset, V. M., Rosin, P. L., & Lombarte, A. (2006) Sagittal otolith shape used in the identification of fishes of the genus *Serranus*. *Fisheries Research*, 81, 316–325.
- Tuset V. M., Lombarte, A., & Assis, C. A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72S1, 7-198.
- Uyan, A. (2014). Kırlangıç (*Chelidonichthys lucerna* Linnaeus, 1758) populasyonlarının genetik ve morfolojik yapı analizi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Vieira, A. R., Neves, A., Sequeira, V., Paiva, R. B., & 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. (2015). Disentangling and quantifying sources of otolith shape variation across multiple scales using a new hierarchical partitioning approach. *Marine Ecology Progress Series*, 534, 163–177.
- Walther, B. D., & Limburg, K. E. (2012). The use of otolith chemistry to characterize diadromous migrations. *Journal of Fish Biology*, 81(2), 796-825.
- Zar, J. H. (1999). Biostatistical analysis. Prentice Hall, Engelwood Cliffs, N.J., USA.
- Zorica, B., Sinovic, G., & Cikes Kec, 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.

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



RESEARCH ARTICLE

Determination of the Length-Weight Relationship and Otolith Biometry Characteristics of *Scorpaena scrofa* (Linnaeus, 1758) in the Çanakkale Region

Gençtan Erman Uğur^{1*}, Alkan Öztekin²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Gelibolu Piri Reis Meslek Yüksekokulu, Çanakkale, Türkiye

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Çanakkale, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-3131-9239>

<https://orcid.org/0000-0003-3914-9788>

Received: 14.06.2024 / Accepted: 04.07.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Çanakkale
Scorpionfish
Otolith biometry
Scorpaena scrofa

Abstract: This study, conducted from October 2019 to September 2021 in the regions of the Çanakkale Strait and the Northern Aegean including, Kepez, Kumkale, Yeniköy, Dardanos, Güzelyalı, Morto Bay, and Saros Bay. 162 individuals of the species *Scorpaena scrofa* examined. The total weights and lengths of the individuals were recorded. The average otolith weights of female and male individuals were found to be 0.023 g and 0.023 g, respectively ($P<0.05$); otolith lengths were 5.13 mm and 4.67 mm ($P<0.05$); and otolith widths were 2.01 mm and 1.87 mm ($P<0.05$), respectively. It was determined that males had smaller values than females across all three otolith biometric measurements, and these differences were statistically significant. Additionally, there were no differences in size between the left and right otoliths ($P>0.05$). The length-weight relationship analysis indicated that the species exhibited isometric growth, with b values approaching 3.

Anahtar kelimeler:

Çanakkale
İskorpit
Otolit biyometrisi
Scorpaena scrofa

Çanakkale Bölgesinde Bulunan *Scorpaena scrofa* Linnaeus 1758'nin Boy-Ağırlık İlişkisi ve Otolit Biyometri Özelliklerinin Belirlenmesi

Öz: Bu çalışma Ekim 2019 – Eylül 2021 tarihleri arasında Çanakkale Boğazı ve Kuzey Ege Denizi olmak üzere; (Kepez, Kumkale, Yeniköy, Dardanos, Güzelyalı, Morto Koyu ve Saroz Körfezi) mevkiinde gerçekleştirilmiştir. *Scorpaena scrofa* türünden toplam 162 birey temin edilmiştir. Bireylerin toplam ve standart ağırlıkları ile boyları belirlenmiştir. Dişi ve erkek bireylerin ortalama otolit ağırlıkları sırasıyla 0,023 g- 0,023 g ($P<0,05$); otolit boyları 5,13 mm- 4,67 mm ($P<0,05$); otolit genişlikleri ise 2,01 mm- 1,87 mm ($P<0,05$) olarak belirlenmiştir. Tüm üç otolit biyometrisinde, erkek bireylerin dişi bireylere karşılık olarak daha küçük değerlere sahip olduğu ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Ayrıca otolit çiftleri sol ve sağ oluşuna göre de karşılaştırılmış, ancak aralarındaki büyüklük farkının önemsiz olduğu ($P>0,05$) saptanmıştır. Boy – ağırlık ilişkisi hesaplamalarında ise türün genel olarak b değerleri 3'e yakın olduğu için izometrik büyüme gösterdiği tespit edilmiştir.

Introduction

Fish age determination plays a crucial role in fisheries biology research. To ensure sustainable fisheries management, it's essential to accurately assess fish stocks, a task that hinges on understanding population age structures and growth rates (Keskin, 2013). Determining the growth and mortality rates, sexual maturity, and age information of fish across different age groups forms an integral part of population studies (Polat, 2000). In order to achieve maximum yield from a population, understanding the age compositions of the species is one of the crucial factors (Das, 1994). This is particularly important for economically important fish species.

Studies utilizing otolith analyses aim to determine the characteristics of sagittal otoliths and investigate variations in otolith morphology among species using shape indices. Additionally, comparisons of otolith variability with other morphometric features such as fish depth distribution, length, head length, and migration range were conducted (Tuset et al., 2003; Aydın et al., 2004; Ceyhan and Akyol, 2006; Tuset et al., 2008; Bostancı and Polat 2009; Zorica et al., 2010; Bostancı et al., 2011; Atılğan et al., 2012; Bostancı et al., 2012; Cengiz et al., 2012; Başusta et al., 2013; Öztekin et al., 2016; Öztekin et al., 2018; İnnal and Engin, 2020; İnnal, 2020).

*Corresponding author: ermanugur@hotmail.com

How to cite this article: Uğur, G. E., & Öztekin, A. (2024). Determination of the length-weight relationship and otolith biometry characteristics of *Scorpaena scrofa* (Linnaeus, 1758) in the Çanakkale region. COMU J. Mar. Sci. Fish, 7(1): 86-95. doi:10.46384/jmsf.1501498

Scorpaena scrofa (scorpion fish), belonging to the Scorpaenidae family, is a species of high economic value. Particularly, *S. scrofa* is widely consumed both in soups and fresh due to its culinary popularity. While studies on otolith biometry exist for *S. porcus* in Türkiye (Bostancı et al., 2012), there is a lack of research specifically on the otolith biometry for *S. scrofa*. This study aims to fill this gap in the literature by determining the otolith characteristics, biometry, and exploring the relationships between otolith size, width, weight, and fish length of *S. scrofa* inhabiting

the Çanakkale Strait, Gallipoli Peninsula, and the Saros Gulf, with a focus on gender differences between males and females.

Material and Methods

This study was conducted between October 2019 and September 2021 in Çanakkale Strait, including areas such as Kepez, Kumkale, Yeniköy, Dardanos, Güzelyalı, Morto Bay, and Saros Bay (Figure 1).

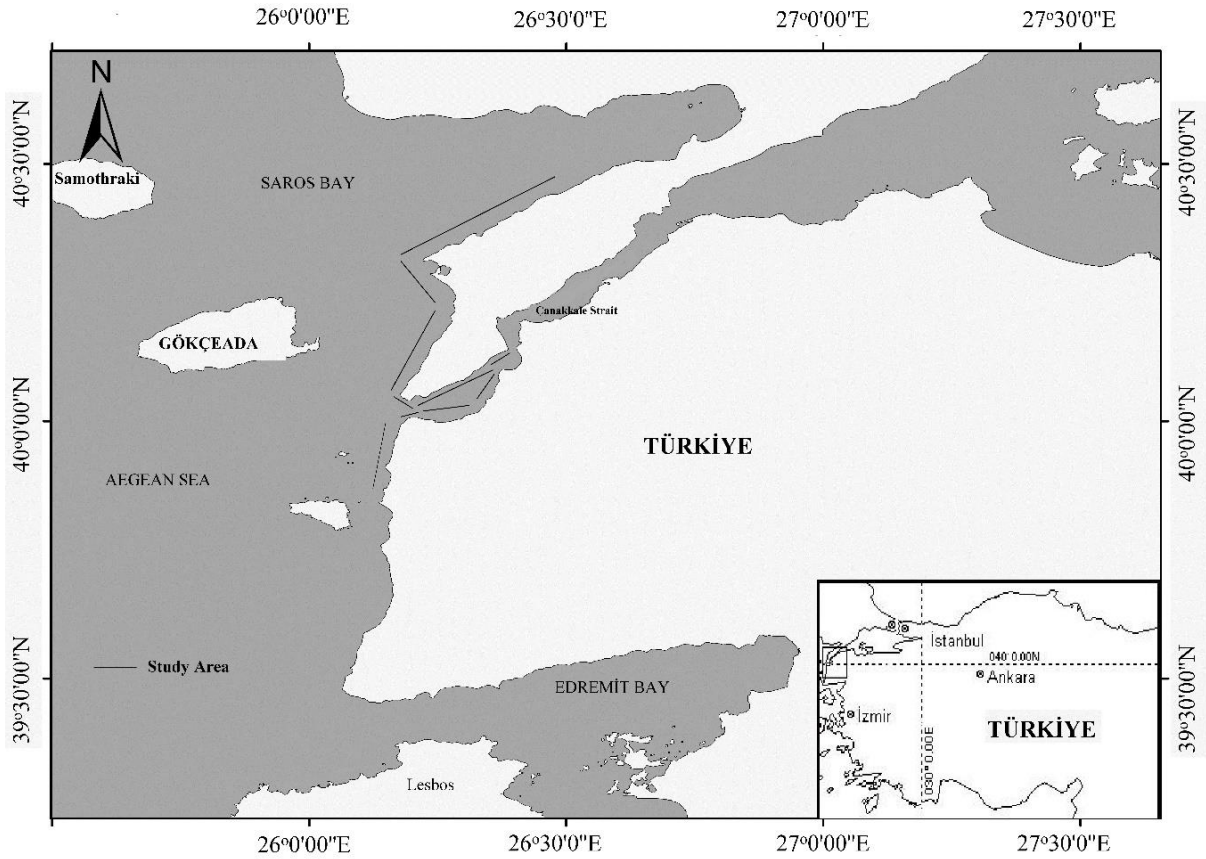


Figure 1. Sampling locations of *Scorpaena scrofa*

Fishing operations targeting *Scorpaena scrofa* utilized gill nets with mesh sizes of 18, 20, and 22 mm, resulting in the capture of 162 individuals. Upon retrieval, each fish was sorted by species, and their total lengths were measured using a precision measurement board (± 1 mm), while weights were recorded with a scale (± 1 g). Subsequently, otoliths were extracted from each specimen, with both left and right otolith pairs individually weighed using a Precisa XB220A series precision balance (± 0.0001 g). Otolith dimensions were measured along the dorsoventral axis for width (OWi) and from anterior to posterior for length (OL) using 'Kameram' image analysis on an Olympus SZX16 microscope, ensuring measurements were taken on undamaged surfaces (Figure 2).

In the final analysis, the difference between otolith pairs was determined using a Paired t-test. The difference in otolith biometry between female and male individuals was identified using a t-test. In addition female and male otolith lengths, widths and weights did not show statistically significant differences according to the Kolmogorov-Smirnov test results ($p > 0.05$).

In this study, the formula $W = aL^b$ (Bagenal and Tesch, 1978) was used to calculate the length-weight relationships of fish. In this formula, W represents the weight of the fish (g), L represents the length of the fish (cm), and a and b represent the constants of the relationship.

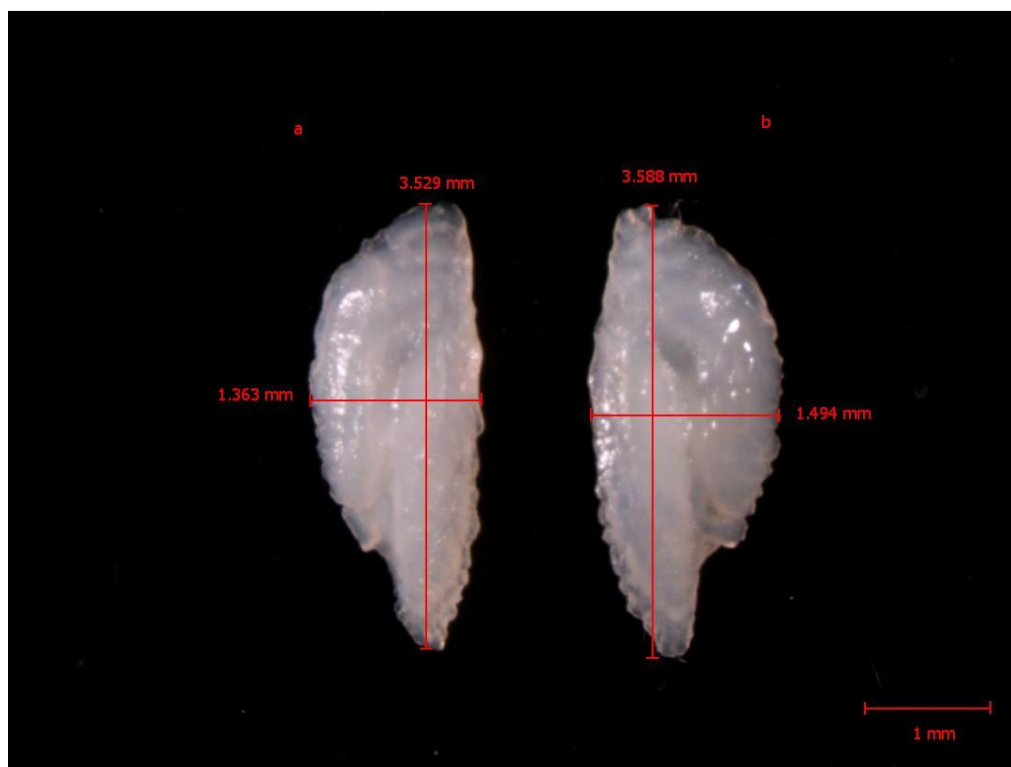


Figure 2. Measurements of length and width of the left (a) and right (b) otoliths of *S. scrofa* species

Results

Table 1 presents the distribution of total length and weight among individuals included in this study. Female *Scorpaena scrofa* ranged in total length from 11.7 to 27.2 cm and in weight from 25.63 to 355.86 g, while males ranged from 11.6 to 35.5 cm in length and 27.46 to 847.28 g in weight. Statistical analysis revealed significant differences in both total length ($P < 0.05$) and weight ($P < 0.05$) between females and males. The mean total length and weight for males were 17.6 cm and 122.15 g,

respectively, and for females, 19.9 cm and 163.64 g, respectively. The length-weight relationships were characterized by the equation $W = 0.0153L^{3.0705}$ ($r^2 = 0.9517$) for all samples, $W = 0.0149L^{3.0823}$ ($r^2 = 0.9045$) for females, and $W = 0.0183L^{3.001}$ ($r^2 = 0.9891$) for males, with "b" values of 3.0705, 3.0823, and 3.001, respectively. These "b" values align with isometric growth ($b = 3.0$), as indicated by Froese (2006), with no statistically significant difference from 3.0 ($P > 0.05$) observed across sexes in this study.

Table 1. Distribution of TL (cm) and W (g) of male and female individuals of *S. scrofa*

Measurement	Gender	Mean	Min.	Max.	S. e.	S. d.
Weight (g)	♀	163.64	25.63	355.86	7.93	84.38
	♂	122.15	27.46	847.28	23.75	166.78
Total Length (cm)	♀	19.9	11.7	27.2	0.38	4.07
	♂	17.6	11.6	35.5	0.55	3.89

The weights of both right and left otoliths in all individuals of the population were determined to be 0.0235-0.0236 g ($P > 0.05$); the widths of both left and right otoliths were 1.97-1.83 mm ($P > 0.05$); and the lengths of both left and right otoliths were 4.992-4.995 mm ($P > 0.05$) (Figure 3). The weights of the right otoliths were found to be larger than those of the left otoliths, but the difference between them was determined to be statistically insignificant. Similarly, the differences in both the lengths and widths of

the right and left otoliths were also found to be statistically insignificant.

The means of otolith weight, width, and length differed significantly between female and male *Scorpaena scrofa* individuals, with values of 0.023 g vs. 0.023 g ($p < 0.05$), 2.017 mm vs. 1.87 mm ($p < 0.05$), and 5.130 mm vs. 4.671 mm ($p < 0.05$), respectively (Table 2). This indicates that females have larger otoliths than males in terms of weight, width, and length.

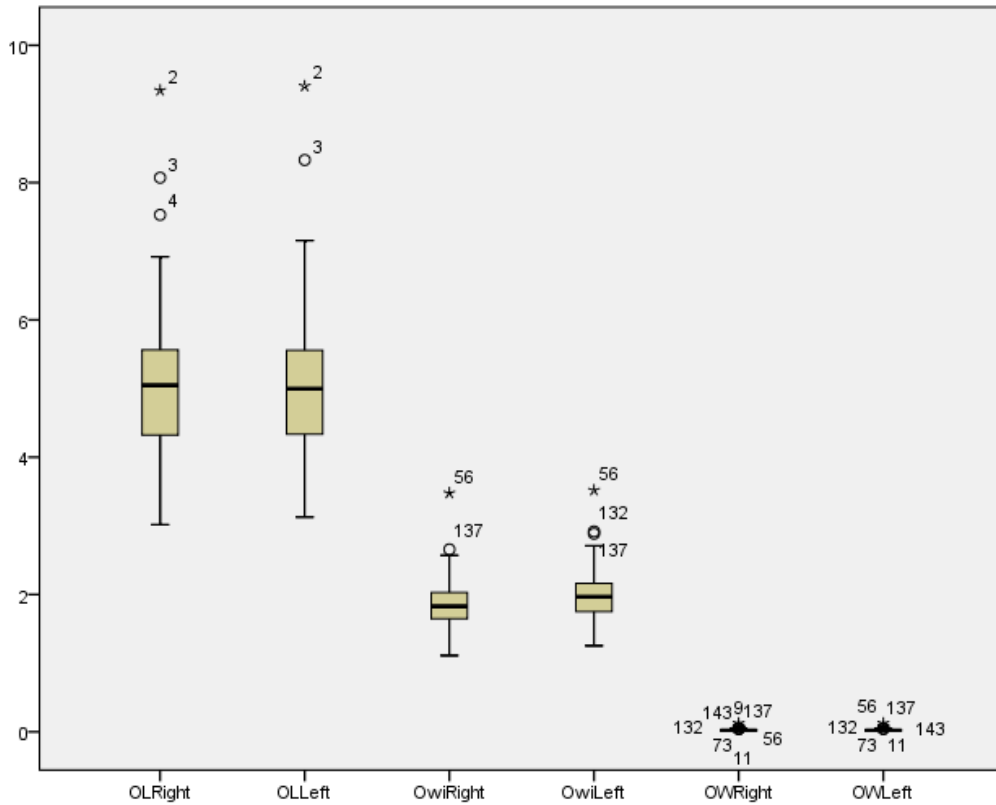


Figure 2. Right and left otolith weight (g), length, and width (mm) of *S. scrofa*

Table 2. Left otolith weight (g), length, and width (mm) in female and male individuals of *S. scrofa*

Measurement	Gender	Mean	Min.	Max.	S. e.	S. d.
Otolith Weight (g)	♀	0.023	0.0097	0.0673	0.00086	0.0091
	♂	0.023	0.0071	0.1246	0.0027	0.0188
Otolith Width (mm)	♀	2.017	1.448	2.919	0.022	0.23
	♂	1.87	1.407	2.136	0.041	0.29
Otolith Length (mm)	♀	5.130	3.461	7.155	0.079	0.855
	♂	4.671	3.127	9.405	0.136	0.956

The relationship between the growth of left otoliths in *Scorpaena scrofa* in terms of weight, length, and width and fish growth was analyzed separately for each gender, with results depicted in Figures 4-12. High correlation coefficients were observed between otolith biometry and total length in both females and males. Notably, the R^2 values for male individuals were consistently higher than

those for females across all three otolith properties. Analysis of length-weight relationships indicated that the species generally exhibits isometric growth, as evidenced by "b" values close to 3.0. This finding underscores the uniformity in growth patterns across sexes within the studied population of *S. scrofa*.

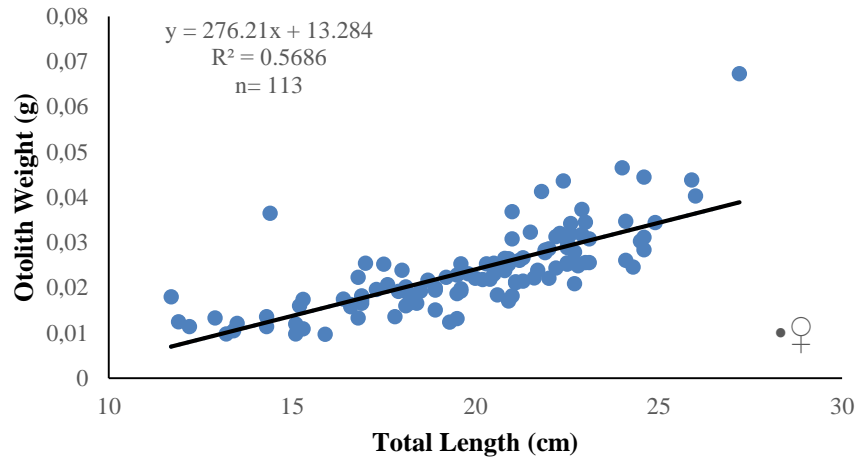


Figure 4. Relationship between OW and TL of *S. scrofa* (female)

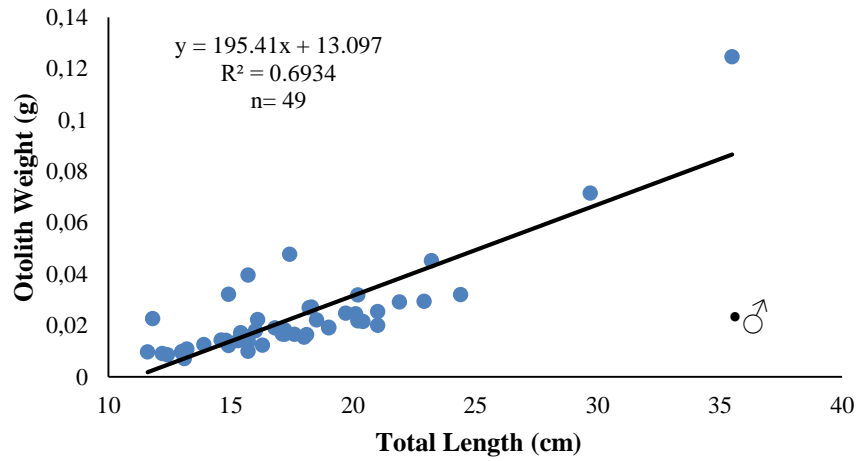


Figure 5. Relationship between OW and TL of *S. scrofa* (male)

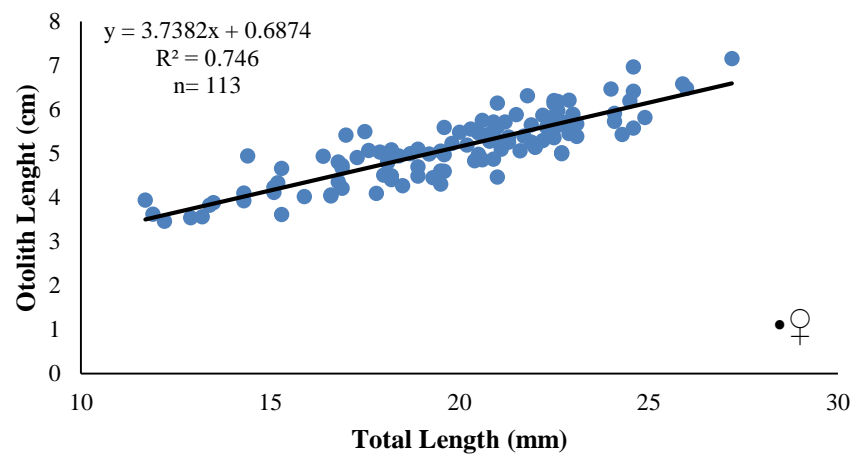


Figure 6. Relationship between OL and TL of *S. scrofa* (female)

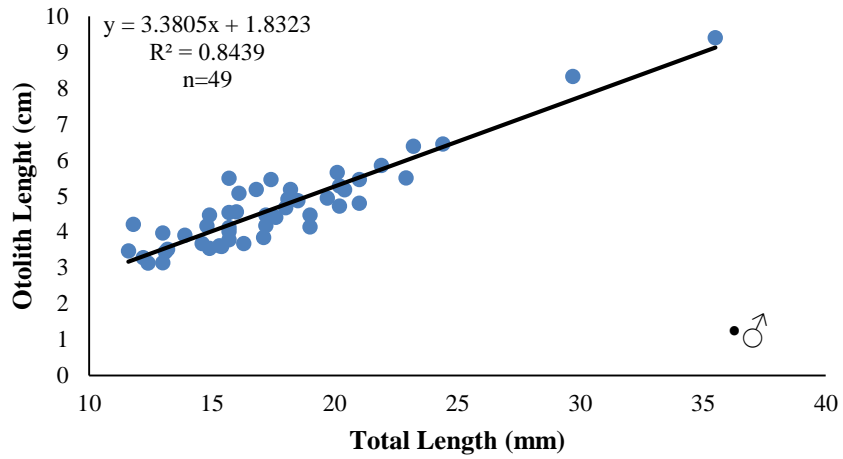


Figure 7. Relationship between OL and TL of *S. scrofa* (male)

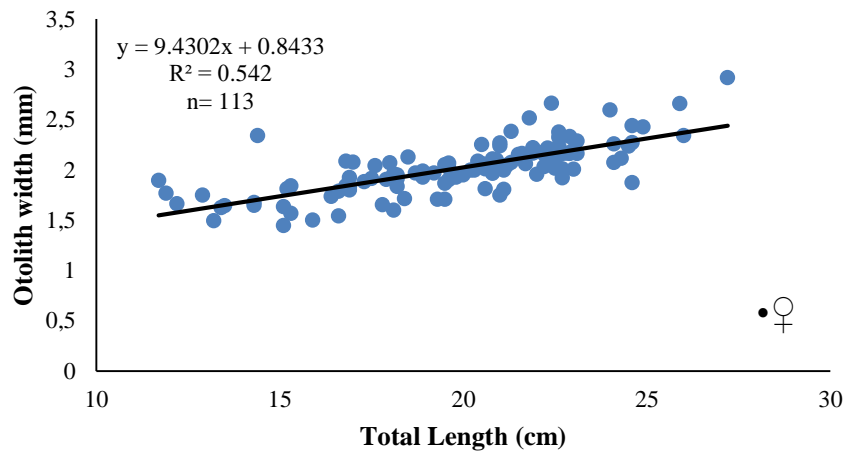


Figure 8. Relationship between OWi and TL of *S. scrofa* (female)

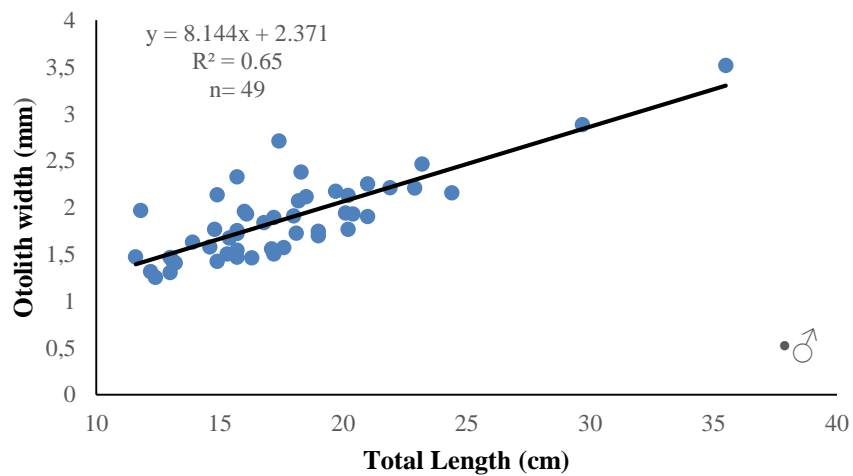


Figure 9. Relationship between OWi and TL of *S. scrofa* (male)

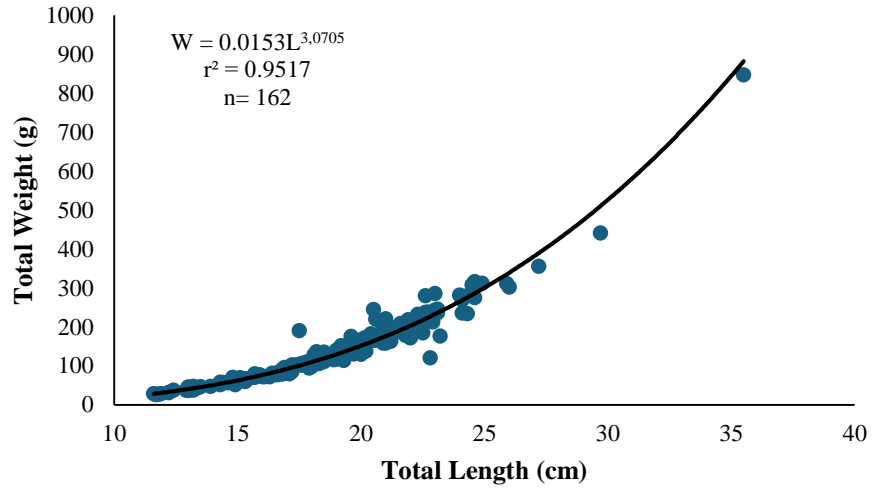


Figure 10. Length-weight relationship of *S. scrofa*

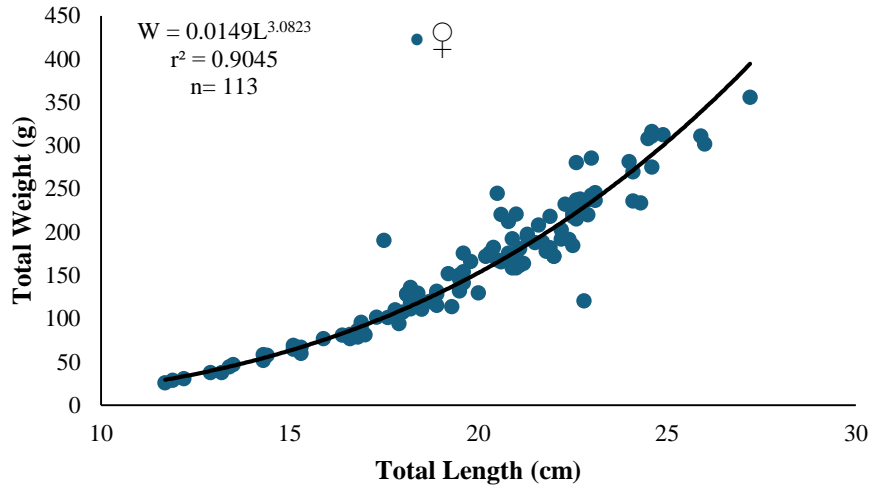


Figure 11. Length-weight relationship of *S. scrofa* (female)

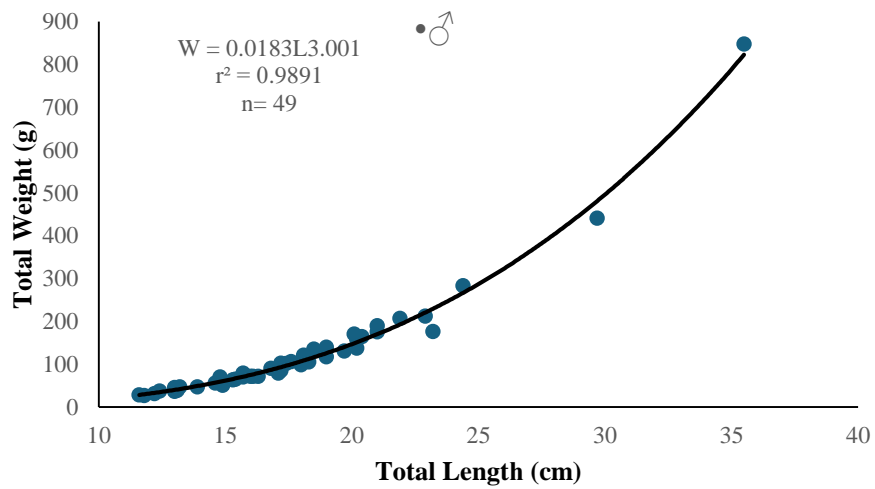


Figure 12. Length-weight relationship of *S. scrofa* (male)

Discussion

In this study there were no statistically significant differences in the right and left pairs of *S. scorpa* otoliths in terms of weight, width, and length, ($P>0.05$). Therefore, either left or right pair of *S. scorpa* can be used in studies on otolith biometry. In terms of differences between male and females, the otoliths of males were significantly smaller than those of females ($P<0.05$). Therefore, gender differences should be taken into consideration in future studies. When comparing the *b* values of *S. scorpa* from various seas (Table 4), it was observed that the *b* value ranged from 2.686 to 3.298. Özyaydın et al. (2007) documented the *b* value as 2.686 in Izmir Bay. However, in another study conducted in the same region, the *b* value for *S. scorpa* was calculated as 2.993 (Arslan and Bostancı, 2019). This difference may possibly be due to differences in

the sample sizes and length ranges. In this study, 162 individuals with a total size distribution of 11.6 - 35.5 cm were examined, while Cengiz (2013) studied 134 samples with a total size distribution of 8.6 - 29.1 cm and Öztekin et al. (2016) studied 12 samples with a total size distribution of 13.8 – 32.00 cm. Since *b* value is also a factor of weight, whether stomach contents were digested or not could impact body weight and alter the parameters of the length-weight relationship. In addition, "b" coefficients may vary significantly due to regional differences.

Our findings on biological characteristics for both sexes of *S. scorpa* from the North Aegean Sea will contribute to future population and stock assessment studies of this species as valuable reference. In addition, our data will be a potential guideline for future sustainable management measures.

Table 4. Comparison of length-weight relationships of *S. scorpa* from different areas

Study Area	n	a	b	r ²	References
Eastern Adriatic (Croatia)	125	0.0000078	3.298	0.960	Dulčić and Kraljević, 1996
Naxos Island, Greece	37	0.01692	2.999	0.980	Moutopoulos and Stergiou, 2002
Iberian Peninsula	359	0.022	2.942	0.981	Morey et al., 2003
Eastern Spain	23	0.03134	2.803	0.986	Valle et al., 2003
Western Portuguese	22	0.0121	3.124	0.966	Mendes et al., 2004
Gökçeada Island, Turkey	15	0.0180	3.005	0.985	Karakulak et al., 2006
İzmir Bay, Turkey	12	0.0448	2.686	0.983	Özyaydın et al., 2007
Madeira Archipelago (Eastern Atlantic)	12	0.01526	3.039	0.974	Ferreira et al., 2008
French Catalan coast	32	0.330	2.89	0.990	Crec'hriou et al., 2012
Gallipoli Peninsula (Çanakkale), Turkey	134	0.0221	2.96	0.980	Cengiz, 2013
Korinthiakos Gulf, Greece	53	0.0169	3.002	0.981	Moutopoulos et al., 2013
Gökçeada Island, Turkey	16	0.012	3.135	0.983	Altın et al., 2015
The mid-coastal region of the Adriatic	1700	0.0013	3.068	0.978	Matić-Skoko et al., 2015
Gallipoli Peninsula (Çanakkale), Turkey	12	0.0337	2.794	0.990	Öztekin et al., 2016
Gulf of İzmir (Güzelbahçe), Turkey	199	0.0016	2.993	0.914	Arslan and Bostancı, 2019
Çanakkale Region, Turkey	162	0.0153	3.071	0.952	This study

Acknowledgements

This study includes a section of Gençtan Erman Uğur's Ph.D. thesis. This study has been supported by the Scientific Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK Project No: 119O136). The authors wish thanks to Able Seaman Osman Odabaşı, Seaman Umut Tuncer, Tekin Demirkıran for field work and Assoc. Prof. Dr. İsmail Burak Daban, Prof. Dr. Adnan Ayaz, Prof. Dr. Uğur Altınağaç,

Prof. Dr. Uğur Özekinci, Prof. Dr. Ali İŞMEN, Asst. Prof. Fikret Çakır, Researcher Assistant Yusuf Şen, Ph.D. Buminhan Burkay Selçuk for field and laboratory work.

Conflict of Interest

The authors affirm that they do not have any conflicts of interest.

Author Contributions

Alkan Öztekin: Designed the field work and study. Data collection, writing and final editing. Gençtan Erman Uğur: Field work, data collection, laboratory work, data analysis and writing.

Ethics Approval

This research was conducted with the approval of the Çanakkale Onsekiz Mart University Local Ethics Committee for Animal Experiments dated 19.10.2018 and numbered 2018/10, and with the permission of the Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Directorate General of Fisheries and Aquaculture, dated 15.10.2018 and numbered 74397875-1800148726.

References

- Altın, A., Ayyıldız, H., Kale, S., & Alver, C. (2015). Length-weight relationships of forty-nine fish species from shallow waters of Gökçeada Island, northern Aegean Sea. *Turkish Journal of Zoology*, 39, 971-975.
- Arslan, S., & Bostancı, D. (2019). Length-weight and length-length relationships of red scorpionfish (*Scorpaena scrofa* L. 1758) from Aegean Sea (Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 15, 433-439. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.549279>.
- Atılğan, E., Başçınar, N. S., & Erbay, M. (2012). Doğu Karadeniz'deki İstavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)in Otolit Özellikleri ve Bazı Popülasyon Parametreleri. *Journal of Fisheries Sciences*, 6(2), 114-124.
- Aydın, R., Çalta, M., Şen, D., & Çoban, M. Z. (2004). Relationship Between Fish Lengths and Otolith Lengths in the Population of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) Inhabiting Keban Dam Lake. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(9), 1550-1553.
- Bagenal, T.B. & Tesch, F.W. (1978). Age and growth. In: Bagenal T (Ed), *Methods for assessment of fish production in fresh waters*, 3 rd edn. IBP Handbook No. 3, Blackwell Science Publications, Oxford, 101136.
- Başusta, A., Özer, E. İ., & Girgin, H. (2013). Munzur Nehri'ndeki Kırmızı Benekli Alabalığın (*Salmo trutta macrostigma* (Dummeril, 1858) Otolit Boyutları-Balık Boyu Arasındaki İlişki. *Journal of Fisheries Sciences*, 7(1), 22-29.
- Bostancı, D., & Polat, N. (2009). Age Determination and Some Population Characteristics of Chub (*Squalius cephalus* L., 1758) in the Çamlıdere Dam lake (Ankara, Turkey). *Turkish Journal of Science & Technology*, 4(1), 25-30.
- Bostancı, D., Polat, N., Konaş, S., & Keskin, G. (2011). Karadeniz'den Bazı Balık Türlerinin Otolit Morfolojisi ve Biyometrisini Belirlemeye Yönelik Bir Ön Çalışma. *FABA 2011 Fisheries and Aquatic Sciences Sempodium*, 07-09 September 2011, Samsun.
- Bostancı, D., Yılmaz, S., Polat, N., & Konaş, S. (2012). İskorpit *Scorpaena porcus* L. 1758'ün Otolit Özellikleri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2(6), 59-68.
- Cengiz, Ö., Özekinci, U., İşmen, A., & Öztekin, A. (2012). Saroz Körfezi'ndeki (Kuzey Ege Denizi, Türkiye) benekli pisi balığı'nın, *Lepidorhombus bosci* (Risso, 1810) total boy - otolit boyu arasındaki ilişki. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 28(5), 429-434.
- Cengiz, Ö. (2013). Length-weight relationships of 22 fish species from the Gallipoli Peninsula and Dardanelles (Northeastern Mediterranean, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 37, 419-422.
- Ceyhan, T., & Akyol, O. (2006). Marmara Denizi Lüfer (*Pomatomus saltatrix* L., 1766) Balıklarının Yaş Dağılımı ve Çatal Boy-Otolit Boyu Arasındaki İlişki. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/3), 369-372.
- Crec'hriou, R., Neveu, R., & Lenfant, P. (2012). Length-weight relationship of main commercial fishes from the French Catalan coast. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 861-862.
- Das, M. (1994). Age Determination and Longevity in Fisheries. *Gerontology*, 40, 70-96.
- Dulcic, J., & Kraljevic, M. (1996). Weight-length relationships for 40 fish species in the eastern Adriatic (Croatian waters). *Fisheries Research*, 28, 243-251.
- Ferreira, S., Sousa, R., Delgado, J., Carvalho, D., & Chada, T. (2008). Weight-length relationships for demersal fish species caught off the Madeira archipelago (eastern-central Atlantic). *Journal of Applied Ichthyology*, 24, 93-95.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241-253.
- İnnal, D. (2020). Distribution and length-weight relationships of the Mediterranean banded killifish (*Aphanius fasciatus*) in Mediterranean brackish water systems of Turkey. *Indian J. Geo-Mar. Sci.*, 49, 553-558.
- İnnal, D., & Engin, S. (2020). Length-weight relationships of *Atherina boyeri* Risso, 1810 and *A. hepsetus* Linnaeus, 1758 (Teleostei: Atherinidae) from some inland, brackish water and marine systems of Turkey. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 49(06), 1099-1104.
- Karakulak, F. S., Erk, H., & Bilgin, B. (2006). Length-weight relationships for 47 coastal fish species from the Northern Aegean Sea, (Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 274-278.
- Keskin, G. (2013). Age, growth and otolith characteristics of *Capoeta banarescui* inhabiting the lower Melet River (Ordu). (Master thesis), Ordu University, Institute of Science and Technology, Türkiye.

- Matic-Skoko, S., Kraljevic, M., Stagicic, N., Kraljevic, M., Pallaoro, A., & Dulcic J. (2015). The biological traits of the large red scorpionfish, *Scorpaena scrofa*: Temporal and Ontogenetic Dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 152, 91-99.
- Mendes, B., Fonseca, P., & Campos, A. (2004). Weight-length relationships for 46 fish species of the Portuguese west coast. *Journal of Applied Ichthyology*, 20, 355-361.
- Moutopoulos, D. K., & Stergiou, K. I. (2002). Length-weight and length-length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology*, 18(3), 200-203.
- Moutopoulos, D. K., Ramfos, A., Mouka, A., & Katselis, G. (2013). Length-weight relations of 34 fish species caught by small-scale fishery in Korinthiakos Gulf (Central Greece). *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 43(1), 57-64.
- Morey, G., Moranta, J., Massut'I, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F., & Morales-Nin, B. (2003). Weight length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62, 89-96.
- Özaydın, O., Uçkun, D., Akalın, S., Leblebici, S., & Tosunoğlu Z. (2007). Length-weight relationships of fishes captured from İzmir Bay Central Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 695-696.
- Öztekin, A., Özekinci, U., & Daban, İ. B. (2016). Length-weight relationships of 26 fish species caught by longline from the Gallipoli peninsula, Turkey (Northern Aegean Sea). *Cahiers de Biologie Marine*, 57, 335-342.
- Öztekin, A., Ayaz, A., Özekinci, U., & Kumova, C. A. (2018). Hook Selectivity for Bluefish (*Pomatomus saltatrix* Linnaeus, 1766) in Gallipoli Peninsula and Çanakkale Strait (Northern Aegean Sea, Turkey). *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 50-59. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.446380>
- Polat, N. (2000). Balıklarda Yaş Belirlemenin Önemi. IV. *Fisheries Sempodium*, 28 - 30 June 2000, Erzurum.
- Tuset, V. M., Lombarte, A., & Gonzalez, J. A., Pertusa, J. F., & Lorente, M. (2003). Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp.. *Journal of Fish Biology*, 63, 1491-1504.
- Tuset, V. M., Lombarte, A., & Assis, C. A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina*, 72S1, 7-198.
- Valle, C., Bayle, J. T., & Ramos, A. A. (2003). Weight-length relationships for selected fish species of the western Mediterranean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 261-262.
- Zorica, B., Sinovcic, G., & Kec, V. C. (2010). Preliminary data on the study of otolith morphology of five pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). *Acta Adriat.*, 51(1), 89-96.

RESEARCH ARTICLE

Comparison of CPUE, Size Distribution and Bycatch Rates of Gill and Trammel Net Used for Supplying Bait to Setline Fishing

Caner Özyurt*, İbrahim Köylü

Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Adana, Türkiye
Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Adana, Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-6502-982X>
<https://orcid.org/0009-0008-3471-1587>

Received: 13.03.2024 / Accepted: 24.06.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Yumurtalık Bay
Bycatch
Set Line Fishing
Bait
Chelon auratus

Abstract: Within the scope of this study, 15 experimental fishing operations were carried out from the beginning of March 2020 until mid-June of the same year, to compare the gill net and trammel nets (16mm gill net, 16mm gill net and 18mm trammel net) used to supply bait to the setline fishing. The results obtained showed that the dominant species for both 16mm gill net and 16mm trammel nets was *Chelon auratus*. There were no statistically significant differences between the two types of nets in terms of CPUE (number/operation), average length and length distribution ($p>0,05$). It was determined that 41% of all individuals caught in gill nets and 44% of all individuals caught in trammel nets were bycatch species. When 16mm and 18mm trammel nets were compared with respect to catch composition, the dominant species for these two mesh widths was *Chelon auratus*, and the difference between the two mesh widths in terms of CPUE was not statistically significant ($p>0,05$), but the difference was statistically significant in terms of average length and length distribution ($p<0,05$). The rate of non-target species caught in 16mm and 18mm trammel nets was determined to be 41% and 22%, respectively. It was determined that the number of fishing hooks (fishing power) used in a season in professional fishing gear fishing was 67553 pieces. This data also approximated the number of mullets (approximately 3.3 tons) used as bait in Yumurtalık Bay in a season. As a result, the rate of bycatch in bait fishing with gillnets is remarkable and it is recommended to conduct studies on the survival rate of bycatch species released back into the sea. In addition, it is recommended to investigate the potential of substituting mullets which can be used as human food with artificial baits.

Anahtar kelimeler:

Yumurtalık Koyu
Hedef Dışı Av
Bırakma Olta Takımı
Yem
Chelon auratus

Bırakma Olta Takımlarına Yem Temini için Kullanılan Sade ve Fanyalı Uzatma Ağlarının CPUE, Boy Dağılımı ve Hedef Dışı Av Oranlarının Karşılaştırılması

Öz: Bu çalışma kapsamında, bırakma oltasına yem temini için kullanılan sade ve fanyalı uzatma ağlarını (16mm sade, 16mm fanyalı ve 18mm fanyalı) CPUE, boy dağılımı ve hedef dışı av oranı bakımından karşılaştırmak için, 2020 yılının Mart ayının başından aynı yılın Haziran ortasına kadar, 15 deneysel amaçlı balıkçılık operasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, her 16mm sade ve 16mm fanyalı ağlar için en çok avlanan türün *Chelon auratus* (Risso, 1810) olduğunu göstermiştir. Yapılan karşılaştırmalar, 16mm sade ve fanyalı ağlar arasında; CPUE (adet/operasyon), ortalama boy ve boy dağılımı bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını göstermiştir ($p>0,05$). Fanyalı ağa yakalanan tüm bireylerin %41'inin, sade ağa yakalanan tüm bireylerin ise %44'ünün hedef dışı türler olduğu belirlenmiştir. 16mm ve 18mm fanyalı ağlar av kompozisyonu bakımından kıyaslandığında, bu iki ağ göz genişliği için en çok avlanan türün *Chelon auratus* olduğu, CPUE bakımında iki ağ göz genişliği arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı ($p>0,05$), buna karşın ortalama boy ve boy dağılımı bakımından farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). 16mm fanyalı ağa yakalanan hedef dışı tür oranı %41, 18mm fanyalı ağa yakalanan hedef dışı tür oranı %22 olarak tespit edilmiştir. Mesleki bırakma olta takımı avcılığında bir sezonda kullanılan olta iğnesi sayısının (balıkçılık gücü) 67553 adet olduğu belirlenmiştir. Bu veri, aynı zamanda, Yumurtalık Koyunda bir sezonda yem olarak kullanılan ortalama kefal bireyinin (yaklaşık 3,3 ton) sayısının da göstermiştir. Sonuç olarak, uzatma ağları ile yem avcılığında hedef dışı av oranının dikkat çekici olduğu ve geri bırakılan hedef dışı türlerin ne kadarının yaşadığı ile ilgili çalışmalar yapılması önerilmiştir. Buna ek olarak, insan gıdası olarak kullanılabilir kefal türlerin yerine yapay yemlerin kullanılması olanaklarının araştırılması tavsiye edilmiştir

*Corresponding author: cozyurt@cu.edu.tr

How to cite this article: Özyurt, C., & Köylü, İ. (2024). Comparison of cpue, size distribution and bycatch rates of gill and trammel net used for supplying bait to setline fishing. COMU J. Mar. Sci. Fish, 7(1): 96-108. doi:10.46384/jmsf.1452469

Giriş

Balıkçılıkta harcanan çabanın bileşenleri; av aracı, balıkçı teknesi ile balıkçıların deneyimi ve becerisidir (Bjordal, 2009). Bu çabanın çıktıkları ise; av (ürün) ve çevresel etkilerdir. Balıkçılık çabasının artırılması bir noktaya kadar ürünü artırır. Örneğin filodaki av aracı sayısının ve boyutunun artması, teknelerin motor güçlerinin, depolama kapasitelerinin, sefer sürelerinin artması, başlangıçta üründe artışa sebep olacaktır. Ancak Artık Ürün Modeli (MYS), Stoğa Katılanlar Başına Düşen Ürün Modeli (YPR) gibi balıkçılık modellerinde açıklandığı gibi bir noktadan sonra çabanın artması ürünün miktarını arttırmayacak, tersine azaltacaktır (Avşar, 1998; Bingel, 2002; Sparre ve Venema, 1998). Bu durum; stoklarda ve genetik çeşitlikte azalış, hedef dışı av, hayalet avcılık, habitat tahribatı gibi olumsuz etkiler ortaya çıkarabilmektedir (Dayton vd. 1995; Gislason, 2003; Goñi, 1998; Kaiser vd. 2003). Genel olarak, iyi avcılık yöntemi; düşük çabayla yüksek ürün elde edilen ve çevresel etkisi düşük olan yöntem olarak tanımlanmaktadır (Bjordal, 2009).

Birçok avcılık yönteminde, çaba ve ürün ilişkisinde tek katmanlıdır. Örneğin trol, uzatma ağı, gırgır, dreç, serpm gibi avcılık yöntemlerinde çaba; av aracı, tekne ve balıkçıdan oluşmaktadır. Ancak paraketa, sepet, tuzak hatta el oltası gibi avcılık yöntemleri yeme bağımlı avcılık yöntemleridir. Bir başka deyişle genellikle başka bir avcılık yönteminden elde edilen ürün kullanılır. Bu yem, diğer avcılık yöntemlerinden elde edilen hedef dışı türler veya ekonomik değeri görece düşük olan türler olabilir. Kimi durumlarda balıkçılar tarafından doğrudan yem teminine yönelik avcılık yapılır. Dolayısıyla, yeme bağımlı avcılık yöntemlerinin çaba ve ürün ilişkisi iki katmanlıdır. Birinci katman yemin temin edildiği avcılık yöntemidir ki bu yöntemin kendine özgü bir çabası, ürünü ve çevresel etkisi vardır. İkinci katman ise yemin kullanıldığı avcılık yöntemidir. Bu yeme bağımlı avcılık yönteminin de kendine özgü çaba, ürün ve çevresel etkisi vardır. Dolayısıyla, yeme bağımlı bir avcılık yöntemi ile ilgili çaba, ürün ve çevresel değerlendirmeleri yapıyorsa I. katmandaki avcılık yönteminin göz ardı edilmemesi gerekir.

İskenderun Körfezi'nin Doğu Akdeniz'in geri kalanına oranla daha verimli balıkçılık kaynaklarına sahip olduğu bilinmektedir (Kosswig, 1953). Körfezin güney batısında yer alan Yumurtalık Koyu ise lagünel alanları ve tür zenginliği ile daha da dikkat çekici bir bölgedir. Bunun doğal sonucu olarak, bölgede dağılım gösteren kıyasal yerleşimlerde; uzatma ağı, paraketa gibi balıkçılık faaliyetleri yoğun olarak yürütülmektedir. Uygulanan yöntemlerden biri de bölgeye özgü olan ve balıkçılar arasında mantar paraketa olarak isimlendirilen bırakma olta avcılığıdır. Balıkçılar 100-150 arasında bırakma oltayı bir araya getirerek bir olta takımı oluşturmaktadır. Bırakma olta takımıyla avcılıkta hedef türler lüfer ve levreklerdir. Her iki

türün avcılığı içinde yem olarak kefal kullanılmaktadır. Sade ve fanyalı uzatma ağları ile kefal avcılığı, olta operasyonu öncesinde çevirme yöntemiyle yapılarak avlanmaktadır. Eğer levrek için operasyon yapılacaksa, yakalanan kefal bireyleri canlı tutulmakta ve olta iğnelere canlı olarak takılmaktadır. Eğer hedef tür lüfer ise yakalanan bireyler canlı ya da ölü olarak hatta bazen 2 parçaya bölünerek olta iğnesine takılmaktadır. Yemlerin avlanması için 16mm ağ göz genişliğine sahip (kol uzunluğu) sade veya fanyalı uzatma ağları ile çevirme operasyonları yapılmaktadır (Özyurt vd., 2019).

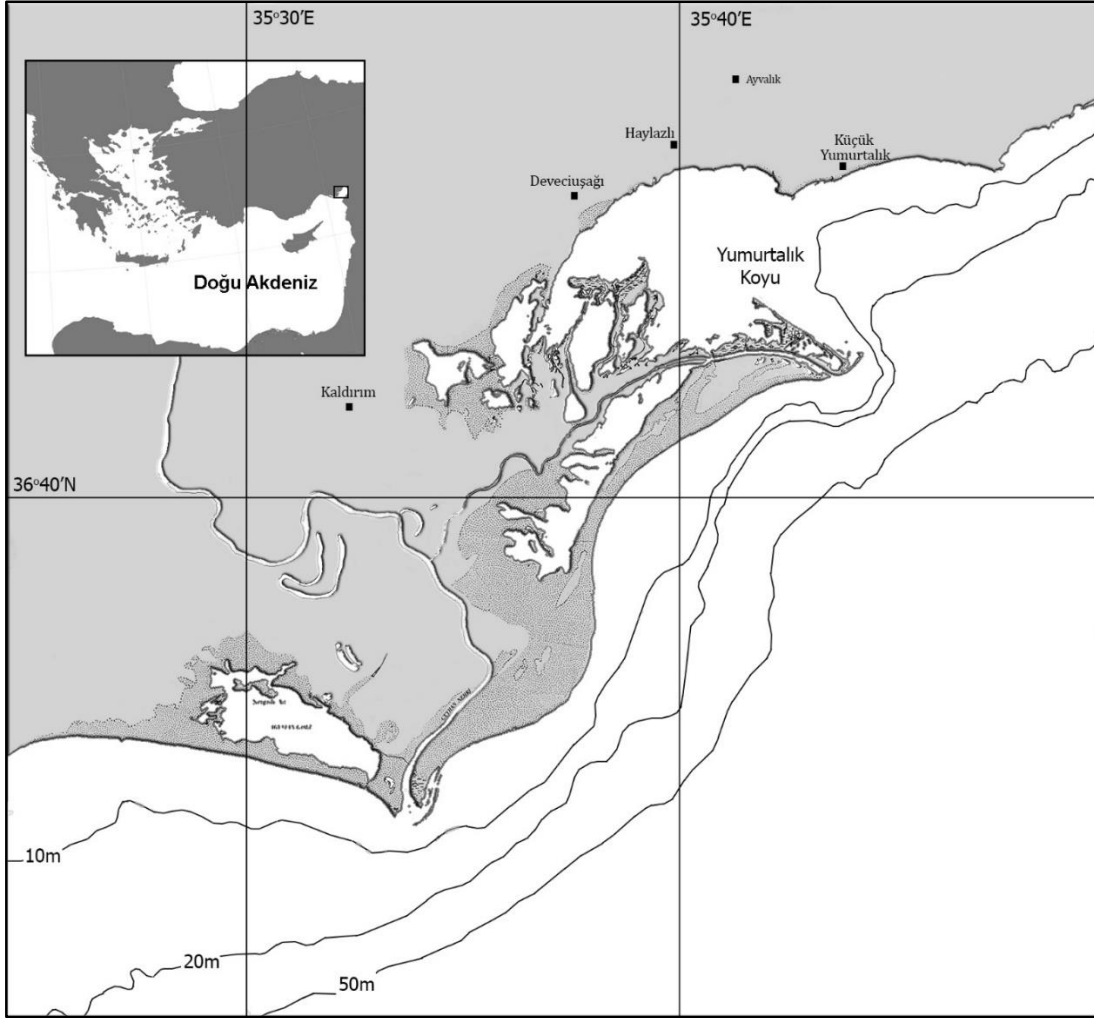
Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi Yumurtalık Koyu'nda kullanılan bu av aracı yeme bağımlı bir yöntemdir. Dolayısıyla iki katmanlı avcılık çabası gerektirmektedir. Birinci katman uzatma ağları ile çevirme avcılığı yapılması ve yemin elde edilmesidir. İkinci katman ise bırakma olta takımı ile avcılık yapılarak lüfer ya da levrek avlanmasıdır.

Yürütülen bu çalışmada, bırakma olta takımı avcılığına yem temini için kullanılan uzatma ağları ile elde edilen ürün ve olası çevresel etkiler incelenmiştir. Bunun için yapılan saha çalışmalarında öncelikle bölgedeki ticari balıkçılarla yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde balıkçıların bir sezonda kaç kez operasyon yaptıkları ve her operasyonda kaç bırakma olta kullandıkları ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Bu bilgiler yardımıyla balıkçıların yem amaçlı olarak ne kadar kefal birey kullandıkları belirlenmiştir. Çevresel etkilerin belirlenmesi için deneysel amaçlı avcılık operasyonları yapılmıştır. Bu kapsamda 16mm ağ göz genişliğinde sade ve fanyalı uzatma ağları ile 18mm göz genişliğinde fanyalı uzatma ağlarına yakalanan başat türlerin birey sayıları, ortalama boyları ve boy dağılımları incelenmiştir. Buna ek olarak, hedef dışı olarak avlanan türlerin sayısı ve miktarı belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma sahası

Yumurtalık Koyu İskenderun Körfezi'nin güney batısında yer almaktadır (Şekil 1). Bölgenin hem ekonomik (çipura, levrek, lüfer vb.) hem de bazı kritik türlere (orfoz, yeşil deniz kaplumbağası, kum köpekbalığı vb.) ev sahipliği yaptığı bilinmektedir (Akamca vd. 2010; Basusta vd. 2021; Özyurt vd. 2017; Özyurt vd. 2019). Koydaki ana balıkçılık faaliyetleri; uzatma ağı, bırakma olta ve paraketa avcılığıdır (Özyurt ve Kiyaga, 2016). Koy etrafında bulunan Küçük Yumurtalık, Ayvalık, Haylazlı, Deveciüşağı, Kaldırım mahallelerindeki balıkçılar dönemselsel olarak bu av araçları ile avcılık yapmaktadırlar. Yem temini için yapılan uzatma ağlarıyla çevirme operasyonları koyun 1 m'den sığ olan bölgelerinde yapılmaktadır.



Şekil 1. Yumurtalık Koyu

Saha çalışmaları

Deneysel balıkçılık örneklemeleri

Çalışma kapsamında, 2020 yılının Mart ayının başından aynı yılın Haziran ortasına kadar toplam 15 balıkçılık operasyonu çevirme yöntemiyle yapılmıştır. Çevirme operasyonlarının 8 tanesi gündüz, 7 tanesi gece yapılmıştır. Avcılık denemelerinde kullanılan ağların donatılması işlemi bölge balıkçısına yaptırılmıştır. Dolayısıyla teknik özellikleri bakımından mesleki balıkçıların kullandıkları ile aynı özelliktedir. Çalışmada toplam 3 posta (her biri 100 metre uzunluğunda 50 göz yüksekliğinde) uzatma ağı kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesi sade, iki tanesi ise fanyalı uzatma ağlarıdır. Tüm ağların materyali monofilamenttir. Sade ağın ve bir posta fanyalı ağın göz genişliği 16mm (düğümünden düğüme), fanyalı ağın birinin göz genişliği 18mm (düğümünden düğüme)'dir. Fanyalı ağlarda, fanya göz genişliği 125 mm ve yüksekliği 7 gözdür. Operasyonlarda bu üç ağ birleştirilerek kullanılmıştır.

Çevirme operasyonlarının başarısı balıkçının deneyimi ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle operasyonlar mesleki balıkçılar eşliğinde çalışma ekibi ile birlikte yapılmıştır. Operasyonlarda tekne ile koy içerisinde gezilmiş, balıkçının

ağı sermiş ve yakalanan türleri ağdan çıkarmıştır. Av saati, ağın serildiği yer gibi parametreler balıkçılar tarafından seçilmiştir. Yakalanan bireyler %4'lük formaldehit bulunan bidonlara alınmıştır. Örnekler laboratuvar ortamına getirilerek her bireyin tür tayinleri yapılmış, toplam, çatal ve standart boyları ölçülmüş, toplam ağırlıkları tartılmıştır.

Balıkçılık çabasının tahmin edilmesi

Sparre ve Venema, (1998) yemli oltalarda harcanan çabanın; operasyona çıkılan gün, balıkçı sayısı ve olta iğnesi sayısı ile ifade edilebileceğini belirtmiştir. Bigelow vd. (2002) ise; paraketalarda çabanın, belirli bir alanda ve belirli bir zaman diliminde kullanılan olta iğnesi sayısı olarak kabul edilebileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada, bir sezonda kullanılan bırakma oltası sayısı toplam balıkçılık çabası olarak kabul edilmiştir. Her bir bırakma oltası için bir kefal bireyi yem olarak kullanılacağından toplam balıkçılık çabası aynı zamanda yem olarak kullanılan kefal bireyi sayısı olarak kabul edilmiştir.

Balıkçılar; ellerinde bulunan malzeme (misina, mantar, iğne gibi), yem operasyonlarında elde ettikleri birey sayısı gibi parametrelere göre farklı sayıda bırakma oltaları kullanabilmektedir. Çalışma kapsamında, kullanılan

bırakma olta sayısını belirleyebilmek için 9 farklı balıkçı tarafından gerçekleştirilen 40 operasyon takip edilmiş ve kullanılan bırakma oltası sayısı kayıt altına alınmıştır. Bu veri yardımıyla bir teknenin ortalama olarak kullandığı bırakma oltası sayısı tahmin edilmiştir.

İstatistiksel analizler

Sade ve fanyalı ağların tür çeşitliği açısından kıyaslanması yapılırken iki tip ağa yakalanan tür sayısı ve oranı dikkate alınmıştır. Başat türlerin belirlenmesinde

“% Sayısal Bulunurluk”

$$\% N = \frac{\text{Bir Türün Birey Sayısı}}{\text{Toplam Birey Sayısı}} * 100 \text{ ve}$$

“% Bulunma Sıklığı”

$$\% F = \frac{\text{Türün Gözlendiği Operasyon Sayısı}}{\text{Toplam Operasyon Sayısı}} * 100$$

indeksleri kullanılmıştır. Sade ve fanyalı ağlara yakalanan başat türlerin ortalama boyları kıyaslanırken verilerin normal dağılım gösterip göstermediği kontrol edilmiş ve “Welch t Test İstatistiği” kullanılmıştır. Ağların Ortalama Birim Çaba Elde Ürün (adet/operasyon) karşılaştırmaları (16mm sade ile 16mm fanyalının karşılaştırılması, 16mm fanyalı ile 18mm fanyalının karşılaştırılması) için Mann Whitney U-Testi kullanılmıştır. Welch t Test ve Mann Whitney U-Testi için R programı içerisindeki onewaytests paketi (Dag vd., 2018), boy dağılımlarının karşılaştırmaları için stats paketi (R Core Team, 2020) ve verilerin görselleştirilmesi için ggplot paketi (Wickham, 2016) kullanılmıştır.

Toplam Balıkçılık Çabası; TBC=Ts x Os x Oi eşitliği ile tespit edilmiştir. Burada; Ts=Bırakma oltası ile avcılık yapan tekne sayısını, Os=Bir teknenin yıllık ortalama operasyon sayısını, Oi=Bir teknenin kullandığı ortalama iğne sayısını ifade etmektedir. Buradan elde edilen çaba (bırakma olta sayısı) aynı zamanda bir sezonda yem olarak kullanılan “en az kefal” sayısını göstermiştir.

Bulgular

Deneysel balıkçılık operasyonları

Çalışmada, 15 operasyonda, 16 familyaya ait 27 farklı türden 1203 birey örneklenmiştir. Bu familyalardan; Mugilidae 6, Sparidae 4, Carangidae 2, Clupeidae 2 ve Penaeidae 2 türle, diğer familyalar ise sadece bir tür ile temsil edilmiştir (Tablo 1). Buna ek olarak, tüm örnekler içinde, Mugilidae %67,50, Haemulidae %9,23, Sparidae %8,56, Clupeidae %6,07, Carangidae %2,66 ve Trichiuridae %1,25’lik oranla temsil edilmiştir. Diğer familyaların tüm örneklerdeki temsil oranı %1’den düşüktür. Mugilidae 6 türle temsil edilmesine rağmen, familyaya ait türlerin %96,30’dan fazlası *Chelon auratus* (782 birey)’tur. Dolayısıyla, bu familyayı avda ana olarak temsil eden türün *Chelon auratus* olduğu söylenebilir. Sparidae familyası ise avda 4 tür ile temsil edilmiştir. Ancak bu türlerden *Diplodus annularis* %58,25 ve *Sparus aurata*

ise %32,03’lük oran ile familyanın başat türleri olarak gözükmektedir. İki tür ile temsil edilen Clupeidae familyasında ise *Sardinella aurita* %76,71’lik oranla familya içerisindeki sayısal bulunurluğu daha yüksek olan türdür. Yine iki türle temsil edilen Carangidae ve Penaeidae familyalarının toplam av içindeki sayısal bulunurlukları düşüktür (Tablo 1).

Tür olarak değerlendirildiğinde, “% Sayısal Bulunurluk” açısından ilk on sırayı alan türler; *Chelon auratus* (%65), *Pomadasys stridens* (%9,23), *Diplodus annularis* (%4,99), *Sardinella aurita* (%4,66), *Sparus aurata* (%2,74), *Caranx rhonchus* (%1,75), *Mullus barbatus* (%1,50), *Sardinella maderensis* (%1,41), *Trichiurus lepturus* (%1,25) ve *Chelon labrosus* (%1,16) olmuştur. Bu on türün toplam av içerisindeki “% Sayısal Bulunurluğu” yaklaşık olarak %94’tür (Tablo 1). Geri kalan 17 türün her birinin av içerisindeki “% Sayısal Bulunurluğu” ise %1’den daha azdır. Türlerin “% Sayısal Bulunurlukları” Şekil 2a’da gösterilmiştir. Gerçekleştirilen 15 operasyonun tamamında gözlenen tek tür *Chelon auratus*’tur. *Caranx rhonchus* operasyonların yaklaşık %50’sinde, *Pomadasys stridens*, *Sardinella maderensis*, *Sparus aurata* ise operasyonların %40’nda gözlenmiştir. Türlerin operasyonlardaki “% Gözlenme Sıklığı” Şekil 2b’de gösterilmiştir.

Çalışmada bu avcılığın hedef türünün *Chelon auratus* olduğu anlaşılmaktadır. Kullanılan uzatma ağları ile çevirme yöntemiyle yapılan avcılıkta, yem olarak kullanılmak üzere kefal hedeflendiği düşünülürse, bu durum beklenebilecek bir durumdur. Yem olarak kullanılacak kefal türünün % Sayısal Bulunurluğu %65 iken, hedef dışı olarak avlanan ve balıkçı tarafından tekrar denize atılan türlerin % Sayısal Bulunurluğun %35 olarak belirlenmiştir.

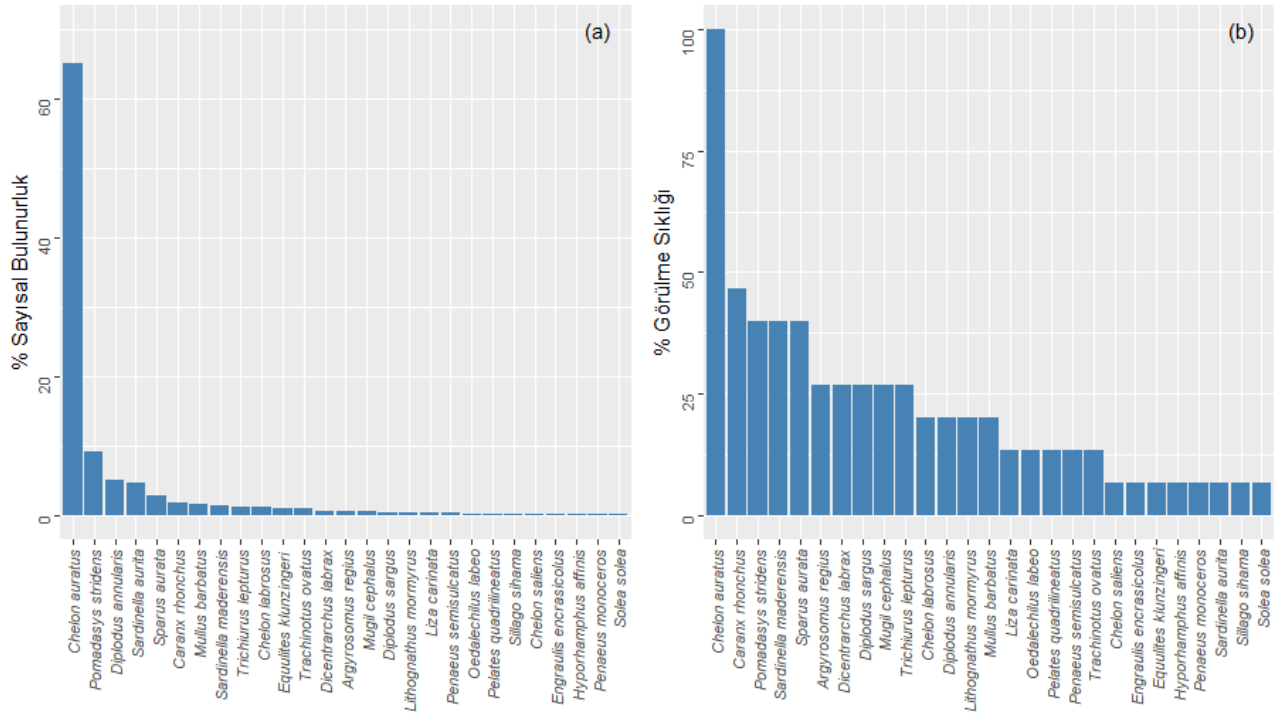
Fanyalı sade uzatma ağlarının karşılaştırılması

Aynı ağ göz genişliğine sahip (16 mm) fanyalı ve sade uzatma ağları; tür seçiciliği, hedef dışı av, hedef türün boy dağılımı, ortalama boyu ve av verimi açısından karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler; fanyalı ağ ile 21, sade ağ ile 22 tür avlandığını göstermiştir. Yakalanan türlerin 18 tanesi (%72’si) her iki ağ türünde gözlenirken, 3 tür (%12’si) (*Engraulis encrasicolus*, *Liza carinata* ve *Penaeus monoceros*) yalnızca fanyalı ağlarda, 4 tür (%16) ise (*Chelon labrosus*, *Hyporhamphus affinis*, *Sillago suezensis* ve *Trachinotus ovatus*) yalnızca sade ağlarda gözlenmiştir.

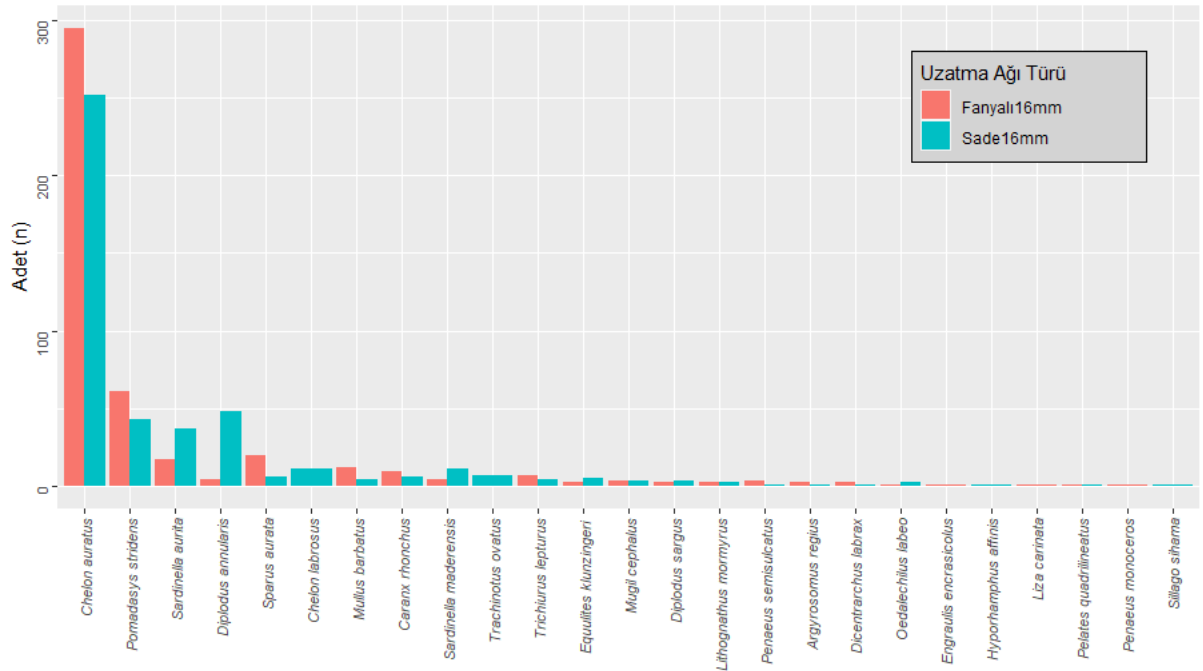
Şekil 3’de fanyalı ve sade ağlara yakalanan türler ve birey sayıları gösterilmiştir. Her iki ağ türünde de hedef tür *Chelon auratus*’tur, bir ağ türünde gözlenip diğer ağ türünde gözlenmeyen türlerin bireylerinin sayıları oldukça düşüktür. *Chelon auratus* hedef, diğer türler hedef dışı olduğu kabul edildiğinde, on beş operasyon sonunda, fanyalı ağa yakalanan tüm bireylerin %59’u *Chelon auratus*, %41’inin ise hedef dışı, sade ağa yakalanan tüm bireylerin %56’sı *Chelon auratus*, %44’ü hedef dışı avdır.

Tablo 1. Örneklem süresince yakalanan familyalar, türler ile birey sayıları ve ortalama boyları (N: Birey sayısı; SH: Standart Hata)

Familya	Tür	N	%	Toplam Boy (cm)		Ağırlık (g)	
				Ortalama	SH	Ortalama	SH
Carangidae	<i>Caranx rhonchus</i>	21	1,75	16,50	0,83	51,18	7,15
	<i>Trachinotus ovatus</i>	11	0,91	14,60	0,28	29,37	1,39
Clupeidae	<i>Sardinella aurita</i>	56	4,66	17,15	0,12	43,23	0,87
	<i>Sardinella maderensis</i>	17	1,41	14,16	0,42	25,54	2,53
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	1	0,08	8,30	-	4,42	-
Haemulidae	<i>Pomadasys stridens</i>	111	9,23	11,52	0,19	22,28	1,49
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus affinis</i>	1	0,08	17,50	-	11,61	-
Leiognathidae	<i>Equulites klunzingeri</i>	12	1,00	9,02	0,26	9,60	0,99
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	8	0,67	16,48	0,62	43,13	4,45
Mugilidae	<i>Chelon auratus</i>	782	65,00	18,02	0,06	50,33	0,55
	<i>Chelon saliens</i>	1	0,08	15,80	-	43,59	-
	<i>Chelon labrosus</i>	14	1,16	15,54	0,56	41,62	6,26
	<i>Liza carinata</i>	5	0,42	16,42	0,47	47,00	3,43
	<i>Mugil cephalus</i>	7	0,58	17,81	1,25	52,89	11,80
	<i>Oedalechilus labeo</i>	3	0,25	15,43	0,47	36,52	4,06
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	18	1,50	14,89	0,59	44,85	7,08
Penaecidae	<i>Penaeus monoceros</i>	1	0,08	10,60	-	7,72	-
	<i>Penaeus semisulcatus</i>	4	0,33	14,43	0,56	18,63	1,94
Sciaenidae	<i>Argyrosomus regius</i>	7	0,58	24,70	1,91	163,10	26,85
Sillaginidae	<i>Sillago sihama</i>	2	0,17	19,10	1,70	57,90	16,52
Soleidae	<i>Solea solea</i>	1	0,08	17,50	-	37,81	-
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	60	4,99	9,66	0,07	14,69	0,29
	<i>Diplodus sargus</i>	5	0,42	12,00	1,23	32,94	9,30
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	5	0,42	13,64	2,38	51,47	31,68
	<i>Sparus aurata</i>	33	2,74	12,49	0,43	29,02	3,51
Terapontidae	<i>Pelates quadrilineatus</i>	2	0,17	13,65	0,05	29,08	0,66
Trichiuridae	<i>Trichiurus lepturus</i>	15	1,25	51,38	1,17	105,86	9,15



Şekil 2. Tüm operasyonlar ve ağlar için türlerin % Sayısal Bulunurluğu (a) ve % Gözlenme Sıklığının bar grafikleri (b)



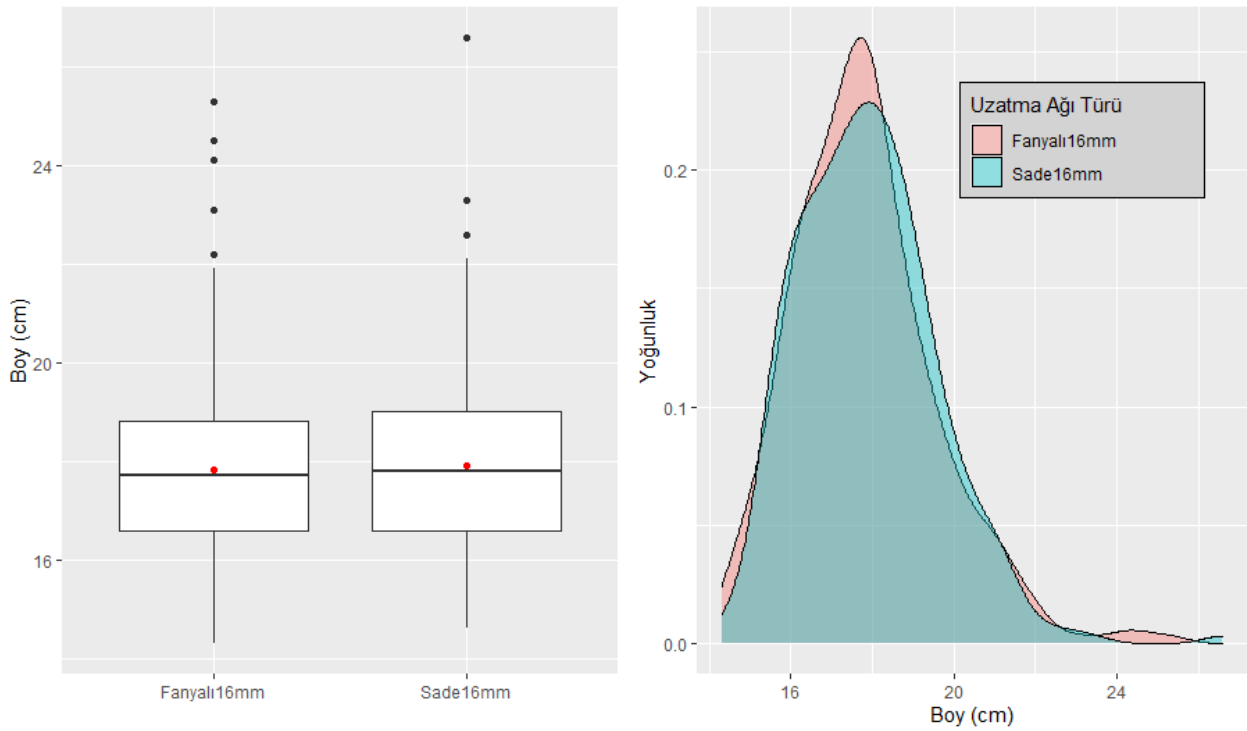
Şekil 3. Fanyalı ve sade uzatma ağına yakalanan birey sayılarının bar grafiği

Araştırmada boy dağılışı ortalama boy ve av verimi ile ilgili kıyaslamalar hedef tür *Chelon auratus* için yapılmıştır. Fanyalı ve sade uzatma ağlar için boy verisinin kutu ve yoğunluk grafikleri Şekil 4'de verilmiştir. Kutu grafiğine göre, her iki ağ tür için aritmetik ortalama ve medyan değerleri, birinci ve üçüncü çeyreklikle, alt ve üst sınırlar birbirine yakındır. Yine iki ağ türünde de aykırı değerler üst limitin üzerinde ve az sayıdadır. Yoğunluk grafiğine göre

ise iki ağ türünde dağılışı hafif pozitif çarpık ve mod değerleri birbirine oldukça yakındır. Bu grafikte, iki ağ türünün dağılışının önemli oranda üst üste bindiği de görülmektedir. Dolayısıyla görsel inceleme sonucu olarak, her iki ağ türü için elde edilen boy dağılışlarının farklı olmadığı söylenebilir. Buna ek olarak, yapılan Kolmogorov-Smirnov Test İstatistiği sonucunda da fanyalı ve sade uzatma ağlara yakalanan bireylerin boy dağılışları

arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($D=0,06746$, $p=0,615$). Fanyalı ve sade uzatma ağlarına yakalanan *Chelone auratus* bireylerinin boy verisinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde fanyalı ve sade uzatma ağları için tüm tanımlayıcı istatistiklerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Yapılan Welch t test İstatistiği sonucunda fanyalı ve sade uzatma ağlarına yakalanan *Chelone auratus* bireylerinin ortalama boyları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p:0,6044$). Fanyalı ve sade uzatma ağları ile yakalanan toplam birey sayısı sırasıyla 295 ve 252 bireydir. Bu çalışmada “Birim Çabada Elde Edilen Ürün” (CPUE) her bir operasyonda yakalanan birey sayısı olarak kabul edilmiştir. Tablo 3’de *Chelone auratus* için her bir operasyonda yakalanan birey sayısının tanımlayıcı

istatistikleri verilmiştir. Bu veriler, yapılan 15 operasyonun 12’sinde fanyalı uzatma ağı ile *Chelone auratus* bireyi yakalandığını, yakalanan birey sayısının 1 ile 83 arasında değişim gösterdiğini ve bir operasyonda yakalanan ortalama birey sayısının ise 24,58 adet olduğunu göstermiştir. Sade uzatma ağlarında ise, yapılan 15 operasyonun 13’ünde *Chelone auratus* bireyi yakalandığı, yakalanan birey sayısının 2 ile 93 arasında değişim gösterdiği, bir operasyonda yakalanan ortalama birey sayısının 19,38 adet olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler, iki ağ türü için ortalama CPUE (adet/operasyon) değerinin yakın olduğunu göstermektedir. Yapılan Mann-Whitney U Test İstatistiği sonucunda fanyalı ve sade uzatma ağlarının ortalama CPUE (adet/operasyon) arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p= 0,9130$).



Şekil 4. Fanyalı ve sade uzatma ağları için *Chelone auratus* türünün boy verilerinin kutu ve yoğunluk grafiği (Kutu grafiğindeki kırmızı noktalar aritmetik ortalamayı göstermektedir)

Tablo 2. Fanyalı ve sade uzatma ağlarına yakalanan *Chelone auratus* bireylerinin boy verisinin tanımlayıcı istatistikleri (N: Birey sayısı; Ss: Standart sapma)

Ağ Türü	N	Ortalama	Ss.	Medyan	Min.	Mak.	1.Çey.	3.Çey.	Çarpıklık	Basıklık
Fanyalı	295	17,82	1,77	17,70	14,30	25,30	16,60	18,80	0,85	4,52
Sade	252	17,90	1,70	17,80	14,60	26,60	16,60	19,00	0,86	5,12

Tablo 3. Her bir operasyonda fanyalı ve sade uzatma ağlarına yakalanan *Chelone auratus* bireylerinin tanımlayıcı istatistikleri (N: Birey sayısı; Ss: Standart sapma)

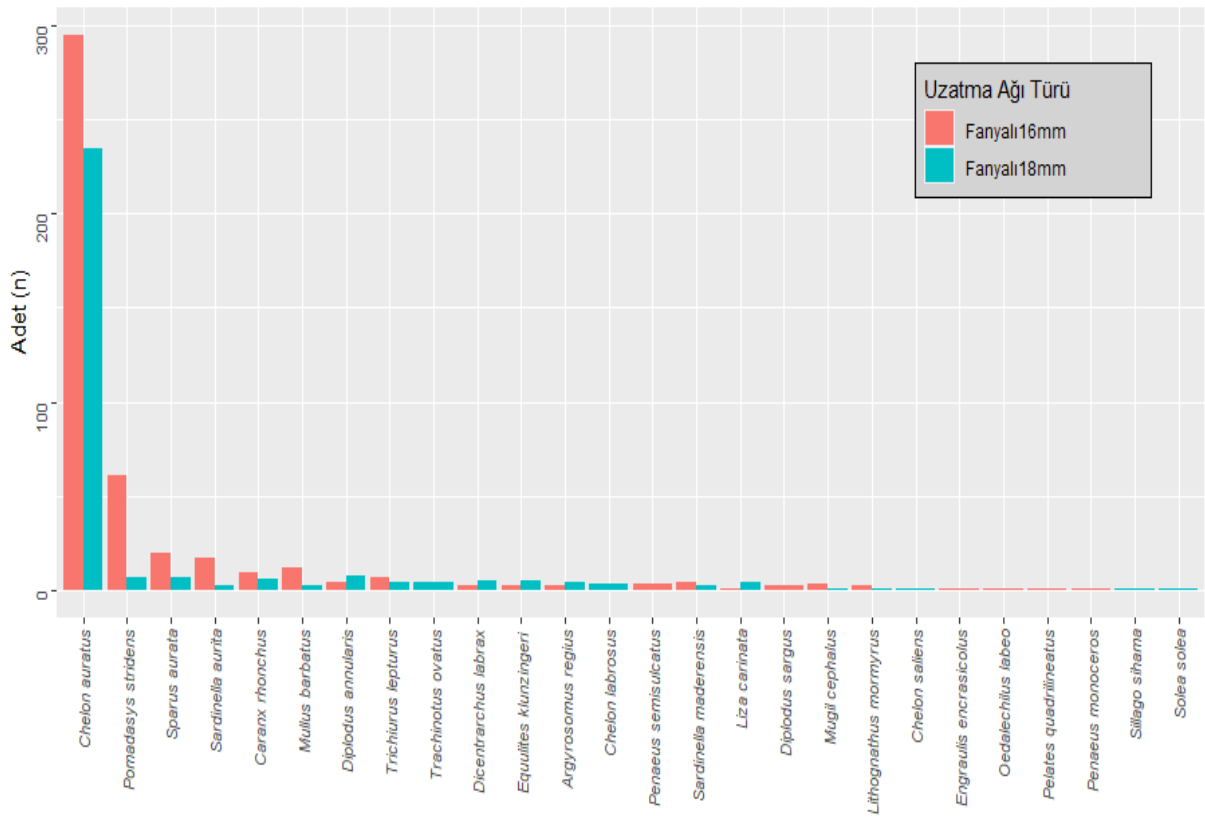
Ağ Türü	N	Ortalama	Ss	Medyan	Min.	Mak.	1. Çey.	3.Çey.	Çarpıklık	Basıklık
Fanyalı Ağ	12	24,58	28,53	14,50	1	83	1,75	40,50	0,94	2,46
Sade Ağ	13	19,38	28,16	4,00	2	93	3,00	25,00	1,68	4,64

Avlanan tür çeşitliği, hedef dışı tür oranı, hedef türün boy dağılımı, ortalama boyu ve CPUE bakımından 16 mm fanyalı uzatma ağları ile sade uzatma ağları arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığını göstermektedir ($p>0,05$).

Fanyalı uzatma ağlarının karşılaştırılması

Farklı ağ göz genişliğine sahip (16 mm ve 18mm) fanyalı uzatma ağları; tür seçiciliği, hedef dışı av, hedef türün boy dağılımı, ortalama boyu ve av verimi açısından karşılaştırılmıştır. Fanyalı ağlar ile toplam 26 farklı tür avlanmıştır. Bunlarda 15 (%58) tanesi hem 16mm fanyalı hem de 18mm fanyalı ağda, 6 (%23) tür sadece 16mm fanyalı ağda (*Penaeus semisulcatus*, *Diplodus sargus*, *Engraulis encrasicolus*, *Oedalechilus laqueo*, *Pelates*

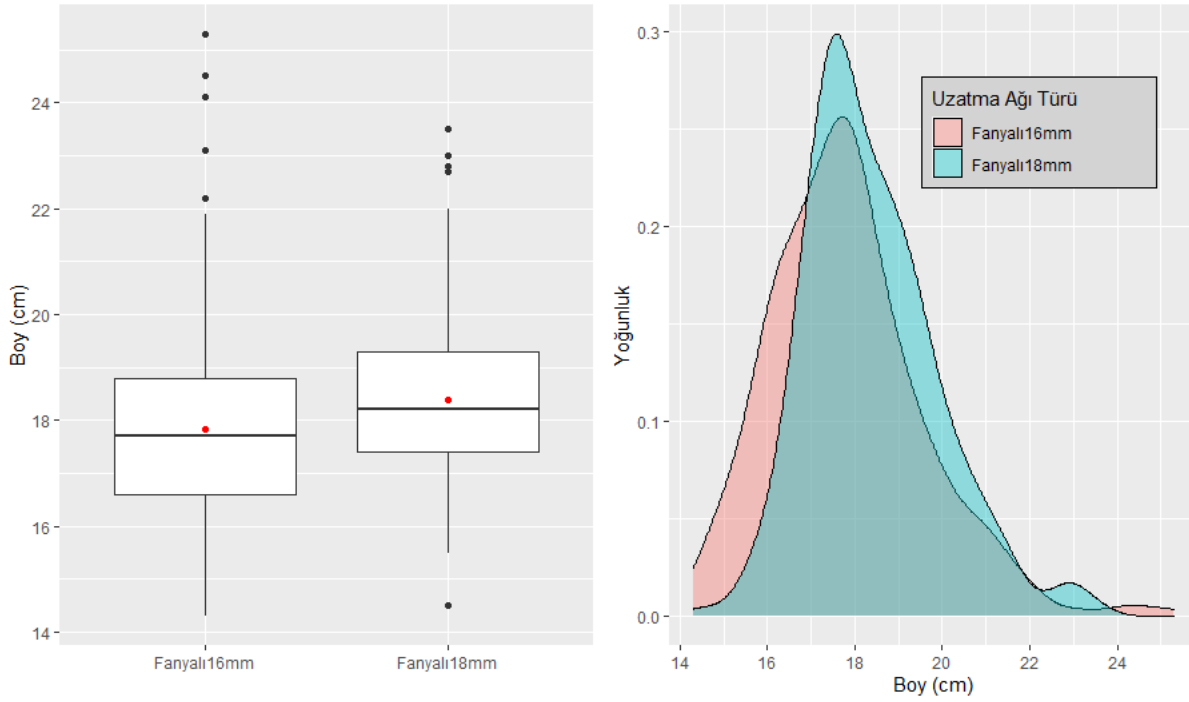
quadrilineatus, *Penaeus monoceros*) 5 (%19) tür ise yalnızca 18mm fanyalı ağda (*Trachinotus ovatus*, *Chelon labrosus*, *Chelon saliens*, *Sillago suezensis*, *Solea solea*) gözlenmiştir. Şekil 5’de farklı ağ göz genişliğindeki fanyalı ağlara yakalanan türler ve birey sayıları gösterilmiştir. Her iki ağ göz genişliği için hedef türün *Chelon auratus* olduğu, bir göz genişliğinde gözlenip diğerinde gözlenmeyen türlerin birey sayılarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. On beş operasyon sonunda, 16mm fanyalı ağa yakalanan tüm bireylerin %59’u *Chelon auratus*, %41’inin ise diğer türler yani hedef dışı avdır. Buna karşın, 18mm fanyalı ağa yakalanan bireylerin %78’i *Chelon auratus* %22’si hedef dışı türlerdir.



Şekil 5. 16mm ve 18mm fanyalı uzatma ağına yakalanan türler ve birey sayıları

Boy dağılışı ortalama boy ve av verimi ile ilgili kıyaslamalar hedef tür *Chelon auratus* için yapılmıştır. Farklı ağ göz genişliğine sahip fanyalı uzatma ağları için boy verisinin kutu ve yoğunluk grafikleri Şekil 6’da ve tanımlayıcı istatistikleri ise Tablo 4’de verilmiştir. Kutu grafiğe ve Tablo 4’e göre, büyük gözlü ağın aritmetik ortalama, medyan değerleri, birinci ve üçüncü çeyreklikle, alt ve üst sınırlarının küçük gözlü ağa göre biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Büyük gözlü ağda alt ve üst sınırın üzerinde aykırı değerler gözlenirken küçük gözlü ağda sadece üst sınırın üzerinde aykırı değerler gözlenmiştir. Şekil 6’da verilen yoğunluk grafiğinde ise

büyük gözlü ağın dağılımının, küçük gözlü ağın dağılımına göre x ekseninde bir miktar solda olduğu görülmektedir. Tüm bunlara ek olarak, yapılan Kolmogorov-Smirnov Test İstatistiği sonucunda da 16 mm fanyalı ve 18 mm fanyalı uzatma ağlarına yakalanan bireylerin boy dağılışı arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($D = 0,19135$, $p = 0,00013$). Buna ek olarak, yapılan Welch t test istatistiği sonucunda 16mm ağ göz genişliğine sahip fanyalı ağlar ile 18mm ağ göz genişliğine sahip fanyalı ağlara yakalanan bireylerin ortalama boyları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p = 0,00006$).



Şekil 6. Farklı göz genişliğindeki fanyalı uzatma ağı için *Chelon auratus* türünün boy verilerinin kutu ve yoğunluk grafiği

Tablo 4. Farklı ağ göz genişliğine sahip fanyalı uzatma ağına yakalanan *Chelon auratus* bireylerinin boy verisinin tanımlayıcı istatistikleri (N: Birey sayısı; Ss: Standart sapma)

Ağ Türü (Fanyalı)	N	Ortalama	Ss	Medyan	Min.	Mak.	1. Çey.	3. Çey.	Çarpıklık	Basıklık
16mm	295	17,82	1,77	17,70	14,30	25,30	16,60	18,80	0,85	4,52
18mm	235	18,39	1,51	18,20	14,50	23,50	17,40	19,30	0,72	3,70

Tablo 5’de *Chelon auratus* için farklı ağ göz genişliğine sahip uzatma ağı için her bir operasyonda yakalanan birey sayısının tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Bu veriler, yapılan 15 operasyonun 12’sinde 16mm fanyalı uzatma ağı ile *Chelon auratus* bireyi yakalandığını, yakalanan birey sayısının 1 ile 83 arasında değişim gösterdiğini ve bir operasyonda yakalanan ortalama birey sayısının ise 24,58 adet olduğunu göstermiştir. 18 mm ağ göz genişliğine sahip fanyalı uzatma ağına ise, yapılan 15 operasyonun 11’inde *Chelon auratus* bireyi yakalandığı,

yakalanan birey sayısının yine 1 ile 83 arasında değişim gösterdiği, bir operasyonda yakalanan ortalama birey sayısının 21,36 adet olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler, iki ağ türü için ortalama CPUE (adet/operasyon) değerinin yakın olduğunu göstermektedir. Yapılan Mann-Whitney U Test İstatistiği sonucunda 16mm ve 18mm fanyalı uzatma ağına yakalanan bireylerin ortalama CPUE (adet/operasyon) değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını göstermiştir ($p=0,9011$).

Tablo 5. Her bir operasyonda 16mm fanyalı ve 18mm fanyalı uzatma ağına yakalanan *Chelon auratus* bireylerinin tanımlayıcı istatistikleri (N: Birey sayısı; Ss: Standart sapma)

Ağ Türü (Fanyalı)	N	Ortalama	Ss	Medyan	Min.	Mak.	1. Çey.	3.Çey.	Çarpıklık	Basıklık
16mm	12	24,58	28,53	14,50	1	83	1,75	40,50	0,94	2,46
18mm	11	21,36	26,19	11,00	1	83	2,50	32,00	1,31	3,69

Ağ gözünün 2mm artmasının tür çeşitliliği bakımından önemli bir fark yaratmadığı, buna karşın hedef dışı tür miktarında dikkate değer bir azalış olduğu söylenebilir. Ağ gözünün büyümesiyle hedef türün boy dağılımı ve ortalama

boyu arasındaki farkların önemli olduğu ($p<0,05$), buna karşın CPUE (adet/operasyon) değerleri arasındaki farkın ise istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$).

Balıkçılık çabasının tahmin edilmesi

Çalışma kapsamında, 9 farklı balıkçı teknesinin 40 operasyonda kaç bırakma oltası kullandığı ve 4 teknenin sezonda kaç kez av yaptığı ile ilgili bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 6'da verilmiştir. Buna ek olarak Yumurtalık Koyu'nda bırakma olta avcılığı yapan tekne sayısı 12 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen veriler

yardımıyla, bu alanda bir sezonda kullanılan bırakma olta sayısı 67553 adet olarak belirlenmiş ve bu veri, aynı zamanda Yumurtalık Koyunda yem olarak kullanılan kefal bireylerinin sayısını da göstermektedir. Tablo 1'de gösterildiği gibi, yem olarak kullanılan kefal bireylerinin ortalama ağırlığı 50,33 g'dır. Yani yem olarak kullanılan toplam kefal miktarı 3399942 g (yaklaşık 3,3 ton)'dır.

Tablo 6. Bir teknenin kullandığı bırakma olta sayısı ve bir sezonda yaptığı operasyon sayısının ortalamaları (N: Birey sayısı; Ss: Standart sapma)

Değişken	N	Ortalama	Ss	Min.	Mak.	%95 Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Bir teknede kullanılan bırakma olta sayısı	40	119,78	46,05	35	250	105,05	134,50
Bir teknenin bir sezonda yaptığı operasyon sayısı	4	47,00	17,34	22	62	19,40	74,59

Tartışma

Balıkçılık otoriteleri, düşük yakıt tüketimi, minimum habitat tahribatı, düşük hedef dışı av oranı ve iyi kalitede ürün elde edilmesi gibi özellikleri ile balıkçılık yönetimi açısından cezbedici olan paraketaların kullanımını konusunda balıkçıları cesaretlendirmektedir (Ingólfsson vd. 2017; Løkkeborg ve Pina, 1997). Yumurtalık Koyu'nda uygulanan bırakma olta takımı teknik yapısı bakımından tam bir paraketa özelliği göstermese de; yakıt tüketimi, hedef dışı av, habitat tahribatı gibi konularda paraketalar gibi çevre dostu özelliklerine sahiptir. Bırakma olta takımı ile bir sezonda elde edilen ürünün sadece %4'ü hedef dışı türlerden oluşmakta ve elde edilen bireylerin sadece %10'luk kısmı yasal boyun altında olduğu bildirilmiştir (Özyurt, Yayınlanmamış veri). Ancak daha önce de belirtildiği gibi, bu tip yeme bağımlı avcılık yöntemlerinin canlı toplulukları çevresel etkileri değerlendirilirken, yem elde etmek için kullanılan avcılık yönteminin de göz önünde tutulması gerekir.

Yem avlamak için kullanılan uzatma ağlarının hedef ve hedef dışı türler (16 familyaya ait 27 farklı tür) üzerinde etkileri olduğu göstermiştir. Yem avcılığının yapıldığı bölge; tatlı su girdilerinin olduğu, sığ ve lagünel alanlara çok yakındır. Birçok türün bu tip alanları erken yaşam evrelerinde beslenmek için kullandığı bilinmektedir (Garrido vd., 2011). Dolayısıyla, uzatma ağlarına yakalanan tür çeşitliliğinin fazla olmasının av bölgesinin özelliği ile ilişkilendirilebilir. Bu noktada dikkat çekici olan veri, 16 mm fanyalı ağda %41 olan hedef dışı av oranının 18mm fanyalı ağda %22 oranına gerilemesidir. Bir başka deyişle, ağ göz genişliğinin 2mm artması hedef dışı av oranını yarı yarıya azaltmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, ağ göz genişliğinin tür çeşitliliğini, türlerin boy dağılımını, boy seçiciliğini ve CPUE değerlerini etkilediği tespit edilmiştir (Dereli vd., 2022a; Dereli vd., 2022b; Rotherham vd. 2006). Ayrıca, 16 mm ve 18 mm fanyalı ağlarla avlanan hedef *Chelon auratus* türünün av veriminde bir değişiklik

olmamıştır. Bu durum, ağ göz genişliğindeki 2mm'lik artışla, hedef türün av verimini etkilemeden hedef dışı avın azaltılmasına olanak sağladığından, balıkçılar açısından uygulanabilir bir tedbir olarak düşünülebilir. Aslında hedef dışı kavramı oldukça karmaşıktır ve bu sorunun bir bileşeni hedef dışı avın denize atılan kısmının ölüm oranlarının ne kadar olduğudur (Davis, 2002). Bu avcılık yönteminde hedef dışı avların hepsi balıkçı tarafından geri denize atılmaktadır. Av süresinin kısa olması (30-60 dakika arası), yakalanan türün hemen ağdan çıkartılıyor ve denize atılıyor olması hedef dışı olarak yakalanan türlerin denize atıldıktan sonra ne kadarının yaşamaya devam ettiği sorusunu akla getirmektedir. Eğer hedef dışı olarak yakalanan ve geri denize atılan bireyler büyük oranda yaşamaya devam ediyorsa, bu avcılık yöntemindeki hedef dışı av sorunu yukarıda ifade edilenden çok daha az olabilir. Ancak bu durumun etkilerini ortaya koyacak araştırmalar yapılması gerekmektedir.

Elde edilen veriler, Yumurtalık Bölgesi'nde bir sezonda yaklaşık 3,3 ton kefal bireyinin yem olarak kullanıldığını göstermiştir. Bunun büyük kısmının *Chelon auratus* olduğu anlaşılmaktadır. Bu türün yem olarak avlanan bireylerin ortalama boyu yaklaşık 18 cm iken, ilk eşeyssel olgunluk boyu 26,6 cm olarak belirlenmiştir (Kesiktaş vd., 2020). Bu durum, yem olarak kullanılan bireylerin hemen hepsinin ilk üreme boyunun altında bireyler olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla *Chelon auratus*'un yem olarak avlanması ve kullanılması balıkçılık yönetimi açısından uygun gözükmemektedir. Ayrıca kefal bireyleri, kıyısal ekosistem içinde, besin ağında önemli bir role sahiptir (Whitfield, 2016). Bu bireylerin henüz küçük boylarda avlanması ekosistem sağlığı bakımından da riskler yaratabilir. Bu nedenle, hedef tür olarak *Chelon auratus* yerine farklı bir türün (eşeyssel olgunluk boyu daha küçük olan) yem olarak tercih edilmesi faydalı olabilir. Bu noktada ilk akla gelen tür *Liza carinata*'dır. Bu türün Kızıldeniz'de yapılan bir çalışmada ilk eşeyssel olgunluk boyunun 13,5 cm olduğu

görülmektedir (El-Ganainy vd., 2014). Fakat çalışmanın yapıldığı bölgede türün ilk üreme boyunu tespit edileceği çalışmalar yürütülmelidir. Dolayısıyla balıkçılar yem olarak bu türü avlasalar bile yakalanan bireyleri büyük bir çoğunluğu ilk eşeyssel olgunluk boyundan daha yüksek olacaktır. Buna karşın çevirme operasyonları yapılırken balıkçıların *Chelon auratus* yerine *Lisa carinata*'yı nasıl seçecekleri belirsizdir. Balıkçılarla yapılan görüşmelerde, mevsim ve bölge seçimi ile bunun mümkün olduğu ifade edilmiştir. Ancak yinede bu durumun yapılacak ileri çalışmalar ile ortaya konması gerekmektedir. Yine bölgedeki *Lisa carinata*'nın stok yapısını ortaya koyan çalışmalar yürütülmelidir. Tüm bunlara ek olarak insan gıdası olarak kullanılması mümkün olan türlerin yem olarak kullanılması balıkçılıkta tartışılan bir konu haline gelmiştir (Løkkeborg vd., 2014). Bu nedenle, bu sorunun üstesinden gelmek için yapay yem kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır (Januma vd., 2003; Løkkeborg, 1990). Bu avcılık yönteminde de yem olarak kullanılan *Chelon auratus* ve *Lisa saliens* türleri doğrudan insan gıdası olarak kullanılabilir türlerdir. Bu nedenle, bu yemlerin yerine yapay yemlerin kullanım olanaklarının incelenmesi daha doğru bir seçenek olacaktır.

Bu çalışmada, yem avcılığında kullanılan fanyalı ve sade uzatma ağları arasında; en çok avlanan türlerin boy dağılımı ve av verimi açısından farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Bugüne kadar yapılan fanyalı ve sade uzatma ağlarının kıyaslandığı çalışmalarda boy dağılımı ve av verimi arasında farklılıklar olduğu belirtilmiştir (Acosta ve Appeldoorn, 1995; Fabi vd., 2002; Thomas vd., 2003). Ancak bu çalışmada elde edilen sonuçlar, 16mm fanyalı ve 16mm sade ağlara yakalanan başat tür *Chelon saliens*'in boy dağılımı ve av verimi arasında bir fark olmadığını göstermiştir. Bu durum hedef türün av bölgesindeki boy dağılımından ve stok yapısından kaynaklı olabilir. Bölgede avlanan başat tür *Chelon auratus*'un boy dağılımı yeterince geniş bir aralıkta değilse (büyük bireyler yoksa), fanyaların çalışma mekanizması işe yaramayacak, fanyalı ağlarda sade ağlar gibi av yapacaktır. 16 mm fanyalı ağ ile 18 mm fanyalı ağ kıyaslandığında ise başat tür *Chelon auratus*'un boy dağılımında fark olduğu, ancak av veriminde bir fark olmadığı görülmüştür. Ağ göz genişliği boy seçiciliğini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir (Lobyrev ve Hoffman, 2018). Dolayısıyla, ağ göz genişliğinin artması boy dağılımının değişmesine neden olduğu ancak bu durumun av verimini etkilemediği söylenebilir. Bu noktada, farklı ağ (donam faktörü, ip kalınlığı, multifilament ağlar vb.) ve operasyon özelliklerinin (suda kalma süresi, operasyon saati vb.) av verimini ve stok yapısına etkilerini araştırılan çalışmalar yürütülmesinin, daha net sonuçlara ulaşmak açısından faydalı olacağı söylenebilir.

Fanyalı ağlarda ağ göz genişliğinin 2mm artmasının hedef dışı av oranını %50 azalttığı görülmüştür. Bu nedenle, yem avcılığında 16mm yerine 18mm ağ göz genişliğinin kullanılması, bu avcılığın türler üzerindeki etkisini azaltılması açısından faydalı olacaktır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, bu avcılık yöntemi ile avlanan ve tekrar denize bırakılan türlerin ne kadarının hayatta kaldığının belirlenmesi üzerine

çalışmalar yürütülmesinin faydalı olacağı anlaşılmaktadır. Buna ek olarak, insan gıdası olarak kullanılma olanağı olan ancak yem olarak kullanılan kefal bireyleri yerine ikame yapay yem kullanma olasılıkları da araştırılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2019-12328 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar araştırmanın veri toplanması, verilerin analizleri ve sonuçların değerlendirilmesi ile makalenin yazım sürecinde görev almışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay

Bu çalışma için etik kurul iznine gerek yoktur.

Kaynaklar

- Acosta, A. R., & Appeldoorn, R. S. (1995). Catching efficiency and selectivity of gillnets and trammel nets in coral reefs from southwestern Puerto Rico. *Fisheries Research*, 22(3-4), 175-196.
- Akamca, E., Kiyaga, V. B., & Özyurt, C. E. (2010). İskenderun Körfezi'nde Çipura (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758) Avcılığında Kullanılan Monofilament Fanyalı Uzatma Ağlarının Seçiciliği. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 4(1), 28-37.
- Avşar, D. (1998). *Balık biyolojisi ve popülasyon dinamiği*. Adana: Baki Kitap Evi.
- Basusta, N., Basusta, A., & Ozyurt, C. E. (2021). Evidence of a second nursery area of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus* (Nardo, 1827) in the Eastern Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, 22(1), 20-26.
- Bigelow, K. A., Hampton, J., & Miyabe, N. (2002). Application of a habitat-based model to estimate effective longline fishing effort and relative abundance of Pacific bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Fisheries Oceanography*, 11(3), 143-155.
- Bingel, F. (2002). *Balık popülasyonlarının incelenmesi*. Adana: Baki KitapveYayın Evi.
- Bjorndal, Å. (2009). Regulation of Fishing Gears and Methods. In *A Fishery Manager's Guidebook* (pp. 165-195). John Wiley & Sons, Ltd.
- Dag, O., Dolgun, A., & Konar, N. M. (2018). onewaytests: An R Package for One-Way Tests in Independent Groups Designs. *The R Journal*, 10(1), 175-199.

- Davis, M. W. (2002). Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(11), 1834–1843.
- Dayton, P. K., Simon, F. Thrush, Agardy, M. T., & Hofman, R. J. (1995). Environmental effects of marine fishing. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 5, 205–232.
- Dereli, H., Kebapçioğlu, T., Şen, Y., Ölçek, Z. S., Dinçtürk, E., & Ulman, A. (2022a). The effect of gillnet twine thickness on catching efficiency and selectivity for common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) fishery in Marmara Lake. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(2), 88–96. doi:10.12714/egejfas.39.2.01
- Dereli, H., Şen, Y., Kebapçioğlu, T., Erdoğan, M., Ölçek, Z. S., Özdemir, M., & Ulman, A. (2022b). Management recommendations for common carp fisheries in Turkey in light of their reproductivity and gear selectivity. *Journal of Fisheries And Environment*, 46(1), 141–156.
- El-Ganainy, A., El-Rahman, A., Rizkalla, W., Abo-Mesalem, M., El-Shabaka, H., & others. (2014). Age, growth and reproductive biology of the keeled mullet *Liza carinata* from the Suez Bay, Red Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 18(4), 1–8.
- Fabi, G., Sbrana, M., Biagi, F., Grati, F., Leonori, I., & Sartor, P. (2002). Trammel net and gill net selectivity for *Lithognathus mormyrus* (L., 1758), *Diplodus annularis* (L., 1758) and *Mullus barbatus* (L., 1758) in the Adriatic and Ligurian seas. *Fisheries Research*, 54(3), 375–388.
- Garrido, J., Pérez-Bilbao, A., & João Benetti, C. (2011). Biodiversity and conservation of coastal lagoons. In *Ecosystems Biodiversity* (pp. 1–28). InTech.
- Gislason, H. (2003). The Effects of Fishing on Non-target Species and Ecosystem Structure and Function. In *Responsible fisheries in the marine ecosystem* (p. 255). Food & Agriculture Org.
- Goñi, R. (1998). Ecosystem effects of marine fisheries: an overview. *Ocean & Coastal Management*, 40(1), 37–64. doi:10.1016/S0964-5691(98)00037-4
- Ingólfsson, Ó. A., Einarsson, H. A., & Løkkeborg, S. (2017). The effects of hook and bait sizes on size selectivity and capture efficiency in Icelandic longline fisheries. *Fisheries Research*, 191, 10–16. doi:10.1016/j.fishres.2017.02.017
- Januma, S., Miyajima, K., & Abe, T. (2003). Development and comparative test of squid liver artificial bait for tuna longline. *Fisheries Science*, 69(2), 288–292.
- Kaiser, M. J., Collie, J. S., Hall, S. J., Jennings, S., & Poiner, I. R. (2003). Impacts of fishing gear on marine benthic habitats. In *Responsible fisheries in the marine ecosystem* (Vol. 57, p. 197). CABI.
- Kesiktaş, M., Yemişken, E., Yıldız, T., & Eryılmaz, L. (2020). Age, growth and reproduction of the golden grey mullet, *Chelon auratus* (Risso, 1810) in the Golden Horn Estuary, Istanbul. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 100(6), 989–995.
- Kosswig, C. (1953). Türkiye balıkçılığının bazı biyolojik vehçeleri. *Hidrobiyoloji Mecmuası*, 1(4), 145–153.
- Lobyrev, F., & Hoffman, M. J. (2018). A morphological and geometric method for estimating the selectivity of gill nets. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 28, 909–924.
- Løkkeborg, S. (1990). Reduced catch of under-sized cod (*Gadus morhua*) in longlining by using artificial bait. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47(6), 1112–1115.
- Løkkeborg, S., & Pina, T. (1997). Effects of setting time, setting direction and soak time on longline catch rates. *Fisheries Research*, 32(3), 213–222. doi:10.1016/S0165-7836(97)00070-2
- Løkkeborg, S., Siikavuopio, S. I., Humborstad, O.-B., Utne-Palm, A. C., & Ferter, K. (2014). Towards more efficient longline fisheries: fish feeding behaviour, bait characteristics and development of alternative baits. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24, 985–1003.
- Ozyurt, C. E., Buyukdeveci, F., & Kiyaga, V. B. (2017). Ghost fishing effects of lost bottom trammel nets in a storm: a simulation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12), 8109–8118.
- Özyurt, C. E., & Kiyaga, V. B. (2016). Fisheries in İskenderun Bay Fishing Gears, Catching Methods and Their Main Problems. In C. Turan, B. Salihoğlu, E. Özbek Ö., & B. Öztürk (Eds.), *The Turkish Part of the Mediterranean Sea Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (pp. 353–365). İstanbul: TUDAV.
- Özyurt, C. E., Kiyaga, V. B., Tabakoğlu, Ş. S., & Özyurt, G. (2019). Yumurtalık Koyu'nda (İskenderun Körfezi), Lüfer Avcılığında Kullanılan Bölgesel Bir Olta Takımının İncelenmesi: Avantaj, Dezavantaj ve Tehditler. *Acta Aquatica Turcica*, 15(1), 26–34. doi:10.22392/egirdir.430485
- R Core Team. (2020). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Rotherham, D., Gray, C. A., Broadhurst, M. K., Johnson, D. D., Barnes, L. M., & Jones, M. V. (2006). Sampling estuarine fish using multi-mesh gill nets: Effects of panel length and soak and setting times. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 331(2), 226–239. doi:10.1016/j.jembe.2005.10.010
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment - Part 1: Manual (French version not published). *FAO Fisheries Technical Paper*. Rome, Italy: FAO. 407p

- Thomas, S. N., Edwin, L., & George, V. (2003). Catching efficiency of gill nets and trammel nets for penaeid prawns. *Fisheries Research*, 60(1), 141–150.
- Whitfield, A. K. (2016). Ecological role of Mugilidae in the coastal zone. *Biology, Ecology and Culture of Grey Mulletts (Mugilidae)*, 324–348.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.

COMU Journal of Marine Sciences and Fisheries

Journal Home-Page: <http://jmsf.dergi.comu.edu.tr> Online Submission: <http://dergipark.org.tr/jmsf>



SHORT COMMUNICATION

Reproductive Biology of Red Pandora (*Pagellus bellottii* Steindachner, 1882) from the Coast of Ghana and Implications for Management

Samuel K.K. Amponsah

Department of Fisheries and Water Resources, University of Energy and Natural Resources, Sunyani, Ghana

<https://orcid.org/0000-0001-5559-3139>

Received: 11.11.2023 / Accepted: 23.01.2024 / Published online: 10.07.2024

Key words:

Sparidae
Length at maturity
Pagellus bellottii
Reproduction
Ghanaian coast

Abstract: A total of 933 samples of *Pagellus bellottii* were obtained from the coast of Ghana between January and December 2019, from commercial catches to determine the sex ratio, maturity stages, spawning period, and length at first maturity. The male to female ratio was 1.39:1. July and May were the main spawning peaks for female individuals of the assessed fish species. Two spawning periods were observed with a minor spawning period from November to January and major spawning from March to September. Female individuals matured slightly earlier than male individuals at 20 cm and 20.8 cm respectively. The results of this study could help to revise the existing minimum capture size of Red Pandora in Ghana.

Anahtar kelimeler:

Sparidae
Eşeyssel olgunluk
Pagellus bellottii
Üreme
Gana kıyısı

Gana Kıyısındaki Kırmızı Pandora'nın (*Pagellus bellottii* Steindachner, 1882) Üreme Biyolojisi ve Yönetime Yönelik Etkileri

Öz: Ocak 2019 ile Aralık 2019 tarihleri arasında Gana kıyılarından ticari avlardan cinsiyet oranı, olgunluk safhaları, yumurtlama dönemi ve ilk eşeyssel olgunluk boyunu belirlemek amacıyla toplam 933 *Pagellus bellottii* örneği elde edilmiştir. Erkek-dişi oranı 1.39:1 idi. İncelenen balık türünün dişi bireyleri için Temmuz ve Mayıs ayları, en yüksek ana yumurtlama aylarıydı Kasım'dan Ocak'a kadar küçük yumurtlama dönemi ve Mart'dan Eylül'e kadar büyük yumurtlama dönemi olmak üzere iki yumurtlama dönemi gözlemlenmiştir. Dişi bireyler erkeklerle göre sırasıyla 20 cm ve 20,8 cm, daha erken olgunlaşmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, Gana'daki kırmızı pandora'nın mevcut minimum avlanma boyunun revize edilmesine yardımcı olabilir.

Introduction

The Red Pandora, distributed in the eastern Atlantic portion of the ocean, is mostly found between 10 m and 50 m (Kouame *et al.*, 2018). It is an important component of the multispecies marine demersal fish in the Eastern Central Atlantic (Russell and Carpenter, 2014). *P. bellottii* is a commercially important demersal fish in Ghana, accounting for about 70% of the demersal fishes landed in Ghana (Lazar, 2017). However, from the coastal waters of Ghana, the catch size of the assessed species is currently on the decline since 2005 which demands proper management measures (Ayivi, 2012). For sustainable management of this species, there is the need for science-based information which largely precipitates from several biological studies including the reproductive studies (Adebisi, 2012). Studies on reproductive biology of fishes is essential in fisheries management because it provides an understanding of the spawning behavior of the species, dynamics unpinning the dominance of a particular sex, seasonal variations in fish

growth, physiological wellbeing of fishes and the dynamics controlling the addition of juveniles to the fish stock (Ismail *et al.*, 2018; Shamsan *et al.*, 2010; Sangun, Akamca, & Akar, 2007; Walker *et al.*, 2005).

Despite the importance of studies on the reproductive biology of fishes to sustainable management, the only study published on Red Pandora in Ghana mainly revolve around population parameters (i.e. Amponsah *et al.*, 2016). In addition, the only study on reproductive biology of *P. bellottii* is linked to Asare-Ameyaw (2000). The paucity of such important ecological information limits the options needed for sustainable management of this commercially important species. Thus, the objective of this was to provide an update on some aspects of reproductive studies of Red Pandora in Ghana. Such information is a necessary contribution to the ecologically based management of the species from the coast of Ghana.

*Corresponding author: samuel.amponsah@uenr.edu.gh

Material and Methods

Study area

The study focused on six fishing communities along the coast of Ghana, namely Elmina, Kpone, Tema, Prampram, Sakumono and Nungua fishing communities along the coast of Ghana (Fig. 1). Table 1 shows the geographical coordinates of the fish sampling communities used in the study. These fishing communities were selected based on the intensity of fishing activities and predominant landing of fish species in the Sparidae family.

Table 1. Geographical coordinates of sampling locations

Locations	Geographic coordinates
Elmina	5° 4'58.94"N, 1° 21'10.66"W
Kpone	5°40'22.61"N, 0° 2'36.74"E
Tema	5°38'37.46"N, 0° 1'0.15"E
Prampram	5°42'19.00"N, 0° 6'57.11"E
Sakumono	5°36'40.70"N, 0° 2'41.85"W
Nungua	5°35'42.91"N, 0° 4'13.85"W

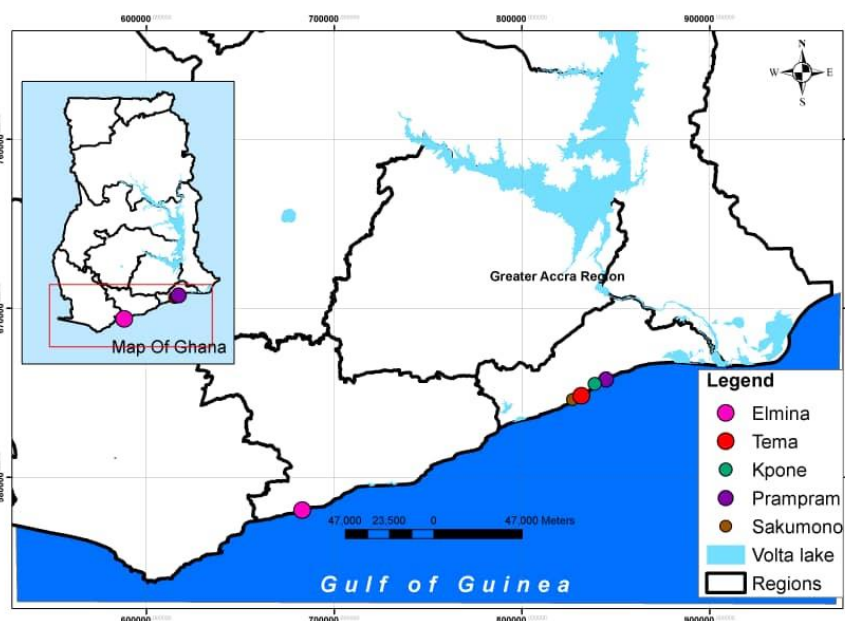


Figure 1. Map showing the sampling locations of the study

Data collection

Samples were sourced from different types of artisanal fishing gears, particularly hook and line from January to December 2019 and identified in situ using Kwei and Ofori-Adu (2005) identification keys. Samples obtained were then preserved on ice and sent to the fish laboratory at the University of Ghana for further analysis. At the laboratory, total length of the samples was measured to the nearest 0.1 cm using a wooden measuring board. A digital balance was used to record body and gonad weight of the specimen to the nearest 0.01g.

Methods

Length-Weight Relationships (LWR)

The total length and body weight of fish were used for the Length-Weight Relationships. The Length-Weight relationships were represented using the log transformed procedure: $\text{Log } W = a + b \log \text{TL}$ (Pauly, 1984), where W = body weight (g), TL = total length (cm), a and b are constants for intercept and growth pattern respectively.

Condition factor (CF)

The condition factor (CF) indicates the physiological wellbeing of fishes. This was estimated monthly using the equation: $\text{fish weight} * 100 / \text{total length}^3$ (Froese, 2006).

Maturity stages

Macroscopical assessment for sex and maturity stages was done for each of the gonads obtained. Categorization of the maturity stages was as follows: I, immature; II, resting; III, ripe; IV, ripe and running; V, spent (Chaouch *et al.*, 2013).

Sex ratio

Sex ratio provides information on the representation of male and female fish present in a population. The sex ratio was calculated as the proportion of males to females (Chaouch *et al.*, 2013).

Length at first maturity

For the calculation of the length at which 50% of individuals were matured, only maturity stages III and IV were used. From the cumulative length frequency of

matured individuals, 50 % on the cumulative axis was extrapolated to the length axis for the length at first maturity estimation.

Gonadosomatic index (GSI)

Determination of GSI aids in quantifying the changes in gonad weight during the annual sexual cycle and identifying the spawning season. The gonadosomatic index (GSI) was determined as gonadal weight * 100/eviscerated weight (g) (Analbery, 2004).

Data analysis

Variation in reproductive parameters such as GSI, length, and condition factor between male and female individuals were statistically analyzed using a T-test at a significance threshold of $P < 0.05$. Chi-square test was used to investigate the differences in sex ratio from an expected 1:1 ratio.

Results

Length distribution

The length measurement ranged from 7 cm to 33.9 cm for female individuals with a mean length of 19.6 ± 0.2 cm (Table 2). For male individuals, the mean length was 19.4 ± 0.1 cm with minimum and maximum lengths as 7 cm and 32.3 cm, respectively (Table 2).

Length weight relationship (LWR)

In the LWR, the growth pattern (b) for male and female individuals of *P. bellottii* was 3.03 (Fig. 2) and 3.02, respectively (Fig. 3). The variation in log transformed length of both male and female individuals explained more than 96 % of the variation in log transformed weight (Table 3).

Table 2. Descriptive statistics of length distribution of male and female individuals of *P. bellottii*

Sex	N	Mean	SE	Min/cm	Max/cm	T-test P-value
Female	391	19.6	0.2	7	33.9	0.32
Male	542	19.4	0.1	7	32.3	

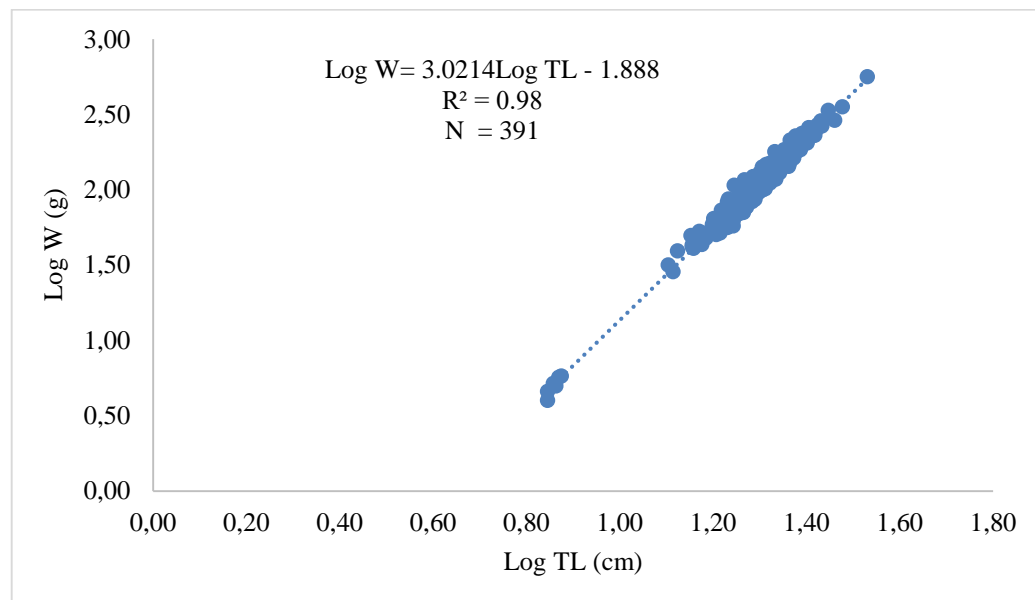


Figure 2. Linearized length weight relationship (LWR) of female individuals obtained during the study period

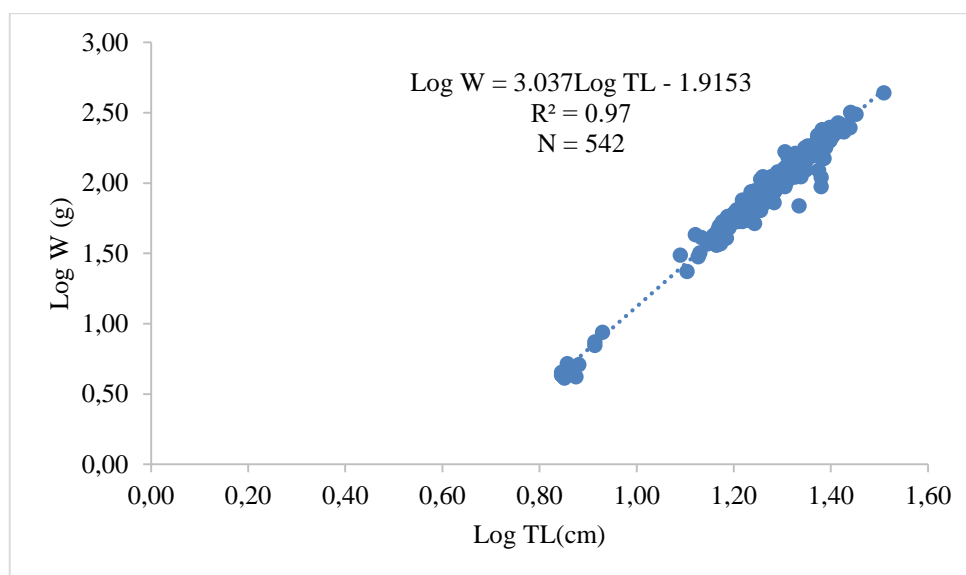


Figure 3. Linearized length weight relationship (LWR) of male individuals obtained during the study period.

Table 3. Regression output for LWR of male and female individuals of *P. bellottii* obtained during the study period

Sex	b	a	95% CL 'a'	95% CL 'b'	R ²
Males	3.037	0.012	0.011-0.013	2.993-3.081	0.97
Females	3.021	0.013	0.012- 0.015	2.974-3.069	0.98

Condition factor

The condition factor spanned from 1.08 to 1.97 for female individuals and 0.68 to 2.02 for male individuals of *P. bellottii*. The mean condition factor was 1.36 for males and 1.38 for females, respectively (Table 4).

Sex ratio

A total of 542 males and 391 females were observed out of 933 samples obtained. Sex ratio in the study was favoured by males with a ratio of 1.39 male: 1 female. Chi-square analysis showed significant difference from the theoretical ratio of 1:1 between male and female individuals (Goodness of Fit Chi-square = 24.4, N =533, df=1, p-value <0.001).

Table 4. Descriptive statistics of condition factors of *P. bellottii*

Sex	N	Mean	SE	Min	Max	T-test P-value
Female	391	1.38	0.006	1.08	1.97	0.01
Male	542	1.36	0.006	0.68	2.02	

Gonadosomatic index (GSI)

The mean GSI for matured female individuals ranged from 0.54 in October to 5.14 in July, with the major spawning peak in July and a minor spawning peak in May (Fig. 4).

Length at first maturity

The size at which 50% of female and male individuals mature was 20.0 cm (Fig. 5) and 20.8 cm (Fig. 6), respectively.

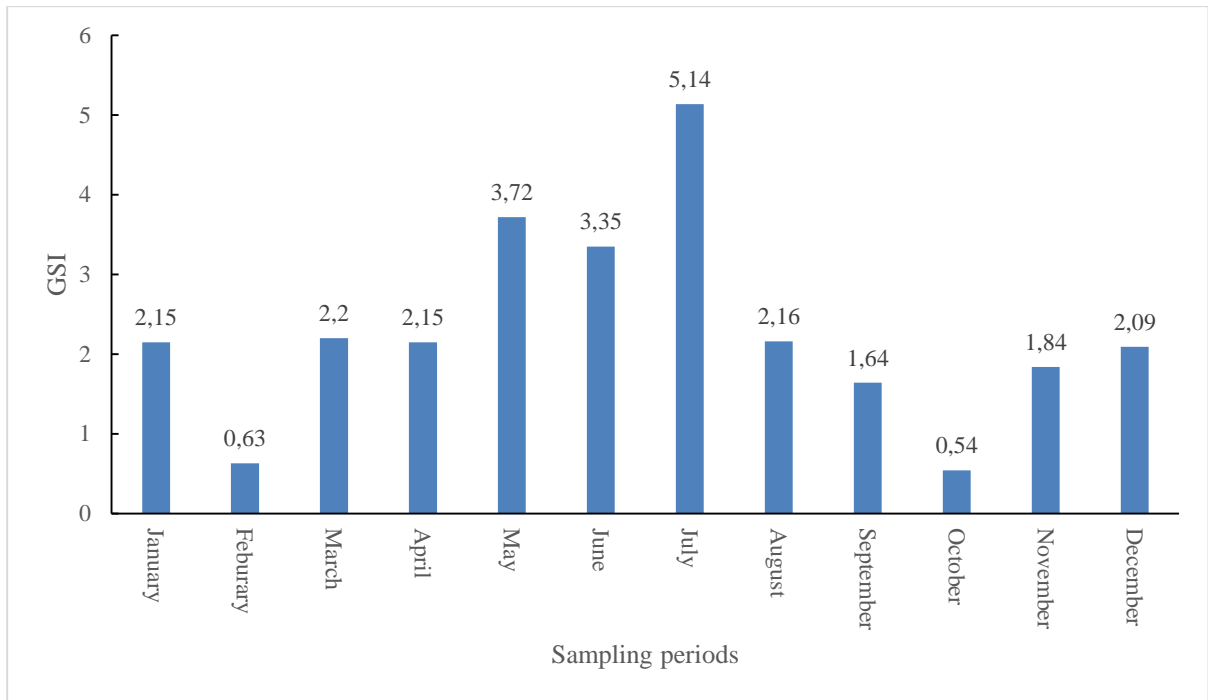


Figure 4. Monthly estimated GSI of individuals obtained during the period of sampling

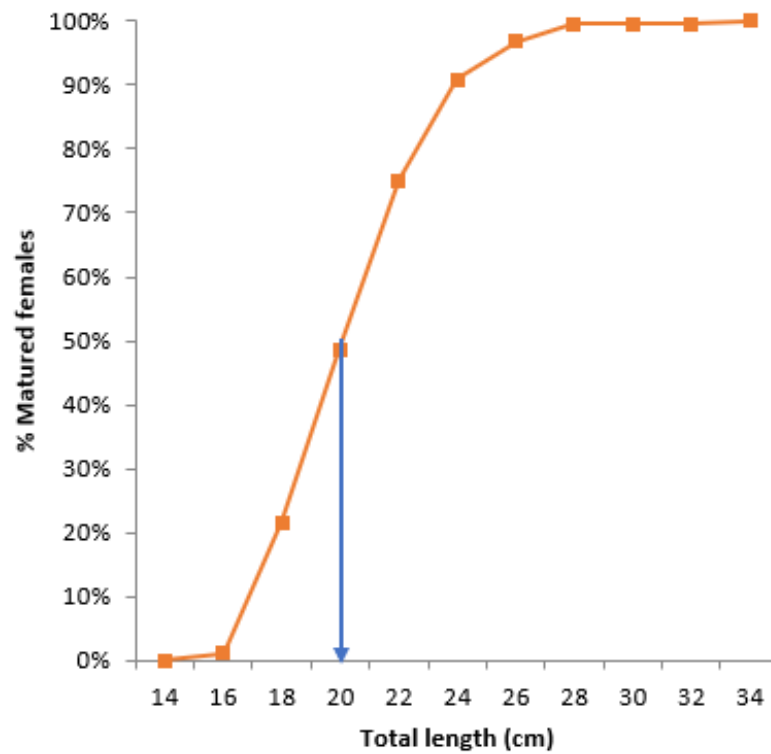


Figure 5. Length at first maturity of female individuals obtained during the sampling period

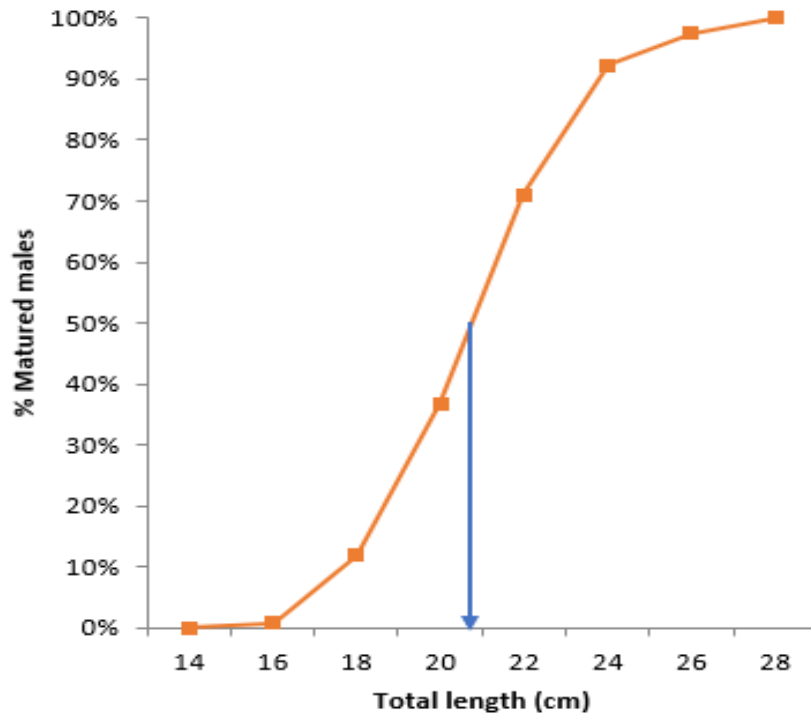


Figure 6. Length at first maturity of male individuals obtained during the sampling period

Discussion

Growth pattern of fish species is an essential length weight parameter for managing fish species (Ndiaye *et al.*, 2022). The LWR of *P. bellottii* from the study showed an isometric growth pattern for both male and female individuals which implies equal growth in length and weight. The implication of the growth pattern (b) for both male and female individuals of the Red Pandora from the study resonated with findings by other researchers such as Pauly (1984); Froese (2006) and Amponsah *et al.* (2017). Studies by Mansaray and Konomiya, (2020) from the coastal waters of Sierra Leone recorded a negative allometric growth pattern ($b > 3.0$) for male Red Pandora individuals and isometric growth pattern ($b = 3.0$) for female individuals. The variation in growth pattern for male individuals may be linked to factors such as seasonal effect, habitat type, stomach fullness level, obtainability of feed items, size variations, weight of species, environmental conditions, maturation stage, health status, and population size (Ndiaye *et al.*, 2022). Nonetheless, the recorded “b” value for both sexes was within the suggested range of 2.5 to 3.5 by Thomas *et al.*, (2003) for most tropical fish species.

The mean condition factor of both male and female individuals of the assessed species was above 1.0 which implies the existence of conducive environmental factors in the marine environment of Ghana. This suggests the relatively sound physiological well-being of both male and female individuals of the assessed fish species. Furthermore, this assertion has been confirmed by other scholars such as Ayode (2011) and Adebisi (2013). Mansaray and Konomiya (2020) recorded higher condition

factor for males than females of Red Pandora which was consistent with finding from this study. The variation in condition factor between male and female individuals may be due to the rate of growth in both sexes and the weight of the individual fishes (Oliveria *et al.*, 2017; Agbugui, 2013).

In the present study, males were numerically more than females, leading to violation of the theoretical ratio of 1:1 for males and females. Findings from the study was similar to studies by Mansaray and Konomiya (2020) and Kouame *et al.*, (2018) from the Ivorian waters and Asabere-Ameyaw (2000) from the Ghanaian waters. The higher number of male individuals than females could be due to high vulnerability of males than females to fishing gears (Vicentini and Araujo, 2003). In addition, spatial or vertical variation of sexes may have contributed to higher number of males than females (Sims *et al.*, 2001). Furthermore, Ali Ben Smida and Hadhri (2014); Benina (2015); Mahdi *et al.*, (2017) and Dobrosłavić *et al.*, (2017) have inferred that one of the sexes of fish species will always be predominant.

The most important biological parameter for determining the breeding season of fish as well as their gonadal maturity is the gonadosomatic index (Bindu *et al.*, 2012; Raghavan *et al.*, 2016). The GSI increases with maturity and decreases with the end of gonadal activity after spawning (Jan *et al.*, 2014; Geremew *et al.*, 2015). In the study, a minor spawning period was observed from November - January and a major spawning from March to September based on the variation in GSI. This was similar to studies by Asabere-Ameyaw (2000) who documented minor and major spawning phases in January-February and June to September, respectively. Nonetheless, the relatively small breeding activities observed in all months of the study

could suggest a continuous spawning behavior (Lazar, 2017). In addition, ICE (2004) has inferred *P. bellottii* to be a multi-spawner species fish due the presence of matured individuals all year round.

In this study, females reached first maturity earlier than males which was in accordance with findings by Kouame *et al.*, (2018), Ndiaye (2014) from Senegalese waters and Asabere-Ameyaw (2000). Zarrad *et al.* (2010) attributed difference in size at first maturity to growth differences of populations influenced by temperature and food quality and availability. Also, changes in length at first maturity may be directly connected to demographic density, environmental conditions, differences in reproductive biology, growth rates, fishing catches, availability of food, and hydrological conditions (Perez-Palafox *et al.*, 2021). Nonetheless, the size at first maturity for both males and female individuals was similar to those estimated by Asabere-Ameyaw (2000), but higher than the estimates by Amponsah *et al.* (2016) which may be due to differences in the scientific approach used in the estimation process. Size at sexual maturity (L_{50}) is an essential parameter for fisheries management as it gives the authorities to decide on mesh size in fishing zones and therefore, to avoid fishing juveniles (Hossain *et al.*, 2013). The use of appropriate meshes will prevent the capture of immature individuals and therefore, sustain the potential for reproduction (Lin *et al.*, 2013).

Conclusion

This study sheds light on some aspects of the reproductive biology of the Red Pandora in the coastal waters of Ghana. The results revealed that male and female individuals of Red Pandora exhibit isometric growth with a mean value of condition factor greater than 1.0. The sex ratio of individuals in the study favored males. GSI studies displayed two spawning periods. This information will contribute to knowledge essential for sustainably managing the population of *P. bellottii* in Ghana.

Acknowledgements

We thank fishermen in various fishing communities for their assistance in data collection.

Conflict of Interest

The author declare no conflict of interest.

Ethics Approval

Ethics committee permission is not required for this study.

References

- Adebiyi, F. A. (2012). Aspects of reproductive biology of big eye grunt *Brachydeuterus auritus* (Valenciennes, 1832). *Nature and Science*, 10(2), 19-24.
- Adebiyi, FA (2013). Length frequency distribution, Length – weight relationship and condition factor of sompat grunt *Pomadasys jubelini* (Cuvier, 1830) off Lagos coast, Nigeria. *Pertanika JTAS*; 36 (4): 337-344.
- Agbugui, MO (2013). Length-Weight relationship and condition factor of *Pomadasys jubelini* in the New Calabar-Bonny River, Nigeria. *World Rural Observations*; 5(4): 50-53
- Amponsah, S. K. K., Abdulhakim, A., Ofori-Danson, P. K., & Anyan, K. F. (2017). Population dynamics of Bigeye grunt, *Brachydeuterus auritus* (Valenciennes, 1831) in Ghana and management implications.
- Amponsah, S. K. K., Ofori-Danson, P. K., Nunoo, F. K. E., & Ameyaw, G. A. (2016). Aspects of population dynamics of Red Pandora, *Pagellus bellottii* (Steindachner, 1882) from the coastal waters of Ghana. *Journal of Scientific and Innovative Research*, 5 (6), 215-224.
- Analbery M. (2004). Biologie, écologie et pêche de *Hemiramphus brasiliensis*. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne 61-123.
- Asabere-Ameyaw, A. (2000). Aspects of the reproductive biology of the red pandora, *Pagellus bellottii* (Pisces: Sparidae) in Ghana. *Journal of the Ghana Science Association*, 2 (1), 23-30. DOI: 10.4314/jgsa.v2i1.17835.
- Ayivi, S. S. (2012). Seasonal Trend and Abundance of Sparids In Ghanaian Coastal Waters: An Assessment of The Artisanal Fisheries Sector. United Nations University Fisheries Training Programme, Iceland [final project].
- Ayode, AA (2011). Length -Weight Relationship and Diet of African Carp *Labeo ogunensis* (Boulenger, 1910) in Asejire Lake Southwestern Nigeria. *JFAS*; 27(1): 3-9
- Benina, R. (2015). Biologie et exploitation de la *Bogue Boops boops* (Linné, 1758) dans la baie de Bou-Ismaïl191p.
- Bindu, L., Padmakumar, K. G., Sreerexha, P. S., & Joseph, N. (2012). Reproductive biology of the golden catfish, *Horabagrus brachysoma* (Günther, 1864), an endemic species of the Western Ghats, India. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 772-777. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2012.02026.x.
- Blackwell, B. G., Brown, M. L., & Willis, D. W. (2000). Relative weight (W_r) status and current use in fisheries assessment and management. *Reviews in Fisheries Science*, 8, 1-44.
- Chaouch, H., Hamida-Ben Abdallah, O., Ghorbel, M., & Jarboui, O. (2013). Reproductive biology of the annular seabream, *Diplodus annularis* (Linnaeus, 1758), in the Gulf of Gabes (Central Mediterranean). *Journal of Applied Ichthyology*, 29(4), 796-800.
- Dobroslavić, T., Mozara, R., Glamuzina, B., & Bartulović, V. (2017). Reproductive patterns of bogue, *Boops boops* (Sparidae), in the southeastern Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 58(1), 117-125.
- Froese R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, metaanalysis and

- recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22, 241-253
- Geremew, A., Getahun, A., & Dejen, E. (2015). Reproductive biology of *Garra regressed* and *Garra tana* (Cypriniformes: Cyprinidae) from Lake Tana, Ethiopia. *Journal of Threatened Taxa*, 7, 7223-7233. DOI: 10.11609/jott.2019.7223-7233.
- Hossain, M. Y., Arefin, M. S., Mohmud, M. S., Hossain, M. I., Jewel, M. A. S., Rahman, M. M., Ahamed, F., Ahmed, Z. F., & Ohtomi, J. (2013). Length-weight relationships, condition factor, Gonadosomatic-index based size at first sexual maturity, breeding season and fecundity of *Aspidoparia morar* (Cyprinidae) in the Jamuna River (Brahmaputra River distributary), northern Bangladesh. *Journal of Applied Ichthyology*, 29, 1166-1169. DOI: 10.1111/jai.12127.
- Jan, M., Jan, U., & Shah, G. M. (2014). Studies on fecundity and gonadosomatic index of *Schizothorax plagiostomus* (Cypriniformes: Cyprinidae). *Journal of Threatened Taxa*, 6, 5375-5379. <https://doi.org/10.11609/JoTT.o3269.5375-9>
- Kouame, A. C., Sylla, S., Arra, S., Kouakou, K. F., & Yao, S. S. (2018). Parameters of Reproductive biology of red pandora *Pagellus bellottii* (Steindachner, 1882) in the Ivoirian coast (Cote d'Ivoire). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 12 (4), 185-193. <http://www.innspub.net>
- Kwei, E. A., & Ofori-Adu, D. W. (2005). Fishes in the coastal waters of Ghana. *Tema: Ronna Publishers*.
- Lazar, N. (2017). Baseline Assessment of Demersal Fish Stocks Of The Western Region Of Ghana. The USAID/Ghana Sustainable Fisheries Management Project (SFMP). Narragansett, RI: Coastal Resources Center, Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island.
- Liu, C., Gao, X., Wang, H., Liu, H., Cao, W., & Danley, P. D. (2013). Reproductive characteristics of *Ancherythroculter nigrocauda*, an endemic fish in the upper Yangtze River,
- Mahdi, H., Talet, L. B., & Boutiba, Z. (2018). Reproductive biology of the common pandora *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) of Oran Bay (Algerian west coasts). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1), 1-7.
- Mansaray, A., & Konomiya, K. J. (2020). Sex ratio, gonad maturity and size-structure of *Pagellus bellotti* in Sierra Leone. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 24(12), 2153-2159.
- Ndiaye, W., Sarr, A., and Diédhiou, P. (2022). Biological Parameters of the red pandora (*Pagellus bellottii* Steindachner, 1882) in Soumbédioune, Senegal, West Africa. *American Journal of Life Sciences*, 10 (6), pp. 115-122. doi: 10.11648/j.ajls.20221006.11
- Oliveira, M. R., Costa, E. F. S., Araújo, A. S., Pessoa, E. K. R., Carvalho, M. M., Cavalcante, L. F. M., & Chellappa, S. (2017). Sex Ratio and Length-Weight Relationship for Five Marine Fish Species from Brazil. *Journal of Marine Biology & Oceanography*, 1 (2), 1-3. doi: <http://dx.doi.org/10.4172/2324-8661.1000103>
- Pauly, D (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. ICLARM Stud and Rev 8. ICLARM, Manila, p325.
- Pérez-Palafox, X. A., Morales-Bojórquez, E., Aguirre-Villaseñor, H., & Cruz-Escalona, V. H. (2022). Length at maturity, sex ratio, and proportions of maturity of the giant electric ray, *Narcine entemedor*, in its septentrional distribution. *Animals*, 12(1), 120.
- Raghavan, R., Philip, S., Ali, A., Katwate, U., & Dahanukar, N. (2016). Fishery, biology, aquaculture and conservation of the threatened Asian Sun catfish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 26, 169-180. DOI: 10.1007/s11160-016-9418-1.
- Russell, B. & Carpenter, K.E. (2014). *Pagellus bellottii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014.3.RLTS.T170162A1285147>.
- Sims, D., Nash, J., & Morritt, D. (2001). Movements and activity of male and female dogfish in a tidal sea lough: alternative behavioural strategies and apparent sexual segregation. *Marine Biology*, 139, 1165-1175.
- Smida, M. A. B., Hadhri, N., Bolje, A., & Fehri-Bedoui, R. (2014). Reproductive cycle and size at first sexual maturity of common pandora *Pagellus erythrinus* (sparidae) from the bay of monastir (tunisia, central mediterranean). In *Annales: Series Historia Naturalis* (Vol. 24, No. 1, p. 31). Scientific and Research Center of the Republic of Slovenia.
- Thomas, J., Venu, S., & Kurup, B. M. (2003). Length-weight relationship of some deep-sea fish inhabiting the continental slope beyond 250m depth along the West Coast of India.
- Vicentini, R. N., & Araujo, F. G. (2003). Sex ratio and size structure of *Micropogonias furnieri* (Desmarest, 1823) (Perciformes, Sciaenidae) in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63 (4), 559-566. DOI: 10.1590/S1519-69842003000400003.
- Zarrad, R., Cherif, M., Gharbi, H., JARBOU, O., & Missaoui, H. (2010). Académique reproductive cycle and sex reversal of *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) in the gulf of Tunis (Central Mediterranean). *INSTM Bulletin: Marine and Freshwater Sciences*, 37, 13-20.

Instruction for Authors

COMU Journal of Marine Science and Fisheries (COMU J Mar Sci Fish) covers the research on all aspects of Marine Science and Fisheries presented as original articles, reviews, short communications, case study, reports and letters to Editor. COMU Journal of Marine Science and Fisheries is published two times (July and December) (e-ISSN: 2651-5326) in a year, operates [double-blind peer-review process](#), and therefore the authors should remove their name and any acknowledgment from the manuscript before submission. The author names, corresponding author's name, affiliations, address, phone number, e-mail address and ORCID numbers should be given on the title page only. COMU Journal of Marine Science and Fisheries is an [Open Access journal](#), which means that all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of the articles, or use them for any other lawful purpose, without asking prior permission from the publisher or the author. This is in accordance with the [Budapest Open Access Initiative \(BOAI\)](#) definition of Open Access. Original articles and reviews are limited to 25 pages, including tables, figures, and references. Short communications, technic note, reports and case studies are limited to 10 pages including tables, figures and references. Letters to Editor are limited to 3 pages. Letters to the Editor are limited to 3 pages, including tables and explanations.

Article Submission

- 1) Articles should be written in Turkish or English. Turkish translation of the title, keywords and abstract of the manuscript for foreign authors will be provided by our journal office.
- 2) All manuscript for COMU Journal of Marine Science and Fisheries should be submitted electronically through the website of the journal which can be accessed at <https://dergipark.org.tr/pub/jmsf>.
- 3) The manuscripts should not be previously published or accepted for publication and should not be submitted or under simultaneous consideration for publication elsewhere.
- 4) The editorial board has the right to perform necessary modifications and a reduction in the manuscript submitted for publication and to express recommendations to the authors. The manuscripts sent to authors for correction should be returned to the editorial office within a month. After pre-evaluation and agreement of the submitted manuscripts by the editorial board, the article can only be published after the approval of the field editor and referees specialized in the particular field.
- 5) All responsibilities from published articles merely belong to the authors. According to the ethical policy of our journal, plagiarism/self-plagiarism will not be tolerated. All papers are detected for their originality using plagiarism check software (iThenticate software <http://www.ithenticate.com>). Manuscripts with a similarity index of 30% or less will be accepted for further reviewing. Manuscripts with higher similarity than 30% are examined in detail and, if necessary, sent back to authors for review and correction. Manuscripts are rejected when plagiarism is detected.
- 6) Authors must indicate the name of institute approves the necessary ethical commission report and the serial number of the approval in the material and methods section. If necessary, the editorial board may also request the official document of the ethical commission report. If an ethical problem is detected (not reporting project information, lack of ethical committee information, conflict of interest, etc.), the editorial board may reject the manuscript at any stage of the evaluation process.
- 7) Authors should take into account the issues listed in the ["Ethical Principles and Publication Policy"](#) section regarding scientific research and authors.
- 8) The journal does not charge any article submission, article-editorial processing or publication charges (page or color charges). There is no copyright fee for the authors.

Preparation of the Manuscript

The manuscript should be prepared in MS Word format (.doc veya .docx) by using Times New Roman font (12 pt) and double-spaced, 2.5 cm margins of all edges. The Latin expression such as species names of bacterium, virus, parasite and fungus and anatomical terms must be written in italic character keeping their original forms. Original drawings, figures, images etc. must be submitted with the original manuscript. *Original manuscript (short communication, technical note) should be arranged as Title page, Abstract, Key words, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Acknowledgements, Conflict of Interest, Author Contributions, Ethics Approval and References. Reviews should be arranged as Title page, Abstract, Key words, Introduction, Discussion, Acknowledgements, Conflict of Interest, Author*

Contributions and References. Line and page numbers should be given from the first page (abstract) of the manuscript. Abbreviations must follow International rules and defined at their first mention in the text. The symbols should be selected in accordance with the international usage and defined where it is first used. The entire article (including text, references, figures and tables) should be given in a single file. Figures and tables should be inside the manuscript placed properly).

Title Page

Title: Must be short and informative and full title should be capitalized for first letter of each word.

Authors: Names and surnames of the authors will be written in capitalized letter for the first letter of each word and the address of the author(s) should be linked by superscript numbers, and listed beneath the title. Corresponding author must be indicated (*) in the author names and must be added address, phone number, and e-mail address. ORCID numbers of all authors should be given on the article.

Subheadings

Level 1: Centered, bold, initials capitalized rest small (Article Title),

Level 2: Left justified, bold, initials capital, rest small (Introduction, Materials and Methods etc.),

Level 3: A tab inside, bold, only the first letter of the title is capitalized, the rest is small, with a dot at the end,

Level 4: A tab inside, bold, italic. only the first letter of the title is capitalized, the rest is small, with a dot at the end.

Abstract

Briefly give the objectives, methods, results and conclusions and it should not exceed 300 words.

Key words

Authors must give up to 6 key words which identify the subject covered by the paper. All keywords should be written using a comma after all.

Introduction

Should indicate the subject of the article which is generally based on a brief interpretation of the related literature. The novelty and the aim of the study should be clearly stated. The introduction should be general enough to attract a reader's attention from a broad range of scientific disciplines.

Material and Methods

This part contains a brief and clear description of the materials and methods used. Subtitles can be given as appropriate. Detailed descriptions of materials or participants, comparisons, interventions and types of analysis should be mentioned. For experimental studies carried on animals, the authors should mention whether the institutional and national guide for care and use of laboratory animals was respected and also indicate the approval of the local Ethical Committee in this part of the manuscript. Statistical analysis etc should be explained briefly as a subtitle in this section.

Results and Discussion (separate or together)

The data and results of the research (tables and figures) must be clearly and concisely defined and a comparison with related literature citations should be made as appropriate. Significant findings can be briefly summarized as a conclusion in the last paragraph. Detailed interpretation of data should not be included in the results but should be put into the discussion section.

Tables and Figures

Table and Figure titles should be short and informative. Descriptive titles should be given at the top of the tables and at the bottom of the figures. Figures and tables should be inside the manuscript placed properly (not at the end of manuscript).

Legends of illustrations should be listed after the list of references labelled "Figure 1, Figure 2..." unless there is only one figure, in that case the caption should be labelled as "Figure". In addition, figures will be requested from the authors when necessary after the referee reviews are completed. Files should be saved as TIFF or JPEG at least 300 dpi resolution. Tables should be given at the end of the manuscript with a caption or legend (e.g. Table 1, Table 1.), in case there is only one Table, it should be labelled as "Table". Tables should be prepared by using Table tool in Word format.

Acknowledgements

Supporting institutions or individuals, project numbers, thesis work etc are briefly acknowledged just before the references. (if any)

Conflict of Interest

The authors should declare whether there is a conflict of interest. For examples;

- The author declares no conflict of interest.
- The authors declare that there are no conflicts of interest.
- The authors have no affiliations with or involvement in any organization or entity with any financial interest, or non-financial interest in the subject matter or materials discussed in this manuscript.
- John Smith declares that he has no conflict of interest. Paula Taylor has received research grants from Drug Company A. Mike Schultz has received a speaker honorarium from Drug Company B and owns stock in Drug Company C.

Author Contributions

Author contributions should be stated in the manuscript. Author contributions should be included in the manuscript by the authors after the referee evaluation process of the article is completed and accepted by the editor.

For examples;

- D. Nak, E. Kuruoglu and Y. Nak, planned and designed the research. Z. M. Ekici, D. Koca, T. Avcılar, M. E. Sahin and A. H. Shahzad provided help in the clinic process. M. O. Ozyigit and Z. Avcı Kupeli made histopathological examinations. All authors discussed the results and contributed to the final manuscript.
- D. Çayan and E. Unur conceived the ideas of the study and writing manuscript; D. Çayan, M. Nisari, D. Patat and E. Dağlı performed data collection and analysis; H. Akalın performed gene expression stages.

Ethics Approval

Animal and human experiments conducted in the manuscript research should comply with the ARRIVE guidelines, EU Directive 2010/63/EU and National Ethics Committee for Animal Experiments (HADMEK, HADYEK). If the submitted article involves the use of animal (vertebrate) and human subjects, authors should prove that they have carried out the manuscript studies in accordance with the relevant laws and regulations and they have received the approval of the authorized institutional committees (the ethics committee name and number). If the study did not require ethics approval, this should also be detailed in the manuscript. An explanation should be added to the article with the title of "Ethics Approval" after the Author Contributions section.

References

All references should be provided in accordance with [APA 6 style](#). The usage of reference managers such as Endnote can be used to organize the references. [APA 6th output format](#) should be used in writing the references.

- The in-text citation to the references should be formatted as surname(s) of the author(s) and the year of publication: (Bingel, 1981) or (Uysal ve Avşar, 1994).
- For citations with more than two authors, only the first author's name should be given, followed by "et al." and the date. (Gücü et al., 2016).
- If the cited reference is the subject of a sentence, only the date should be given in parentheses, i.e., Erkoyuncu (1983), Pauly et al. (1978).
- When its needed to cite two or more references together, in-text citations should be arranged alphabetically in the order in which they appear in the reference list, i.e. (Bingel, 1978; Gulland, 1987; Holden ve Raitt, 1974) or (Kocataş, 1978, 1979, 1981) or (Avşar ve Bingel, 1988a, 1988b).
- All citations should be listed in the reference list. References should be listed alphabetically ordered by the author's surname, or first author's surname if there is more than one author at the end of the text.
- DOI number (if available) should be added at the end of the reference. A dot should not be placed after the DOI information.
- In the web references can be reached online only, the web address (full URL) and connection date should be added at the end of the reference information.
- References should have the order of surnames and initial letters of the authors, (the year of publication). Title of the article, title of the journal, volume (issue number), page numbers and doi: xxxxxx. The article title should only start with the first letter capital in the first word, lower case if the rest is not a special name. The journal title should be italic and spelled out fully, and each word should start with a capital letter (*Fisheries Research, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*). Volume should be written in italics e.g. *volume* (issue number).
- *The citation of journals, books, book chapters and articles published online should conform to the following examples:*

Journal article

- Baran, B. (2010). Scaphopod species (Mollusca) of the Turkish Levantine and Aegean seas. *Turkish Journal of Zoology*, 38(2), 190-209. doi:10.3906/zoo-0902-12
- Ak, İ., & Türker, G. (2018). Antioxidant properties and phytochemicals of three brown macro algae from the Dardanelles (Çanakale) strait. *Agricultural Science and Technology*, 10(4), 354- 357. doi: 10.15547/ast.2018.04.065
- Jonsdottir, R., Sveinsdottir, K., Magnússon, H., Arason, S., Lauritzen, K., & Thorarindottir, K. A. (2011). Flavor and quality characteristics of salted and desalted cod (*Gadus morhua*) produced by different salting methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(8), 3893-3904. doi: 10.1021/jf104203p

Book

- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (1999). *Sensory evaluation techniques (3rd ed)* (387 p. CRC Press, Inc. ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Parsons, T.R., Matia, Y., & Lalli, C.M. (1984). *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. New York: Pergamon Press.
- Özdamar, K. (1997). *Paket programlar ile istatistiksel veri analizi I*. Eskişehir: Kaan Yayın evi.

Book chapter

- Sikorski, Z. E., & Ruitter, A. (1995). Changes in proteins and nonprotein nitrogen compounds in cured, fermented, and dried seafoods. In Z. E. Sikorski, B. S. Pan & F. Shahidi (Eds.), *Seafood Proteins* (pp. 113-126): Springer.

Proceedings

- Soultos, N., Lossifidou, E., Lazou, T. & Sergedilis, D. (2010). Prevalence and antibiotic susceptibility of *Listeria monocytogenes* isolated from RTE seafoods in Thessaloniki (Northern Greece). In Ş. Çaklı, U. Çelik, C. Altınelataman (Eds.), *West European Fish Technologists Association Annual Meeting 2010* (pp. 94-98). İzmir, Turkey: Bildiriler Kitabı.
- Werlinger, C., Mansilla, A., Villarroel, A., & Palacios, M. (2009). Effects of photon flux density and agricultural fertilizers on the development of *Sarcothalia crispata* tetraspores (Rhodophyta, Gigartinales) from the Strait of Magellan, Chile. In M. A. Borowitzka, A. T. Critchley, S. Kraan, A. Peters, K. Sjøtun & M. Notoya (Eds.), *Nineteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the 19th International Seaweed Symposium, held in Kobe, Japan, 26-31 March, 2007*. (pp. 307- 315). Dordrecht: Springer Netherlands.

Thesis

- Lauritzen, K. (2004). Quality of salted cod (*Gadus morhua* L.) as influenced by raw material and salt composition. (PhD Dissertation), University of Tromsø, Tromsø, Norway.

Electronic (web) resources

- Andrews, T. (2010). *What vitamins are found in fish?* Access date: 27.11.2012, <http://www.livestrong.com/article/292999-what-vitamins-are-found-in-fish>
- FAO (2018). *FAO Yearbook of Fishery Statistics/Global Production Statistics 1950-2015*. Access date: 24 January 2018, <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/en/>

Proofs

One set of proofs will be sent to the corresponding author as given on the title page of the manuscript. Only typesetter's errors may be corrected; no changes in, or additions to, the edited manuscript will be allowed. Subsequent corrections will not be possible, so please ensure your first sending is complete.

Copyright Notice

Upon submission of a manuscript to COMU-JMSF, a copyright release form should be completed as part of the submission process. Copyright release form can be accessed through <https://dergipark.org.tr/en/journal/2332/file/>. Authors who submit articles should download, sign and scan the form and submit it via the system. Manuscripts of authors who do not submit copyright release form along with the manuscript will not be accepted for further reviewing. By completing copyright release form, all authors affirm that the manuscript has not been submitted for publishing to elsewhere. When the manuscript is accepted COMU-JMSF holds the exclusive right to publish and reproduce the article in any form.

