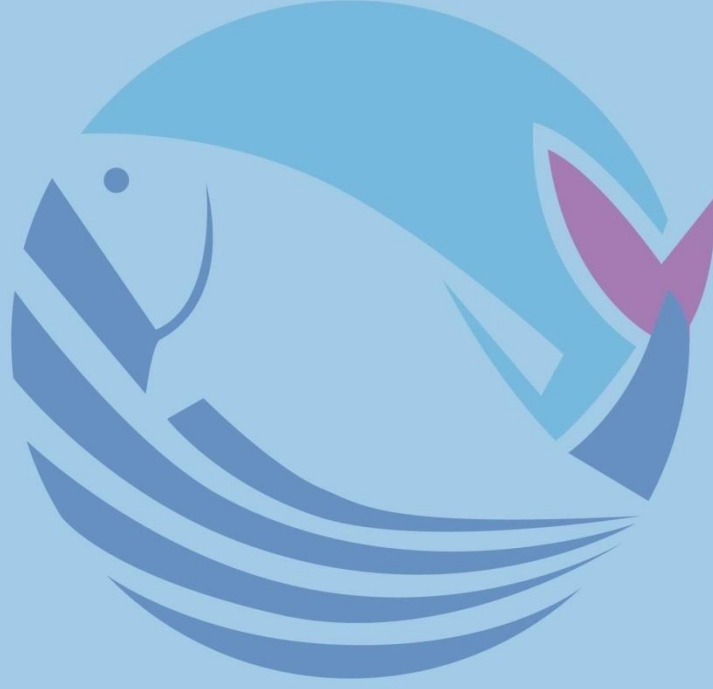


# Acta Aquatica Turcica

**Türk Su Bilimleri  
Dergisi**



**2022**

**Vol:18**

**Number:4 | Cilt:18**

**Sayı:4**

**e-ISSN: 2651-5474**

Yayın Tarihi: Aralık - 2022

**ACTA AQUATICA TURCICA**

**TÜRK SU BİLİMLERİ DERGİSİ**

**E-ISSN: 2651-5474**

**(YIL: 2022 – CİLT: 18 – SAYI: 4)**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi

Adına Sahibi /

Owner of Behalf of Isparta University of Applied Sciences, Eğirdir Fisheries Faculty

Ayşegül KUBİLAY

**Baş Editör / Editor in Chief**

Yunus Ömer BOYACI

**Editörler / Editors**

Şengül BİLGİN

Nalan Özgür YİĞİT

Seçil METİN

Mustafa CEYLAN

Viktoras LIORANČAS

Tom WIKLUND

Aynur LÖK

Ercüment GENÇ

Selda TEKİN ÖZAN

Hüseyin SEVGİLİ

Mehmet CİLBİZ

Mehmet Arif ZORAL

Hüseyin KÜÇÜKTAŞ

Yayın Tarihi: Aralık - 2022

**Mizanpaj Editörleri / Layout Editors**

Deniz KARA

Ergi BAHRIÖĞLU

**İngilizce Editörü / English Editor**

Arda ÖZEN

**İletişim / Contact**

Acta Aquatica Turcica

Yayın Komisyonu Başkanlığı,

32260 Doğu Yerleşkesi-İSPARTA

Tel: 0 246 2146401 Faks: 0 246 2146445

<http://dergipark.org.tr/actaquatr>

E-Posta: [actaquatr@isparta.edu.tr](mailto:actaquatr@isparta.edu.tr)

---

**E-ISSN: 2651-5474**

Yayın Tarihi: Aralık - 2022

**ACTA AQUATICA TURCICA**  
**E-ISSN: 2651-5474**  
**(YIL: 2022 – CİLT: 18– SAYI: 4)**

---

**YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD\***

---

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Altan LÖK                    | Ege University, TÜRKİYE                       |
| Doru Stelian BĂNĂDUC         | Lucian Blaga” University of Sibiu, ROMANIA    |
| Ercüment GENÇ                | Ankara University, TÜRKİYE                    |
| Erdoğan ÇİÇEK                | Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, TÜRKİYE |
| Erik JEPPESEN                | Aarhus University, DENMARK                    |
| Eugenia BEZİRTZOGLU          | Democritus University of Thrace, GREECE       |
| Hamid Reza ESMAEILI          | Shiraz University IRAN                        |
| Karim ERZINI                 | University of Algarve, PORTUGAL               |
| Magdolna Müllerne TRENOVSZKI | Szent Istvan University, HUNGARY              |
| Özkan ÖZDEN                  | İstanbul University, TÜRKİYE                  |
| Pavel KOZAK                  | University of South Bohemia, CZECHIA          |
| Stamatis ZOGARİS             | Hellenic Centre for Marine Reseach, GREECE    |
| Stefan BERGLEITER            | Naturland, GERMANY                            |
| Süheyla KARATAŞ STEINUM      | İstanbul University, TÜRKİYE                  |
| Tom WİKLUND                  | Åbo Akademi University, FINLAND               |
| Viladimir PESIC              | University of Montenegro, MONTENEGRO          |
| Yazdan KEIVANY               | Isfahan University of Technology, IRAN        |

---

\* Liste akademik unvan ve isme göre alfabetik sırayla hazırlanmıştır.

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### **ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES:**

|   |                |
|---|----------------|
| Dünden bugüne Beyşehir Gölü (Isparta-Konya, Türkiye) balıkçılığı ve durum analizi<br><b>İskender Gülle, Fahrettin Küçük, Salim Serkan Güçlü .....</b>   | <b>436-450</b> |
| Antibacterial activity and characterization of water-soluble Chitosan compounds produced from enzymatic deacetylation<br><b>Hatice Aysun Mercimek Takcı, Fatih Matyar, Fatma Yılmaz, Gülcihan Güzeldağ, Halil İbrahim Çelik.....</b>  | <b>451-460</b> |
| Türkiye’de Gökkuşuğu Alabalığı yetiştiriciliğinin üretim ve ekonomik göstergelerinin incelenmesi<br><b>Önder Yıldırım, İsmail Berat Çantaş.....</b>   | <b>461-474</b> |
| The determination of trophic level of Küçükçekmece Lagoon Lake (İstanbul, Türkiye) by using some environmental variables with indicator benthic Macroinvertebrates findings<br><b>Gazel Burcu Aydın, Cenk Gürevin, Burak Öterler.....</b>   | <b>475-485</b> |
| Özlüce Baraj Gölü (Elazığ-Bingöl, Türkiye)’nde yaşayan <i>Alburnus sellal</i> Heckel, 1843 popülasyonunda bazı morfolojik ve meristik özelliklerinin incelenmesi<br><b>Mustafa Düşükcü, Mücahit Eroğlu, Mehmet Zülfi Çoban .....</b>  | <b>486-494</b> |
| In vitro antibacterial activity of <i>Origanum onites</i> and <i>Mentha spicata</i> subs. <i>tomentosa</i> essential oil nanoemulsions against bacterial fish pathogens<br><b>Mevlüt Nazıroğlu, Öznur Diler, Öznur Özil, Abdullah Diler .....</b>   | <b>495-504</b> |
| The effects of environmental variables and morphometry on hemocyte structure in the hemolymph of portunid crab, <i>Carcinus aestuarii</i> Nardo, 1847 in Çardak Lagoon (Çanakkale Strait)<br><b>Seçil Acar, A. Suat Ateş .....</b>  | <b>505-512</b> |
| A Pycnogonid species new for the Mediterranean coast of Türkiye: <i>Achelia langi</i> (Dohrn, 1881) (Arthropoda, Pycnogonida)<br><b>Cengiz Koçak .....</b>  | <b>513-517</b> |
| Farklı yemlerin (Teke Karidesi ( <i>Palaemon serratus</i> Pennant, 1777), Morio kurdu ( <i>Zophobas morio</i> Fabricius, 1776) ve Afrika göçmen çekirgesi ( <i>Locusta migratoria</i> L. 1758)) olta balıkçılığında av verimliliğine etkilerinin karşılaştırılması<br><b>Yıldız Bolat, Atılğan Kunt .....</b> | <b>518-534</b> |
| Selectivity characteristics of the sorting grid in shrimp beam trawls used to reduce bycatch in the Sea of Marmara<br><b>Mustafa Zengin, Hakan Kaykaç, Zafer Tosunoğlu, Taner Yıldız, Uğur Uzer .....</b>   | <b>535-549</b> |

**Dünden Bugüne Beyşehir Gölü (Isparta-Konya, Türkiye) Balıkçılığı ve Durum Analizi****Beyşehir Lake (Isparta-Konya, Türkiye) Fishing from Past to Present and Situation Analysis**İskender Gülle<sup>1</sup>, Fahrettin Küçük<sup>2\*</sup>, Salim Serkan Güçlü<sup>2</sup><sup>1</sup>Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Burdur, Türkiye<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta-Türkiye\*Sorumlu yazar: [fahrettinkucuk@isparta.edu.tr](mailto:fahrettinkucuk@isparta.edu.tr)

Geliş: 04.02.2022

Kabul: 31.10.2022

Yayın: 01.12.2022

**Alıntılama:** Gülle, İ., Küçük, F., & Güçlü, S. S., (2022). Dünden bugüne Beyşehir Gölü (Isparta-Konya, Türkiye) balıkçılığı ve durum analizi. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 436-450. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1068143>

**Özet:** Anadolu plakasının önemli karstik boşalım havzalarından birinde yer alan Beyşehir Gölü 650 km<sup>2</sup> yüzey alanı ile Türkiye'nin en büyük tatlısu gölü olmasının yanında; biyo-ekolojik, sosyo-ekonomik ve kültürel yönlerden çok önemli bir sulak alanıdır. Beyşehir Gölü balıkçılığı üzerine tutulmuş ilk kayıtlar 1910'lara dayanmaktadır. Balıkçılığa ait ilk bilimsel bulgular 1950'li yıllarda başlamıştır. Gölün balıkçılığı hakkında güvenli verilere ulaşmak oldukça zor olmakla beraber, 1950'lerden günümüze kadar olan süreçte balıkçılık üzerine etkin olan başlıca süreçler: i) kullanılan avcılık yöntemi ve av araçları, ii) gölün trofik yapısındaki değişimler, iii) yabancı fauna elemanlarının göle girmesi, iv) gölün su seviyesindeki değişimler, v) balıkların sosyo-ekonomik ve bilinç düzeyi, vi) balıkçılık yönetim stratejileri olduğu görülmüştür. Gölde 1950'lerde yaklaşık 3 kg/ha olan av verimi 2021 yılında 13,34 kg/ha olarak belirlenmiştir. Aradan geçen zamanda faunada önemli değişimler olurken, artan av miktarı ile birlikte balıkçı sayısında da önemli bir artış olduğu belirlenmiştir. Günümüzde 14'ü endemik olmak üzere 23 balık türünün yaşadığı ve mezotrofik-ötrofik düzeyde olan gölde, 2010-2021 yılları ortalamasına göre avlanan 669.051 kg balığın %67,41'ini *Carassius gibelio* (gümüşi havuzbalığı) %20,17'sini *Sander lucioperca* (sudak) ve %12,42'sini *Cyprinus carpio* (sazan) oluştururken; 2021 yılındaki avcılık dağılımının ise %75,41'ini gümüşi havuzbalığı, %21,47'sini sudak ve %3,11 kadarını ise sazan oluşturmuştur. Gölde 385 adet balıkçı aktif olarak avcılık yapmakta olup, 2021 yılı verilerine göre balıkçı başına 2.252 kg/yıl ava karşılık 13.790 TL/yıl kazanç elde edilmiştir. Bu çalışmanın diğer bir sonucu olarak, Beyşehir Gölü balıkçılık ekosistemi üzerindeki en büyük etkenin zamansız ve aşırı avcılık olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler**

- Balıkçılık ekonomisi
- Ekosistem hizmetleri
- Göl yönetimi
- Sığ göl
- Tatlısu balıkçılığı

**Abstract:** Beyşehir Lake, located in one of the important karstic discharge basins of the Anatolian Plate, is Turkey's largest freshwater lake with a surface area of 650 km<sup>2</sup>, and is a very important wetland in terms of bio-ecological, socio-economic, and cultural aspects. Although the first records on Beyşehir Lake fishery date back to the 1910s, the first scientific findings on fisheries began in the 1950s. Although it is challenging to reach reliable data about the fishery of Lake Beyşehir, the main processes that have been effective in fishing from the 1950s to the present are: i) used fishing gear and methods, ii) changes in the trophic structure of the lake, iii) foreign fauna elements entering the lake, iv) the lake water level changes, v) fishermen's socio-economic and awareness level, vi) fisheries management strategies. The lake's catch yield was nearly 3 kg/ha in the 1950s, and it was determined as 13.34 kg/ha in 2021. While there have been significant changes in the fauna in the intervening time, it has been determined that there has been a substantial increase in the number of fishermen with the increasing amount of catch. Today, 23 fish species, 14 of which are endemic, live in the lake, which is at the mesotrophic-eutrophic level in terms of trophic status. The average catch amount between 2010 and 2021 was 669.051 kg/year. 67.41% of this amount was composed of *Carassius gibelio* (Prussian carp), 20.17% of *Sander lucioperca* (pike-perch), and 12.42% of *Cyprinus carpio* (carp). In 2021, the last fishing season, 75.41% of the caught species were Prussian carp, 21.47% pike-perch, and 3.11% carp. 385 fishermen are

**Keywords**

- Fisheries economy
- Ecosystem services
- Lake management
- Shallow lake
- Freshwater fisheries



actively fishing in the lake, and according to the data of 2021, it has been determined that the fishermen have earned 13,970 TL/year in return for 2.252 kg/year of catch. As another result of this study, it has been understood that the most significant factor in the fishing ecosystem of Beyşehir Lake is untimely and excessive fishing.

## 1. GİRİŞ

Beyşehir Gölü Anadolu'nun önemli karst bölgelerinden biri olan Toros Karst Kuşağının Batı Toroslar kesiminde, Isparta Büklümü içerisinde yer alan, tektonik-karstik oluşumlu bir havza içerisinde şekillenmiştir (Soyaslan ve Hepdeniz, 2019). Konya Kapalı Havzası'nın alt havzası konumundaki Beyşehir Gölü ve çevresi, Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş özelliği göstermektedir. 1929-2021 yılları arasında ölçülen uzun dönemli iklimsel verilere göre bölgenin ortalama sıcaklığı 12,3 °C olarak verilmiştir (Url-1). Göl üzerine ortalama yağış 605,4 mm/yıl ve gölden ortalama buharlaşma 1.382,2 mm/yıl olarak belirtilmiştir. Gölün su toplama havzası 4.086,4 km<sup>2</sup>, yüzey alanı maksimum işletme kotunda (1.124,60 m) 703 km<sup>2</sup>; ortalama su kotunda (1122,50 m) ise 650 km<sup>2</sup>'dir (Anonim, 2016).

Beyşehir Gölü'ne 1993 yılında "Beyşehir Gölü Milli Parkı" statüsü verilmiştir. Bunun yanında göl havzasının bir kısmı da "Kızıldağ Milli Parkı" sınırlarına girmektedir. Milli park sınırları ve yakın çevresinde 545 bitki (79 endemik, 140 alttür ve 55 varyete), 264 böcek, 153 kuş ve 34 memeli türü tespit edilmiştir (Anonim, 2020).

Gölün limnolojisine ilişkin ilk bilimsel araştırmalarından olan Numann (1958)'nin 1953-1954 yıllarına ait çalışmasında kısaca şu bilgiler verilmiştir: "...doğu kıyılarında (Tolca-Kıyakede arası) kısmen bataklık halinde sazlık-kamışlık sahalar bulunsa da, *Potamogeton* türleri yoktur ve su içi (submers) bitkileri pek nadirdir. Zemini kumlu-çakıllı olup bol miktarda midye kabukları bulunur. Gölün derin kısımlarının dip bölgesi balıkla kaplıdır. Göl ekseriya gri-yeşil renkte, dalgalı zamanlarda bulanıklık günlerce hüküm sürmektedir. Plankton ve bentik makrofauna açısından oldukça fakir olan gölün planktonu içerisinde kalanoit kopepotlardan *Eudiaptomus vulgaris* yıl boyu, *Daphnia* ve *Leptodora* ise yazın ve sonbaharda az miktarda bulunmaktadır. Bu organizmalar gölün oligotrof karakterde olduğunu göstermektedir. Ayrıca 12 kg'a kadar büyüyen sazanlar görülse de, balıkçılık bakımından göl fakirdir. Gölün balık avcılığı istatistiği tutulmamasına karşın, üretim 200 ton/yıl kadardır."

Gölün balıkçılığı ve ihtiyofaunası ile ilgili kayıtlar Cumhuriyet Dönemi öncesine dayanır. Dönemin İstanbul Balık Hali Müdürü Karekin Deveciyan (2006); Beyşehir Gölü'nde sazan, bıyıklıbalık, kızılkanat, çapak, gövce (=gökçe), tatlısu kefali, tatlısu kayası ve kerevit yaşadığını bildirmiştir. Bilimsel isimleri belirtilmeyen söz konusu balıklardan "bıyıklıbalık" olarak verilen türün havyarının zehirli olduğu bilgisinden hareketle türün, Beyşehir Sirazı (*Capoeta mauricii*) olduğu anlaşılmaktadır. Diğer taraftan Hanko (1924)'nin Orta Anadolu Bölgesi'nden tanımladığı 27 balık türünden *Pseudophoxinus anatolicus* (Yağbalığı) ve *Garra kemali* (Ereğli sazbalığı)'nin Akgöl (Ereğli)'ün yanı sıra Beyşehir Gölü Havzası'nda da yaşadığı bilinmektedir.

Gölün balık faunası ile ilgili daha güncel kayıtlardan ilki ve en önemlisi Battalgil (1942) tarafından verilmiştir. Battalgil (1942), Beyşehir Gölü'nden *Alburnus akili* (gökçe), *Gobio microlepidotus* (kayabalığı, derekayası) ve *Cobitis bilseli* (taşısiran veya yılanbalığı)'yi tanımlamıştır. Daha sonraki süreçte Numann (1958) sudak balığının aşılmasından önce Beyşehir ve Suğla göllerinde; sazan (*Cyprinus carpio*), kızılkanat (*Chondrostoma regium*), gökçe (*Alburnus akili*), yağbalığı (*Acanthorutilus anatolicus*), akbalık (*Leuciscus lepidus*) ve siraz (*Varicorhinus pestai*) olmak üzere 6 türün yaşadığını, predatör bir türün bulunmadığını, söz konusu balıklardan sazanın en ekonomik tür olduğunu, yakın dönemde yapılan bir çalışmada, sudak balığının predatör etkisi sonucu *A.akili*'nin neslinin tükendiği belirtilmiştir (Küçük, 2012). Güncel kayıtlarda ise gölde 23 türün yayılış gösterdiği,



bunların da 14'ünün endemik olduğu bildirilmiştir (Bayçelebi vd., 2020; Yoğurtçuoğlu vd., 2020, 2021).

Yukarıda özetlendiği gibi, 1900'ü yılların başından günümüze kadar Beyşehir Gölü ve havzasında balık faunası ve taksonomisi, bazı türlerin biyo-ekolojik özellikleri ve popülasyon yapısı, göldeki balıkların stok durumları, gölün trofik düzeyi ve su kalitesi konularında çok sayıda bilimsel çalışma olduğu halde, göldeki balıkçılık ekonomisinin tarihsel gelişimi konusunda kapsayıcı bir araştırma olmadığı anlaşılmaktadır. Çalışmamızda Beyşehir Gölü'nün 1900'lü yılların başından günümüze kadar geçirdiği balıkçılık ekosistemi ve ekonomisindeki değişimin irdelenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

Ortalama su kotunda 650 km<sup>2</sup> (65.000 ha) alana sahip olan gölün 420 km<sup>2</sup>'lik avlak bölgesi Konya (Beyşehir ve Hüyük), 230 km<sup>2</sup>'lik avlak bölgesi ise Isparta (Şarkikaraağaç ve Yenişarbademli) ili sınırları içerisinde yer alır (Şekil 1). Göldeki su ürünleri avcılığı Beyşehir-Hüyük Su Ürünleri Kooperatifi (Konya) ile Gedikli Su Ürünleri Kooperatifi (Isparta)'nin sorumluluğunda yürütülmekte ve göldeki 604 adet kayıtlı balıkçı teknesi olmasına karşılık, 385 adet ruhsatlı balıkçı (250 adet Beyşehir-Hüyük, 135 adet Gedikli bölgesine kayıtlı olan) bulunmaktadır.



Şekil 1. Beyşehir Gölü avlak sahaları



Beyşehir Gölü'nün geçmiş yıllara ait balıkçılık verileri; Konya ve Isparta İl Tarım Orman Müdürlüklerinin resmi avcılık kayıtları, Beyşehir-Hüyük ve Gedikli Su ürünleri kooperatiflerinin 2010-2021 yılları arasındaki balıkçılık kayıtları ve literatür taraması yapılarak değerlendirilmiştir. Güncel veriler ise Ekim 2020-Mart 2021 tarihleri arasında Yeşildağ ve Çiftlikköy avlaklarından; Orman ve Su İşleri Bakanlığınca hazırlanan kılavuzda (TS EN 14757) belirtilen, 30 m uzunluğunda, 1,5 m derinliğinde ve 12 farklı gözenek açıklığı (5, 10,12,15, 18, 20, 25, 30,33, 37,50, 55 mm) olan bentik ağlar ve 27,5 m uzunluğunda ve 6 m derinliğinde 11 farklı gözenek açıklığına (6,5, 10, 12,15, 20, 25, 30, 38, 45, 50, 55 mm) sahip pelajik ağlar örnekler ile balıkçıların yakaladığı avlardan rastgele seçilmiş örnekler üzerinden yapılmıştır. Balıkların tam boyu (TB, cm) elektronik kumpas (0,1 cm duyarlı), ağırlıkları (W, g) elektronik terazi (0,5 g duyarlı) ile belirlenmiş, yaşları pullardan tespit edilmiştir. Balık türlerinin sınıflandırılmasında Schönhuth vd. (2018), Fricke vd. (2021), Bayçelebi vd. (2020) ve Yoğurtçuoğlu vd. (2021)'den yararlanılmıştır. Çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından onaylanan Türkiye Cumhuriyeti hayvan refahı yasaları, yönergeleri ve politikaları ile uyumludur (sayı: 77211729-804.01, izin referans numarası 2020/001).

### **3. BULGULAR ve TARTIŞMA**

#### **3.1. Balık Faunası**

Son bilimsel kayıtlar ve Ekim 2020-Mart 2021 tarihleri arasında yaptığımız örneklemeleden sağlanan veriler ışığında Beyşehir Gölü ve bağlantılı sularda 15'i yerli, 8'i yabancı olmak üzere toplam 23 takson belirlenmiştir. Yerli türlerin 14'ü endemik olup, bunların da 7'si sadece Beyşehir Gölü Havzası'nda yerel endemik olarak yayılış göstermektedir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Beyşehir Gölü ve bağlantılı akarsularda yaşayan balık faunası ve habitatları

| Familiya      | Tür                                  | Türkçe Adı                   | Durumu   | Habitat  |
|---------------|--------------------------------------|------------------------------|----------|--|
| Cyprinidae    | 1- <i>Cyprinus carpio</i>            | Sazan                        | Yerli    | Beyşehir ve Suğla gölleri, Çarşamba Kanalı   |
|               | 2- <i>Capoeta mauricii</i>           | Beyşehir sirazı              | Endemik  | Beyşehir ve Suğla gölleri, Çarşamba Kanalı; Sarıöz, Soğuksu ve Üstünler ve Derebucak çayları   |
|               | 3- <i>Garra kemali</i>               | Ereğli sazbalığı             | Endemik  | Eflatunpınarı, Deliktaş Kaynağı (Yeşildağ)   |
|               | 4- <i>Chondrostoma beysehirense</i>  | Kababurunbalığı, Kızılkanaat | Endemik  | Beyşehir ve Suğla gölleri, Sarıöz Kanalı, Soğuksu ve Üstünler çayları  |
| Leuciscidae   | 5- <i>Pseudophoxinus anatolicus</i>  | Beyşehir yağbalığı           | Endemik  | Beyşehir ve Suğla gölleri  |
|               | 6- <i>Pseudophoxinus battalgilae</i> | Yağbalığı                    | Endemik  | Kuşupark Kaynağı (Seydişehir)  |
|               | 7- <i>Pseudophoxinus hittitorum</i>  | Yağbalığı                    | Endemik  | Kubadabad Kaynakları (Yenişarbademli), Pınarbaşı Kaynağı, Eflatunpınarı, Derebucak Çayı ve Deliktaş Kaynağı (Yeşildağ)                             |
|               | 8- <i>Squalius anatolicus</i>        | Beyşehir tatlısu kefali      | Endemik  | Beyşehir ve Suğla gölleri, Çarşamba Kanalı, Sarıöz Kanalı, Soğuksu ve Üstünler çayları   |
| Aphaniidae    | 9- <i>Anatolichthys iconii</i>       | Dişli sazancık               | Endemik  | Beyşehir Gölü'nün kıyısız alanları ve gölü besleyen küçük kaynaklar  |
| Gobionidae    | 10- <i>Gobio microlepidotus</i>      | Kayabalığı, derekayası       | Endemik  | Çarşamba Kanalı, Sarıöz Kanalı, Soğuksu ve Üstünler çayları  |
| Cobitidae     | 11- <i>Cobitis bilseli</i>           | Taşısranbalığı               | Endemik  | Beyşehir ve Suğla Gölleri, Çarşamba Kanalı, Sarıöz Kanalı, Soğuksu ve Üstünler çayları   |
|               | 12- <i>Cobitis battalgilae</i>       | Taşısranbalığı               | Endemik  | Beyşehir ve Suğla gölleri havzası, Apa Baraj Gölü, Eflatunpınarı, Çeltik (Şarkikaraağaç)   |
| Nemacheilidae | 13- <i>Oxynoemacheilus atili</i>     | Çöpçübalığı                  | Endemik  | Beyşehir Gölü, Eyilikler ve Sarıöz Kanalı, Soğuksu ve Üstünler çayları   |
|               | 14- <i>Oxynoemacheilus isauricus</i> | Çöpçübalığı                  | Endemik  | Beyşehir ve Suğla gölleri havzası  |
|               | 15- <i>Seminemacheilus tubae</i>     | Çöpçübalığı                  | Endemik  | Beyşehir Gölü havzası (Soğuksu-Yeşildağ)   |
| Cyprinidae    | 16- <i>Carassius gibelio</i>         | Gümüşü havuzbalığı           | İstilacı | Beyşehir Gölü ve bütün göl havzası   |
|               | 17- <i>Pseudorasbora parva</i>       | Çakılbahı                    | İstilacı | Beyşehir Gölü ve bütün göl havzası   |
|               | 18- <i>Tinca tinca</i>               | Kadife sazı                  | Egzotik  | Beyşehir ve Suğla gölleri, Çarşamba Kanalı, Sarıöz Kanalı, Soğuksu ve Üstünler çayları   |
| Leuciscidae   | 19- <i>Alburnus escherichii</i>      | Sakarya incibalığı           | Egzotik  | Beyşehir Gölü, Çarşamba Kanalı, Sarıöz, Soğuksu ve Üstünler çayları (Yerel balıkçılara göre havzaya bu tür; Sarıyar Baraj Gölü'nden getirilmiştir) |
| Percidae      | 20- <i>Sander lucioperca</i>         | Sudak                        | İstilacı | Beyşehir ve Suğla gölleri ve Çarşamba Kanalı (1978-1980 yıllarında Eğirdir Gölü'nden getirilmiştir)  |
| Atherinidae   | 21- <i>Atherina boyeri</i>           | Gümüşbalığı                  | İstilacı | Beyşehir Gölü  |
| Gobiidae      | 22- <i>Knipowitschia caucasica</i>   | Kafkas kayabalığı            | Egzotik  | Beyşehir Gölü ve göl havzasındaki küçük akarsular  |
| Poecilidae    | 23- <i>Gambusia holbrooki</i>        | Sivrisinekbalığı             | İstilacı | Beyşehir Gölü ve havzasındaki bütün akarsular  |

### 3.2. Balıkçılık Yapısı ve Faaliyetleri

Beyşehir Gölü'nün balık stokları ve balıkçılık ekonomisine ilişkin bilimsel araştırmalar sınırlıdır. Balıkçılıkla ilgili ilk kayıtlar 1900'lü yıllara kadar uzanmaktadır. Deveciyan (2006) 1900'lü yılların başında Beyşehir Gölü'nün 180 km<sup>2</sup> yüzey alanında, 12 m derinliğinde, suyunun tatlı ve içilebilir özellikte olduğunu; gölde sazan, kızılkanat, çapak, bıyıklı balık, incibalıği (gökçe), tatlısu kefalı, tatlısu kayası ve kerevit yaşadığını, avcılığın 150 kulaç (270 m) uzunluktaki büyük ırgırlar ile yapıldığını, Eylül ortasından Haziran ortasına kadar 9 ay süren sezonda yakalanan 100 ton balık karşılığında, balıkçılardan bir yılda 20.000 kuruş vergi alındığı bildirilmiştir.

1950'li yıllara geldiğimizde, 1953-1954 yıllarında yapılan kapsamlı bir araştırmada, gölde Sazan (*Cyprinus carpio*), Kızılkanat (*Chondrostoma regium*), Gökçe (*Alburnus akili*), Yağbalığı (*Acanthorutilus anaticus*), Akbalık (*Leuciscus lepidus*) ve Siraz (*Varicorhinus pestai*) olmak üzere 6 türün yaşadığı, predatör bir türün bulunmadığı, söz konusu balıklardan sazan'ın en ekonomik tür olduğunu; bu dönemde 200 ton/yıl kadar balık avlanabildiği, 12 kg'a kadar büyüyen sazanlar görülse de, 3 kg/ha yıl kadar olan av verimi nedeniyle gölün balıkçılık bakımından fakir olduğu ifade edilmiştir (Numann, 1958).

1960'lı yıllara ilişkin olarak, gölden yakalanan balıkların Konya çevresinin balık ihtiyacını karşıladığı gibi, Suriye ve İsrail'e de gönderildiği not edilmiştir (Anonim, 1969). Yine de, 1960'lardan 1980'lerin ortalarına kadar Beyşehir Gölü balıkçılığı üzerine yapılmış bilimsel nitelikte bir çalışma bulunmamaktadır.

Isparta İl Müdürlüğü'nün 1986 yılı verilerine göre, göldeki ekonomik balıkların oransal dağılımları: sudak %37,6; sazan %31,2; akbalık %20; kızılkanat %7,6 ve Gökçe %3,5 şeklindedir. 2004 yılına gelindiğinde, gölden 1.607 ton balık avlandığı (1.147 ton kadife, 404,6 ton sudak ve 55,3 ton sazan), öte yandan 646,3 ton avlanabilir gümüşü havuzbalığı stoku olduğu halde bu türün yeterince avlanmadığından söz edilmiştir (Çubuk vd., 2005).

Beyşehir Gölü balıkçılığı üzerine daha düzenli verilerin tutulmaya başladığı 2010'lu yıllardan sonrasına gelindiğinde, bizzat yapmış olduğumuz yaklaşık son iki yıllık gözlem ve incelemelere göre; göl ve havzasında 23 balık taksonu bulunmasına karşın; bunlardan sadece sazan (*C. carpio*), sudak (*S. lucioperca*) ve gümüşü havuzbalığı (*C. gibelio*)'nın ticari olarak avcılığının yapıldığı anlaşılmıştır. Bunlara ek olarak az da olsa kadife (*T. tinca*), akbalık (*S. anaticus*), yağbalığı (*P. anaticus*), kızılkanat (*C. beysehirense*) ve kerevit (*Pontastacus leptodactylus*) avlanmaktadır. Beyşehir sirazı (*C. mauricii*) çoğunlukla göle karışan kanallar, dereler ve akarsu ağızlarında amatör ve sportif avcılığı yapılan endemik bir türdür.

Çalışmamız kapsamında Konya ve Isparta İl Tarım Orman Müdürlükleri ve sorumlu Su Ürünleri Kooperatiflerinin kayıtlarından alınan resmi avcılık verilerine göre; Beyşehir Gölü'nde ticari balık avcılığının, 2010 yılından günümüze kadar geçen, son 12 yıllık süre içerisinde büyük değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu sürede göldeki avcılığın oldukça değişken ve istikrarsız olduğu, avlanan sazan miktarında sürekli bir azalış, sudak miktarında düzenli olmayan bir artış, gümüşü havuzbalığı miktarında ise sürekli bir artış olduğu görülmektedir (Tablo 2, Şekil 2 ve 3).

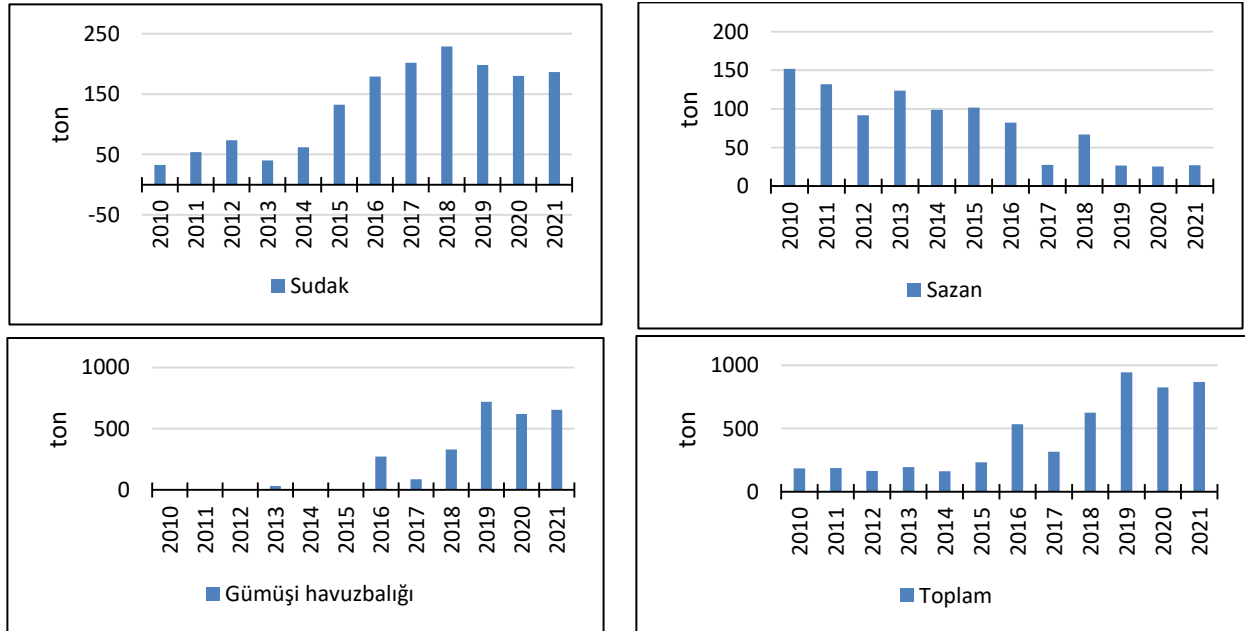
**Tablo 2.** Beyşehir ve Gedikli su ürünleri kooperatifleri balık av miktarı (kg). (Not: Tabloda kullanılan veriler Konya ve Isparta İl Tarım Müdürlükleri kayıtları ile kooperatiflerin satış kayıtlarından alınmıştır.)

| Yıllar      | Sudak          |               |                | Sazan         |               |               | Gümüşü havuzbalığı |                |                | Genel          |
|-------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|             | Beyşehir       | Gedikli       | Toplam         | Beyşehir      | Gedikli       | Toplam        | Beyşehir           | Gedikli        | Toplam         | Toplam         |
| 2010        | 33.000         | v.y.*         | 33.000         | 152.000       | v.y.          | 15.2000       | v.y.               | v.y.           | v.y.           | 185.000        |
| 2011        | 54.067         | v.y.          | 54.067         | 131.900       | v.y.          | 131.900       | v.y.               | v.y.           | v.y.           | 185.967        |
| 2012        | 53.555         | 20.000        | 73.555         | 90.374        | 1.200         | 91.574        | v.y.               | v.y.           | v.y.           | 165.129        |
| 2013        | 12.895         | 27.270        | 40.165         | 60.540        | 63.200        | 123.740       | 31.500             | v.y.           | 31.500         | 195.405        |
| 2014        | 53.380         | 8.361         | 61.741         | 50.005        | 48.649        | 98.654        | v.y.               | v.y.           | v.y.           | 160.395        |
| 2015        | 111.210        | 20.850        | 132.060        | 47.535        | 54.000        | 101.535       | v.y.               | v.y.           | v.y.           | 233.595        |
| 2016        | 149.750        | 28.900        | 178.650        | 57.450        | 24.900        | 82.350        | 271.940            | v.y.           | 271.940        | 532.940        |
| 2017        | 176.050        | 25.720        | 201.770        | 24.890        | 2.700         | 27.590        | 86.000             | v.y.           | 86.000         | 315.360        |
| 2018        | 176.049        | 52.679        | 228.728        | 64.100        | 2.700         | 66.800        | 313.900            | 16.000         | 329.900        | 625.428        |
| 2019        | 173.130        | 24.850        | 197.980        | 23.600        | 3.150         | 26.750        | 476.000            | 244.000        | 720.000        | 944.730        |
| 2020        | 148.685        | 31.250        | 179.935        | 20.750        | 4.820         | 25.570        | 454.700            | 165.100        | 619.800        | 825.305        |
| 2021**      | 168.275        | 17.950        | 186.225        | 22.105        | 4.850         | 26.955        | 487.499            | 166.500        | 653.999        | 867.179        |
| <b>Ort.</b> | <b>109.171</b> | <b>25.783</b> | <b>134.954</b> | <b>62.104</b> | <b>21.017</b> | <b>83.121</b> | <b>303.077</b>     | <b>147.900</b> | <b>450.977</b> | <b>669.051</b> |

\* v.y.: veri yok

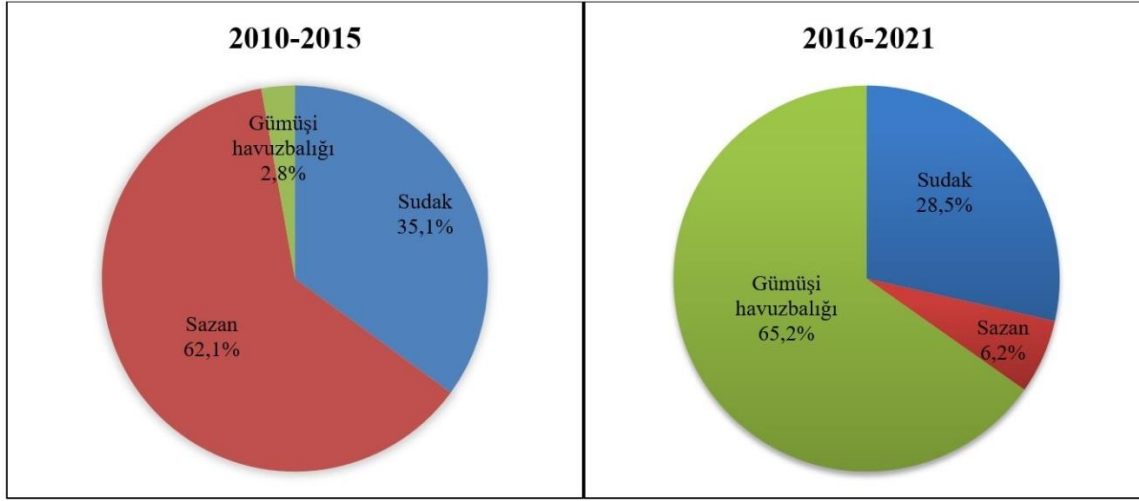
\*\* Kadife, akbalık ve kerevit dahil edilmemiştir.

Balıkçılık verilerinin daha düzenli tutulmuş olduğu 2010-2021 yılları arasındaki ekonomik av gruplarına daha yakından bakıldığında; 2015-2016 yıllarından sonra, son dönemde en önemli değişim sürecinin yaşandığı görülmektedir (Şekil 2). Bu dönemden sonra sudak ve gümüşü havuzbalığı av miktarları sürekli artarken, tersi yönde sazan av miktarı ise giderek azalmıştır. Toplam balık av miktarının 2016 yılından sonra gümüşü havuzbalığı av miktarı ile büyük bir paralellik gösterdiği görülmektedir.

**Şekil 2.** Beyşehir Gölü 2010-2021 avcılık döneminde yakalanan ekonomik türlerin av miktarı.

Yakın dönem (2010-2021) avcılık değerleri oransal olarak, iki dönem halinde incelendiğinde (Şekil 3); 2010-2015 döneminde baskın tür olan sazanın 2016-2021 döneminde oldukça azaldığı, bu iki

dönem arasındaki en çarpıcı değişimin sazan ile gümüşü havuzbalığının av oranları arasında yaşandığı açıkça görülmektedir.



**Şekil 3.** Beyşehir Gölü 2010-2021 yılları arasındaki avcılık dönemlerinde, ekonomik türlerin oransal değişimi.

Günümüzde ise, sadece 2021 yılı avcılık verilerine bakıldığında, avlanan toplam 867.179 kg avın türlere göre dağılımı; 26.955 kg sazan, 186.225 kg sudak ve 653.999 kg gümüşü havuzbalığına ilave olarak 8.850 kg kadife, 6.950 kg kerevit ve 200 kg akbalık avcılığı yapılmıştır. Bu kayıtlara göre 2021 yılındaki avcılığın yaklaşık %74,04'ünü gümüşü havuzbalığı, %21,08'ini sudak, %3,06'sını sazan ve %1,82'lik kısmını da diğer ürünler (kadife, kerevit ve akbalık) oluşturmuştur.

Avlanan balık miktarı avlak bölgelerine göre değerlendirildiğinde; Beyşehir-Hüyük bölgesinden 2010-2021 yılları arasında, ortalama 474.352 kg/yıl avcılık yapılmış ve 11,29 kg/ha.yıl av verimi elde edilmiştir. Gedikli avlağı bölgesinden ise avcılık verilerinin düzenli tutulduğu 2012-2021 yılları içerisinde sadece sazan ve sudak avcılığı yapılmış olup, ortalama 105.96 kg/yıl balık avlanmış, yani 4,61 kg/ha.yıl av verimi elde edilmiştir (Tablo 2). İki bölge arasındaki avcılık verim farkının balıkların avlanma etkinliğinden veya bölgelerin ekolojik, topoğrafik özelliğinden kaynaklanması mümkündür. Zira, Beyşehir-Hüyük bölgesinin pelajik alanı avcılık yapmaya daha elverişli iken, Gedikli avlağı içerisinde birçok ada ve kayalık bulunması iki bölge arasında başlıca topoğrafik farkı oluşturmaktadır. Gölün ortalama av verimi ise 2010-2021 döneminde 6,71 kg/ha.yıl olarak belirlenmiştir.

Ekonomik değeri en yüksek balıklardan olan sudak, Beyşehir Gölü'ne 1978-1980 yılları arasında kamu kurumları tarafından balıkçılığı geliştirmek amacıyla getirildiğinden beri (Küçük, 2012), 40 yılı aşkın bir sürede, yöre balıkçısına önemli ekonomik getiri sağlamıştır. Bu türün 2010-2021 döneminde, her iki avlak bölgesindeki ortalama avcılık miktarı 130.656 kg/yıl (33.000-228.728 kg/yıl arasında) olarak belirlenmiştir. Resmi kayıtların düzenli tutulduğu 2012-2021 yılları arasında sudak av verimi 7,5 kg/ha.yıl olarak gerçekleşmiştir. Mevcut veriler ışığında, bu türün göldeki avcılık dönemini iki aşamalı değerlendirmek mümkündür: 2010'dan 2015 yılına kadar olan dönemde 52.503 kg/yıl, 2015 yılından sonraki dönemde ise büyük bir artışla 186.478 kg/yıl avlanmıştır. Sudak ilk dönemde toplam av miktarı içinde %35,1; ikinci dönemde ise %28,5'lik bir oranla temsil edilmiştir.

2020-2021 yılı içerisinde yaptığımız saha çalışmalarında avlanan sudakların 0+, I ve II yaşındaki bireyleri, popülasyonun %86,7'ini oluşturmuştur. 0+ yaş grubundaki bireyler 17,3 cm boy ve 47,3 g ağırlık, I yaş gruplarındaki bireyler 22,3 cm boy ve 85,90 g ağırlık, II. yaşındakiler ise ortalama 25,1 cm boy ve 127 g ağırlığındadır. Örneklemelerimiz yıl boyu gerçekleşmediğinden, sudak popülasyonunun ilk eşeyssel olgunluk boyu tespit edilmemiştir. Ancak yakalanan II. yaşındaki

bireylerin henüz ilk eşeyssel olgunluk boyuna (aynı boy grubundaki bireylerin %50'si) ulaşmadığı gözlemlenmiştir. Yaptığımız kaba değerlendirmede, henüz üreme boyuna gelmemiş 25 cm'den daha küçük bireylerin, sabırlı davranılıp bir yıl sonra avlandığı varsayılırsa, söz konusu boy grubundaki balıkların yaklaşık %45'lik bir artışla ortalama 185 g ağırlığa ulaşacağı kestirimi yapılmıştır. Buradan hareketle 2020 yılında avlanan yaklaşık 180 ton sudak stokunun, zamanından önce avlanan yaklaşık 156 ton'luk kısmının bir yıl sonra avlanması halinde, %45'lik ağırlık artışı kazanarak av miktarının 226 tona ulaşabileceği hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan, tür üzerindeki yoğun avcılık baskısı nedeniyle ekonomik bir kaybın söz konusu olduğu anlaşılmaktadır.

Deveciyan (1915), Numann (1958) ve Tarım, Orman Köyişleri Bakanlığı Isparta İl Müdürlüğü'nün (1986) kayıtlarına göre; Beyşehir Gölü'nde sazan avcılığının 1980'li yılların ilk yarısına kadar yüksek ekonomik getiri sağladığı anlaşılmaktadır. Söz konusu tür 2010-2020 yılları arasında yılda ortalama 84.407 kg yakalanmasına karşın, 2021 yılında ancak 26.955 kg avlanabilmiştir (Tablo 2, Şekil 2). Sazanın 1900'lü yılların başından 2016 yılına kadar yüksek oranda avlandığı varsayılmaktadır. Örneğin, sağlam verilere sahip olduğumuz 2010-2015 döneminde sazan toplam avın %62,1'ini oluştururken; 2016-2021 döneminde ancak %6,2'sini oluşturmuştur. Bu durum bize göldeki sazan avının özellikle gümüşü havuzbalığı ile yer değiştirdiğini göstermektedir (Şekil 2 ve 3).

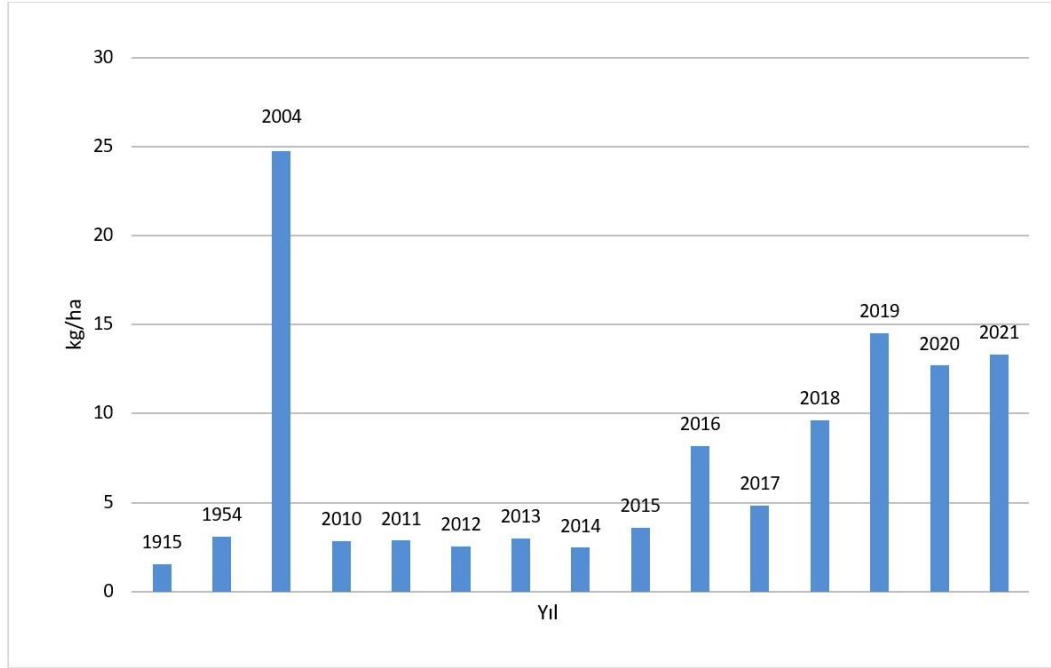
Gölden 2021 yılında avlanan 26.955 kg sazanın, av verimi açısından çok düşük olduğu (0,415 kg/ha), bu sonucun gölün mezotrofik-ötrofik düzeydeki trofik durumu ile uyummadığı görülmektedir. Yine de sahada balıkçı operasyonları üzerine yaptığımız gözlemlerde, nadiren de olsa 2,6-5 kg arasında sazan bireyleri yakalandığı görülmüştür. Sazan avcılık miktarının düşük olmasının olası nedenlerinin; türün balıkçılar tarafından yapılan doğrudan satış nedeniyle kooperatif kayıtlarına girmeyen av miktarından, özellikle üreme döneminde olmak üzere yasadışı elektrikle balık avcılığı yapılmasından, su seviyesi dalgalanmalarından veya gümüşü havuzbalığı ile rekabet etkisinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Özellikle sazan ile gümüşü havuzbalığının, av miktar ve oranları arasındaki köklü değişim 2015-2016 dönemi öncesi ve sonrasında açık bir şekilde görülmektedir (Şekil 2 ve 3).

Beyşehir Gölü ekosistemine 2001 yılında giren yabancı bir tür olan gümüşü havuzbalığının (Yerli vd., 2014), 2016-2021 yılları arasındaki avcılık miktarında belirgin bir yükselme görülmektedir. Türün avcılık miktarı göl genelinde 2016 yılından günümüze kadar artış eğiliminde olup, günümüzde en çok avlanan (2020'de 619.800; 2021'de 653.999 kg/yıl) balık durumundadır (Şekil 2). Gümüşü havuzbalığının düzenli avcılık verilerinin 2016 yılından sonra tutulmuş olması kanımızca bu türün göldeki avlanabilir miktarıyla ilgili olmayıp, piyasanın arz-talep durumuna bağlı olarak, düzenli ticaretinin yapılmamasıyla ilgilidir. Zira, 2004'de gölde 646,3 ton avlanabilir gümüşü havuzbalığı stoku olduğu halde yeterince avlanmadığından bahsedilmiştir (Çubuk vd., 2005).

Beyşehir Gölü'nün Yeşildağ ve Çiftlikköy bölgelerinde yaptığımız örneklem ve izlenimlerde; çoğunluğu 23-31 cm boy ve 260-645 g ağırlığında olan 3 ila 5 yaşındaki gümüşü havuzbalığı bireylerinin avlandığı belirlenmiştir. Tespitlerimizde bir balıkçının, tam göz boyu 10-12 cm olan yaklaşık 3.000 m ağ ile günlük ortalama 300 kg kadar gümüşü havuzbalığı yakalayabildiği ve 1-1,3 TL/kg ederinde (2020 yılı av döneminde) sattığı belirlenmiştir.

Beyşehir Gölü'nün yerli türü olamayan kadife balığının 1990'lı yıllarda göle girmesinden sonraki 10-15 yıllık süreçte çok büyük bir av verimi gerçekleşmiştir. Bu tür sadece 2004 yılında 1.147 ton avlanmışken (Çubuk vd., 2005), sonraki dönemlerde, 2010 yılında 71 ton olan av miktarı, o tarihten sonra neredeyse bitme noktasına gelmiştir. Güncel avcılık verileri ve gözlemlerimize göre, kadife balığı av miktarı toplam avcılık içerisinde kayda değer bir yer teşkil etmemektedir (2021'de 3,7 ton). Kadife balığı popülasyonundaki düşüşün yoğun avcılık baskısından ve/veya diğer türler ile olan rekabetten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Gölün balıkçılık kayıtları düzenli olmamakla birlikte, 1900'lü yıllardan günümüze kadar olan veriler incelendiğinde (Şekil 4), verimin 2004 yılında 24,7 kg/ha (toplam av 1607 ton/yıl) ile en yüksek değere ulaştığı görülmüştür. Bu dönemde kadife balığı en çok avlanan (1147 ton/yıl) tür olarak verilmiştir (Çubuk vd., 2005). 2015 yılından sonra birim alandan sağlanan av verimindeki belirgin yükselmenin de gümüşi havuzbalığından kaynaklandığı açıkça görülmektedir (Şekil 2-4).



Şekil 4. Beyşehir Gölü balık av veriminin (kg/ha) tarihi değişimi

Göldeki balık av verimi değişiminde; balıkçılık verilerinin güvenilirliği, balıkçıların avlanma etkinliği, piyasanın arz-talep durumu, göl ekosistemindeki trofik ve biyolojik değişimler, yabancı tür girişi ve su seviye değişimleri gibi çok sayıda değişkenin etkili olduğu düşünülmektedir.

### 3.4. Balıkçılık Ekonomisi

Çalışmamızda gölden avlanan yıllık balık miktarı (ton veya kg), birim alan başına verim (kg/ha), kooperatif üyesi olan balıkçı başına düşen av miktarı (kg balık/balıkçı.yıl) ve elde edilen kazanç arasındaki ilişkiler ele alınmıştır. Avlanan balıklar gölün farklı bölgelerindeki çekek yerlerinden günlük olarak tüccarlar tarafından alınmaktadır. Göldeki toplam balıkçı sayısının %30'unu oluşturan Gedikli bölgesindeki avcılarının yıllık yakalanan avın yaklaşık %22'sini; %70'ni oluşturan Beyşehir-Hüyük bölgesi avcılarının ise toplam avın %78'ni yakaladıkları belirlenmiştir.

Tablo 3. Beyşehir Gölü'nden 2018-2021 yılları arasında avlanan ortalama av miktarı ile tekne başına düşen avcılık değerleri (kg/yıl).

|                                   | Aktif Tekne Sayısı | Aktif Balıkçı sayısı | Oran (%)   | Ort. Av miktarı (kg/yıl) | Oran (%)   | Av (kg)/balıkçı   |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|------------|--------------------------|------------|-------------------|
| <b>Gedikli Kooperatifi</b>        | 138                | 135                  | 35         | 183.462                  | 22         | 1.359             |
| <b>Beyşehir-Hüyük Kooperatifi</b> | 466                | 250                  | 65         | 632.198                  | 78         | 2.529             |
| <b>Toplam</b>                     | <b>604</b>         | <b>385</b>           | <b>100</b> | <b>815.660</b>           | <b>100</b> | <b>Ort. 2.106</b> |

Balıkçılık kayıtlarından da anlaşılacağı üzere, 1980'li yıllardan 2015 yılına kadar sazan ve sudağın bileşik getirisiyle, avcılığın ekonomik getirisinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu görüşü destekler biçimde, Balık (1997) tarafından yapılan bir araştırmada; balıkçıların avcılık seferlerinin %85,3'ünde



sadece sudak, %10,6'sında sudak+sazan ve %4,1'inde sadece sazan avladıkları bildirilmiştir. Buna paralel olarak her bir avcılık seferinde tekne başına ortalama  $35\pm 2,9$  kg sudak;  $6,3\pm 2,5$  kg sazan ve  $29,6\pm 7,1$  kg sudak+sazan av verimi elde edildiği kaydedilmiştir.

2015 yılından itibaren sazanın yerini, ekonomik getirisi şuan oldukça düşük olan gümüşü havuzbalığının aldığı görülmektedir. Günümüzde avcılık miktar olarak artmış (Şekil 3 ve 4) gözükmeyle birlikte ekonomik getirisi azalmış bulunmaktadır. Balıkçı kooperatifi yöneticileri, balıkçılar ve sahada görüştüğümüz yöre halkından aldığımız bilgiler ve gözlemlerimiz ışığında; sazan popülasyonunun yoğun avcılık baskısı ve kaçak avcılık gibi nedenlerden dolayı sürekli azaldığı, bununla birlikte gölden yakalanan fakat kayıtlara girmeyen sazan miktarının, resmi verilerin neredeyse dört katı (2021 yılı verilerine göre yaklaşık 108 ton/yıl) kadar olduğu tahmin edilmektedir.

Yeşildağ ve Çiftlikköy bölgesindeki balıkçılardan rastgele aldığımız örneklemelerde; yakalanan sudak bireylerinin %86,7'sinin (ort. 25,1 cm) av yasağına giren boy büyüklüğünden, yani 26 cm'den daha küçük bireylerden oluştuğu belirlenmiştir. Bu nedenle, her ne kadar balıkçılar gölden yeterince sudak avcılığı yapamadıklarından söz etseler de, avcılığın 2015 yılından günümüze kadar belirgin artış gösterdiği görülmektedir (Tablo 2, Şekil 2). Gözlemlerimizde avlanan sudakların yalnız %13,35'inin senatör olarak adlandırılan, 1 kg'dan daha ağır bireylerden oluştuğu belirlenmiştir.

Gölden 2020-2021 yıllarında gümüşü havuzbalığı, sudak, sazan, çok az miktarda kadife, yağbalığı ve akbalık avlanmıştır. Örneklem bölgesi olarak seçtiğimiz ve kooperatif satış kayıtlarını incelediğimiz, Çiftlikköy bölgesinde balıkçı başına ortalama 7.278 kg/yıl gümüşü havuzbalığı, 767 kg/yıl sudak ve 201 kg/yıl sazan; Gedikli bölgesinde ise 1.223 kg/yıl gümüşü havuzbalığı, 231 kg/yıl sudak ve 138 kg/yıl sazan avlandığı belirlenmiştir. Bu iki bölgenin avcılık verileri arasındaki farkın balıkçıların yıllık avcılık süreleri, göle atılan ağ miktarı ve bölgedeki aktif avcı sayısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Avcılığı yapılan balıkların kabaca ekonomik analizi yapılacak olursa; 2020-2021 av sezonunda gölün tamamından 186.225 kg sudak (15 TL/kg'dan yaklaşık 2.793.375 TL), 653.999 kg gümüşü havuzbalığı (1,3 TL/kg'dan yaklaşık 850.200 TL) ve 26.955 kg sazan (15 TL/kg'dan yaklaşık 404.325 TL) avlanarak, toplam 4.047.900 TL değerinde balık pazarlandığı anlaşılmaktadır. Sorumlu kooperatif kayıtlarından sağlanan 15 Haziran 2020-14 Mart 2021 tarihleri arasındaki 8 aylık süreyi kapsayan avcılık verileri ile Çiftlikköy'de avcılık yapan 9 balıkçının yıllık gerçek avcılık verilerinden elde edilen ekonomik getiri hesabı aşağıda verilmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Beyşehir Gölü, Çiftlikköy balıkçılarının 15 Haziran 2020-14 Mart 2021 tarihleri arasında avladıkları balık miktarları (kg) ve ekonomik değerleri (TL).

| Türler                      | Sazan | Gümüşü havuzbalığı | Sudak | Yağbalığı | Kızılkanaat | Akbalık | Toplam        |
|-----------------------------|-------|--------------------|-------|-----------|-------------|---------|---------------|
| Balıkçı başı günlük av (kg) | 0,8   | 30,4               | 3,3   | -         | -           | -       | <b>34,5</b>   |
| Balıkçı başı yıllık av (kg) | 201   | 7.278              | 767   | 2,8       | 1,1         | -       | <b>8250</b>   |
| Avcının yıllık kazanç (TL)  | 3.015 | 10.917             | 6.903 | 42        | -           | -       | <b>20.877</b> |

Tablo 4'den anlaşılacağı üzere bir balıkçının 15 Haziran 2020-14 Mart 2021 tarihleri arasında toplam 8.250 kg balık avlayarak 20.877 TL kazanç elde ettiği, söz konusu kazancın 8 aylık avcılık süresine oranlığında, aylık yaklaşık 2,534 TL gelirlerinin olduğu anlaşılmaktadır. Isparta Tarım Orman İl Müdürlüğü 2021 yılı avcılık verilerine göre, Gedikli avlak bölgesindeki bir balıkçı yaklaşık 1.233 kg gümüşü havuzbalığı, 133 kg sudak ve 36 kg sazan olmak üzere toplam 1.402 kg balık avlamakta, yıllık 4.138 TL, aylık ise 8 ay üzerinden 517 TL'ye gelir elde etmektedir.

#### 4. SONUÇ

Gölün 1950'lerden sonraki süreçte, fitoplankton miktarının oldukça düşük düzeyde ve oligotrofik seviyede olduğunu belirtilmiştir (Merter vd., 1986). Daha yakın dönemde yapılan çalışmalarda, su seviyesinin göl için kritik düzeyde olduğu ve bu koşullarda makrofitlerin genişlediği (Beklioğlu vd., 2006), düşük fitoplankton biyokütlesi nedeniyle trofik düzeyinin oligotrofik-mezotrofik olduğu belirtilmiştir (Bucak vd., 2018).

Beyşehir Gölü genelinde, 2021 yılında elde edilen toplam 867.179 kg av karşılığında, her bir balıkçı başına 13.790 TL/yıl gelir elde edilmiştir. Avcılığın %21,47'sini oluşturan sudak, kazancın yaklaşık %69,01'ini; avcılığın %75,42'sini oluşturan gümüşü havuzbalığı ise %21,01'ini ve avcılığın yalnız %3,11'ini oluşturan sazan ise kazancın %9,98'ini karşılamıştır. Söz konusu değerlendirmelerden anlaşılacağı üzere Beyşehir Gölü'nde balıkçılığın oldukça verimsiz olduğu, özellikle ekonomik değeri oldukça yüksek olan sazan popülasyonunun nadir seviyeye gerilediği anlaşılmaktadır. Diğer ekonomik bir tür olan sudak popülasyonunda avcılığın yapılabileceği birey oranı %13 olup, geriye kalan %87'lik kısmın ise en az yarısının bir yıl sonra avlanması gerekmektedir. Bu durum gölde sürdürülebilir balıkçılık ve popülasyonların korunabilmesi için çok acil önlem ve planlama yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Göldeki avcılığın oldukça değişken ve istikrarsız olduğu, avlanan sazan miktarında sürekli bir azalış, sudak miktarında belirsiz bir artış, gümüşü havuzbalığı miktarında ise sürekli bir artış olduğu görülmektedir (Tablo 2, Şekil 2 ve 3). Bu değişimin popülasyonlar üzerindeki avcılık baskısı ve diğer çevresel faktörlerden (gölün su seviyesindeki ani değişimler, trofik düzey değişimleri, biyotadaki diğer bazı değişimler gibi) kaynaklandığı anlaşılmıştır. Bunun sonucunda, göldeki ticari balık stokları dengeli ve istikrarlı olmadığından, balıkçılığın ekonomik getirisinin düşük olduğu açıkça görülmektedir.

Beyşehir Gölü ekosistemine giren yabancı/istilacı türler yerel popülasyonlar üzerinde çok önemli etkiler yapmakla birlikte, bu yabancı türlerden bazıları günümüzde avcılığı yapılan en önemli balık haline gelmiştir. Yabancı türlerin göle girişleri kronolojik açıdan ele alındığında; sudak 1978 yılında bilinçli olarak göle aşılannmış iken (Küçük, 2012), gümüşü havuzbalığı 2001 (Yerli vd., 2014), gümüş balığı 2003 (Balık ve Ustaoglu, 2006) ve çakıl balığı 2010 yılında (Meke vd., 2012) izinsiz olarak göle girmiştir. Gölde uzun vadede yaşanan trofik düzey değişimlerinin yanında, ekosisteme periyodik olarak birçok farklı yabancı/istilacı tür girmiştir. Bu durum ekosistem dinamikleri, besin rekabeti ve av-avcı ilişkilerinin değişmesine yol açmış olduğundan, avlanan balık miktarı da nicelik ve nitelik yönünden sürekli bir değişim içerisindedir. Öngörülemeyen bu sürekli değişimler, gölde sürdürülebilir ve istikrarlı bir avcılık yapılmasının önündeki en önemli engeli oluşturmaktadır.

Beyşehir Gölü'nde yapılan tarihsel ve paleolimnolojik çalışmalar su seviyesindeki dalgalanmaların ekosistemin yapısı ve işlevleri için kritik önemde olduğunu göstermiştir. Gölün gelecekteki su seviyesi durumu ise kasvetli görünmektedir. Tüm senaryolarda, sonuçların su seviyesinde önemli bir azalma olacağını göstermekte olup, en karamsar iklim ve arazi kullanım senaryolarında, mevcut su kullanım rejiminde 2030'lara kadar potansiyel bir kuraklık öngörülmektedir (Yılmaz vd., 2021). Buradan hareketle önümüzdeki süreçte, Beyşehir Gölü'nde yaşanması yüksek olası su seviye düşmelerinin göl ekosistemini, balık faunasını ve biyomasını da olumsuz yönde etkilemesi kaçınılmaz olacaktır. Göldeki bu seviye düşmesine bağlı olarak ortaya çıkacak trofik düzey artışıyla birlikte gölün en baskın balığı durumundaki gümüşü havuzbalığının, günümüzde zaten en yüksek miktar ve oranda (2021'de 654 ton ve %75) avlanıyor iken, gelecekte de en yüksek oranda avlanacak tür olacağını tahmin etmekteyiz.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasındaki katkıları için, "Beyşehir Gölü ve Havzasının Ekolojik Durumunun Değerlendirilmesi, Su Seviyesi ve Su Kalitesi İzleme İstasyonlarının Kurulması Hizmet Alımı İşi"

Projesi kapsamında Konya Büyük Büyükşehir Belediyesi Sıfır Atık Dairesi Başkanlığı ile Ekoiz Ltd. Şti.'ne (Ankara) ve Beyşehir Gölü Balıkçılarına Teşekkürü borç biliriz.

## FİNANS

Bu çalışmanın yürütülmesinde herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan etmektedir.

## YAZAR KATKILARI

Çalışma kurgusu: FK, İG; Literatür taraması: İG, FK, SSG; Metodoloji: İG, SSG; Deneyin gerçekleştirilmesi: FK, İG, SSG; Veri analizi: İG, FK, SSG; Makale yazımı: FK, İG, Denetleme SSG. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

## ETİK ONAY BEYANI

Çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından onaylanan Türkiye Cumhuriyeti hayvan refahı yasaları, yönergeleri ve politikaları ile uyumludur (sayı: 77211729-804.01, izin referans numarası 2020/001).

## VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Bu çalışmada kullanılan verilere ilgili yazardan talep üzerine erişilebilir. Veriler, gizlilik veya etik kısıtlamalar nedeniyle kamuya açık değildir.

## KAYNAKLAR

- Anonim. (1969). Konya İl Yıllığı, 1967. Konya Valiliği, 610p.
- Anonim. (2016). Konya Kapalı Havzası Master Planı Hidroloji Raporu. Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 4. Bölge Müdürlüğü – Konya.
- Anonim. (2020). Beyşehir Gölü milli parkı uzun devreli gelişme planı analitik etüt ve sentez raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Konya.
- Balık, İ. (1997). Beyşehir Gölü balık avcılığı üzerine bir araştırma. *Su Ürünleri Dergisi*, 14(1-2), 145-151
- Balık, S., & Ustaoglu, R. (2006). Fish introducing studies in lakes, ponds and reservoirs of Turkey and their results. In Proceedings of the National Conference on Stocking and Reservoir Management Symposium (pp. 10), 7–9 February, Antalya, Turkey.
- Battalgil, F. (1942). Contribution A La Connaissance Des Poissons Des Eaux Douces De La Turquie. *Revue De La Faculte Des Sciences De l'Universited'Istanbul*, 7, 287-306.
- Bayçelebi, E., Kaya, C., Güçlü, S.S., Küçük, F., & Turan, D. (2020). Taxonomic status of endemic fish species in Lake Beyşehir Basin (Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 16(1), 138-147. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.618539>
- Beklioglu, M., Altınayar, G., & Tan, C.O. (2006). Water level control over submerged macrophyte development in five shallow lakes of Mediterranean Turkey. *Arch. Hydrobiol.*, 166, 535–556. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2006/0166-0535>
- Bucak, T., Trolle, D., Tavşanoğlu, Ü.N., Çakıroğlu, A. İ, Özen, A., Jeppesen, E., & Beklioglu, M. (2018). Modeling the effects of climatic and land use changes on phytoplankton and water quality of the largest Turkish freshwater lake: Lake Beyşehir. *Science of the Total Environment*, 621, 802–816. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.258>

- Çubuk, H., Çınar, Ş., Uysal, R., Çetinkaya, S., Özkök, R., Tümgelir, L., Yağcı, M., Erol, K.G., & Ceylan, M. (2005). Beyşehir ve Eğirdir göllerindeki ekonomik balık stoklarının tespiti ve sürdürülebilirliklerinin araştırılması. Project No: Tagem-Haysüd/ 2005/09/02/02, Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 169 pp.
- Deveciyan, K. (2006). Türkiye’de balık ve balıkçılık. Aras yayıncılık (İstanbul) II. baskı, ISBN 975-7265-75-6, 574s.
- Fricke, R., Eschmeyer, W.N., & Fong, J.D. (2021). Eschmeyer's catalog of fishes: genera/speciesbyfamily/subfamily. ([http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/Species By Family.asp](http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/Species%20By%20Family.asp)) (28 Eylül 2021).
- Hanko, B. (1924), Fische aus kleinasien. *Ann. Hist. Nat. Mus. Nation. Hung.*, 21, 137-158.
- Küçük, F. (2012). Extinct endemic fishes of Turkey: *Alburnus akili* (Göyce) and *Pseudophoxinus handlirschi* (Kavinne) (Pisces: Cyprinidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 345-347.
- Meke T, Küçükkara R, Çınar Ş, Çavdar N, Babar B., & Yener O. 2012. Beyşehir Gölü balık faunası için yeni bir kayıt: istilacı bir tür: *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846). V. Ulusal Limnoloji Sempozyumu, 27-29 Ağustos 2012, Bildiri Özet Kitapçığı, 98 s., Isparta.
- Merter, Ü., Genç, A.Ş., & Göksu, M.Z.L. (1986). Isparta ve yöresindeki göllerde su kalitesi. fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler. Tubitak Çevre Araştırmaları Grubu. Proje No: ÇAĞ-45-G. Ankara.
- Numann, W. (1958). Anadolu göllerinde limnolojik ve balıkçılık ilmi bakımından araştırmalar ve bu göllerde yaşayan sazanlar hakkında özel bir etüd. *İst. Üniv. Fen Fak. Monografi, İstanbul*, 7, 114.
- Ricker, W.E. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Ottawa, Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. (No: 191), pp. 401.
- Schönhuth, S., Vukić, J., Šanda, R., Yang, L. & Mayden, R.L. (2018). Phylogenetic relationships and classification of the Holarctic family Leuciscidae (Cypriniformes: Cyprinoidei). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 127, 781-799. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2018.06.026>
- Soyaslan, İ.İ., & Hepdeniz, K. (2019). Beyşehir Gölü havzasının yeraltısuyu akım modellemesi esaslı hidrojeolojik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 63-74. <https://doi.org/10.29048/makufebd.358206>
- URL-1.<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ISPARTA> Erişim tarihi: 14.10.2022
- Yerli, S. V., Mangit, F., Emiroğlu, Ö., Yeğen, V., Uysal, R., Ünlü, E., ... & Zengin, M. (2014). Distribution of invasive *Carassius gibelio* (bloch, 1782)(teleostei: cyprinidae) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14(2), 581-590.
- Yılmaz, G., Çolak, M. A., Özgencil, İ. K., Metin, M., Korkmaz, M., Ertuğrul, S., ... & Jeppesen, E. (2021). Decadal changes in size, salinity, waterbirds, and fish in lakes of the Konya Closed Basin, Turkey, associated with climate change and increasing water abstraction for agriculture. *Inland Waters*, 11(4), 538-555. doi.org/10.1080/20442041.2021.1924034
- Yoğurtçuoğlu, B., Kaya, C., & Freyhof, J. (2021). *Oxynoemacheilus nasreddini*, a new nemacheilid loach from Central Anatolia (Teleostei: Nemacheilidae). *Zootaxa*, 4974(1), 135–150. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4974.1.5>
- Yoğurtçuoğlu, B., Kaya, C., Geiger, F.M., & Freyhof, F. (2020). Revision of the genus *Seminemacheilus*, with the description of three new species (Teleostei: Nemacheilidae. *Zootaxa*, 4802(3), 477-501. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4802.3.5>

## Antibacterial Activity and Characterization of Water-Soluble Chitosan Compounds Produced from Enzymatic Deacetylation

### Enzimatik Deasetilasyon ile Üretilen Su Çözülebilir Kitosan Bileşiklerinin Antibakteriyel Aktivitesi ve Karakterizasyonu

Hatice Aysun Mercimek Takcı<sup>1,\*</sup>, Fatih Matyar<sup>2</sup>, Fatma Yılmaz<sup>3</sup>, Gülcihan Güzeldağ<sup>4</sup>, Halil İbrahim Çelik<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Arts and Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Kilis 7 Aralık University, 79000, Kilis, Türkiye.

<sup>2</sup>Faculty of Education, Department of Science and Technology Education, Cukurova University, 01330, Sarıcam, Adana, Türkiye.

<sup>3</sup>Gerede Vocational School, Abant İzzet Baysal University, 14030, Bolu, Türkiye.

<sup>4</sup>Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Cukurova University, 01330, Sarıcam, Adana, Türkiye.

<sup>5</sup>Graduate School of Health Sciences, Department of Biochemistry, Anadolu University, 26210, Eskisehir, Türkiye.

\*Corresponding author: [mersimek@hotmail.com](mailto:mersimek@hotmail.com)

Received: 16.02.2022

Accepted: 20.06.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Mercimek Takcı, H. A., Matyar, F., Yılmaz, F., Güzeldağ, G., & Çelik, H. İ. (2022). Antibacterial activity and characterization of water-soluble Chitosan compounds produced from enzymatic deacetylation. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 451-460. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1074431>

**Abstract:** In this research, it was aimed to investigate the production of water-soluble chitosan from the enzymatic deacetylation of chitin by *Bacillus* (*B. cereus* (BC) and *B. thuringiensis* (BT)) strains. Characteristic properties involving molecular weight, degree of deacetylation, and antibacterial activity of chitosan samples were identified. The degree of deacetylation of BC and BT chitosan samples obtained at 393 and 213 ppm amounts was reported as 80.54% and 86.07% by the IR spectrum. As well as the degree of deacetylation, the molecular weights of samples showed a significant effect on antibacterial activity were 48.27 and 48.46 Da, respectively. Among the tested bacteria, the highest inhibitory effect was recorded in *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus epidermis* for both chitosan samples. On the other hand, no antibacterial effect on *S. aureus*, Vancomycin-resistant Enterococci, *S. epidermidis*, *Klebsiella* sp., and *Salmonella* spp. were observed. Our results indicated a simple and cost-efficient method for the production of chitosan polymers showing antibacterial activity.

#### Keywords

- Antibacterial activity
- *Bacillus* sp.
- Chitosan
- Deacetylation
- Characterization

**Özet:** Bu araştırmada, *Bacillus* sp. (*B. cereus* (BC) ve *B. thuringiensis* (BT)) suşları ile kitinin enzimatik deasetilasyonundan suda çözülebilir kitosan üretiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Kitosan örneklerinin moleküler ağırlıkları, deasetilasyon dereceleri ve antibakteriyel aktivitelerini içeren karakteristik özellikleri tanımlanmıştır. 393 (BC) ve 213 (BT) ppm miktarda elde edilen kitosan örneklerinin deasetilasyon derecesi IR spektrumu ile sırasıyla %80,54 ve %86,07 olarak belirlenmiştir. Deasetilasyon derecesinin yanı sıra antibakteriyel aktivitede önemli bir etki gösteren moleküler ağırlık değerleri ise 48,27 ve 48,46 Da'dır. Her iki kitosan bileşikleri için, test bakterileri arasında en yüksek inhibitör etki *P. aeruginosa* ve *S. epidermis*'e karşı kaydedilmiştir. Bunun yanı sıra *S. aureus*, Vankomisin dirençli Enterococci, *S. epidermidis*, *Klebsiella* sp. ve *Salmonella* spp.'ye karşı hiçbir antibakteriyel etki gözlenmemiştir. Bizim sonuçlarımız, antibakteriyel aktivite gösteren kitosan polimerlerin üretimi için basit ve düşük maliyetli bir yöntemle işaret etmektedir.

#### Anahtar kelimeler

- Antibakteriyel aktivite,
- *Bacillus* sp.
- Kitosan
- Deasetilasyon
- Karakterizasyon



## 1. INTRODUCTION

Chitin, one of the most abundant biopolymers in nature, second only to cellulose, is a polysaccharide of animal origin. This biopolymer was identified as a natural poly-b-(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine in 1884 and dissolves quickly in concentrated acid solvents (Brasselet et al., 2019; Junior et al., 2016). Chitosan, found by Rouget in 1859, is obtained from chitin by using chemical methods, including demineralization, deproteinization, and deacetylation processes (Junior et al., 2016; Santos et al., 2020). It comprises D-glucosamine and an N-acetyl D-glucosamine unit branched by b-(1-4) linkages and is a linear polycationic polysaccharide (Brasselet et al., 2019). It is a weak base and soluble in limited aqueous acidic solutions because of the presence of amine groups and the formation of cationic polyelectrolytes (Mohammadi et al., 2019).

Chitosan has unique properties, such as chemical resistance, low toxicity, chelating with metal ions, biodegradability, wound healing, biocompatibility, antiviral, antimicrobial, antitumor, and antioxidant has been researched in a wide range of pharmaceuticals and medical applications (Prabu & Nataraja, 2012; Qin & Li, 2020). It and its derivatives in different forms (solutions, films, and composites) are well-known as antimicrobial agents against target microorganisms like Gram-positive bacteria, Gram-negative bacteria, yeast, and fungi (Saito et al., 2019; Sharma et al., 2019).

This antimicrobial activity depends on its biological origin, molecular weight, and degree of acetylation. With its low molecular weight and degree of acetylation, Chitosan has been reported to inhibit the growth of several fungi, Gram-positive and Gram-negative bacteria, in many studies (Shariah & Masson, 2017; Goy et al., 2019).

Three antimicrobial mechanisms related to chitosan and its derivatives have been revealed: 1) the interaction between the  $\text{NH}_3^+$  cationic groups in chitosan molecules and negatively charged microbial cell wall (Dragland et al., 2019), 2) the interference of mRNA synthesis due to penetration into cell nucleus (Abdeltwab et al., 2019) and 3) the preventing toxin production and microbial growth because of metal chelation characteristic of chitosan (Mohammadi et al., 2019).

This work aims to investigate the characterization of chitosan produced by the bioconversion of chitin and the antibacterial capacity of this biomaterial.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Isolation of *Bacillus* sp. strains

Chitin deacetylase (CDA, EC 3.5.1.41), the bioconversion of chitin to chitosan by hydrolysis of acetamido groups of N-acetyl-D-glucosamine, belongs to the hydrolases enzyme family. CDA-producing *Bacillus* sp. strains were isolated from soil samples provided by Adana Karataş beaches (36°33'45"N35°22'49"E) in Türkiye. This isolation was performed by a method declared by Mercimek Takci et al. (2019). Bacterial strains were identified by applying microbiological methods (Gram staining, spore-forming, and cell morphology). According to these methods, VITEK 2 compact system (microbial identification system) was employed for bacterial identification.

### 2.2. Qualitative analysis and purification of chitosan obtained by bioconversion

*Bacillus* sp. strains that produced CDA were grown Luria-Bertani media overnight at 37°C. Subsequently, 5 mL of inoculum (Mc Farland 0.4) was transferred into a medium including 1% yeast extract, 0.4 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 0.15 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 2% sucrose, and 1% colloidal chitin with an initial pH of 8.0 at 37°C for 12 h with shaking (180 rpm). After incubation, the pellet was harvested using centrifugation at +4°C, 5500 rpm for 30 min. The pellet containing bacterial cells, chitin, and chitosan was suspended in 10 mL of 0.1 N NaOH and autoclaved. After cooling, the suspension was again centrifuged at +4°C, 5500 rpm, for 30 min. Pellet washed with 10 mL of 2% glacial acetic acid was left on a shaker at room temperature for 24 h for the dissolving of chitosan biopolymer. After centrifugation at 5500 rpm for 15 min., the discarded white precipitate was washed twice in distilled

water. Pellet suspended in 5 mL sterile water was evaluated as crude chitosan preparation and preserved at +4°C (Kaur et al., 2012).

For qualitative analysis of chitosan, 1 mL of this chitosan solution was dried in a glass plate at +55°C for 2-6 h. 2-3 drops of iodine (0.3% w/v)/potassium iodide (0.5% w/v) solution was then added to the dried precipitate and mixed. This mixture was acidified by adding 2-3 drops of 1% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The formation of the white precipitate by neutralization with 1 N NaOH and the transformation of dark brown color to dark purple by adding H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> indicates the presence of chitosan (Kaur et al., 2012).

### 2.3. Chitosan characterization

Quantitative analysis of crude chitosan solutions was spectrophotometrically performed using 0.35% (w/v) ninhydrin reagent prepared in methanol. 1 mL ninhydrin reagent and 5 mL of chitosan solution were mixed. Moreover, tubes immediately capped were heated in the water bath for 30 min and diluted with 3 mL of 50% ethanol-distilled water (v/v) into a reaction mixture cooled below 30°C. The absorbance of solutions stirred by a vortex was measured at 570 nm against a blank (Prochazkova et al., 1999). The concentration of chitosan is calculated depending on a calibration curve plotted using standard chitosan. All measurements were performed three times.

The degree of deacetylation of crude chitosan solutions was detected using The Thermo Scientific™ Nicolet™ iS™10 FT-IR Spectrometer. Powder samples acquired by drying at room temperature were analyzed in the IR at the wavenumber range of 400-4000 cm<sup>-1</sup>. According to the equation stated below, the degree of deacetylation of samples was calculated (Kasaai, 2008).

$$\%DD = 100 - [(A_{1655}/A_{3450}) \times 100/1.33]$$

The absorbances of 1655 cm<sup>-1</sup> of the amide-I band as a measure of the N-acetyl group content and 3450 cm<sup>-1</sup> of the hydroxyl band as an internal standard are employed. 1.33 is the ratio of A<sub>1655</sub>/A<sub>3450</sub>.

The average molecular weight (M<sub>v</sub>) of chitosan solutions was identified by viscometric measurements using an Anton Paar Modular Compact Rheometer 302. This value was calculated following the Mark-Houwink-Sakurada equation (MHS), in which [η] is the intrinsic viscosity (Yomota et al., 1993).

$$[\eta] = KM_v^\alpha$$

$$\log M_v = (\log[\eta] - \log K)/\alpha$$

where K=0.119 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> and α= 0.59 determined.

### 2.4. Antibacterial activity

Antibacterial activity of crude chitosan solutions were tested against the following bacterial isolates: (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella* sp., *Salmonella* spp., vancomycin resistance *Enterococci* (VRE), *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes*). The strains cultured in nutrient broth were incubated at 37°C for 24h. Cultures were then centrifuged at 5500 rpm for 15 min to harvest cells. The optical density of cells suspended in saline solution was adjusted to 3.0 turbidity. This bacterial suspension was used as the inoculum. 0.1 mL of each test bacterium was inoculated in nutrient broth (pH 7.0), including chitosan, at a final concentration of 250 mg/L and incubated at 37°C and 120 rpm for 6h. 0.1 mL of bacterial samples were spread on Petri dishes, including plate count agar (PCA). After 12 h incubation, colonies on plates were counted, and antibacterial activity was calculated as a percentage according to the formula: [(C-T)/C]x100. C and T symbols are expressed as the colony numbers counted on the control and sample plates, respectively (Chung et al., 2011).

Control plates involved colonies formed by bacterial cultures grown without chitosan on PCA. The antibacterial capacity of crude chitosan solutions was compared with standard chitosan at the medium molecular weight (~400.000) (2 mg/mL dissolved in 0.1% glacial acetic acid solution). All counting was repeated three times.



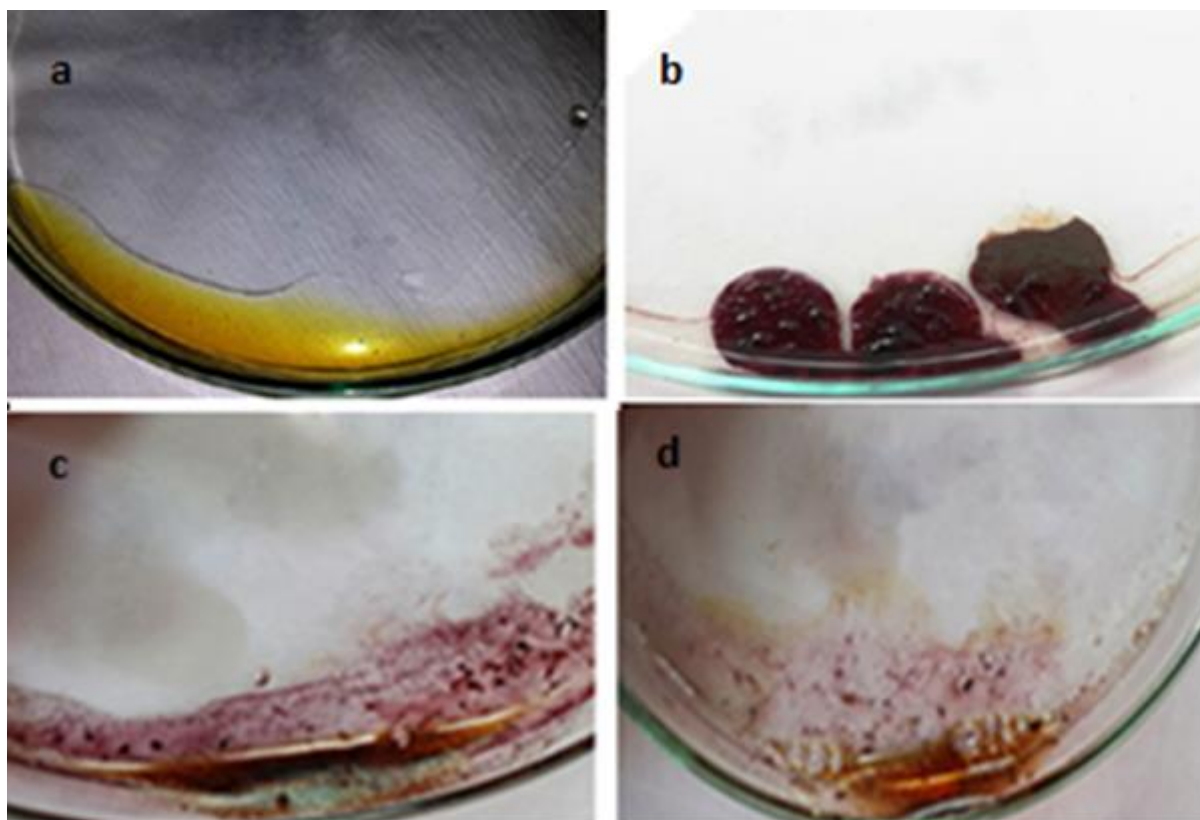
### 3. RESULTS and DISCUSSION

Ten *Bacillus* spp. strains were isolated from the Karatas beach samples. The CDA production ability of these strains was screened based on the conversion of p-nitro acetanilide by the enzyme. Out of 10 isolates, only two *Bacillus* strains were seen to produce the enzyme chitin deacetylase (Figure 1).



**Figure. 1** Screening of chitin deacetylase (CDA) producing *Bacillus* isolates on a plate.

Two CDA-producing *Bacillus* isolates were identified as *B. cereus* (BC) and *B. thuringiensis* (BT) by using VITEK 2 microbial identification system, with an upper probability of 90%. Two *Bacillus* sp. strains were cultivated in broth medium, including 1% colloidal chitin. Following the incubation period, aqueous suspensions obtained from the fermented broth were qualitatively analyzed for the presence of chitosan biopolymer. Figure 2 is revealed that the dark purple coloration indicated bioconversion of the commercial chitin sample to chitosan for both samples. For *in vitro* rapid determination of chitosan concentration in an aqueous solution, colorimetric protocols may be used. A colored product is formed by acting between the free amino groups of chitosan and cationic sites of anionic dyes. This reaction is a reliable method for the quantification of chitosan polymers. The sensitivity of the ninhydrin assay is dependent on the type and properties (degrees of deacetylation and molecular weight) of chitosan performed (Leane et al., 2004).

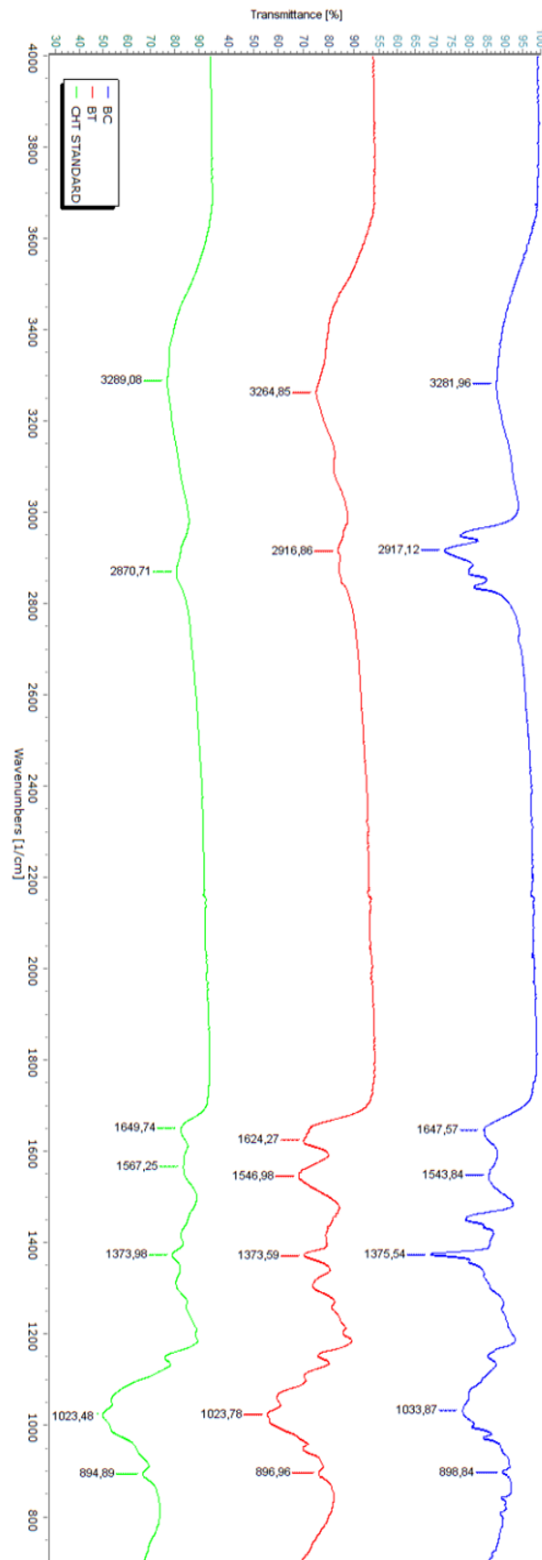


**Figure 2.** Dark purple coloring related to the production of chitosan by *Bacillus* sp.: a, colloidal chitin; b, standard chitosan; c, BC chitosan samples; d, BT chitosan sample

In BC and BT solutions, chitosan concentrations revealed by ninhydrin binding were 393 and 213 ppm, respectively. MWs of the BC and BT chitosans obtained from the bioconversion was detected as 48.27 and 48.46 Da. Our results based on enzymatic deacetylation of various chitin samples can be discussed with other studies: ElMekawy et al. (2013) noted the increase in the degree of deacetylation of different chitinous substrates after treatment with CDA purified from *Alcaligenes* sp. ATCC 55938. Similar results were achieved by other researchers, such as Kaur et al. (2012), who declared the yield of chitosan 160 and 100 ppm using bioconversion of chitin by bacterial CDA (*Bacillus* spp. and *Serratia* spp.), values lower than our results. Similar results were described to convert various chitin substrates to partially deacetylated chitosan oligomers by fermentation the soil bacterium *Arthrobacter* sp. as CDA producers (Tuveng et al., 2017).

The reaction of deacetylation is the release of chitosan, including a high degree of the chemical reactive amino group ( $-NH_2$ ), by the process of the removal of acetyl groups from chitin. The quality of chitosan is expressed in its intrinsic properties, such as purity, molecular weight, and degree of deacetylation (DD). The degree of deacetylation is one of the main characteristics that affected the performance of chitosan in many of its applications. The degree of deacetylation of the final chitosan product may result in differences in the variation of the manufacturing process and origin (Ak Kalut, 2008). The degree of deacetylation (DD) of chitosans commercially prepared is in the range of 70-95% (Kaczmarek et al., 2019). FTIR results of purified (BC and BT) and commercial chitosans are depicted in Figure 3. In the FTIR spectrum of standard chitosan, internal reference bands were determined as the OH stretching band at  $3289.08\text{ cm}^{-1}$ ,  $-CH_2$  stretching band in pyranose circle at  $2870.71\text{ cm}^{-1}$ ,  $-C=O$  (amide I) stretching band at  $1649.74\text{ cm}^{-1}$ , NH (amid II) stretching band at  $1567.25\text{ cm}^{-1}$ , C-O-C stretching band at  $1149.43\text{ cm}^{-1}$  and C-O stretching band at  $1023.48\text{ cm}^{-1}$ . The  $1655\text{ cm}^{-1}$  and  $3450\text{ cm}^{-1}$  wavenumbers of the characteristic peaks in the FTIR spectrum of standard

and purified chitosan samples were observed to shift to higher/lower wavelengths. This clarified some impurities that originated from the preparation process. So, the degree of deacetylation was calculated by taking reference to the characteristic stretching vibrations at  $1647.57\text{ cm}^{-1}$  and  $3281.96\text{ cm}^{-1}$  for the BC sample and  $1624.27\text{ cm}^{-1}$  and  $3264.85\text{ cm}^{-1}$  for BT. DD% acquired from IR of chitosan samples were 80.54 and 86.07%, respectively.



**Figure 3.** FTIR spectrum of the obtained water-soluble chitosan samples

In a study, Venugopal (2021) noted to obtain chitosan via the hydrolysis of N-acetylamido linkage of chitin by fungal chitin deacetylase produced from *Mucor rouxii*, *M. mechei*, and *Aspergillus niger*. A similar deacetylation pattern (79.52%) was observed after the fermentation of superfine chitin by using CDA obtained from *Penicillium oxalicum* (Pareek et al., 2019). In the other study, the degree of deacetylation of resultant chitosan in solid-state fermentation of *Aspergillus flavus* CDA was revealed as 83.35% at a 2.1 mg/g chitosan amount (Yonis et al., 2019). Compared to our chitosan solutions, the chitosan produced in this work was quite low. On the other hand, the degree of deacetylation of 83.35% was a little higher than the BC sample.

**Table 1.** Antimicrobial activities of standard and water-soluble chitosans prepared by enzymatic deacetylation (%).

|                                   | Standard chitosan | BC chitosan sample | BT chitosan sample | 0.1% glacial acetic acid |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| <i>Staphylococcus aureus</i>      | 0                 | 0                  | 0                  | 0                        |
| <i>Bacillus subtilis</i>          | 96                | 14                 | 16                 | 0                        |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i>     | 99                | 41                 | 49                 | 0                        |
| <i>Klebsiella</i> sp.             | 99                | 0                  | 0                  | 0                        |
| <i>Salmonella</i> spp.            | 99                | 0                  | 0                  | 0                        |
| VRE                               | 0                 | 0                  | 0                  | 0                        |
| <i>Staphylococcus epidermidis</i> | 0                 | 34                 | 33                 | 0                        |
| <i>Listeria monocytogenes</i>     | 44                | 19                 | 11                 | 0                        |

As represented in Table I, standard chitosan possessed a higher degree of inhibition than chitosan produced by bioconversion. Standard chitosan solution demonstrated antibacterial activity against 63% of all tested bacterial strains. This solution showed maximum inhibition in the range of 96-99% to *B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *Klebsiella* sp., and *Salmonella* spp. The lowest activity, with 44% inhibition, was obtained against *L. monocytogenes*. However, no inhibitory action of standard chitosan on *S. aureus*, VRE, and *S. epidermidis* was noted. 0.1% glacial acetic acid was performed as a negative control for antibacterial capacity studies of standard chitosan and exhibited that negative control had no inhibitory effect on strains. For chitosan solutions, it was indicated that comparable antibacterial activity with the standard chitosan tested at a 2 mg/mL dose level was not recorded. BC and BT chitosan solutions were found to have no antibacterial effect on *S. aureus*, VRE and *S. epidermidis*, *Klebsiella* sp., and *Salmonella* spp. Among tested bacterial strains, the inhibitory effect at below 50% against only four strains (*B. subtilis*, *P. aeruginosa*, *L. monocytogenes*, and *S. epidermidis*) was observed. The lowest inhibitory effect of both BC and BT solutions was noticed on *B. subtilis* and *L. monocytogenes* compared with the other microorganisms. The percentage of the maximum antibacterial activity of BC which is similar to the BT solution, was determined to be *P. aeruginosa*. Among all test bacteria, the most susceptible strain was *P. aeruginosa* against BC and BT chitosan solutions. As Chung et al. (2011) reported, the antibacterial efficiency of water-soluble chitosan obtained from shrimp shells with 90% N-deacetylation on *L. monocytogenes* was 11±5.0%. The inhibitory effect of bioconversion chitosan solutions in our study was higher than that of this value. Similarly, inhibition (22%) of the standard chitosan samples (at 2000 ppm) on *P. aeruginosa* observed by Ortega-Ortiz et al. (2010) was substantially lower than our results. Ali and Aldujaili (2022) reported that different concentrations of biogenic chitosan NPs synthesized by *B. subtilis* had an inhibitory effect on all tested. The highest inhibition zone with 26 mm showed against *S. aureus*.

The authors indicated that the antibacterial activity of chitosan polymers might be explained by the interaction of positively charged amino groups with the bacterial cell surface. The efficiency of this interaction depends upon the molecular weight and the degree of deacetylation of chitosan.

#### 4. CONCLUSION

Enzymatic deacetylation of colloidal chitin by *Bacillus* sp. yielded water-soluble chitosans showing antibacterial activity. Especially the highest inhibition was reported against *P. aeruginosa* and *S. epidermis*. The degree of deacetylation and MW may be affected by the antimicrobial activity of chitosan as well as its concentration. The inhibitory effects of BC and BT chitosans at obtained amounts on tested bacteria are valued as compared with that of standard chitosans prepared by previous studies. However, the degrees of deacetylation of our chitosan samples are in the range of those used commercially. So, we here described that chitosan samples produced via enzymatic biotransformation of chitin by *Bacillus* sp. strains might be a promising candidate for industrial application.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBITAK) for financial support during the laboratory part of the study.

#### FUNDING

This study was funded by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBITAK), No. 113Z569.

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Fiction: HAMT; Literature: HAMT, FM, FY, GG; Methodology: HAMT; Performing the experiment: HAMT, HIC; Data analysis: HAMT; Manuscript writing: HAMT, FM. Supervision: HAMT. All authors approved the final draft.

#### ETHICAL STATEMENTS

Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.

#### DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data supporting the findings of the present study are available from the corresponding author upon reasonable request.

#### REFERENCES

- Abdeltwab, W. M., Abdelaliem, Y. F., Metry, W. A., Eldeghedy, M., & Ebid, W. (2019). Antimicrobial effect of chitosan and nano-chitosan against some pathogens and spoilage microorganisms. *Journal of Advanced Laboratory Research in Biology*, 10(1), 8-15.
- Ak Kalut, S., (2008). Enhancement of degree of deacetylation of chitin in chitosan production. [Bachelor thesis, University Malaysia Pahang].
- Ali, Z. H., & Aldujaili, N. H. (2022). Bio-Environmental preparation of chitosan nanoparticle using *Bacillus subtilis* and their biomedical activity. *IOP Conf. Ser.: Earth Environmental Science*, 1029, 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1029/1/012023>
- Brasselet, C., Pierre, G., Dubessay, P., Dols-Lafargue, M., Coulon, J., Maupeu, J., Vallet-Courbin, A., De Baynast, H., Doco, T., Michaud, P., & Delattre, C. (2019). Modification of chitosan for the



- generation of functional derivatives. *Applied Sciences*, 9(7), 1321. <https://doi.org/10.3390/app9071321>
- Chung, Y. C., Yeh, J. Y., & Tsai, C. F. (2011). Antibacterial characteristics and activity of water-soluble chitosan derivatives prepared by the maillard reaction. *Molecules*, 16(10), 8504-8514. <https://doi.org/10.3390/molecules16108504>
- Dragland, I. S., Wellendorf, H., Kopperud, H., Stenhagen, I., & Valen, H. (2019). Investigation on the antimicrobial activity of chitosan-modified zinc oxide-eugenol cement. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 6(1), 99-106. <https://doi.org/10.1080/26415275.2019.1697621>
- Elmekawy, A., Hegab, H. M., El-Baz, A., & Hudson, S. M. (2013). Kinetic properties and role of bacterial chitin deacetylase in the bioconversion of chitin to chitosan. *Recent Patents on Biotechnology*, 7(3), 234-241. <https://doi.org/10.2174/1872208307666131202192453>
- Goy, R. C., Britto, D., & Assis, O. B. G. (2009). A Review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros*, 19(3), 241-247. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282009000300013>
- Junior, J. C. V., Ribeaux, D. R., Alves Da Silva, C. A., & Campos-Takaki, G. M. D. (2016). Physicochemical and antibacterial properties of chitosan extracted from waste shrimp shells. *International Journal of Microbiology*, 2016, ID: 5127515. <https://doi.org/10.1155/2016/5127515>
- Kasaai, M. R. (2008). A review of several reported procedures to determine the degree of N-acetylation for chitin and chitosan using infrared spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 71(4), 497-508. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.07.009>
- Kaur, K., Dattajirao, V., Shrivastava, V., & Bhardwaj, U. (2012). Isolation and characterization of chitosan-producing bacteria from beaches of Chennai, India. *Enzyme Research*, 2012(4), 421683. <https://doi.org/10.1155/2012/421683>
- Kaczmarek, M. B., Struszczyk-Swita, K., Li, X., Szczesna-Antczak, M., & Daroch, M. (2019). Enzymatic modifications of chitin, chitosan and chitoooligosaccharides. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 243. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00243>
- Leane, M. M., Nankervis, R., Smith, R., & Illum, L. (2004). Use of the ninhydrin assay to measure the release of chitosan from oral solid dosage forms. *International Journal of Pharmaceutics*, 271(1-2), 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2003.11.023>
- Mercimek Takcı, H. A., Karayilan, R., Ucan Turkmen, F., Sumengen Ozdenefe, M., Buyukkaya Kayis, F., Arkut Ozyapıcı, A., & Caktu Guler, K. (2019). Biochemical characterization of the crude chitin deacetylase supernatant *Bacillus cereus*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(9), 6661-6667.
- Mohammadi, B., Pirsá, S., & Alizadeh, M. B. (2019). Preparing chitosan–polyaniline nanocomposite film and examining its mechanical, electrical, and antimicrobial properties. *Polymers & Polymer Composites*, 27(8), 507-517. <https://doi.org/10.1177/0967391119851439>
- Ortega-Ortiz, H., Gutiérrez-Rodríguez, B., Cadenas-Pliego, G., & Jimenez, L. (2010). Antibacterial activity of chitosan and the interpolyelectrolyte complexes of poly(acrylic acid)- chitosan. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53(3), 623-628. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132010000300016>
- Pareek, N., Vivekanand, V., Agarwal, P., Saroj, S., & Singh, R. P. (2013). Bioconversion to chitosan: A two stage process employing chitin deacetylase from *Penicillium oxalicum* SAEM-51. *Carbohydrate Polymers*, 96(2), 417-425. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.04.005>
- Prabu, K., & Nataraja, E. (2012). *In vitro* antimicrobial and antioxidant activity of chitosan isolated from *Podophthalmus vigil*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(9), 75-82. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2012.2916>
- Prochazkova, S., Vårum, K. M., & Østgaard, K. (1999). Quantitative determination of chitosans by

- ninhydrin. *Carbohydrate Polymers*, 38(2), 115-122. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(98\)00108-8](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(98)00108-8)
- Qin, Y., & Li, P. (2020). Antimicrobial chitosan conjugates: current synthetic strategies and potential applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(2), 499. <https://doi.org/10.3390/ijms21020499>
- Saito, H., Sakakibara, Y., Sakata, A., Kurashige, R., Murakami, D., Kageshima, H., Saito, A., & Miyazaki, Y.. (2019). Antibacterial activity of lysozyme-chitosan oligosaccharide conjugates (LYZOX) against *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* and Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Plos One*, 14(5), e0217504. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217504>
- Sharma, R., Raghav, R., Priyanka, K., Rishi, P., Sharma, S., Srivastava, S., & Verma, I. (2019). Exploiting chitosan and gold nanoparticles for antimycobacterial activity of in silico identified antimicrobial motif of human neutrophil peptide-1. *Scientific Reports*, 9(1), 7866. (2019) 9:7866. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44256-6>
- Sahariah, P., & Masson, M. (2017). Antimicrobial chitosan and chitosan derivatives: a review of the structure–activity relationship. *Biomacromolecules*, 18(11), 3846-3868. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.7b01058>
- Santos, V. P., Marques, N. S., Maia, P. C., Lima, M. A. B. D., Franco, L. D. O., & Campos-Takaki, G. M. D. (2020). Seafood waste as attractive source of chitin and chitosan production and their applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(12), 4290. <https://doi.org/10.3390/ijms21124290>
- Tuveng, T. R., Rothweiler, U., Udatha, G., Vaaje-Kolstad, G., Smalås, A., & Eijsink, V. G. H. (2017). Structure and function of a CE4 deacetylase isolated from a marine environment. *PLoS One*, 12(11), e0187544. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187544>
- Venugopal, V. (2021). Valorization of seafood processing discards: Bioconversion and bio-refinery approaches. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 132. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.611835>
- Yomota, C., Miyazaki, T., & Okada, S. (1993). Determination of the viscometric constants for chitosan and the application of universal calibration procedure in its gel permeation chromatography. *Colloid and Polymer Science*, 271, 76-82. [https://doi.org/10.1016/0141-8130\(82\)90074-5](https://doi.org/10.1016/0141-8130(82)90074-5)
- Yonis, R. W., Luti, K. J., & Aziz, G. M. (2019). Statistical optimization of chitin bioconversion to produce an effective chitosan in solid state fermentation by *Asperigellus flavus*. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 50(3), 916-927. <https://doi.org/10.36103/ijas.v50i3.708>
-



## Türkiye’de Gökkuşığı Alabalığı Yetiştiriciliğinin Üretim ve Ekonomik Göstergelerinin İncelenmesi

### Investigation of Production and Economic Indicators of Rainbow Trout Farming in Türkiye

Önder Yıldırım<sup>1,\*</sup>, İsmail Berat Çantaş<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Muğla, 48000, Türkiye

\*Sorumlu yazar: [onderyildirim@mu.edu.tr](mailto:onderyildirim@mu.edu.tr)

Received: 11.04.2022

Accepted: 22.07.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Yıldırım, Ö., & Çantaş, İ. B. (2022). Türkiye’de Gökkuşığı Alabalığı yetiştiriciliğinin üretim ve ekonomik göstergelerinin incelenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 461-474. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1101098>

**Özet:** Bu çalışmada, Türkiye su ürünleri yetiştiriciliğinde en fazla üretilen ikinci tür olan gökkuşığı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) genel ve illere göre üretim miktarları, değerleri, işletme sayıları ve kapasiteleri değerlendirilerek ekonomiye katkıları ve potansiyellerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. 2020 yılında Dünya’da toplam su ürünleri üretimi 178 milyon ton olurken, yetiştiricilik üretimi 87,5 milyon tondur. Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği 2020’de Dünya’da 77 ülkede ve yaklaşık 1,02 milyon ton olarak elde edilmiştir. İran 197.370 ton ile ilk sırada, Türkiye 144.283 ton ile ikinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde, 10 yıllık değişime bakıldığında 2012 yılında yetiştiricilik miktarı 212.410 tondan, 2021 yılında 471.686 tona çıkmıştır. Türkiye’de 2021 yılında yapılan toplam 471.686 ton yetiştiriciliğinin %35’ini, bu tür oluşturmaktadır. Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği Türkiye’de toplam 68 ilde yapılmaktadır. Ülke genelinde 58 ilde toplam 1.435 milyar adet yavru üretim kapasitesine sahip 493 adet gökkuşığı alabalığı kuluçkahanesi bulunmaktadır. Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde Elazığ (26.500 ton; %16) ilk sırada gelmekte, Muğla (22.000 ton; %13); Samsun (13.045 ton; %8), Trabzon (9.800 ton; %4,6) ve Şanlıurfa (7.658 ton; %4) ise Elazığ’ı takip etmektedir. 2012-2021 yılları arasında iç sularda yetiştiriciliği yapılan gökkuşığı alabalığının satış fiyatının 4,99-24,14 TL (2,71-2,78 ABD doları) arasında, denizlerde yetiştiriciliği gökkuşığı alabalığının ise 6,78-32,83 TL (3,69-3,78 ABD doları) arasında değiştiği bulunmuştur. Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinin iç sularda 3.238.960.360 TL (363.611.540 ABD doları) ve denizlerde 1.034.440.470 TL (116.268.210 ABD doları) olmak üzere ekonomiye toplam katkısı 4.273.400.830 TL (479.879.750 ABD doları) olduğu tespit edilmiştir. Gökkuşığı alabalıklarının, Karadeniz’deki denizel ağ kafes işletmelerinde kilogram üzeri büyütüldükten sonra, iç piyasa ve ihraç ürün olarak satış etiketlerinde “Türk Somonu” ticari ismi kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye, “Türk Somonu” olarak tescillenen gökkuşığı alabalığı üretiminde, Dünya’daki yerini sağlamlaştırmak için gelecek planlamalarını şu noktalarda yoğunlaştırmasında fayda vardır. Bunlar arasında mevcut pazarların korunup bununla birlikte yeni pazarlara girilmesine yönelik girişimler, su kaynaklarını taşıma kapasitelerinin gözetilerek çevreyle dost sürdürülebilir kullanımı, hammadde-enerji-akaryakıt gibi yetiştiricilik üretim girdilerinin minimize edilmesi için yerli alternatiflerin/yerinde üretimlerin kullanılması sayılabilir.

#### Keywords

- Türkiye
- İller
- Gökkuşığı Alabalığı
- Türk Somonu
- Ekonomi

**Abstract:** This study aims to reveal the contribution of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), according to production volumes, values, number of farmers, and capacities. Total fisheries and aquaculture production in the world were 178 and 87.5 million tons in 2020 respectively. Rainbow trout is produced in 77 countries in the world, with a production amount of approximately 1.02 million tons in 2020. Within this field, Iran

#### Anahtar kelimeler

- Türkiye
- Provinces
- Rainbow Trout



was first with 197 203 tons, followed by Turkey with 144 283 tons in 2020. When viewed from a "10-year of change" aspect, the amount of aquaculture in Turkey increased from 212.410 tons in 2012 to 471 686 tons in 2021. Rainbow trout accounts for 35% of total aquaculture production in 2021. This species is cultured in 68 cities in Turkey. There are 493 rainbow trout hatcheries in 58 cities across the country with a total production capacity of 1,435 billion fries. Elazığ (26,500 tons; 16%) comes first in rainbow trout farming followed by Muğla (22,000 tons; 13%); Samsun (13,045 tons; 8%), Trabzon (9,800 tons; 4.6%) and Şanlıurfa (7.658 tons; 4%). It has been determined that the price of rainbow trout cultured in inland waters during the years 2012 and 2021 ranged between 44.99-24.14 TRY (2.71-2.78 USD), while rainbow trout cultured offshore sea cages ranged between 6.78-32.83 TRY (3.69-3.78 USD). The economic contributions of inland and off-shore-cage rainbow aquaculture are 3 238 960 360 TRY (363.611.540 USD) and 1 034 440 470 TRY (116 268 210 USD), respectively. The total contribution of rainbow trout to the economy was 4 273 400 830 TRY (479 879 750 USD). In off-shore cage aquaculture, rainbow trout are grown over kilograms in the Black Sea, and are traded with the name of "Turkish Salmon (Somon)". It would be beneficial for Turkey to focus its future plans on the following points to consolidate its world position in the production of rainbow trout registered as "Turkish Salmon". These may include taking initiatives to protect existing markets and opening up new markets, carrying out environmentally sustainable use of water resources considering their carrying-capacities and using local alternatives/on-site production methods to minimize aquaculture production inputs such as raw materials - energy - fuel.

- Turkish Salmon (Somon)
- Economy

## 1. GİRİŞ

Dünya su ürünleri üretimi, 2020 yılında 177,8 milyon ton olarak gerçekleşirken, bu üretiminin, 90,3 milyon tonunu avcılık, 87,5 milyon tonunu ise yetiştiricilik vasıtasıyla sağlanmıştır. 2030 yılında ise su ürünleri yetiştiriciliğinin 109 milyon ton civarında olacağı öngörülmektedir (FAO, 2022a). Türkiye’de ise toplam 799.581 ton su ürünleri üretiminin %41’ini (328.165 ton) avcılık, %59’unu (471.686 ton) ise yetiştiricilik oluşturmaktadır. 2020 yılında su ürünleri ihracat hacmi toplam 201.157 ton olarak dikkat çekmektedir. Su ürünleri üretiminin yaklaşık %71’i (559.932 ton) iç piyasa tarafından tüketilirken, %13’lük kısım (107.223 ton) ise hammadde olarak balık unu ve balık yağı yapımında kullanılmaktadır. TÜİK (2022) verilerinden yola çıkıldığında, 2021 yılında, yetiştiriciliği en çok yapılan 3 tür %35 pay (165.683 ton) ile gökkuşuğu alabalığı; %33 pay (155.151 ton) ile Avrupa deniz levreği ikinci ve %28 (133.476 ton) ile çipuranın üçüncü sırada olduğu görülür.

2021 yılında toplam su ürünleri yetiştiriciliği tesis sayısı 2.139 olurken bunların yaklaşık %80’i (1707 tesis) iç su balıkları, %20’si (423 tesis) ise deniz balıkları yetiştiriciliği faaliyeti sürdürmektedir. Proje kapasitesi bakımından deniz balıkları yetiştiriciliği 306.718 ton üretim kapasitesine, iç su balıkları yetiştiricilik tesisleri ise 210.660 ton toplam kapasiteye sahiptir. En çok gökkuşuğu alabalığı üretimi yapılan 10 ildeki toplam tesis sayısı 469 iken üretim miktarı 87.147 ton olurken, gökkuşuğu alabalığı üretimimin yarısından fazlasını oluşturmaktadırlar (BSGM, 2022). Gökkuşuğu alabalığının 2020 yılında Dünya’da 1,021 milyon ton yetiştiriciliği yapılmıştır. Dünya su ürünleri yetiştiricilik üretimi içinde % 0,3’lük paya sahip olan Türkiye, gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinde İran’dan (197.370 bin ton) sonra ikinci sırada gelmektedir. Avrupa Birliğinde toplam gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği 183.507 ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, AB gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinin yaklaşık %78’ini, Dünya’da gökkuşuğu alabalığı üretiminin de %15’ini oluşturmaktadır (FAO, 2022b). Türkiye, dünya gökkuşuğu alabalığı üretiminde ikinci, Avrupa birliği dahil Avrupa’da ise birinci konumda bulunmaktadır.

Son 10 yılda olduğu gibi 2021 yılında da gökkuşuğu alabalığı, yetiştiriciliği yapılan türler arasında Türkiye’de ilk üç tür arasına girmektedir. Gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinde yakalanan ivmenin sürdürülebilir olması ve dünya üretiminde ikinci sırada olan konumun daha ileriye taşınması ülke ekonomisi açısından oldukça önemlidir.

Gökkuşığı alabalığı yetiştiricilik için oldukça uygun özelliklere sahiptir, bunlardan bazıları; çevresel şartlara çabuk adapte olabilmesi, kuluçka süresine müteakip aktif olarak yem alabilmesi sayılabilir (Wedemeyer, 1996) Ayrıca su kalitesi ve diğer yetiştiricilik şartlarına bağlı olarak yem değerlendirme oranının yaklaşık 0,8-1.5 arasında değişim göstermektedir (Guzel & Arvas, 2011; Kause vd., 2016; Stadflander vd., 2017; Parrino vd., 2020).

Türkiye’de ilk gözlü gökkuşığı alabalığı yumurtaları Bilecik’te (Bozüyük) Hasan Papila tarafından kurulan ve günümüzde de hale üretime devam etmekte olan Liman Entegre Balıkçılık tesislerine getirilerek başlanmıştır (Çelikkale vd., 1999; Memiş vd., 2002; Aydın & Baltacı, 2017). Türkiye’de yetiştiricilik 2000 yılında iç sularda yaklaşık 43 bin ton seviyesinde iken 2020 yılında toplam gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği yaklaşık 145 bin ton seviyesine yükselmiştir. Bu artış miktarında iç ve dış talepteki değişimler, devlet destekleri ve gelişen teknoloji ve bilgi birikiminin de etkisi bulunmaktadır (Aydoğan vd., 2020).

Gökkuşığı alabalığının 2020 yılında toplam ihracat hacmi 703 milyon ABD doları olmuş, Norveç ihracatla ilk sırada (309 milyon ABD dolar), Türkiye dördüncü sırada (36,8 milyon ABD dolar) yer almıştır (OECD, 2021).

Son yıllarda özellikle gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği ile birlikte adı sıklıkla anılan diğer bir tür, kahverengi alabalıklardır. Kocabaş vd. (2013), kahverengi alabalıkların morfolojik özelliklerinin önemli derecede farklılık gösterdiğini ve birçok alt türü bulunduğunu bildirmiştir. Ülkemizde dört alt tür ile temsiliyeti vardır. Bunlar, *Salmo trutta abanticus* Abant Gölü’nde, *Salmo trutta caspius* Aras ve Kura Bölgesinde, *Salmo trutta macrostigma* Akdeniz Bölgesinde ve *Salmo trutta labrax* Karadeniz Bölgesinde dağılım göstermektedir (Turan vd., 2008). Bunlardan, Karadeniz alabalığı, 1998 yılında başlayan çalışmalarla kültüre alınmıştır (Çakmak vd., 2004). Diğer taraftan, Karadeniz alabalığı “deniz alabalığı”, “deniz alası” ve “kırmızı benekli alabalık” adıyla da kullanılmaktadır (Anonim, 2015). Farklı adlarla isimlendirilen Karadeniz alabalığının, *Salmo labrax* ve *Salmo trutta labrax* isimleri kullanılmakta birlikte Kalaycı vd. (2018) *Salmo trutta*’nın lokasyonlara (Ekotiplerine) göre (Abant, Hazar, Karadeniz ve Anadolu gibi) isimlendirilmesini tavsiye etmektedirler. Bu bilgilerden hareketle, su ürünleri yetiştiriciliği istatistiklerinde *Salmo sp.* olarak geçen alabalık, kahverengi alabalık olarak mütalaa edilebilir.

Bu çalışmada, gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinin Türkiye’deki son 10 yılı kapsayacak şekilde iller bazında üretim miktarları, proje kapasiteleri ortaya konarak, ekonomik verileri ele alınmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Verilerin Değerlendirilmesi

Yapılan bu çalışmadaki gökkuşığı alabalığına ait yetiştiricilik verileri (miktar, fiyat), Türkiye İstatistik Kurumu ve ilgili Tarım ve Orman İl Müdürlüklerinin web sayfalarından süzülerek elde edilmiştir. İşletme sayıları ve kapasiteleri ise Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü internet sitesinde yer alan güncel su ürünleri yetiştiricilik tesisleri listesinden derlenmiştir. Elde edilen veriler tablolar haline getirilerek bulgular bölümünde irdelenmiştir. Güncel gökkuşığı alabalığı fiyatlarının üretim maliyetleri ise firmalarla ikili görüşmeler neticesinde elde edilmiştir. Türk Lirası (TL) cinsinden gökkuşığı alabalığı fiyatlarının dolara dönüştürülmesinde T.C. Merkez Bankası ABD doları/TL (değerlendirilen yıllara göre) ABD doları ortalamaları kullanılmıştır.

## 3. BULGULAR

Son 10 yıla bakıldığı zaman ülkemizde gökkuşığı alabalığının, 75 ilde üretiminin yapıldığı tespit edilmiştir. Aksaray, Kilis, İstanbul, Nevşehir ve Tekirdağ illerinde son 10 yılda gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı belirlenmiştir. Bu illerin, Tarım ve Orman Müdürlükleri ile yapılan ikili görüşmelerde edinilen bilgilere göre, Tekirdağ’da gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği için gerekli olan

optimum su koşullarının sağlanamaması; Kilis ve Aksaray'da su kaynaklarının oldukça yetersiz olması, özellikle yaz aylarında yaşanan kuraklık durumu bunun yanında gökkuşuğu alabalığı için ihtiyaç duyulan su sıcaklığı ve doymuş oksijen seviyelerinin uygun olmaması; İstanbul'da nüfus yoğunluğundan dolayı su kaynaklarının yetersiz kalması ve gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği için uygun arazilerin olmaması; Nevşehir ilinde sudaki doymuş oksijen miktarının gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği için yeterli düzeyde olmaması ve azotlu bileşiklerin bu türün yetiştiriciliği için belirlenen değerlerin üstünde olması durumları nedenleriyle bu illerde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapılamadığı öğrenilmiştir.

2020 yılında toplam su ürünleri yetiştiriciliği tesis sayısı 2.139 olurken bunların yaklaşık %80'i (1707 tesis) iç su balıkları, %20'si (423 tesis) ise deniz balıkları yetiştiriciliği faaliyeti sürdürmektedir. Proje kapasitesi bakımından deniz balıkları yetiştiriciliği 306.718 ton üretim kapasitesine, iç su balıkları yetiştiricilik tesisleri ise 210.660 ton toplam kapasiteye sahiptir. En çok gökkuşuğu alabalığı üretimi yapılan 10 ildeki toplam tesis sayısı 469 iken üretim miktarı 87.147 ton, gökkuşuğu alabalığı üretimimin yarısından fazlasını oluşturmaktadırlar (BSGM, 2022). 2021 yılı itibariyle 58 ilde toplam 1.435 milyar yavru kapasiteli, 493 adet gökkuşuğu alabalığı kuluçkahane işletmesi vardır (BSGM, 2021).

2021 yılında yetiştiricilikte ikinci sırada bulunan gökkuşuğu alabalığı 165.683 ton üretim miktarına ulaşmıştır. 2012-2021 yılları arasında ülkemizde iç sularda yapılan gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinin miktarı (ton), değeri (TL ve ABD Doları) ve üretim yapılan il sayısı Tablo 1'de gösterilmektedir. Ayrıca son 10 yılda denizlerde yapılan gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği miktarı Tablo 2'de gösterilmektedir. 2021 yılında iç sularda *Salmo sp.* yetiştiriciliği 1.558 ton, denizlerde ise 45 ton olarak gerçekleşmiştir.

**Tablo 1.** 2012-2021 yılları arasında iç su gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği miktarı, değeri ve üretim yapılan il sayısı (BSGB, 2022; TÜİK, 2022)

| Gökkuşuğu Alabalığı (İç Su) | Miktar (Ton) | Değer (TL) | Değer (ABD doları)* | Üretim Yapılan İl Sayısı |
|-----------------------------|--------------|------------|---------------------|--------------------------|
| 2012                        | 111.335      | 4,99       | 2,78                | 74                       |
| 2013                        | 122.873      | 4,68       | 2,46                | 74                       |
| 2014                        | 107.533      | 5,86       | 2,68                | 73                       |
| 2015                        | 101.166      | 6,82       | 2,15                | 74                       |
| 2016                        | 101.297      | 7,57       | 2,50                | 75                       |
| 2017                        | 103.705      | 8,42       | 2,31                | 74                       |
| 2018                        | 104.887      | 11,61      | 2,41                | 72                       |
| 2019                        | 116.053      | 15,34      | 2,70                | 69                       |
| 2020                        | 126.101      | 17,60      | 2,51                | 71                       |
| 2021                        | 134.174      | 24,14      | 2,71                | 68                       |

\*TCMB, 2022. (Aylık ortalama kurdan, yıllık ortalaması bulunarak hesaplanmıştır, kullanılan tüm tablolarda aynı yöntemden yararlanılmıştır).

**Tablo 2.** 2012-2021 yılları arasında denizel gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliği miktarı, değeri ve üretim yapılan il sayısı (BSGB, 2022; TÜİK, 2022).

| Gökkuşacağı Alabalığı (Deniz) | Miktar (Ton) | Değer (TL) | Değer (ABD doları) | Üretim Yapılan İl Sayısı |
|-------------------------------|--------------|------------|--------------------|--------------------------|
| 2012                          | 3.234        | 6,78       | 3,78               | 4                        |
| 2013                          | 5.186        | 8,22       | 4,32               | 4                        |
| 2014                          | 5.610        | 8,98       | 4,11               | 4                        |
| 2015                          | 6.872        | 9,93       | 3,65               | 4                        |
| 2016                          | 5.716        | 9,84       | 3,25               | 3                        |
| 2017                          | 5.952        | 10,71      | 2,94               | 3                        |
| 2018                          | 9.610        | 15,67      | 3,25               | 4                        |
| 2019                          | 9.692        | 19,70      | 3,47               | 4                        |
| 2020                          | 18.182       | 25,19      | 3,59               | 6                        |
| 2021                          | 31.509       | 32,83      | 3,69               | 6                        |

2021 yılında iç sularda gökkuşacağı alabalığı üretimi 68 farklı ilde gerçekleştirilmiştir. Bu alanda en çok üretim yapan iller 26.500 ton ve 152 adet işletme ile Elazığ (%19,75), 22.000 ton üretim ve 83 adet işletme ile Muğla (%16,39) ve 7.658 bin ton üretim ve 25 adet işletme ile Şanlıurfa (%5,70) olmuştur. Gaziantep işletme başına üretim miktarında (417 ton) iç sularda gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliğinde bu alanda lider konumdadır. En çok üretim yapılan ilk 10 ildeki üretim miktarı, işletme sayısı, proje kapasitesi ve işletme başına üretim miktarı Tablo 3'te gösterilmektedir.

**Tablo 3.** İllere göre içsularda gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliği

| Gökkuşacağı Alabalığı (İçsu)* | Üretim Miktarı (Ton) * | İşletme Sayısı (Adet)** | Proje kapasitesi (Ton) ** | İşletme Başına Üretim Miktarı (Ton)*** |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Elazığ                        | 26.500                 | 164                     | 35.525                    | 161                                    |
| Muğla                         | 22.000                 | 95                      | 19.567                    | 231                                    |
| Şanlıurfa                     | 7.658                  | 27                      | 9.533                     | 283                                    |
| Tokat                         | 6.825                  | 45                      | 7.155                     | 151                                    |
| Gaziantep                     | 6.267                  | 19                      | 8.914                     | 329                                    |
| Samsun                        | 5.995                  | 21                      | 6.729                     | 206                                    |
| Artvin                        | 5.497                  | 27                      | 8.614                     | 203                                    |
| Kahramanmaraş                 | 5.314                  | 49                      | 6.516                     | 108                                    |
| Aydın                         | 4.398                  | 17                      | 5.417                     | 258                                    |
| Kayseri                       | 3.984                  | 40                      | 20.349                    | 99                                     |
| Diğer (57 il)                 | 39.736                 | 1.238                   | 62.968                    | 32                                     |
| <b>Toplam</b>                 | <b>134.174</b>         | <b>1.735</b>            | <b>215.022</b>            | <b>78,60</b>                           |

\* TÜİK, 2022; \*\*BSGB, 2022;\*\*\*Bu çalışma

2021 yılında denizel gökkuşacağı alabalığı üretimi 6 ilde gerçekleşmiştir. Bu alanda ilk sırada Trabzon (%31) gelmekte, Sinop (%23) ve Samsun (%22) takip etmektedir. Denizel üretimin tamamı tuzluluk miktarı gökkuşacağı alabalığı için elverişli olan Karadeniz'de gerçekleşmektedir. İşletme başına üretim miktarı en yüksek olan ilimiz 980 ton ile Trabzon olarak görülmektedir.

**Tablo 4.** İllere göre denizel gökkuşaağı alabalığı üretimi

| Gökkuşaağı Alabalığı<br>(Deniz)* | Üretim Miktarı<br>(Ton) * | İşletme Sayısı<br>(Adet) ** | Proje kapasitesi<br>(Ton)** | İşletme Başına Üretim<br>Miktarı (Ton) *** |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Trabzon                          | 9.800                     | 14                          | 17.400                      | 700  |
| Sinop                            | 7.400                     | 28                          | 20.278                      | 264  |
| Samsun                           | 7.050                     | 12                          | 14.450                      | 587  |
| Ordu                             | 4.869                     | 10                          | 5.464                       | 486  |
| Rize                             | 1.645                     | 3                           | 1.500                       | 548  |
| Artvin                           | 745                       | 2                           | 2.000                       | 372  |
| <b>Toplam (6 il)</b>             | <b>31.509</b>             | <b>69</b>                   | <b>61.092</b>               | <b>456</b>                                 |

\* TÜİK, 2022; \*\*BSGB, 2022;\*\*\*Bu çalışma

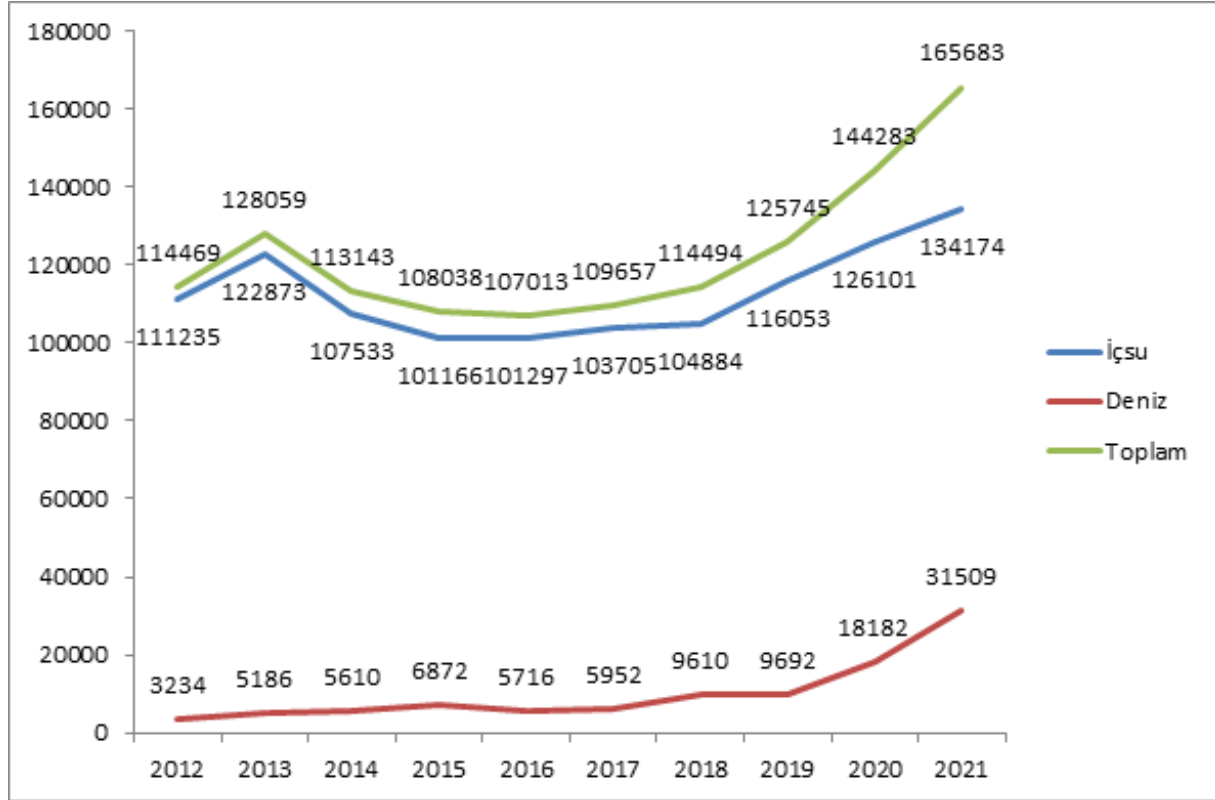
2021 yılında toplam 68 ilde iç sularda, 6 farklı ilde de denizde gökkuşaağı alabalığı yetiştiriciliği gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında 75 farklı ilde, 2021 yılında ise 68 farklı ilde gökkuşaağı alabalığı yetiştiriciliği gerçekleştirilmiş olup neredeyse ülkemizin her yerinde gökkuşaağı alabalığı yetiştiriciliği yapılabildiği görülmektedir.

Ülkemizde toplamda (iç su ve deniz) gökkuşaağı alabalığının en çok yapıldığı il 26.500 ton ile Elazığ iken, Muğla 22.000 tonla takip etmektedir. Bu alanda ilk 10 il Tablo 5'te gösterilmektedir. Son 10 yılda deniz ve iç sularda yapılan gökkuşaağı alabalığı üretiminin karşılaştırılması Şekil 1'de verilmiştir.

**Tablo 5.** İllere göre toplam gökkuşaağı alabalığı yetiştiriciliği (İç Su ve Deniz)

| Gökkuşaağı Alabalığı<br>(İç Su ve Deniz) * | Üretim Miktarı<br>(Ton) * | Üretim<br>Miktarı<br>(%) | İşletme<br>Sayısı<br>(Adet)** | İşletme Sayısı<br>(%)*** | Proje<br>kapasitesi<br>(Ton) ** | İşletme Başına<br>Üretim Miktarı<br>(Ton) *** |
|--|---------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---|
| Elazığ                                     | 26.500                    | 15,99                    | 164                           | 9,6                      | 35.525                          | 174   |
| Muğla                                      | 22.000                    | 13,27                    | 95                            | 5,4                      | 19.657                          | 265   |
| Samsun                                     | 13.045                    | 7,87                     | 33                            | 1,9                      | 21.179                          | 395   |
| Trabzon                                    | 9.800                     | 5,91                     | 14                            | 0,8                      | 17.400                          | 980   |
| Şanlıurfa                                  | 7.658                     | 4,62                     | 27                            | 1,55                     | 9.533                           | 306   |
| Tokat                                      | 6.825                     | 4,11                     | 45                            | 2,59                     | 7.155                           | 166   |
| Artvin                                     | 6.242                     | 3,76                     | 40                            | 2,30                     | 10.614                          | 156   |
| Gaziantep                                  | 6.267                     | 3,78                     | 19                            | 1,09                     | 8.914                           | 417   |
| Kahramanmaraş                              | 5.314                     | 3,20                     | 49                            | 2,82                     | 6.516                           | 118   |
| Ordu                                       | 4.869                     | 2,93                     | 10                            | 0,57                     | 5.464                           | 608   |
| <b>Diğer (58 İl)</b>                       | <b>57.881</b>             | <b>34,93</b>             | <b>1.239</b>                  | <b>71,41</b>             | <b>73.065</b>                   | <b>43</b>                                     |
| <b>Toplam (68 İl)</b>                      | <b>165.683</b>            | <b>100</b>               | <b>1.735</b>                  | <b>100</b>               | <b>215.022</b>                  | <b>97</b>                                     |

\* TÜİK, 2022; \*\*BSGB, 2022;\*\*\*Bu çalışma



Şekil 1. 2012-2021 yılları arasında gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği (TÜİK, 2022)

Türkiye’de 56 tane işletmede denizel gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapmaktadır. 56 işletmenin toplam 2021 üretimi ise, 31.509 ton olarak gerçekleşmiş toplam gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinin yaklaşık %19’unu oluşturmaktadır. Tablo 6’da illerin gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğine toplam ekonomik katkıları verilmiştir.

Tablo 6. İllerin gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğine toplam ekonomik katkıları

| Gökkuşuğu Alabalığı Üretim Miktarı (İç Su ve Deniz) | Üretim Miktarı (Ton) | Üretim Miktarı (%) | Ekonomik Katkısı (TL) | Ekonomik Katkısı (ABD doları) | Ekonomik Katkısı (%) |
|---|----------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------|
| Elazığ  | 26.500               | 15,99              | 639.710.000           | 71.958.380                    | 14,96                |
| Muğla   | 22.000               | 13,27              | 531.080.000           | 59.739.032                    | 12,42                |
| Samsun  | 13.045               | 7,87               | 376.170.300           | 42.313.870                    | 8,80                 |
| Trabzon   | 9.800                | 5,91               | 321.734.000           | 36.190.551                    | 7,52                 |
| Şanlıurfa   | 7.658                | 4,62               | 186.864.120           | 21.019.586                    | 4,37                 |
| Tokat   | 6.825                | 4,11               | 164.755.500           | 18.532.677                    | 3,85                 |
| Artvin  | 6.242                | 3,76               | 157.155.430           | 17.677.776                    | 3,67                 |
| Gaziantep   | 6.267                | 3,78               | 151.285.380           | 17.017.478                    | 3,54                 |
| Kahramanmaraş                                       | 5.314                | 3,20               | 128.279.960           | 14.429.692                    | 3,00                 |
| Ordu  | 4.869                | 2,93               | 159.849.270           | 17.980.795                    | 3,74                 |
| <b>Diğer (58 İl)</b>                                | <b>57.881</b>        | <b>34,93</b>       | <b>1.433.205.290</b>  | <b>161.215.443</b>            | <b>33,53</b>         |
| <b>Toplam (68 İl)</b>                               | <b>165.683</b>       | <b>100</b>         | <b>4.273.400.830</b>  | <b>479.879.750</b>            | <b>100</b>           |

Gökkuşuğu alabalığının 2021 yılında ekonomik katkısına bakıldığında ilk sırada 639.710.000 (71.958.380 ABD doları) ile Elazığ ili gelmekte, bu ili sırasıyla Muğla 531.080.000 TL (59.739.032 ABD doları), Samsun 376.170.300 TL (42.313.870 ABD doları), Trabzon 321.734.000 TL



(36.190.551 ABD doları) ve Şanlıurfa 186.864.120 TL (21.019.586 ABD doları) ile takip etmektedir.

#### 4. TARTIŞMA

Türkiye'nin su ürünleri üretiminin 785 bin tonu geçtiği bu yıllarda, yakın vadede 1 milyon tonluk üretim miktarı yakalamasının ve geçmesi sürpriz olmayacaktır. Diğer taraftan su ürünleri üretimin en önemli bileşenini oluşturan yetiştiricilik üretim miktarının 500 bin tona yaklaştığı görülmektedir. 2021 yılında, 471.686 tonluk toplam yetiştiricilik üretiminin %35'i gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğidir. Ülkemiz su ürünleri yetiştiriciliği 1984 yılında 2.284 ton iken, 1999 yılında 63.000 ton, 2012 yılında 212.419 ton ve 2021 yılında da 471.686 tona yükselerek büyük bir değişim göstermiştir. İşletme sayısı ise 1999 yılında 1.079 iken 2021 yılında ise 2.193 adete çıkmıştır. 2021 yılında gökkuşuğu alabalığının 134.174 tonu iç sularda (%79), 31.509 tonu (%19) ise denizlerimizde yetiştirilmiştir. 68 ilde toplam 165.683 ton gökkuşuğu alabalığı yetiştirilmiş olup, ortalama değeri denizde yetiştiricilikte kg başına 32,83 TL (3,69 ABD doları) iken iç sularda yetiştirilen ürünlerde kg başına 24,14 TL (2,71 ABD doları) olarak gerçekleşmiştir. 2012-2021 yılları arasında iç sularda yetiştirilen gökkuşuğu alabalığının satış fiyatının 4,99-24,14 TL (2,71-2,78 ABD doları) arasında, denizlerde yetiştirilen gökkuşuğu alabalığının ise 6,78-32,83 TL (3,69-3,78 ABD doları) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ülkemizde, 1 kg'a kadar olan gökkuşuğu alabalığı üretimine kg başına 0,75 TL destek verilirken, 1 kg üstü yetiştiricilikte ise kg başına 1,5 TL destek sağlanmaktadır (TOB, 2022).

Dünya'da gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği 77 ülkede yapılırken, bu alanda lider konumda bulunan İran'da iç su balıkları yetiştiriciliği oldukça önemli olup, gökkuşuğu alabalığı ıslah çalışmaları da büyük önem arz etmektedir (Günay vd., 2018). Türkiye'de de hem ıslah hem de yem değerlendirme çalışmalarında gelişmeler mevcuttur. Hem Türkiye hem de İran için, kontrolsüz bir biçimde gelen, genetik bilgileri eksik olan alabalık yumurtaları, sıkıntı teşkil edebilmektedir ama genetik bilgisine sahip sertifikalı yumurtaların bulunması uluslararası rekabet açısından da büyük bir avantaj oluşturmaktadır (Kayış, 2019).

Türkiye'de 68 ilde gökkuşuğu alabalığı, 11 ilde Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği ve 7 ilde çipura yetiştiriciliği yapılmaktadır. Gökkuşuğu alabalığı Türkiye'de son 10 yılda ortalama 70 ilde üretimi gerçekleşmiştir bunun yanında 75 ile kadar yetiştiricilik vasıtasıyla üretimin olduğu yıllar da bulunmaktadır. Artan teşvikler, bilimsel gelişmeler ve teknolojik şartların da iyileşmesi ile birlikte yıllar içinde üretim miktarı da paralel olarak artış göstermiştir. Gökkuşuğu alabalığında üretimin en önemli işletme gideri balık yemidir. Yem değerlendirme oranları ise işletme şartlarına göre değişim göstermekle birlikte 1-1,3 arasında değişmekte genel anlamda 1,2'ye yakın olduğu görülmektedir. Yetiştiricilik üretim rakamlarına bakıldığında ise, bu çalışmada yetiştirilen gökkuşuğu alabalığı için yaklaşık 175.000 ton yem kullanıldığı tahmin edilmiştir.

Baraj göllerinde yapılan alabalık yetiştiriciliğinde önemli sorunlardan birinin artan su sıcaklıkları olduğu görülmektedir. Baraj göllerinde kurulan ağ kafes alabalık işletmelerinde ortalama üretim süresi 7-8 ay civarındadır. Mayıs- Haziran aylarında hasat yapılan üretimler sonucunda yaz aylarında gökkuşuğu alabalığının piyasada bulunmasında bazı sorunlar olabileceği görülmektedir. Bu aylarda üretim planlamasının baraj gölleri ve beton havuzlarda üretim gerçekleştirilen iç su tesisleri arasında birbirini takip edecek şekilde yılın her ayında istenen boylarda ürün bulunması şeklinde ayarlanmasının önemli olduğu öngörülmektedir. Özellikle Doğu Anadolu'da beton havuzlardaki üretimde kullanılan su sıcaklığının, Ege bölgesi ya da diğer kesimlere göre daha düşük aralıklarda olduğu, 8-10 C arasında seyrettiği bilinmektedir. Bu şekilde yavrudan üretim yapmanın yılın büyük bir bölümünde güçlükler neden olabileceği, bu sıcaklarda yumurta üretiminin daha verimli olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür (Özgür vd., 2015).

Gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinin kayda değer bir bölümü denizlerde ya da iç sularda yer alan ağ kafeslerde yapılmaktadır. Çevre ile dost sürdürülebilir yetiştiricilik yapabilmek için de kısa zamanda

güvenilir sonuç verebilecek izleme programları sayesinde ağ kafeslerde taşıma kapasitesinin hesaplanması ve tahminine yönelik uygulamalara gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda da kafes alanlarında sedimentin izlenmesinin çevresel etkilerin ortaya konması ve sürdürülebilir yetiştiricilik açısından da faydalı olacağı düşünülmektedir (Pulatsü & Kaya, 2016).

Doğan (2010), yaptığı çalışmada 2008 yılında gökkuşağı alabalığı yetiştiricilik yapan tesis sayısı bakımından Denizli'nin, üretim miktarı bakımından ise Muğla'nın lider konumda olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada, 2021 yılında Elazığ 164 tesis ve 26.500 ton toplam üretimle ilk sırada, Muğla'nın ise 95 tesis ve 22.000 ton üretimle ikinci sırada geldiği tespit edilmiştir.

Birici vd. (2014), yaptıkları çalışmada 2011 yılında Elazığ ilinde proje kapasitesinin yaklaşık 23.000 ton, toplam üretimin ise 13.000 ton olduğunu tespit etmiştir. Daha sonraki yıllarda özellikle deniz balıkları yetiştiriciliği yapan büyük firmaların bu bölgeye yatırımlarını yönlendirmeleri ile proje kapasitesi bu bölgede 35.525 ton toplam üretim de 26.500 tona yükselmiştir.

Özellikle gökkuşağı alabalığı üretiminin büyük bir kısmını karşılayan Doğu Anadolu bölgesinde su ürünleri yetiştiricilik sektörünün yarattığı katma değer, istihdam, teknolojik gelişmeler ve ihracat değerleri işsizliğin yoğun olduğu bölge istihdamı arttıracak ve sosyal yaşamı da doğrudan etkileyecektir. Bu işletmelerde çalışan insanların mesleki yeterliklerinin artması ile gelecek dönemlerde doğrudan üretim performansı ve kalitenin etkileneceği öngörülmektedir (Aydoğdu & Özdemir, 2019). Bu durum gökkuşağı alabalığı üretimi yapılan diğer bölgeler için de geçerlidir, özellikle bu alanda ikinci sırada yer alan Muğla ilinde de gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği, genellikle turizm ve sanayi bölgesi olmayan Seydikemer ilçesi ve civarında toplanmış olup, bu bölgede de büyük bir istihdam sağladığı görülmektedir.

2013 yılında, 13.900 ton olan Muğla ili gökkuşağı alabalığı üretimi, 2021 yılında 22.000 tona ulaşmıştır. Muğla ili gökkuşağı alabalığı üretiminin yarısından fazlasını oluşturan Fethiye-Seydikemer bölgesinde Tolon vd. (2016), yaptıkları çalışma ile bazı tavsiyelerde bulunmuş, en önemli tavsiye olarak, işletmelerde bazı verilerin ve yem değerlendirme sonuçlarında eksiklikler olduğu gözükürken, günümüzde de benzer sorunların süre geldiği, proje kapasitesi olarak müsait olan Muğla ilinde daha fazla gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapabilmemesinin mümkün olduğu dikkat çekmektedir.

2014 yılında iç sularda gerçekleştirilen gökkuşağı alabalığı üretimi toplam yetiştiricilik üretiminin yaklaşık %46'sını, 2021 yılında ise toplam yetiştiricilik üretiminin %35'ini oluşturduğu görülmektedir. Burada bir azalma var gibi gözükse de son 10 yıldaki gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin benzer seviyelerde olduğu, buradaki oransal azalmanın, Avrupa deniz levreği ve çipura yetiştiriciliğinde meydana gelen üretimden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Şen & Rad, 2016).

Şen (2021), çalışmasında üretimi en çok yapılan 3 tür olan Avrupa deniz levreği, çipura ve gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin pazar odaklı ilişkisinde, birimler arası koordinasyon ile genel performans ve finansal performans arasında anlamlı ve pozitif yönlü ilişki olduğunu, müşteri odaklılık ve rakip odaklılık açısından başarılı olduklarını; bu bağlamda küçük ve orta kapasitede bulunan gökkuşağı alabalığı işletmelerinin rekabete ve müşteri odaklı ürünlere yönelmesinin olumlu olacağını saptamıştır.

Yapılan bazı çalışmalarda (Buhan vd., 2010; Pulatsü & Kaya, 2016; Ayekin vd., 2018) özellikle iç su baraj gölü tesislerinde taşıma kapasiteleri hesaplanmış ve üretilen reel miktarın üstüne çıkabilme potansiyeli olduğu görülmüştür. Bu alanda çalışmalara ağırlık verilmesi, hatta yetiştiricilik izinleri verilirken taşıma kapasitesinin uzmanlar tarafından hesaplanması ile mevcut üretim rakamlarının daha verimli olarak yukarı taşınabilmesi göz önünde tutulması yerinde olacaktır. Yıllara göre gökkuşağı alabalığı üretimi incelendiğinde 2012 yılında yaklaşık 115 bin ton olan üretimin, 2021 yılında 165 bin tona yükseldiği görülmektedir. 2022 yılı için yaptığımız projeksiyonda gökkuşağı alabalığı yetiştiricilik toplam üretiminin 165.000-183.000 ton arasında olabileceği bulunmuştur (Tablo 7).

**Tablo 7.** 2012-2021 yılları arasında gökkuşuğu alabalığı üretim durumu ve 2022 tahmini

| Üretim Miktarı | 2012           | 2016           | 2021           | 2012 - 2016   | 2016 - 2021    | Yıllık Büyüme Oranı* | 2022 Tahmin            |
|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------------|------------------------|
| İçsu           | 111.235        | 101.297        | 134.174        | -%8,93        | +%32,45        | %2,06                | 142.459-145.600        |
| Deniz          | 3.234          | 5.716          | 31.509         | +%76,74       | +%451,24       | %87,43               | 22.479 -36.927         |
| <b>Toplam</b>  | <b>114.469</b> | <b>107.013</b> | <b>165.683</b> | <b>-%6,51</b> | <b>+%44,74</b> | <b>%4,47</b>         | <b>164.938-182.527</b> |

\* 2012'den 2021'ye olan büyüme oranının, yıllara göre ortalama artışı üzerinden hesaplanmıştır.

\*\*Yıllık büyüme oranı ile minimum-maksimum tahmin oranı, son 10 yılda elde edilen veriler ile üstel düzgünleştirme metodu ile belirlenmiştir.

Ak vd. (2019) yaptıkları çalışmada, mersin balığı ve alabalığın birlikte ve ayrı ayrı yetiştirmenin spesifik büyüme oranı ve kondisyon faktörü üzerinde herhangi bir önemi olmadığı belirlenmiştir. Canlı ağırlık artışları açısından da farklılık önemsiz bulunmuş, bu sayede kafeslerde gökkuşuğu alabalığı ile beraber yumurta bakımından oldukça değerli bir tür olan mersin balığının polikültürünün ekonomik açıdan büyük katkısı olacağı aşikardır.

Denizel ortamdaki tesislerin maliyetlerine yönelik yapılan araştırmalarda, özellikle gökkuşuğu alabalığı üretiminde en önde yer alan Trabzon ilinde, 1.800 tonluk bir işletmenin kurulum maliyeti 1,3 milyon ABD doları olduğu, yatırımın geri dönüş süresinin ise 4,69 yıl belirtilmektedir (DOKA, 2021).

Hali hazırda Trabzon ilinde, gökkuşuğu alabalığı yetiştiricilik üretiminin 9800 ton olduğu düşünülünce, bu rakamın artmasının hem bölge istihdamı hem de ülke ekonomisine katkısının olacağı öngörülmektedir. Elazığ ilinde 250 tonluk bir ağ kafes işletmesinin yatırım maliyetinin 172 bin dolar olduğu, geri dönüş süresinin ise 2,68 yıl olarak tespit edilmiştir (FKA, 2021).

Denizel yetiştiricilikte 2012 yılında yaklaşık 3 bin ton olan üretim, 2021 yılında 31 bin tona yükselmiş, 3 ilden 6 farklı şehire çıkmıştır. Bu alanda yapılacak yatırımlar ve yeni tesislerin kurulması, farklı illerde de yetiştiriciliğin başlaması ile büyük bir potansiyele sahip olduğumuz, Türk Somonu markamızın daha ilerilere taşınacağı aşikardır.

## 5. SONUÇ

Son 10 yıla bakıldığında, gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinin yavaş seyreden bir eğimle arttığı 2012 yılında, 114 bin ton civarı olan üretimin, 2021 yılında 165 bin tonu geçtiği görülmektedir. Bu yetiştiricilik vasıtasıyla üretim miktarı özellikle, Samsun ve Sinop arasında 70 kilometrelik alanda yer alan 41 tesisin ağ kafeslerde 60 bin tonluk büyük alabalık (Türk somonu) üretiminin gerçekleştirilmesi için tahsis edilmesiyle (Anonim, 2017) birlikte yakın bir zaman içinde 200 bin ton seviyelerine ulaşabilecektir. 2021 yılında iç sularda yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığının satış fiyatının 24,14 TL (2,71 ABD doları), ekonomiye toplam katkısının ise 3.238.960.360 TL (363.611.540 ABD doları); denizlerde yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığının ekonomiye toplam katkısının ise 1.034.440.470 TL (116.268.210 ABD doları) gibi önemli rakamlar olduğu tespit edilmiştir. Gökkuşuğu alabalığının ekonomiye toplam katkısı ise 4.273.400.830 TL (479.879.750 ABD doları) olmuştur.

Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından 2020 yılından itibaren, Karadeniz'de denizel ağ kafes işletmelerinde gökkuşuğu alabalıklarının kilogram üzeri büyütüldükten sonra, iç piyasa ve ihraç ürün olarak satış etiketlerinde "Türk Somonu" ticari isminin kullanılması benimsenmiştir. Türkiye'de yetiştirilen gökkuşuğu alabalığının en önemli iki alıcısı Almanya ve Rusya'dır. Bu iki ülkede farklı ürün tiplerini rağbet göstermektedir. Alman tüketiciler daha çok bütün, fileto veya füme gökkuşuğu alabalığı tercih ederken, Rus tüketicileri ise genellikle büyük boy alabalıkları tercih etmektedir. Rusya, 2014 yılında gıda ithalatı yasağının getirilmesiyle birlikte, Atlantik salmonu ve gökkuşuğu alabalığı arzını durdurmuştur. O yıllarda, Türkiye bu yasağa tabi olmaması nedeniyle büyük bir fırsat yakalamış ve bu boş kalan niş, Türk somon balığı ile doldurulmuştur. Pazarlarında "büyük kırmızı Türk balığı" olarak isimlendirdikleri, gökkuşuğu alabalıklarını (Türk somonu), hem büyük hem

de et renginin somon fileto renginde olması nedeniyle, Rus tüketiciler tarafından tercih edilmektedir (FAO, 2022a).

Global su ürünleri yetiştiriciliğinde özellikle girdiler içinde önemli bir yekûn tutan hammadde, enerji ve akaryakıt artışının yakın bir zamanda başta Çin olmak üzere dünya genelinde bir yetiştiricilik üretim artışını yavaşlatabileceği düşünülmektedir (Çöteli, 2021). Ülkemizin de bu üretim girdilerindeki yükselişten benzer etkilenmeler yaşaması muhtemeldir. Bu noktadan hareketle dile getirilen yerli hammaddelerin AR-GE'lerine ağırlık verilmesi bir kez daha önemini arttırmaktadır. Karnivor bir tür olan gökkuşuğu alabalığının yemlerinde %10-40 düzeyinde balık unu kullanılmaktadır. Balık ununun dünyadaki üretim miktarı 5 milyon düzeyinde, stabil bir haldedir. Hayvansal protein kaynağı olarak en önemli yeri teşkil eden balık unu hem bulunabilirliğindeki sıkıntılar hem de fiyatının yüksek olması, alternatif olarak yeni hammadde arayışlarını hızlandırmaktadır. Son zamanlarda balık unu ikamelerinde rendering (su ürünleri işleme artıklarından elde edilen balık unu-yağı) ürünlerin kullanılıyor olması önemlidir. Diğer taraftan siyah asker sineği larvası ununun (BSF), gökkuşuğu alabalığı dietlerinde %15'e kadar kullanımının balıkların büyüme performansını ve yem sindirilebilirliğini olumsuz etkilemediği tespit edilmiştir (Caimi vd., 2021). Özellikle hayvansal protein hammaddelerinde yaşanan ve yaşanması muhtemel bu sıkıntılara yönelik bu tip hammaddeler üzerinde yoğunlaşılması gerekmektedir.

Denizlerde üretimin artması ve son yıllarda alınan kararla kilogram üstü gökkuşuğu alabalığının Türk Somonu markasıyla iç ve dış ticarete alıcı bulmasıyla, gökkuşuğu alabalığı popüler bir ürün hale gelmiştir. Hali hazırda yapılan üretim ve proje kapasitelerine bakıldığında da üretim miktarının önümüzdeki yıllarda artacağı, Dünya'da gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinde ikinci konumda olan Türkiye'nin bu alanda liderliği ele alabileceği sürpriz olmayacaktır. Burada artan yem maliyetlerinin düşürülmesi için alternatif yerli hammadde araştırmaları ya da yerinde üretme çalışmaları, su kaynaklarının israf edilmeden çevreyle dost sürdürülebilir kullanımı, gökkuşuğu alabalığı üretimi yapılmayan ama üretim potansiyeli bulunan yerlerde üretim faaliyetlerinin başlatılması, bu hedefe ulaşmada faydalı olacaktır.

## **FINANS KAYNAĞI**

Bu çalışmanın yürütülmesinde herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

## **ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI**

Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan etmektedir.

## **YAZAR KATKILARI**

Çalışma kurgusu: ÖY; Literatür taraması: İBÇ, ÖY Metodoloji: ÖY, Veri analizi: İBÇ, ÖY. Makale yazımı: ÖY, İBÇ, Denetleme: ÖY, İBÇ. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

## **ETİK ONAY BEYANI**

Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

## **VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI**

Bu çalışmada kullanılan veriler makul talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

## **KAYNAKLAR**

Anonim, (2015). *Ek-1 Türtün Tanımı* <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/05/20150515-31-1.pdf> (Erişim Tarihi: 25/03/2022)

- Anonim, (2017). *Samsun ve Sinopda Büyük Alabalık Yetiştirilecek* <https://www.aa.com.tr/tr/yasam/samsun-ve-sinopda-buyuk-alabalik-yetistirilecek/888051> (Erişim Tarihi: 28/02/2021).
- Ak, K., Kurtoğlu, İ. Z., Serezli, R., Kayış, Ş., & Yandı, I. (2019). Introduce the Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) to Turkish aquaculture industry: Duoculture possibility with rainbow trout. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 36(3), 211-217.
- Aydoğan, M., Uysal, O., Candemir, S., Terzi, Y. E., Beşen, T., Öztürk, F. P., & Ceyhan, V. (2020). Türkiye’de Alabalık Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Ekonomik Performanslarının Analizi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(9): 1952-1964, 2020. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i9.1952-1964.3587>
- Aydın, H., & Baltacı, M. (2017). Türkiye’de Alabalık Üretimine Yayımlaşmasında İstanbul Üniversitesi Sapanca İçsu Ürünleri Üretimi Araştırma ve Uygulama Birimi’nin Yeri. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*, 32, 129-134
- Aydoğdu, S.İ., & Özdemir, Y. (2019). Elazığ Yöresi’nde Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yetiştiriciliği Yapan Farklı Kapasitedeki İşletme Çalışanlarının Sosyo-Ekonomik Yapısı. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 5(2), 104-115.
- Ayekin, B., Yeşilayer, N., & Buhan, E. (2018). Karakaya Baraj Gölü (Malatya) ağ kafes sistemlerinde alabalık yetiştiriciliği için taşıma kapasitesinin tahmini. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7(3), 101-110.
- Birici, N., Şeker, T., Balcı, M., Çelik, B. & Kılıç, A. (2014). Elazığ İlinde Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss* L.) Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yapısal ve Ekonomik Analizi. *Aquaculture Studies*, 14(2), 0-0. <https://doi.org/10.17693/Yunusae.Vi.235395>
- BSGM, (2021). *Bakan Pekdemirli: Su Ürünleri Yetiştiricilerimize 85 Milyon Liralık Desteği Buün Ödüyorum.* <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Haber/214/Bakan-Pakdemirli-Su-Urunleri-Yetistiricilerimize-85-Milyon-Liralik-Destegi-Bugun-Oduyoruz> (Erişim Tarihi: 01.03.2022)
- BSGM, (2022). *Su Ürünleri Yetiştiricilik Tesislerin Durumu.* <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi/Su-Urunleri-Tesisleri-2019.pdf>
- Buhan, E., Koçer, M. T., Polat, F., Dogan, H. M., Dirim, S., & Neary, E. T. (2010). Almus Baraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi ve taşıma kapasitesinin tahmini. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2010(1), 57-65.
- Caimi, C., Biasato, I., Chemello, G., Oddon, S. B., Lussiana, C., Malfatto, V. M., Capucchio, M. T., Colombino, E., Schiavone, A., Gai, F. & Trocino, A. (2021). Dietary inclusion of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larva meal in low fishmeal-based diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12, 50. <https://doi.org/10.1186/s40104-021-00575-1>
- Çakmak, E., Kurtoğlu, İ. Z., Çavdar, Y., Firidin, Ş., Aksungur, N., Başçınar, N., Esenbuğa, H., & Zengin, B. (2004). *Karadeniz alabalığı (Salmo trutta labrax Palas, 1811)’nin yetiştiriciliği ve balıklandırma amacıyla kullanımı.* Su ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Çelikkale, M. S., Düzgüneş, E. & Okumuş, İ. (1999). *Türkiye Su Ürünleri Sektörü ve Avrupa Birliği ile Entegrasyonu.* İstanbul Ticaret Odası.
- Çötel, F. (2021). *Ürün Raporu: Su Ürünleri.* Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü.
- DOKA, (2021). *Trabzon İli Kafeste Alabalık Yetiştiriciliği Ön Fizibilite Raporu.* Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı.
- Doğan, K. (2010, 6-8 Temmuz). Türkiye Alabalık Yetiştiriciliğinin Su Ürünleri Sektörü ve Ülke Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi. 2. Ulusal Alabalık Sempozyumu. Karaman.
- FAO, (2022a). *Aquaculture market in the Black Sea: country profiles.* General Fisheries Commission

- for the Mediterranean. <https://doi.org/10.4060/cb8551en>
- FAO, (2022b). *Global Production Statistics 1950-2017*. <http://www.fao.org/Fishery/Statistics/Global-Production/Query/En> (22 Şubat 2022).
- FKA, (2021). Elâzığ İlinde Baraj Göllerinde Kafeste Gökkuşacağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yetiştiriciliği. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Fırat Kalkınma Ajansı.
- Günay, D., Emiroğlu, D., & Tolon, T. (2018). Orta Doğu ve Türkiye’de İçsu Ürünleri Avcılığı ve Yetiştiriciliğinin Bugünkü Durumu ve Geleceğe Dair Tahminler. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 4(2), 122-129.
- Guzel, S., & Arvas, A. (2011). Effects of different feeding strategies on the growth of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *African Journal of Biotechnology*, 10(25), 5048-5052.
- Kalayci, G., Ozturk, R. C., Capkin, E., & Altinok, I. (2018). Genetic and molecular evidence that brown trout *Salmo trutta* belonging to the Danubian lineage are a single biological species. *Journal of Fish Biology*, 93, 792-804. <https://doi.org/10.1111/jfb.13777>
- Kause, A., Kiessling, A., Martin, S., Houlihan, D., & Ruohonen, K. (2016). Genetic improvement of feed conversion ratio via indirect selection against lipid deposition in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *British Journal of Nutrition*, 116(9), 1656-1665. <https://doi.org/10.1017/S0007114516003603>
- Kayış, Ş. (2019). Analysis of fish health status in terms of sustainability of aquaculture in Turkey-A swot analysis. *Aquaculture Studies*, 19(1).
- Kocabaş, M., Başçınar, N., Kutluyer, F., & Önder, A. K. S. U. (2013). Ülkemizde Yayılım Gösteren *Salmo trutta macrostigma* Ekotipi Gerçekten Yok Oluyor mu?. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 132-138.
- Memiş, D., Demir, N., Eroldogan, O. T., & Küçük, S. (2002). Aquaculture in Turkey. *The Israel Journal of Aquaculture – Bamidgah*, 54(1), 3- 9
- Özgür, M. E., Bayır, İ., & Gürçay, S. (2015). Türkiye’de Gökkuşacağı Alabalığı Yetiştiriciliğinin Mevcut Durumu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8(2), 06-08.
- OEC, 2021. *Observatory of Economic Complexity*. <https://oec.world/en/profile/hs/trout-fresh-or-chilled-whole> (Erişim Tarihi: 01.03.2022).
- Parrino, V., Kesbiç, O. S., Acar, Ü., & Fazio, F. (2020). Hot pepper (*Capsicum* sp.) oil and its effects on growth performance and blood parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Natural Product Research*, 34(22), 3226-3230.
- Pulatsü, S., & Kaya, D. (2016). Kafeslerde gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliğinde (Karaova Baraj Gölü, Türkiye) lokal çevresel durumun ve taşıma yoğunluğunun tahmini. *Su Ürünleri Dergisi*, 33(4), 313-320.
- Stadlander, T., Stamer, A., Buser, A., Wohlfahrt, J., Leiber, F., & Sandrock, C. (2017). *Hermetia illucens* meal as fish meal replacement for rainbow trout on farm. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3), 165-175.
- Şen, İ., & Rad, F. (2016). Türkiye’de Gökkuşacağı Alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*, Walbaum, 1792) Yetiştiriciliğinde Kapasite, Arz ve Fiyat Gelişmeleri. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 22(2), 1-8.
- Şen, İ. (2021). *Türkiye’de Çipura-Levrek İle Gökkuşacağı Alabalığı Yetiştiriciliği Yapan Firmaların Pazar Odaklılık Düzeylerinin Belirlenmesi*. [Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi].
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2022). *Su ürünleri desteklemeleri*. <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Tarimsal-Destekler/Hayvancilik-Desteklemeleri/Su-Urunleri> (Erişim Tarihi: 10.03.2022).
- TCMB. (2022). *Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Ortalama Döviz Kurları*. <https://www.Tcmb.Gov.Tr/Wps/Wcm/Connect/67c9353c-D201-40fb-9e19-A99dd1653d6e/Rom+Ortalama+Kur.Xlsx?Mod=Ajperes&Cacheid=Rootworkspace-67c9353c->

[D201-40fb-9e19-A99dd1653d6e-Mq-İiag](#) Erişim Tarihi (30/10/2021).

- Tolon, M.T., Emiroğlu İşgören, D., & Tahancı, U. (2016). Fethiye İlçesi'nde Faaliyet Gösteren Gökkuşluğu Alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) Yetiştiricilik İşletmelerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 135-146.
- Turan, C., Ergüden, D., Gürlek, M., Yağlıoğlu, D., & Yeğen, V. (2008). Isparta ve Kahramanmaraş *Salmo trutta* (L., 1758) Populasyonlarının Genetik Karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 4(1), 45-52.
- TÜİK. (2022). *Türkiye Su Ürünleri İstatistikleri*.  
<https://Data.Tuik.Gov.Tr/Kategori/Getkategori?P=Tarim-111&Dil=1>
- Wedemeyer, G.A. (1996). *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems*. Chapman & Hall.



## The Determination of Trophic Level of Küçükçekmece Lagoon Lake (İstanbul, Türkiye) by Using Some Environmental Variables with Indicator Benthic Macroinvertebrates Findings

### Küçükçekmece Lagün Gölü'nün (İstanbul, Türkiye) Bazı Çevresel Değişkenler ve İndikatör Bentik Makroomurgasız Bulgularından Yararlanılarak Trofi Düzeyinin Belirlenmesi

Gazel Burcu Aydın<sup>1\*</sup>, Cenk Gürevin<sup>2</sup>, Burak Öterler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trakya University, Faculty of Science, Department of Biology, Edirne, Türkiye

<sup>2</sup>İstanbul University, Faculty of Aquatic Sciences, İstanbul, Türkiye

\*Corresponding author: [gburcuaydin@trakya.edu.tr](mailto:gburcuaydin@trakya.edu.tr)

Received: 09.05.2022

Accepted: 05.10.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Aydın, G. B., Gürevin, C., & Öterler, B. (2022). The determination of trophic level of Küçükçekmece Lagoon Lake (İstanbul, Türkiye) by using some environmental variables with indicator benthic Macroinvertebrates findings. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 475-485. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1113769>

**Abstract:** In this study, to determine the trophic level of Küçükçekmece Lagoon Lake, water and sediment samplings were performed at five selected stations seasonally during a year between 2014-2015. The water samples were analyzed to determine some environmental variables (water temperature, pH, conductivity, DO (dissolved oxygen), TDS (total dissolved solids), and salinity. NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SiO<sub>2</sub>, chlorophyll-*a*, TP (total phosphorus), and Secchi disc light permeability) and benthic macroinvertebrates were examined to determine indicator organisms in the sampled sediment material. Bray-Curtis Similarity Index was used to the observed environmental results to determine the similarities of the sampling stations. According to this, station 1 (St. 1) located in the center of the lake, and St. 5 located near the sea were found to be different from other sampling stations while the stations located near the creeks were found to have much more similar to each other. In addition, to determine the trophy level of the lake, Carlson Trophic State Index (CTSI) was used to the obtained some physicochemical results (Secchi disc permeability, total phosphorus, chlorophyll-*a*) and it was found that the lake showed a eutrophic character during all seasons. According to the result of sediment sampling, an average of 350 individuals per m<sup>2</sup> (44.3 % belonging Polychaeta group; 29.5 % belonging Chironomidae group; 19.7 % belonging Oligochaeta group; 6.5 % belonging Bivalvia group) in a total of 6 benthic macroinvertebrate taxa (Bivalvia, Polychaeta, *Tubificoides benedii* (Oligochaeta), *Tubificoides* sp. (immature Oligochaeta), *Limnodrilus hoffmeisteri* (Oligochaeta), and *Chironomus salinarius* (Chironomidae) were determined. Thus, it is observed that the presence of some indicator species supported eutrophic conditions qualitatively. As a result of this study, it was determined that Küçükçekmece Lagoon lake going on to expose the increasing pollution load.

#### Keywords

- Benthic macroinvertebrates
- Küçükçekmece Lagoon
- Physicochemical variables
- Pollution
- Trophic level

**Özet:** Bu çalışmada, Küçükçekmece Lagün Gölü'nün trofi düzeyinin belirlenmesi amacıyla 2014-2015 yılları arasında bir yıl boyunca mevsimsel olarak beş istasyonda su ve sediment örnekleme yapıldı. Su örneklerinde bazı fizikokimyasal analizler (su sıcaklığı, pH, iletkenlik, DO (çözülmüş oksijen), TDS (toplam çözülmüş madde), tuzluluk. NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SiO<sub>2</sub>, klorofil-*a*, TP (toplam fosfor) ve seki disk ışık geçirgenliği) yapılırken, sediment örnekleri bentik makroomurgasız içerikleri açısından indikatör organizmaları belirlemek için incelendi. Örnekleme istasyonlarının

#### Anahtar kelimeler

- Bentik makroomurgasızlar
- Küçükçekmece Lagünü
- Fizikokimyasal değişkenler
- Kirlilik
- Trofi düzeyi





çevresel koşullar açısından benzerliklerini belirlemek için Bray-Curtis İndeksi kullanıldı. Buna göre, göl ortasında bulunan istasyon 1 (St. 1) ve denize yakın bulunan St. 5 diğer örnekleme istasyonlarından farklı bulunurken, derelere yakın bulunan istasyonların birbirine çok benzer olduğu görüldü. Ayrıca, elde edilen fizikokimyasal verilere (Secchi disk görünürlüğü, toplam fosfor, klorofil-*a*) trofi düzeyini belirlemek amacıyla Carlson Trophic State Index (CTSI) uygulandı ve göl suyunun yılın her mevsiminde ötrofik karakter gösterdiği belirlendi. Sediment örneklemesine göre, toplam 6 bentik makroomurgasız taksonuna ait (*Bivalvia*, *Polychaeta*, *Tubificoides benedii* (Oligochaeta), *Tubificoides* sp. (immature Oligochaeta), *Limnodrilus hoffmeisteri* (Oligochaeta), ve *Chironomus salinarius* (Chironomidae) m<sup>2</sup>'de ortalama 350 birey (44,3 % *Polychaeta* grubu; 29,5 % *Chironomidae* grubu; 19,7 % *Oligochaeta* grubu; 6,5 % *Bivalvia* grubu) tespit edildi. Böylece, bazı indikatör türlerin varlığının kalitatif olarak ötrofik koşulları destekler nitelikte olduğu gözlemlendi. Çalışmanın sonucunda, Küçükçekmece Lagün Gölü'nün giderek artan kirlilik yükünü ortaya çıkardığı tespit edildi.

## 1. INTRODUCTION

The lagoon ecosystems are dynamic and rich in biodiversity. In addition to the rich biodiversity, these ecosystems are important in terms of fisheries productivity, storm protection, agriculture, tourism, and recreation (Anthony et al., 2009). However, especially with the increasing population and pollution load, industry, etc. they may be the ecosystems most exposed to pollution due to various reasons. Küçükçekmece Lagoon Lake is located in the European part of Türkiye (in Istanbul city which is the most populous city of Türkiye). Although the lake was a drinking water reservoir in the 1980s, at the present it is under a pollution load because of intense urbanization (Demirci et al., 2006; Küçükmehtetoğlu & Geymen, 2006). As a result of intense urbanization, increasing industrialization, population increase, and the discharging of wastewater into the lake accelerate eutrophication by increasing the pollution load in the lake (Akşehirli, 2005; Özçalkap & Temel, 2011). The process of eutrophication affects the community structure of aquatic organisms. The first effects of eutrophication begin with the increase of primary production by phytoplankton, which is the first step of the food chain (Yıldız et al., 2007; Heip, 1995). The increased organic material deposited in sediments is in turn assimilated by bacteria, grazing, and detritus-feeding animals. This situation may after all lead to increases in benthic biomass but also anoxic conditions in sediments and the die-off of benthic organisms (Heip, 1995). Especially the benthic macroinvertebrates are the most affected organisms because of living in sediment and they promote the sustainability of the aquatic ecosystems by doing bioturbation and having an important role in the food chain (Covich et al., 1999). In addition, the presence of some species of these organisms is used as biological indicators that give clues about the structure, biological richness, and water quality of the aquatic ecosystem (Kenney et al., 2009; Rizo-Patrón et al., 2013).

This study aims to evaluate the trophic level of Küçükçekmece Lagoon Lake by using some environmental variables and benthic macroinvertebrates. For this purpose, water and benthic sampling were performed at seasonal intervals in the lake for 1 year. Up to now, although there are studies which were performed about the other aquatic organisms (algae, zooplankton, ostracod, zebra mussels, amphipod) of the Küçükçekmece Lake (Külköylüoğlu et al., 1993; Albay et al., 2005; Çamur-Elipek & Kırgız, 2008; Polge et al., 2010; Özçalkap & Temel, 2011; Berber et al., 2018), there has been no detailed study on evaluating together with environmental factors and indicator benthic macroinvertebrates findings in the lake.

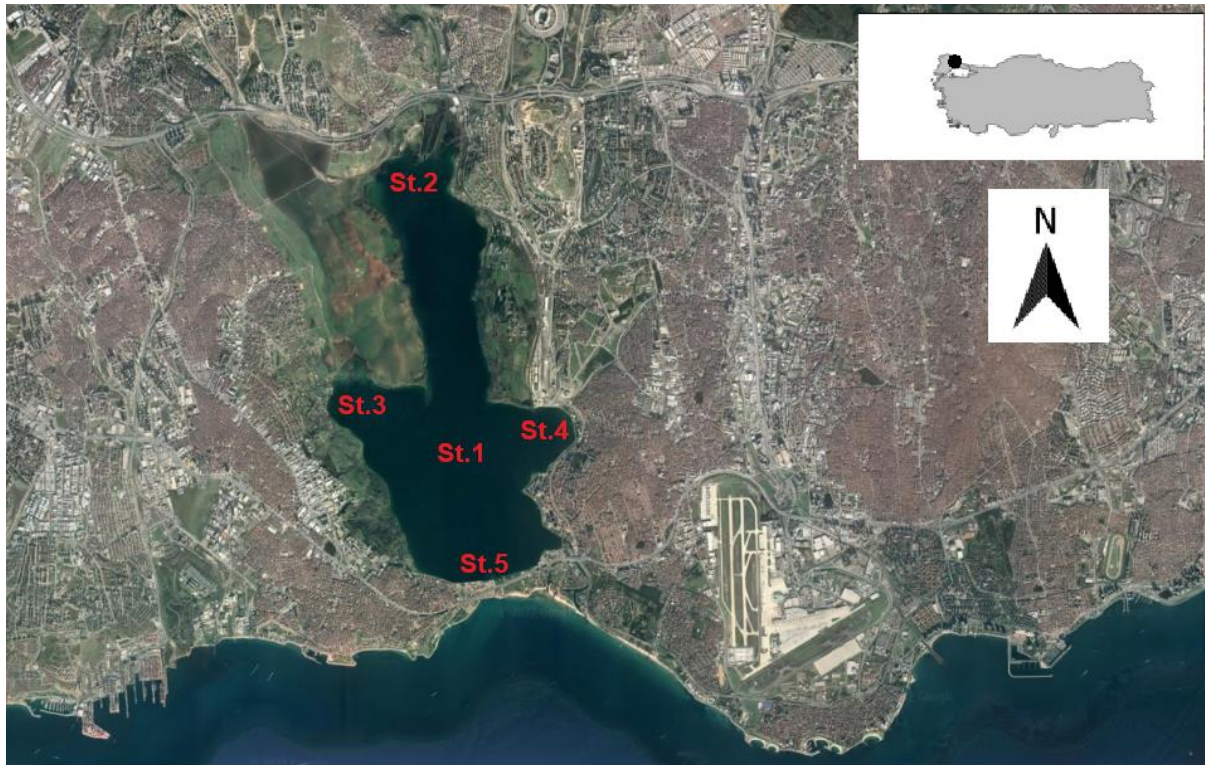
## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Study Area

Küçükçekmece Lagoon Lake is located in northwest part of Türkiye in European Region (41°00' N-28°43' E). While the average depth of the lake is approximately 10 m, the deepest part is 20 m. A narrow channel connects it to the Marmara Sea and the 3 stream systems (Nakkaşdere, Sazlıdere, and Eşkinöz) feed the lake (Topçuoğlu et al., 1999) (Figure 1).

### 2.2. Sediment Sampling and Analyses

A total of five sampling stations were selected from the study area and sampled seasonally during a year between 2014 and 2015 for benthic fauna and physicochemical variables (Fig 1). Spring samplings were made in May 2015, and June 2015; Summer samplings were made in June 2014, July 2014, and August 2014; Autumn samplings were made in September 2014, October 2014, and November 2014; Winter sampling was made in February 2015. Data used in the tables and graphics was calculated by taking the average of obtained values in the sampling dates. The coordinates, sampling depth, and characteristics of sampling stations were presented in Table 1. Sediment samples were taken twice by using Ekman grab from each station (15×15 cm<sup>2</sup>) for benthic macroinvertebrates. The sediment was washed through on mesh net series (1.5 mm, 0.7 mm, and 0.3) and the remaining materials were preserved in 70% ethanol. In the laboratory, benthic samples were identified to the lowest possible taxonomic category under a stereo binocular microscope. The individual numbers in m<sup>2</sup> of the determined benthic macroinvertebrates taxa were calculated according to stations and seasons. The following literature was used in benthic macroinvertebrates identification; Brinkhurst, 1971; Casellato, 1994; Milligian, 1997; Seys et al., 1999; Nesemann et al., 2004; Šporka, 2009; Çınar et al., 2014; Orel et al., 2014; Yıldız & Ustaoglu, 2016.



**Figure 1.** The sampling stations of Küçükçekmece Lagoon Lake

**Table 1.** The station features, coordinates, and water sampling depth of Küçükçekmece Lagoon Lake

| Stations | Coordinates            | Stations Features               | Water Sampling Depth |
|----------|------------------------|---------------------------------|----------------------|
| St. 1    | 41°00'18"N, 28°44'47"E | The center of the lake (5-10 m) | 5 m                  |
| St. 2    | 41°02'52"N, 28°44'15"E | Near the creek (3-4 m)          | 1 m                  |
| St. 3    | 41°00'42"N, 28°43'29"E | Near the creek (3-4 m)          | 1 m                  |
| St. 4    | 41°00'30"N, 28°46'01"E | Near the creek (3-4 m)          | 1 m                  |
| St. 5    | 40°59'03"N, 28°45'02"E | Near the sea (2-3 m)            | 1 m                  |

### 2.3. Water Sampling and Analysis

The water samples were taken by using a Ruttner water sampler from 1-meter depth in each station (except St. 1). During the field studies, A Radiometer Pioneer 65 multi-parameter device was used to measure some environmental variables (temperature, pH, conductivity, dissolved oxygen, TDS (total dissolved solids), salinity) and water transparency was measured by using a Secchi disc in each station. For other analyses ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SiO}_2$ , and TP) the water samples were put into to dark glass bottles (1 lt) and were transported to the laboratory. The analyses were carried out by spectrophotometer (Shimadzu UV 1601) according to APHA-AWWA-WPCF methods (APHA, 1992). Also, chlorophyll-*a* was measured spectrophotometrically according to Nusch (1980). Also, the results of environmental variables findings were evaluated according to the water quality classes included in the water pollution control regulation (WPCR, 2004).

### 2.4. Statistical Analysis

The seasonal values were calculated by taking the averages of the monthly data. These average values were used in Bray-Curtis Similarity Index to compare similarities between the sampling stations for their environmental variables by the BioDiversity Pro 2.0 program (McAleece et al., 1997). Also, the sampling seasons were compared by using Bray-Curtis Similarity Index. For determining the trophic state of the lake, Carlson's trophic state indices (TSI) (Carlson, 1977) were utilized based on values of chlorophyll-*a* (TSICA), total phosphate (TSITP), and Secchi disk (TSISD). Canonical Correlation Analysis (CCA) was utilized to evaluate the effect of the trophic state and the other physicochemical variables on the dynamic of benthic macroinvertebrates by the Paleontological Statistics Version 3.14 (Hammer et al., 2001). The average number of individuals based on groups of organisms was taken and used in statistical analysis.

## 3. RESULTS

### 3.1. Benthic Macroinvertebrates Findings

As a result, It was found that 3 taxa (*Tubificoides benedii* (d'Udekem, 1855) (mature)), *Tubificoides* sp. (immature), *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862 (mature)) belonging to Oligochaeta come out of 69 individuals/m<sup>2</sup>, 1 taxon belonging to Chironomidae (*Chironomus salinarius* Kieffer, 1915) come out of 103 individuals/m<sup>2</sup>, 1 taxon belonging to Polychaeta come out of 154 individuals/m<sup>2</sup>, and 1 taxon belonging to Bivalvia come out of 22 individuals/m<sup>2</sup> (Table 2). Polychaeta has the highest percentage constituting 44.3 % abundance of the total specimens. It was followed by Chironomidae (with 29.5 %), Oligochaeta (with 19.7 %), and Bivalvia (with 6.5 %), respectively.

In terms of individuals per m<sup>2</sup> at the average in stations St. 4 was the most with 867 individuals/m<sup>2</sup> and followed by St. 5 with 528 individuals/m<sup>2</sup>, St. 2 with 189 individuals/m<sup>2</sup>, St. 3 with 156 individuals/m<sup>2</sup>, and St. 1 with 11 individuals/m<sup>2</sup> (Table 2). During the study period, the maximum number of individuals was found in summer with 1583 individuals/m<sup>2</sup> and followed by autumn with 351 individuals/m<sup>2</sup>, winter with 85 individuals/m<sup>2</sup>, and spring with 76 individuals/m<sup>2</sup> (Table 2).

**Table 2.** The individual numbers in m<sup>2</sup> of benthic macroinvertebrates which are determined from sampling stations of Küçükçekmece Lagoon Lake and seasons (St: Station, Ave: Average, Domin: Dominance)

| Stations →                              | St. 1     | St. 2      | St. 3      | St. 4      | St. 5      | Ave        | Domin.      |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <b>BIVALVIA</b>                         | 0         | 0          | 45         | 11         | 56         | <b>22</b>  | <b>6.5</b>  |
| <b>POLYCHAETA</b>                       | 11        | 122        | 89         | 411        | 139        | <b>154</b> | <b>44.3</b> |
| <b>OLIGOCHAETA</b>                      | 0         | 0          | 0          | 17         | 333        | <b>69</b>  | <b>19.7</b> |
| <i>T. benedii</i> (d'Udekem, 1855)      |           |            |            |            |            |            |             |
| <i>Tubificoides</i> sp. Lastockin, 1937 |           |            |            |            |            |            |             |
| <i>L. hoffmeisteri</i> Claparede, 1862  |           |            |            |            |            |            |             |
| <b>CHIRONOMIDAE</b>                     | 0         | 67         | 22         | 428        | 0          | <b>103</b> | <b>29.5</b> |
| <i>C. salinarius</i> Kieffer, 1915      |           |            |            |            |            |            |             |
| <b>Total</b>                            | <b>11</b> | <b>189</b> | <b>156</b> | <b>867</b> | <b>528</b> | <b>350</b> |             |

| Seasons →                               | Spring    | Summer      | Autumn     | Winter    |
|---|-----------|-------------|------------|-----------|
| <b>BIVALVIA</b>                         | 76        | 13          | 0          | 0         |
| <b>POLYCHAETA</b>                       | 0         | 342         | 227        | 49        |
| <b>OLIGOCHAETA</b>                      | 0         | 218         | 44         | 18        |
| <i>T. benedii</i> (d'Udekem, 1855)      |           |             |            |           |
| <i>Tubificoides</i> sp. Lastockin, 1937 |           |             |            |           |
| <i>L. hoffmeisteri</i> Claparede, 1862  |           |             |            |           |
| <b>CHIRONOMIDAE</b>                     | 0         | 396         | 18         | 0         |
| <i>C. salinarius</i> Kieffer, 1915      |           |             |            |           |
| <b>Total</b>                            | <b>76</b> | <b>1583</b> | <b>351</b> | <b>85</b> |

### 3.2. Environmental Variables Findings

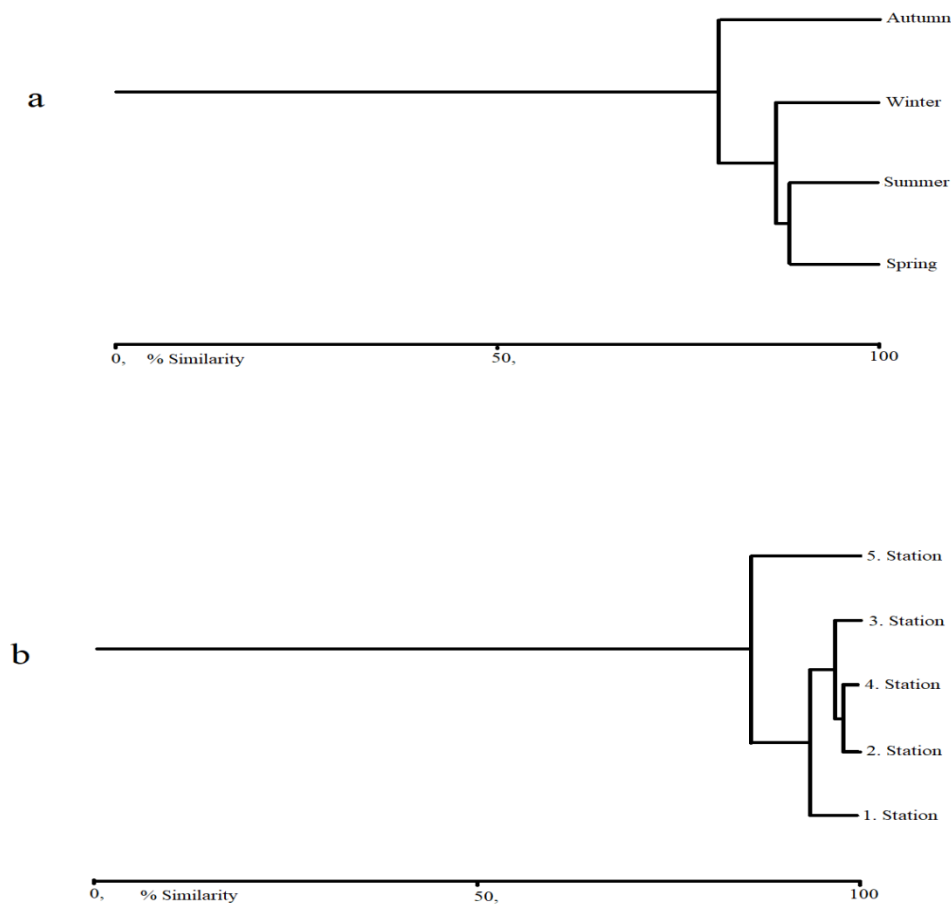
The seasonal values and their average and standard deviation of some physicochemical variables measured from the lake were given in Table 3. While the average of pH (8.38), temperature (18.43 °C), DO (9.75 mg/L), SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (41.31 mg/L), and NO<sub>3</sub>-N (0.53 mg/L) values were determined in the first class water quality, the average of NO<sub>2</sub>-N (0.07 mg/L) was the fourth class, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> (0.4 mg/L) was the third, TDS (14.35 g/L) was the second class water quality according to the water pollution control regulation (WPCR, 2004). The high average conductivity (19.7 mho/cm), TDS (14.35 g/L) and salinity (ppt) values are proof of the input of seawater. According to the water pollution control regulation, in terms of chlorophyll-*a* (34.6 µg/L) and total phosphorus (0.6 mg/L), average values exceed the acceptable values (WPCR, 2004).

**Table 3.** Physicochemical variables in Küçükçekmece Lagoon Lake during the study period

|                                    | Spring | Summer | Autumn | Winter | Average              | Water Quality Classes |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------|-----------------------|
| <b>Temp.</b>                       | 23.1   | 27.0   | 15.3   | 8.3    | <b>18.43± 8.32</b>   | <b>I</b>              |
| <b>pH</b>                          | 8.1    | 8.5    | 7.9    | 9.0    | <b>8.38± 0.49</b>    | <b>I</b>              |
| <b>Cond.</b>                       | 21.9   | 23.6   | 20.2   | 13.1   | <b>19.7± 4.61</b>    | -                     |
| <b>DO</b>                          | 8.3    | 9.8    | 7.5    | 13.4   | <b>9.75± 2.61</b>    | <b>I</b>              |
| <b>TDS</b>                         | 15.0   | 14.8   | 15.1   | 12.5   | <b>14.35± 1.24</b>   | <b>II</b>             |
| <b>Salin.</b>                      | 14.1   | 13.7   | 15.2   | 11.4   | <b>13.6± 1.6</b>     | -                     |
| <b>NO<sub>3</sub>-N</b>            | 0.6    | 1.0    | 0.2    | 0.5    | <b>0.58± 0.33</b>    | <b>I</b>              |
| <b>NO<sub>2</sub>-N</b>            | 0.04   | 0.02   | 0.12   | 0.09   | <b>0.07± 0.05</b>    | <b>IV</b>             |
| <b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b> | 32.54  | 47.48  | 37.23  | 48.0   | <b>41.31± 7.67</b>   | <b>I</b>              |
| <b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b> | 0.3    | 0.5    | 0.5    | 0.3    | <b>0.40± 0.12</b>    | <b>III</b>            |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 1.11   | 2.06   | 2.90   | 5.84   | <b>2.98± 2.04</b>    | -                     |
| <b>CA</b>                          | 55.6   | 41.2   | 10.3   | 31.3   | <b>34.6± 19.03</b>   | -                     |
| <b>SD</b>                          | 78     | 104    | 166    | 85     | <b>108.25± 40.04</b> | -                     |
| <b>TP</b>                          | 0.6    | 0.7    | 0.6    | 0.5    | <b>0.6± 0.08</b>     | -                     |

Cond: Conductivity (mho/cm); Temp: Temperature (°C); CA: chlorophyll-*a* (µg/L); DO: Dissolved Oxygen (mg/L); Salin: Salinity (ppt); SD: Secchi Disc (cm); TP: Total Phosphorus (mg/L); TDS: Total Dissolved Solids (g/L)

While Bray-Curtis Similarity Index showed that the most similar seasons were found as summer and spring (88.2% similarity), the most similar stations were found as St. 2, St. 3, and St. 4 (98.1% similarity) (Figure 2 a, b).



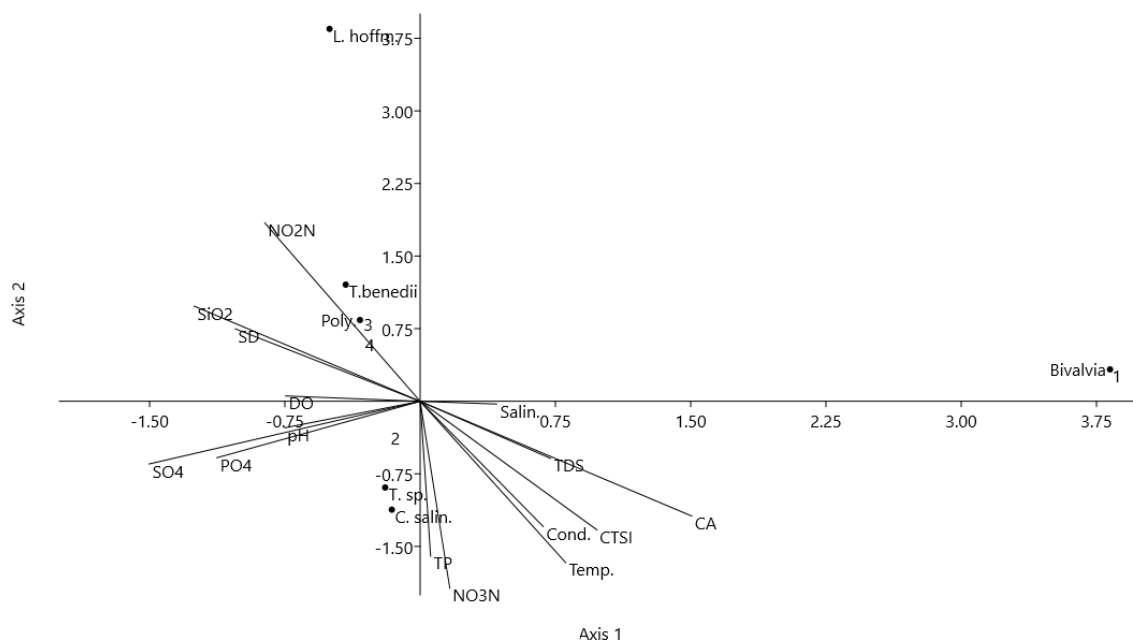
**Figure 2.** The dendrogram of similarity of seasons (a) and stations (b) in Küçükçekmece Lagoon Lake in relative to the physicochemical variables

Concerning Carlson's trophic state index results which were measured based on TP, CA, and SD; all index values exceed the eutrophication limits during all the sampling seasons (Table 4). In terms of Carlson's trophic state index (CTSI) values, the water of the lake showed a eutrophic character during all seasons of the year and it means the dominance of blue-green algae, algal scums, and dense macrophytic problems (Carlson, 1977).

**Table 4.** Carlson's trophic state index (CTSI) values according to the sampling seasons of the Küçükçekmece Lagoon Lake.

|                 | Spring | Summer | Autumn | Winter | Average   |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| <b>TSI (CD)</b> | 65.3   | 66.7   | 51.5   | 63.5   | <b>62</b> |
| <b>TSI (SD)</b> | 64.22  | 60.11  | 53.50  | 62.38  | <b>60</b> |
| <b>TSI (TP)</b> | 97.24  | 98.22  | 95.71  | 94.7   | <b>96</b> |
| <b>CTSI</b>     | 75.58  | 75.01  | 66.91  | 73.54  | <b>73</b> |

In the Canonical Correlation Analysis (CCA), the eigenvalues of the first two axes were calculated as 0.775 and 0.197, respectively. In the analysis, the two axes explain 98,47% of the variance of the species, 78,47% (Axis 1) and 20% (Axis 2). Concerning the CCA, while the distribution of Polychaeta (Poly), *T. benedii*, and *L. hoffmeisteri* (*L. hoffm*) was affected by  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{SiO}_2$ , DO, and SD, it was not affected by salinity, CA, TDS, CTSI, conductivity, temperature, TP, and  $\text{NO}_3\text{-N}$  (Figure 3).  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , and pH affected the distribution of *C. salinarius* (*C. salin*) and *Tubificoides* sp. (*T. sp.*). Also, the analysis results show that environmental variables do not affect the distribution of *Bivalvia* (Figure 3).



**Figure 3.** CCA between physicochemical variables and benthic macroinvertebrate taxa

#### 4. DISCUSSION

In the present study, it was determined that the identified species were found to be more tolerant species that adapt to eutrophic conditions. It has been reported that some Polychaeta species and *T. benedii* are dominated by increasing eutrophication conditions and changing climatic conditions

(Giere et al., 1999; Schükel & Kröncke, 2013). In this study, according to the CCA analysis results, it was shown that CTSI value did not affect the distribution of Polychaeta and *T. benedii* species in the lake. (Figure 3). Although *L. hoffmeisteri* is a common freshwater worm, it can be found in lagoons systems and often regarded as an indicator of organic pollution (Lobo & Alves, 2011). In terms of physicochemical variables, the identified species were tolerant. *C. salinarius* determined in this study in summer and autumn, prefers aquatic ecosystems which have a wide salinity spectrum and tolerate variations in salinity (Drake & Arias, 1995; Zinchenko et al., 2019; Michailova et al., 2021). *L. hoffmeisteri* has a tolerance to nitrogen compound and acts as a sink for inorganic nitrogen via bioturbation (Shang et al., 2014).

Three stations (St. 2, St. 3, and St. 4) were found to have the most similar to each other (Figure 2b; about 90%) in terms of the similarity of stations the lake in relative to the physicochemical variables and it can say that this similarity because of being close to the streams (Figure 1). In addition, the season autumn showed a difference from the others (Figure 2 a) and it can be a result of seawater mixing with the lake water in autumn when the water level of the lake decreases and this case can affect the physicochemical variables.

The physicochemical variables of chlorophylla-*a*, total phosphorus,  $PO_4^{-3}$ , Secchi disc,  $NO_2-N$ , and  $NO_3-N$  are important in the evaluation of the trophy state. In this study, while  $NO_2-N$  and  $NO_3-N$  averages were found to be acceptable limits, the others were found between hypertrophic limits according to the water pollution control regulation (WPCR, 2004). But, the effects of eutrophication are usually more related to phosphorus than to nitrogen compounds and organic matter (Sara 2007).

In the previous studies in the Küçükçekmece Lagoon Lake, it was concluded that the lake had an apparent feature of eutrophication in terms of the phytoplankton, zooplankton compositions and water quality (Özçakalp & Temel, 2011; Demirci et al., 2006; Yılmaz, 2015; Polge et al., 2010; Albay et al., 2005). The present study results showed a eutrophic state in terms of both the benthic macroinvertebrates findings and some physicochemical variables (conductivity,  $NO_2-N$ ,  $PO_4^{-3}$ , chlorophyll-*a*, TP (total phosphorus), and Secchi disc light permeability). For the composition of the benthic macroinvertebrate, diversity and individuals per square meter values were low and the determined taxa were tolerant taxa adapt to eutrophic conditions. According to Heip (1995), increased organic loadings lead to the upward movement of reducing conditions and anoxia in sediments and ultimately in the water column, and this shifts sediments from aerobic to anaerobic pathways that can lead to the disappearance of the benthic macroinvertebrates fauna. For the physicochemical variables, especially the parameters chlorophylla-*a*, total phosphorus,  $PO_4^{-3}$ ,  $SiO_2$ , and Secchi disc that have a great effect on the eutrophication process were determined at high rates.

## 5. CONCLUSION

According to the results of this study, it can be concluded that there is an intensive pollution load to the Küçükçekmece Lagoon lake because of industrial, agricultural, and domestic waste, and urbanization around the lake. In terms of the protection and sustainability of Küçükçekmece Lagoon Lake, it is recommended to monitor the lake with such biological and chemical studies.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Prof. Dr. Belgin Çamur-Elipek for her contribution to the article (Trakya University, Türkiye). Also, we would like to thank İzzet Cem YILDIZ for his assistance during the fieldwork.



## CONFLICT of INTEREST

The authors declare that they have no financial interests or personal relationships that could affect this work.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

All authors contributed equally.

## ETHICAL STATEMENT

There are no ethical issues with the publication of this manuscript.

## DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data used in this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

## REFERENCES

- Akşehirli, İ. (2005). *A landscape analysis of Küçükçekmece lake and its surroundings for ecological planning*. [Master's thesis, İstanbul University].
- Albay, M., Matthiensen, A., & Codd, G. A. (2005). Occurrence of toxic blue-green algae in the Kucukcekmece lagoon (Istanbul, Turkey). *Environmental Toxicology*, 20, 277-284. <https://doi.org/10.1002/tox.20118>
- Anthony, A., Atwood, J., August, P., Byron, C., Cobb, S., Foster, C., Fry, C., Gold, A., Hagos, K., Heffner, L., Kellogg, D. Q., Lellis-Dibble, K., Opaluch, J. J., Oviatt, C., Pfeiffer-Herbert, A., Rohr, N., Smith, L., Smythe, T., Swift, J., & Vinhateiro, N. (2009). Coastal lagoons and climate change: ecological and social ramifications in U.S. Atlantic and Gulf coast ecosystems. *Ecology and Society*, 14(1), 8. <https://doi.org/10.5751/ES-02719-140108>
- APHA-AWWA-WPCF (1992). *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington DC.
- Berber, S., Ateş, A. S., & Acar, S. (2018). First observation of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)) on the narrow-clawed crayfish inhabiting in some water sources of Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(1), 55-61.
- Brinkhurst, O. R. (1971). *British Aquatic Oligochaeta*. Univ. Toronto Press, Toronto.
- Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22, 361-369. <https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361>
- Casellato, S. (1994). Oligochaete fauna of estuarine areas and lagoons on the northern Adriatic coast (Italy). *Italian Journal of Zoology*, 61(3), 261-269. <https://doi.org/10.1080/11250009409355893>
- Covich, A. P., Palmer, M. A., & Crowl, T. A. (1999). The Role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems. *BioScience*, 49, 119-127. <https://doi.org/10.2307/1313537>
- Çamur-Elipek, B., & Kırgız, T. (2008). Contribution to the knowledge of the distribution of *Orchestia cavimana* Heller, 1865 (Amphipoda, Talitridae) in Turkey. *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(4), 333-335.
- Çınar, M. E., Dağlı, E., & Kurt-Şahin, G. (2014). Checklist of Annelida from the coasts of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 38, 734-764. <https://doi.org/10.3906/zoo-1405-72>
- Demirci, A., McAdams, M. A., Alagha, O., & Karakuyu, M. (2006, Sep 13-16). *The relationship between land use change and water quality in Küçükçekmece Lake Watershed*. 4th GIS Days in Türkiye, İstanbul, Turkey.
- Drake, P., & Arias A. M. (1995). Distribution and production of *Chironomus salinarius* (Diptera: Chironomidae) in a shallow coastal lagoon in the Bay of Cádiz. *Hydrobiologia*, 299(3), 195-206. <https://doi.org/10.1007/BF00767326>



- Giere, O., Preusse, J. H., & Dubilier, N. (1999). Tubificoides benedii (Tubificidae, Oligochaeta) - a pioneer in hypoxic and sulfidic environments. An overview of adaptive pathways. *Hydrobiologia*, 406, 235–241. <https://doi.org/10.1023/A:1003711914788>
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Paul, D. R. (2001). Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9.
- Heip, C. (1995). Eutrophication and Zoobenthos Dynamics. *Ophelia*, 41, 113-136. <https://doi.org/10.1080/00785236.1995.10422040>
- Kenney, M. A., Sutton-Grier, A. E., Smith, R. F., & Gresens, S. E. (2009). Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: The intersection of science and policy. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2, 99-128. <https://doi.org/10.1163/187498209X12525675906077>
- Küçükmehtetoğlu, M., & Geymen, A. (2006, Aug 30 - Sep 3). *The spatial impacts of rapid urbanization on the limited surface water resources in İstanbul*. the 46th Congress of the European Regional Science Association, Volos, Greece.
- Külköylüoğlu, O., Altınsoçlu, S., & Kubanç, C., (1993). The Ostracoda (Crustacea) fauna of Küçükçekmece Lake (İstanbul) and seasonal distributions. *Turkish Journal of Zoology*, 17, 19-27.
- Lobo, H., & Alves, R. G. (2011). Influence of body weight and substrate granulometry on the reproduction of *Limnodrilus hoffmeisteri* (Oligochaeta: Naididae: Tubificinae). *Zoologia*, 28(5), 558-564. <https://doi.org/10.1590/S1984-46702011000500002>
- McAleece, N., Gage, J. D. G., Lamshead, P. J. D., & Paterson, G. L. J. (1997). *BioDiversity Professional statistics analysis software*. Jointly developed by the Scottish Association for Marine Science and the Natural History Museum London.
- Michailova, P., Szarek-Gwiazda, E., & Kownacki, A. (2021). Physicochemical characteristics of the Dombrovska pit lake (Ukraine) formed in an opencast potassium salt mine and the genomeresponse of *Chironomus salinarius* Kieffer (Chironomidae, Diptera) to these conditions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 446-458. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10465-0>
- Milligian, M. R. (1997). *Identification manual for the aquatic Oligochaeta of Florida. Volume I. Freshwater oligochaetes*. State of Florida Department of Environmental Protection Tallahassee, Florida.
- Nesemann, H., Sharma, G., & Sinha, R. K. (2004). Aquatic Annelida (Polychaeta, Oligochaeta, Hirudinea) of the Ganga River and adjacent water bodies in Patna (India: Bihar), with description of a new leech species (Family Salifidae). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 105B, 139-187.
- Nusch, E. (1980). Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Archiv für Hydrobiologie–Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 14, 14-36.
- Orel (Zorina), O. V., Istomina, A. G., Kiknadze, I. I., Zinchenko, T. D., & Golovatyuk, L. V. (2014). Redescription of larva, pupa and imago male of *Chironomus (Chironomus) salinarius* Kieffer from the saline rivers of the Lake Elton basin (Russia), its karyotype and ecology. *Zootaxa*, 3841(4), 528-550. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3841.4.4>
- Özçalkap, S., & Temel, M. (2011). Seasonal changes in zooplankton community structure in Lake Küçükçekmece, İstanbul, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 35(5), 689-700. <https://doi.org/10.3906/sag-1205-78>
- Polge, N., Sukatar, A., Soylu, E. N., & Gonulol, A. (2010). Epipellic algal flora in the Küçükçekmece Lagoon. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 39-45. <https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0106>
-

- Rizo-Patrón, V. F., Kumar, A., McCoy Coltonc, M. B., Springerd, M., & Trama, A. (2013). Macroinvertebrate communities as bioindicators of water quality in conventional and organic irrigated rice fields in Guanacaste, Costa Rica. *Ecological Indicators*, 29, 68-78. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.12.013>
- Sara, G. (2007). A meta-analysis on the ecological effects of aquaculture on the water column: dissolved nutrients. *Marine and Environmental Research*, 63, 390-408. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2006.10.008>
- Schückel, U., & Kröncke, I. (2013). Temporal changes in intertidal macrofauna communities over eight decades: A result of eutrophication and climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117, 210-218. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.11.008>
- Seys, J., Vincx, M., & Meire, P. (1999). Spatial distribution of oligochaetes (Clitellata) in the tidal freshwater and brackish parts of the Schelde estuary (Belgium). *Hydrobiologia*, 406, 119-132. <https://doi.org/10.1023/A:1003751512971>
- Shang, J., Liao, Q., Zhang, L., & Fan, C. (2014). The influence of different benthic fauna on inorganic nitrogen flux and denitrification in a large shallow hyper-eutrophic lake. *Fundamental Applied Limnology*, 184(2), 101-108. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2014/0431>
- Šporka, F. (2009). First record of the neozoan species *Branchiodrilus hortensis* (Stephenson, 1910) (Oligochaeta, Naididae) from Slovakia. *Lauterbornia*, 67, 145-149.
- Topçuoğlu, S., Güngör, N., & Kırbasoğlu, Ç. (1999). Physical and chemical parameters of brackish water lagoon, Küçükçekmece Lake, in Northwestern Turkey. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 69, 101-108. <https://doi.org/10.1080/02772249909358691>
- WPCR, (2004). *Water Pollution Control Regulation*, Official Gazette Dated December 31, 2004. Number: 25687, <http://suyonetimiormansu.gov.tr>.
- Yıldız, S., & Ustaoglu, M. R. (2016). Two New Records For The Brackish water Oligochaeta (Annelida: Naididae: Tubificinae) From The Aegean Coastal Ecosystem (Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 16, 395-399. [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16\\_2\\_19](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v16_2_19)
- Yıldız, Ş., Altındağ, A., & Borga Ergönül, M. (2007). Seasonal fluctuations in the zooplankton composition of a eutrophic lake: Lake Marmara (Manisa, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 31, 121-126.
- Yılmaz, N. (2015). Diversity of phytoplankton in Kucukcekmece Lagoon channel, Turkey. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 9(1), 32-42. <https://doi.org/10.14456/mijst.2015.4>
- Zinchenko, T. D., Golovatyuk, L. V., & Abrosimova, E. V. (2019) Non-biting midges (Diptera, Chironomidae) in the benthic communities of saline rivers in the Lake Elton Basin: diversity, salinity tolerance, and distribution. *Entomological Review*, 99(6), 820-835. <https://doi.org/10.1134/S0013873819060095>
-

## Özlüce Baraj Gölü (Elazığ-Bingöl, Türkiye)'nde Yaşayan *Alburnus sellal* Heckel, 1843 Populasyonunda Bazı Morfometrik ve Meristik Özelliklerinin İncelenmesi

### Investigation of Some Morphometric and Meristic Features in The Population of *Alburnus Sellal* Heckel, 1843 Inhabiting Özlüce Dam Lake (Elazığ-Bingöl, Türkiye)

Mustafa Düşükcan<sup>1\*</sup>, Mücahit Eroğlu<sup>1</sup>, Mehmet Zülfü Çoban<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balıkçılık Temel Bilimleri Bölümü, Elazığ-Türkiye

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi, Keban Meslek Yüksekokulu, Elazığ-Türkiye

\*Sorumlu Yazar: [mustafadusukcan@firat.edu.tr](mailto:mustafadusukcan@firat.edu.tr)

Received: 16.05.2022

Accepted: 22.06.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Düşükcan, M., Eroğlu, M., & Çoban, M. Z. (2022). Özlüce Baraj Gölü (Elazığ-Bingöl, Türkiye)'nde yaşayan *Alburnus sellal* Heckel, 1843 populasyonunda bazı morfometrik ve meristik özelliklerinin incelenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 486-494. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1117235>

**Özet:** Bu çalışmada, ana akarsuyu Peri Çayı olan Özlüce Baraj Gölü'nden yakalanan *Alburnus sellal* Heckel, 1843 türüne ait bireylerde bazı morfometrik ve meristik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. 135 adet *A. sellal* bireylerinde bazı morfometrik özellikler ile birbirlerine olan oranları ortalama, maksimum, minimum, standart sapma, standart hata ve varyasyon katsayısı olarak hesaplanmıştır. Ayrıca bazı vücut ölçümlerinin standart boyda oranları (%) ile regresyon denklemleri ve korelasyon katsayıları hesaplanmış olup pozitif yönde kuvvetli ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Meristik özelliklerden, yanıl çizgi (80-88) ve transversal yöndeki pul sayıları (13-17/5-7), yüzgeçlerdeki basit ve yumuşak ışın sayıları (dorsal III/8-9, ventral I-II/8-9, pektoral I/14-17, anal III/11-15), solungaç diken sayıları (13-18), farinks dış sıra ve sayıları (2.5-5.2) belirlenerek, türe ait tanımlayıcı özellikler belirlenmiştir.

#### Keywords

- *Alburnus sellal*
- Morfometrik
- Meristik
- Peri Çayı
- Özlüce Baraj Gölü

**Abstract:** This study aimed to determine some morphometric and meristic characteristics of individuals belonging to *Alburnus sellal* Heckel, 1843 species, which was caught from Özlüce Dam Lake, the mainstream of which is Peri Stream. Some morphometric features and their ratios to each other in 135 *A. sellal* individuals were calculated as mean, maximum, minimum, standard deviation, standard error, and coefficient of variation. In addition, the percentile ratio of some body measurements to standard length, the regression equations, and the correlation coefficients were calculated, and it was determined that there were strong positive relations. In meristic features, lateral line (80-88) and the number of scales in the transversal direction (13-17/5-7), the number of simple and soft rays on the fins (dorsal III/8-9, ventral I-II/8-9, pectoral I/14-17, anal III/11-15), the number of rakes in the first-gill arch (13-18), the row and number of pharyngeal teeth (2.5-5.2) by being detected, descriptive features of the species were determined.

#### Anahtar kelimeler

- *Alburnus sellal*
- Morphometric
- Meristic
- Peri Stream
- Özlüce Dam Lake

## 1. GİRİŞ

Türkçe adı tatlı su gümüş balığı olan *Alburnus sellal* Heckel, 1843 ülkemizde Asi, Ceyhan, Fırat ve Dicle Nehir havzalarında geniş bir dağılım alanına sahiptir (Fricke vd., 2007; Okur ve Özdilek, 2008; Çiçek vd., 2015; Elp vd., 2015; Sungur-Birecikligil vd., 2016; Mohammadian-Kalat vd., 2017; Esmaeili vd., 2018; Freyhof vd., 2018a; Freyhof vd., 2018b; Mangit ve Yerli, 2018; Eagderi vd., 2019; Bayçelebi, 2020; Bektaş vd., 2020; Çiçek vd., 2020; Çiçek vd., 2021; Turan vd., 2020; Bayçelebi ve



Turan, 2020; Freyhof vd., 2021; Kubilay, 2021). *Alburnus* cinsinde, vücut genellikle açık renkli ve parlak görünüşlü olup, sırtı yeşilimsi esmer, yan ve karın tarafları ise, gümüş beyazıdır. *A. sellal*'da vücut alçak yapılı ve yanlardan hafif basık olup orta büyüklükte cycloid pullarla kaplıdır. Baş boyu hemen hemen vücut yüksekliğine eşittir. Gözler gayet irice olup, ağız yukarıya doğru yönelmiştir. Ağız üst konumlu ve nispeten küçüktür. Bıyık bulunmaz ve dudaklar zayıftır. Alt dudak üst dudaktan daha uzun olup üst dudağı önden örtecek şekilde bir çıkıntı taşır. Burun uzun ve sivridir. Kuyruk yüzgeci oldukça derin çatallı ve lopların serbest uçları sivridir. Özellikle göllerin ve hızlı akan nehirlerin parlak yüzeylerini tercih ederek su yüzeyine yakın zonlarda gruplar halinde dolaşırlar. Çoğunlukla sürüler halinde yaşarlar. Yavaş akan ya da durgun temiz ve berrak suları tercih ederler. Küçük boylu ve fazla kılçıklı balıklar oldukları için ekonomik olarak avcılığı yapılmayan bu tür, yöre halkı tarafından özellikle akarsularda kendi yöntemleriyle yakalanarak gıda olarak tüketilmektedir (Bostancı, 2006; Birecikligil, 2016; Kubilay, 2021).

Son yıllarda yapılan bazı moleküler sistematik ve filocoğrafik çalışmalara (Mohammadian-Kalat vd., 2017; Bektaş vd., 2020; Çiçek vd., 2020; Jouladeh-Roudbar vd., 2020; Freyhof vd., 2021) göre, Fırat-Dicle Nehir Sistemi'nde tanımlanan *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843 türü revize edilerek *A. sellal* Heckel, 1843'ün sinonimi olarak verilmiştir.

Bazı tatlı su balık türlerinin dağılım alanları içerisindeki jeolojik geçmiş ve coğrafi faktörlerin yanı sıra, iklim özellikleri, habitat türü, besin çeşitliliği, ortamdaki diğer türler ve bu türler ile olan ilişkileri gibi ekosistemsel koşulların etkisine bağlı olarak balık popülasyonlarında farklı adaptasyonlar gelişebilmekte ve aralarında morfometrik varyasyonlar görülebilmektedir. Bu bağlamda, balıkların morfometrik karakterleri, tür tayininin yanı sıra türler arası ve tür içi varyasyonların belirlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır (Kubilay, 2021).

*A. sellal* türü ile ilgili birçok araştırma (Okur ve Özdilek, 2008; Birecikligil ve Çiçek, 2011; Birecikligil vd., 2016; Mohammadian-Kalat vd., 2017; Esmaeili vd., 2018; Koyun vd., 2018; Mangit ve Yerli, 2018; Al-Moussawi ve Afrasiab, 2019; Eagderi vd., 2019; Bayçelebi, 2020; Bayçelebi ve Turan, 2020; Bektaş vd., 2020; Turan vd., 2020; Çiçek vd., 2021; Zare-Shahraki vd., 2020; Kubilay, 2021; Yüksel vd., 2021; Çiçek vd., 2022) mevcuttur.

Bu çalışmada, Yukarı Fırat Havzası'nda yer alan ve ülkemizin en büyük ikinci baraj gölü olan Keban Baraj Gölü'nü besleyen ana akarsulardan biri olan Peri Çayı üzerinde yer alan Özlüce Baraj Gölünün bazı kıyı kesimlerinden yakalanan *A. sellal* türünün morfometrik ve meristik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışma, Keban Baraj Gölünü besleyen Peri Çayı üzerindeki Özlüce Baraj Gölü'nün (Elazığ-Bingöl, Türkiye) farklı bölgelerinde yürütülmüştür. Çalışmada baraj gölünden avcılık yolu ile ölü olarak elde edilen *A. sellal* bireylerine (Şekil 1) ait metrik ölçümler, 1 mm hassasiyetli balık ölçüm tahtası ve 0,01 mm hassasiyetli kumpas ile yapılmıştır. Balıkların ağırlıkları ise 0,1 g hassasiyetli hassas terazide (CAS MW-II) tespit edilmiştir. Meristik karakterler ışıklı büyüteç, stereo ve binoküler mikroskop altında belirlenmiştir. Örneklerden elde edilen morfometrik değerlerin aritmetik ortalaması (*Ort*), maksimum (*maks*), minimum (*min*), standart sapma (*SS*), standart hata (*SH*) değerleri ile varyasyon katsayıları (*VK*) hesaplanmıştır. Varyasyon katsayısı  $VK=(SS/Ort) \times 100$  formülü ile hesaplanmıştır (Avşar, 1998). Standart ölçümlerin kullanılması popülasyonların karşılaştırılmasında daha gerçek sonuçları yansıtması açısından önemli olduğundan morfometrik karakterlerin birbirlerine oranları da hesaplanmıştır. Boy ilişkilerinin bilinmesiyle balık türlerinin kondisyonu, üremesi ve yaşam evreleri hakkında bilgiler elde edilebilir. Ayrıca, popülasyonların morfolojik yönden kıyas edilmesine olanaklar sağlamaktadır (Taşkavak vd., 2012). Bu nedenle sistematik çalışmalarda önem arz eden metrik özellikler ile standart boy arasındaki ilişki düzeyleri doğrusal regresyon analizi ile test

edilmiş olup, Fowler ve Cohen (1992)'e göre yorumlanmıştır. Kullanılan kısaltmalar; total boy (*TB*), çatal boy (*ÇB*), standart boy (*SB*), vücut yüksekliği (*VY*), baş uzunluğu (*BU*), baş genişliği (*BG*), baş yüksekliği (*BY*), pektoral yüzgeç uzunluğu (*PYU*) pre-dorsal uzunluk (*Pre-DU*), post-dorsal uzunluk (*Post-DU*), burun uzunluğu (*BrU*), kuyruk sapı uzunluğu (*KSU*), kuyruk sapı yüksekliği (*KSY*), pre-orbiter mesafe (*Pre-OM*), göz çapı (*GÇ*), İnter-orbiter mesafe (*İnt-OM*), dorsal yüzgeç uzunluğu (*DYU*), dorsal yüzgeç yüksekliği (*DYY*), dorsal yüzgeç basit ışın uzunluğu (*DYBIU*), dorsal yüzgeç yumuşak ışın uzunluğu (*DYYIU*), dorsal yüzgeç basit ışın sayısı (*Dor-BIS*), ventral yüzgeç basit ışın sayısı (*Ven-BIS*), anal yüzgeç basit ışın sayısı (*An-BIS*), pektoral yüzgeç basit ışın sayısı (*Pek-BIS*), dorsal yüzgeç yumuşak ışın sayısı (*Dor-YIS*), ventral yüzgeç yumuşak ışın sayısı (*Ven-YIS*), anal yüzgeç yumuşak ışın sayısı (*An-YIS*), pektoral yüzgeç yumuşak ışın sayısı (*Pek-YIS*), linea lateral pul sayısı (*LLPS*), linea transversal pul sayısı (*LTPS*), solungaç diken sayısı (*SDS*), farinks dişleri (*FD*).



Şekil 1. *A. sellal* Heckel, 1843 (Orijinal).

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, Özlüce Baraj Gölü'ndeki *A. sellal*'ın bazı morfometrik özellikleri ile bunların birbirlerine oranları belirlenmiştir. Metrik ölçümlerde en yüksek varyasyon katsayısı (%18,02) ile burun uzunluğunda, en düşük varyasyon katsayısı total boy (%4,75) ile pektoral yüzgeç uzunluğunda (%4,95) belirlenmiştir. Metrik ölçümlerin birlerine oranlarında en yüksek varyasyon katsayıları baş uzunluğu/burun uzunluğu (%16,20) ile interorbiter mesafe/göz çapında (%16,17), en düşük varyasyon katsayıları ise dorsal yüzgeç yumuşak ışın uzunluğu/dorsal yüzgeç basit ışın uzunluğu (%2,93), standart boy/predorsal boy uzunluğu (%3,13) ve standart boy/baş uzunluğunda (%3,70) belirlenmiştir (Tablo 1). Standart uzunluğu ortalama 115,48 mm ölçülen *A. sellal* bireylerinde standart uzunlukta yüzdesel olarak ortalama vücut yüksekliği %20,98, baş uzunluğu %22,46, baş genişliği %10,18, baş yüksekliği %14,12, predorsal uzunluk %51,09, postdorsal uzunluk %38,88, burun uzunluğu %3,35, kuyruk sapı uzunluğu %37,45, kuyruk sapı yüksekliği %9,29, preorbital mesafe %4,79, interorbital mesafe %7,07, göz çapı %5,89, dorsal yüzgeç uzunluğu %9,98, dorsal yüzgeç yüksekliği %16,92 olarak belirlenmiştir. Ayrıca metrik özellikler ile standart boy arasındaki ilişki düzeyleri doğrusal regresyon denklemi ve korelasyon katsayısı (*r*) olarak hesaplanmıştır ve pozitif yönde kuvvetli ilişkiler olduğu görülmüştür (Tablo 2).

**Tablo 1.** *A. sellal*'da bazı morfometrik ölçümler (mm) ile birbirlerine olan oranları (%)

| Metrik Karakterler | <i>A. sellal</i> (N=135) |        |        |      |      |        |
|--------------------|--------------------------|--------|--------|------|------|--------|
|                    | Ort.                     | Maks.  | Min.   | SS   | SH   | VK (%) |
| <i>TB</i>          | 137,02                   | 151,00 | 120,00 | 6,50 | 0,94 | 4,75   |
| <i>ÇB</i>          | 124,56                   | 139,00 | 108,00 | 6,43 | 0,93 | 5,16   |
| <i>SB</i>          | 115,48                   | 127,00 | 100,00 | 5,80 | 0,84 | 5,02   |
| <i>VY</i>          | 24,23                    | 27,58  | 20,63  | 1,26 | 0,18 | 5,20   |
| <i>BU</i>          | 25,94                    | 29,22  | 22,19  | 1,62 | 0,23 | 6,26   |
| <i>BG</i>          | 11,76                    | 13,55  | 9,86   | 0,71 | 0,10 | 6,06   |
| <i>BY</i>          | 16,31                    | 18,77  | 13,42  | 1,27 | 0,18 | 7,81   |
| <i>PYU</i>         | 20,47                    | 21,97  | 18,09  | 1,01 | 0,15 | 4,95   |
| <i>Pre-DU</i>      | 59,00                    | 67,72  | 48,79  | 3,77 | 0,54 | 6,39   |
| <i>Post-DU</i>     | 44,91                    | 51,46  | 37,13  | 3,15 | 0,45 | 7,02   |
| <i>BrU</i>         | 3,88                     | 5,98   | 2,09   | 0,70 | 0,10 | 18,02  |
| <i>KSU</i>         | 43,25                    | 49,85  | 36,46  | 3,01 | 0,43 | 6,96   |
| <i>KSY</i>         | 10,73                    | 13,90  | 8,86   | 1,24 | 0,18 | 11,55  |
| <i>Pre-OM</i>      | 5,54                     | 6,99   | 4,18   | 0,62 | 0,09 | 11,23  |
| <i>GÇ</i>          | 6,81                     | 8,27   | 3,73   | 0,76 | 0,11 | 11,11  |
| <i>İnt-OM</i>      | 8,17                     | 10,01  | 6,49   | 0,74 | 0,11 | 9,03   |
| <i>DYU</i>         | 11,53                    | 14,13  | 9,95   | 0,91 | 0,13 | 7,93   |
| <i>DYY</i>         | 19,54                    | 22,00  | 16,38  | 1,15 | 0,17 | 5,88   |
| <i>DYBIU</i>       | 19,54                    | 22,00  | 16,38  | 1,15 | 0,17 | 5,88   |
| <i>DYYIU</i>       | 18,43                    | 21,01  | 15,54  | 1,10 | 0,16 | 5,98   |
| <i>SB/VY</i>       | 4,77                     | 5,40   | 4,24   | 0,27 | 0,04 | 5,66   |
| <i>SB/BU</i>       | 4,46                     | 4,83   | 4,10   | 0,16 | 0,02 | 3,70   |
| <i>SB/Pre-DU</i>   | 1,96                     | 2,11   | 1,85   | 0,06 | 0,01 | 3,13   |
| <i>SB/Post-DU</i>  | 2,58                     | 2,87   | 2,32   | 0,13 | 0,02 | 5,04   |
| <i>SB/DYU</i>      | 10,06                    | 11,58  | 8,28   | 0,76 | 0,11 | 7,58   |
| <i>SB/KSU</i>      | 2,68                     | 2,86   | 2,39   | 0,11 | 0,02 | 3,94   |
| <i>SB/KSY</i>      | 10,87                    | 12,55  | 8,30   | 1,10 | 0,16 | 10,11  |
| <i>SB/DYY</i>      | 5,93                     | 6,89   | 4,59   | 0,43 | 0,06 | 7,29   |
| <i>SB/BY</i>       | 7,11                     | 8,03   | 6,33   | 0,49 | 0,07 | 6,84   |
| <i>SB/BG</i>       | 9,84                     | 11,14  | 9,01   | 0,43 | 0,06 | 4,40   |
| <i>SB/GÇ</i>       | 17,20                    | 32,44  | 13,97  | 2,55 | 0,37 | 14,84  |
| <i>BU/BY</i>       | 1,59                     | 1,76   | 1,39   | 0,09 | 0,01 | 5,89   |
| <i>BU/Pre-OM</i>   | 4,72                     | 5,86   | 4,03   | 0,38 | 0,05 | 8,05   |
| <i>BU/GÇ</i>       | 3,86                     | 6,71   | 3,13   | 0,52 | 0,07 | 13,36  |
| <i>BU/İnt-OM</i>   | 3,19                     | 3,66   | 2,75   | 0,22 | 0,03 | 6,96   |
| <i>BU/BrU</i>      | 6,87                     | 10,62  | 4,89   | 1,11 | 0,16 | 16,20  |
| <i>BG/BY</i>       | 0,72                     | 0,82   | 0,61   | 0,05 | 0,01 | 7,05   |
| <i>İnt-OM/GÇ</i>   | 1,22                     | 2,24   | 0,95   | 0,20 | 0,03 | 16,17  |
| <i>DYU/DYY</i>     | 0,59                     | 0,80   | 0,50   | 0,06 | 0,01 | 10,81  |
| <i>DYBIU/BU</i>    | 0,76                     | 0,97   | 0,62   | 0,06 | 0,01 | 8,41   |
| <i>DYYIU/DYBIU</i> | 0,94                     | 0,99   | 0,87   | 0,03 | 0,00 | 2,93   |
| <i>KSU/KSY</i>     | 4,07                     | 5,01   | 3,15   | 0,47 | 0,07 | 11,46  |

**Tablo 2.** *A. sellal*'da bazı metrik ölçümlerin standart boy ile ilişkisi ve oransal değişimleri (%).

| Morfolometrik Oranlar | <i>A. sellal</i>   |                          |                        |
|-----------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|
|                       | Regresyon denklemi | Korelasyon katsayısı (r) | Standart uzunlukta (%) |
| VY/SB                 | y= 0,1913x+2,0846  | 0,92                     | 20,98                  |
| BU/SB                 | y= 3,3548x+29,593  | 0,88                     | 22,46                  |
| BG/SB                 | y= 7,3122x+29,538  | 0,85                     | 10,18                  |
| BY/SB                 | y= 3,8418x+53,211  | 0,84                     | 14,12                  |
| Pre-DU/SB             | y= 1,3545x+ 35,561 | 0,88                     | 51,09                  |
| Post-DU/SB            | y= 1,5813x+ 44,337 | 0,85                     | 38,88                  |
| BrU/SB                | y= 6,773x+ 89,314  | 0,82                     | 3,35                   |
| KSU/SB                | y= 1,5765x+ 47,297 | 0,82                     | 37,45                  |
| KSY/SB                | y= 3,6931x+ 74,993 | 0,80                     | 9,29                   |
| Pre-OM/SB             | y= 7,5199x+ 74,096 | 0,80                     | 4,79                   |
| İnt-OM/SB             | y= 5,9988x+ 66,458 | 0,76                     | 7,07                   |
| GÇ/SB                 | y= 7,0637x+ 67,453 | 0,80                     | 5,89                   |
| DYU/SB                | y= 5,074x+ 57,041  | 0,80                     | 9,98                   |
| DYY/SB                | y= 3,3834x+ 50,134 | 0,80                     | 16,92                  |

Bostancı, (2006), Seyhan, Ceyhan ve Asi nehirlerinde yaşayan balıkların sistematiği üzerine yaptığı çalışmada; *A. sellal*'da bazı metrik özelliklerin oranlarını, baş boyu/standart boyu ortalama 0,239 (0,236 min - 0,243 maks), vücut yüksekliği/standart boyu ortalama 0,223 (0,215 min - 0,230 maks), kuyruk sapı yüksekliği/standart boyu ortalama 0,101 (0,097 min - 0,105 maks), baş genişliği/baş boyu ortalama 0,411 (0,395 min - 0,421 maks), baş yüksekliği/baş boyu ortalama 0,493 (0,476 min - 0,503 maks), göz çapı/baş boyu ortalama 0,268 (0,258 min - 0,273 maks), burun uzunluğu/baş boyu ortalama 0,313 (0,308 min - 0,319 maks), gözler arası mesafe/baş boyu ortalama 0,296 (0,282 min - 0,312 maks), predorsal mesafe/standart boy ortalama 0,546 (0,532 min - 0,555 maks), kuyruk sapı uzunluğu/standart boy ortalama 0,223 (0,216 min - 0,233 maks) olarak belirlemiştir.

Sungur, (2009), Gaziantep ili tatlı su balık faunası üzerine yaptığı çalışmada; *A. sellal* için bazı morfolometrik özellikler ile bu özelliklere ait oranları, baş uzunluğunu ortalama 14,25 mm (13,13 min - 15,96 maks), vücut yüksekliğini ortalama 12,55 mm (11,38 min - 17,85 maks), göz çapını ortalama 5,13 mm (4,45 min - 5,82 maks), standart boy/baş uzunluğunu ortalama 3,96 mm (3,81 min - 4,31 maks), baş uzunluğu/vücut yüksekliğini ortalama 1,10 mm (0,88 min - 1,20 maks), baş uzunluğu/göz çapını ortalama 2,73 mm (2,40 min - 3,06 maks) olarak belirlemiştir.

Birecikligil ve Çiçek, (2011), Gaziantep ili sınırları içindeki Fırat ve Asi Havzası akarsuları balık faunası üzerine yapmış oldukları çalışmada, *A. sellal* türü için, standart boy/baş uzunluğu oranını  $3,96 \pm 0,20$  (3,81 min - 4,31 maks), baş uzunluğu/vücut yüksekliği oranını  $1,10 \pm 0,12$  (0,88 min - 1,20 maks), baş uzunluğu/göz çapı oranını  $2,73 \pm 0,46$  (2,40 min - 3,06 maks) olarak belirlemiştirlerdir.

Birecikligil, (2016), Seyhan, Ceyhan, Aşağı Fırat ve Asi Nehir havzalarındaki *Alburnus Rafinesque, 1820* (Teleostei: Cyprinidae) türlerinin morfolojik ve filogenetik analizi konulu çalışmasında *A. sellal*'a ait morfolometrik özellikleri standart boyu ortalama 8,65 cm (3,1 min - 13,1 maks), baş uzunluğunu 2,15 cm (0,8 min - 2,9 maks), vücut yüksekliğini 2,20 cm (0,8 min - 3,1 maks), göz çapını 0,60 cm (0,3 min - 0,8 maks), total boy/baş uzunluğunu 4,88 cm (3,8 min - 7,2 maks), çatal boy/baş uzunluğunu 4,44 cm (3,5 min - 6,6 maks), standart boy/baş uzunluğunu 4,01 cm (2,9 min - 6,1 maks), standart boy/vücut yüksekliğini 3,95 cm (3,1 min - 5,0 maks), baş uzunluğu/vücut yüksekliğini 0,99 cm (0,8 min - 1,5 maks), baş uzunluğu/göz çapını 3,58 cm (1,5 min - 5,5 maks) ve baş uzunluğu/burun uzunluğunu 3,92 cm (2,9 min - 5,7 maks) olarak belirlemiştir.

Sungur-Birecikligil vd. (2016), mitokondriyal DNA dizileri ve morfolometrik karakterlere dayalı taksonomik değerlendirme üzerine yapmış oldukları çalışmada; *A. sellal* için, baş uzunluğunu/standart boyda yüzdesel olarak ortalama %24,86, predorsal uzunluğu/standart boyda ortalama %54,75, dorsal



yüzgeç uzunluğunu/standart boyda ortalama %16,10, göz çapını/baş uzunluğunda ortalama olarak %29,02 burun uzunluğunu/baş uzunluğunda ortalama %25,87 olarak belirlemişlerdir.

Freyhof vd. (2018a), yapmış oldukları çalışmada *A. sellal*'da bazı morfometrik özellikleri standart boyun yüzdesi olarak ifade etmişler ve baş uzunluğunu ortalama %23,6, vücut yüksekliğini ortalama %20,3, predorsal uzunluğu ortalama %52,8, kuyruk sapı uzunluğunu ortalama % 22,6, dorsal yüzgeç uzunluğu ile pektoral yüzgeç uzunluğunu ortalama %19,1, burun uzunluğu ortalama %6,9, göz çapı ortalama %6,1, interorbital mesafe ortalama %6,9 olarak belirlemişlerdir.

Koyun vd. (2018), Göynük Çayı (Bingöl) balık faunası üzerine yapmış oldukları çalışmada, özellikle Leuciscinae alt familyasına ait *A. sellal* türünün fauna içinde baskın popülasyonlardan biri olduğunu belirtmişlerdir. Bazı morfometrik özelliklerden standart boy/vücut yüksekliğini 5,1 (4,6 min - 5,8 maks), standart boy/baş uzunluğunu 4,8 (4,3 min - 5,9 maks), baş uzunluğu/göz çapını 2,7 (2,3 min - 2,9 maks), baş uzunluğu/interorbital uzunluğu 2,7 (2,6 min - 2,7 maks), interorbital uzunluk/göz çapını 0,9 (0,8 min - 1,0 maks) olarak belirlemişlerdir.

Eagderi vd. (2019), *A. sellal* için, maksimum vücut derinliğini standart boyun %22,3 (19,7 - 25,1)'ü, kuyruk sapı yüksekliğini standart boyun %10,3 (8,8 - 10,7)'ü, predorsal uzunluğu standart boyun %51,4 (48,0 - 60,3)'ü, postdorsal uzunluğu standart boyun %38,0 (32,9 - 43,0)'ü, kuyruk sapı uzunluğunu standart boyun %25,7 (19,8 - 33,8)'i, dorsal yüzgeç uzunluğunu standart boyun %13,1 (10,2 - 19,3)'i, dorsal yüzgeç yüksekliğini standart boyun %17,1 (12,6 - 22,7)'i, kuyruk sapı uzunluğunu standart boyun %21,4 (16,3 - 31,2)'ü ve baş uzunluğunu standart boyun %19,5 (14,6 - 26,7)'i olarak hesaplamışlardır.

Turan vd. (2020), Yukarı Fırat Nehri'nde yayılış gösteren *Squalius semae* ve *A. sellal* arasındaki yerli hibrit popülasyonunun tanımlanması üzerine yapmış oldukları çalışmada *A. sellal* için, standart uzunluğun yüzdesinde baş uzunluğunu ortalama %23,8, dorsal yüzgeç başlangıcından itibaren vücut yüksekliğini ortalama %19,6, predorsal uzunluğu ortalama % 52,0, pektoral yüzgeç uzunluğu ortalama %18,9, dorsal yüzgeç yüksekliği ortalama %18,6, kuyruk sapı uzunluğunu ortalama %23,4, baş uzunluğunun yüzdesi olarak burun uzunluğunu baş uzunluğunun ortalama %28,7, göz çapını baş uzunluğunun %25,2 ve interorbital mesafeyi baş uzunluğunun ortalama %28,3 olarak belirlemişlerdir.

*A. sellal*'da meristik karakterler, linea lateral pul sayısı (LLPS) 80-88, linea transversal pul sayısı (LTPS) 13-17/5-7, dorsal yüzgeç (*Dor-BIS/YIS*) III/8-9, ventral yüzgeç (*Ven-BIS/YIS*) II/8-9, pektoral yüzgeç (*Pek-BIS/YIS*) I/14-17, anal yüzgeç (*An-BIS/YIS*) III/11-15, solungaç diken sayısı (SDS) 13-18, farinks dişleri (FD) 2.5-5.2 olarak tespit edilmiştir ve *A. sellal*'da daha önceki çalışmalarda tespit edilen meristik bulgular ile bu çalışmadaki bulgular Tablo 3'de birlikte verilmiştir.



**Tablo 3.** *A. sellal*'da meristik özelliklerin farklı çalışmalar ile karşılaştırılması.

| Literatür                     | LLPS               | LTPS               | SDS                | FD                |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Bu çalışmada                  | 80-88              | 13-17/5-7          | 13-18              | 2.5-5.2           |
| Bostancı, 2006                | 65-74              | 12-14/5-6          | -                  | 2.5-5.2           |
| Sungur, 2009                  | 48-59 (58)         | -                  | -                  | 2.5-5.2           |
| Birecikligil ve Çiçek, 2011   | 48-59 (58)         |                    |                    | 2.5-5.2           |
| Birecikligil, 2016            | 49-63              | 9-13/4-7           |                    | 2.5-5.2           |
| Sungur-Birecikligil vd., 2016 | 49-63              | 9-13/4-7           | -                  | -                 |
| Freyhof vd., 2018a            | 66-89              | 11-16/5-7          | 10-17              | -                 |
| Koyun vd., 2018               | 81-90              | 14-15/6-8          | 22-29              | -                 |
| Eagderi vd., 2019             | 61-83              | 10-16/4-7(8)       | 11-14              | -                 |
| Turan vd., 2020               | 77-89              | 13-15/6-7          | 14-17              | 2.5-5.2           |
| Literatür                     | <i>Dor-BIS/YIS</i> | <i>Ven-BIS/YIS</i> | <i>Pek-BIS/YIS</i> | <i>An-BIS/YIS</i> |
| Bu çalışmada                  | III/8-9            | I-II/8-9           | I/14-17            | III/11-15         |
| Bostancı, 2006                | II/8               | I/9                | I/16-18            | III/11-13         |
| Sungur, 2009                  | III/8-9            | I/7                | I/13-14            | III/13-16         |
| Birecikligil ve Çiçek, 2011   | III/8-9            | I/7                | P: I/13-14         | III/13-16         |
| Birecikligil, 2016            | II-III/7-9         | II/7-8             | I/11-15            | III/9-12          |
| Sungur-Birecikligil vd., 2016 | II-III/7-9         | II/7-8             | I/11-15            | III/9-12          |
| Koyun vd., 2018               | II/8               | I/7                | I/9                | I/11-12           |

Bu çalışmada, *A. sellal* için tespit edilen bazı morfolojik ve meristik özelliklerin, daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen bulgular ile karşılaştırıldığında az da olsa farklılıklar göstermesi habitat farklılığından kaynaklanabilir.

#### 4. SONUÇ

Sonuç olarak bu çalışma ile Yukarı Fırat Nehri Havzası'nda yer alan ve ülkemizin en büyük ikinci baraj gölü olan Keban Baraj Gölü'nü besleyen ana akarsulardan biri olan Peri Suyu Çayı üzerinde yer alan Özlüce Baraj Gölü'nden yakalanan *A. sellal* türünün morfolojik ve meristik özelliklerinin belirlenmesi ile Türkiye tatlı su balıklarının farklı sucul ekosistemlerindeki tanımlarına ilave olarak taksonomik çalışmalara katkı sağlanacağı öngörülmektedir.

#### FİNANS KAYNAĞI

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri koordinasyon birimi tarafından FÜBAP SDMYO.12.01 nolu münferit araştırma projesi olarak desteklenmiş olup, elde edilen verilerin bir kısmından türetilmiştir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan eder.

#### YAZAR KATKILARI

Örneklerin temini, Laboratuvar çalışması, Veri analizi, Makale yazımı: MD; Örneklerin temini, Laboratuvar çalışması, Veri analizi: ME; Örneklerin temini, Laboratuvar çalışması: MZÇ.

#### ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

## VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Araştırma verileri paylaşılmaz.

## KAYNAKLAR

- Avşar, D. (1998). *Balıkçılık biyolojisi ve populasyon dinamiği*. Baki Kitap ve Yayınevi.
- Al-Moussawi, A. A., & Afrasiab, S. R. (2019). A small collection of cyprinid fishes of fountain and natural streams of Halabja City, North East of Iraq. *Advances in BioResearch*, 10(2), 33-39. <https://doi.org/10.15515/abr.0976-4585.10.2.3339>
- Bayçelebi, E. (2020). Distribution and diversity of fish from Seyhan, Ceyhan and Orontes River systems. *Zoosystematics and Evolution*, 96(2), 747-767. <https://doi.org/10.3897/zse.96.55837>
- Bayçelebi, E., & Turan, D. (2020). Kuzgun Baraj Gölü ve drenajlarının balık faunası (Erzurum, Türkiye). *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 6(4), 522-525. <https://doi.org/10.35229/jaes.989549>
- Bektaş, Y., Aksu, İ., Kaya, C., Bayçelebi, E., Küçük, F., & Turan, D. (2020). Molecular systematics and phylogeography of the genus *Alburnus* Heckel, 1843 (Teleostei, Leuciscidae) in Turkey, *Mitochondrial DNA Part A*, <https://doi.org/10.1080/24701394.2020.1791840>
- Birecikligil, S., & Çiçek, E. (2011). Gaziantep ili sınırları içindeki Fırat ve Asi Havzası akarsuları balık faunası. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(2): 29-34.
- Birecikligil, S. (2016). *Seyhan, Ceyhan, Aşağı Fırat ve Asi nehir havzalarındaki Alburnus Rafinesque, 1820 (Teleostei: Cyprinidae) türlerinin morfolojik ve filogenetik analizi* [Doktora tezi, Gaziantep Üniversitesi]
- Bostancı, Z. (2006). *Seyhan, Ceyhan Ve Asi nehirlerinde yaşayan balıkların sistematik yönden incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi].
- Çiçek, E., Sungur-Birecikligil S., & Fricke, R. (2015). Freshwater fishes of Turkey: a revised and updated annotated checklist. *Biharean Biologist*, 9(2): 141–157.
- Çiçek, E., Sungur, S., & Fricke, R. (2020). Freshwater lampreys and fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist 2020. *Zootaxa*, 4809(2), 241–270. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4809.2.2>
- Çiçek, E., Eagderi, S., Sungur, S., Seçer, B. (2021). Testing the “young-species” hypothesis for *Alburnus heckeli* Battalgiç 1944 (Teleostei: Leuciscidae) inhabiting Lake Hazar, Turkey. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 167, 225-232.
- Çiçek, E., Seçer, B., Sungur, S., Öztürk, S., & Bahçeci, H. (2022). Length-weight relationships and condition factors of 28 fish species belonging to Leuciscidae (Cypriniformes) from Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 00, 1–4. <https://doi.org/10.1111/jai.14315>
- Eagderi, S., Nikmehr, N., & Freyhof, J. (2019). *Alburnus zagrosensis*, a junior synonym of *Alburnus sellal* (Teleostei: Leuciscidae). *Zootaxa* 4652(2), 367-374. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4652.2.9>
- Elp, M., Şen, F., & Özuluğ, M. (2015). *Alburnus selcuklui*, A new species of cyprinid fish from East Anatolia, Turkey (Teleostei: Cyprinidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15, 181-186. [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v15\\_1\\_20](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v15_1_20)
- Esmaili, H. R., Gholamhosseini, A., Mohammadian-Kalat, T., & Aliabadian, M., (2018). Predicted changes in climatic niche of *Alburnus* species (Teleostei: Cyprinidae) in Iran until 2050. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 995-1003. [https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18\\_8\\_08](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_8_08)
- Fowler, J., & Cohen, L. (1992). *Practical statistics for field biology*. John Wiley & Sons.
- Freyhof, J., Kaya C., Bayçelebi E., Geiger M., & Turan, D. (2018a). Generic assignment of *Leuciscus kurui* Bogutskaya from the upper Tigris drainage, and a replacement name for *Alburnus kurui*

- Mangit & Yerli (Teleostei: Leuciscidae), *Zootaxa*, 4410, 113-135. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4410.1.6>
- Freyhof, J., Özüluğ, M., Kaya, C., Bayçelebi, E., & Turan, D. (2018b). Redescription of *Alburnus kotschy* Steindachner, 1863, with comments on *Alburnus sellal adanensis* Battalgazi, 1944 (Teleostei: Leuciscidae), *Zootaxa*, 4382(3), 573-582. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4382.3.8>
- Freyhof, J., Kaya, C., & Ali, A. (2021). A Critical Checklist of the Inland Fishes Native to the Euphrates and Tigris Drainages. In: Jawad, L.A. (Eds), *Tigris and Euphrates Rivers: Their Environment from Headwaters to Mouth*. Aquatic Ecology Series, Vol. 11. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57570-0\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57570-0_35)
- Fricke, R., Bilecenoglu, M., & Sarı, H.M. (2007). Annotated checklist of fish and lamprey species (Gnathostomata and Petromyzontomorphi) of Turkey, including a Red List of threatened and declining species. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A, Biologie*, 706, 1–172.
- Google. (2022). *Google Haritalar*. <https://www.google.com/maps/@39.1356651,40.0890312,14.25z>
- Jouladeh-Roudbar, A., Ghanavi, H. R., & Doadrio, I. (2020). Ichthyofauna from Iranian freshwater: annotated checklist, diagnosis, taxonomy, distribution and conservation assessment. *Zoological Studies*, 59(21). <https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-21>
- Koyun, M., Gül, B., & Korkut, N. (2018). The fish fauna of Göynük Stream (Bingöl). *Commagene Journal of Biology*, 2(1): 39-47. <https://doi.org/10.31594/commagene.403367>
- Kubilay, N. (2021). *Fırat-Dicle Havzasında bazı Alburnus sellal Heckel, 1843 populasyonlarının geometrik morfometrik analizi* [Yüksek lisans tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi].
- Mangit, F., & Yerli, S. V. (2018). Systematic evaluation of the genus *Alburnus* (Cyprinidae) with description of a new species. *Hydrobiologia*, 807, 297-312. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3405-y>
- Mohammadian-Kalat, T., Esmaili, H. R., Aliabadian, M., & Freyhof, J. (2017). Re-description of *Alburnus doriae*, with comments on the taxonomic status of *A. amirkabiri*, *A. mossulensis*, *A. sellal* and *Petroleuciscus esfahani* (Teleostei: Cyprinidae). *Zootaxa*, 4323(4), 487-502. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4323.4.3>
- Okur, E., & Özdilek, Ş. (2008). Preliminary study of fish community structure in Amanos Mountain streams (Hatay-Turkey). *Biologia*, 63(3), 427-438. <https://doi.org/10.2478/s11756-008-0058-3>
- Sungur, S. (2009). *Gaziantep ili tatlı su balık faunası* [Yüksek lisans tezi, Gaziantep Üniversitesi].
- Sungur-Birecikligil, S., Yağcı-Yücel, Ş., & Erdoğan Çiçek, E. (2016). A taxonomic evaluation of *Alburnus sellal* Heckel, 1843 and *Alburnus adanensis* Battalgazi, 1944 based on morphological characters and mitochondrial dna sequences. *Zoological Society of Pakistan*, 48(2), 465-473.
- Taşkavak, E., Gürkan, Ş., & Bayhan, B. (2012). İzmir Körfezi (Ege Denizi)'nde gümüş balığı *Atherina boyeri* Risso, 1810'nın biyometrik özellikleri. *Journal of FisheriesSciences.com*, 6(1): 18-25. <http://doi.org/10.3153/jfscom.2012003>
- Turan, D., Kaya, C., & Bayçelebi, E. (2020). Description of the native hybrid population between *Squalius semae* and *Alburnus sellal* distributed in the upper Euphrates River, *Recep Tayyip Erdogan University Journal of Science and Engineering*, 1(2), 45-51.
- Yüksel, A. Y., Bozkurt, R., Dörtbudak, M. Y., & Yalçın, H. (2021). Dicle Nehri'ndeki (Şırnak-Türkiye) *Alburnus sellal* Heckel, 1843 populasyonunun boy-ağırlık ilişkisi ve kondisyon faktörü. *Commagene Journal of Biology*, 5(2), 131-135. <https://doi.org/10.31594/commagene.907294>
- Zare-Shahraki, M., Keivany, Y., Ebrahimi, E., Bruder, A., Flotemersch, J., & Blocksom, K.A. (2020). Length-weight relationships of seven fish species from the Karun River system, Southwestern Iran. *Iranian Journal of Ichthyology*, 7(4): 352-355. <https://doi.org/10.22034/iji.v7i4.522>

## In Vitro Antibacterial Activity of *Origanum onites* and *Mentha spicata* subs. *tomentosa* Essential Oil Nanoemulsions Against Bacterial Fish Pathogens

### *Origanum onites* ve *Mentha spicata* subs. *tomentosa* Uçucu Yağ Nanoemülsiyonlarının Bakteriyel Balık Patojenlerine Karşı in Vitro Antibakteriyel Aktivitesi

Mevlüt Nazıroğlu<sup>1\*</sup>, Öznur Diler<sup>1</sup>, Öznur Özil<sup>1</sup>, Abdullah Diler<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Eğirdir Fisheries Faculty, Isparta Applied Sciences University, 32200, Isparta, Türkiye

\*Corresponding author: [mevlut3242@gmail.com](mailto:mevlut3242@gmail.com)

Received: 18.07.2022

Accepted: 18.11.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Nazıroğlu, M., Diler, Ö., Özil, Ö., & Diler, A. (2022). In vitro antibacterial activity of *Origanum onites* and *Mentha spicata* subs. *tomentosa* essential oil nanoemulsions against bacterial fish pathogens. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 495-504. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1145109>

**Abstract:** The current study aimed to determine the antimicrobial activities of two different aromatic plants (*Origanum onites*, *Mentha spicata* subs. *tomentosa*) essential oils, and their nanoemulsion formulations against six common fish pathogens, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas veronii*, *Vibrio alginolyticus*, *Yersinia ruckeri*, and *Lactococcus garvieae*. The main components of *Mentha spicata* subs. *tomentosa* essential oil (MEO) were piperitone (25.01%), eucalyptol (1,8-cineole) (19.53%), pulegone (14.50%) and, Piperitenone (10.98%). The major components of *Origanum onites* essential oil (OEO) which were carvacrol (46.17%) and, p-cymene (13.05%) were detected. The antibacterial effects of OEO and MEO and their nanoemulsions were determined by using the agar disc diffusion method. The OEO and its nanoemulsions were extremely effective against the Gram-negative *Aeromonas veronii* than the positive control (enrofloxacin). In addition, it was observed that OEO nanoemulsion was more effective than OEO in terms of antibacterial activity. MEO and its nanoemulsions were found to have low activity against fish pathogens, however, there was no activity on *Aeromonas veronii* and *Lactococcus garvieae*.

#### Keywords

- *Origanum onites*
- *Mentha spicata* subs.
- *Tomentosa*
- Bacterial fish pathogen
- Antibacterial activity

**Özet:** Bu çalışmanın amacı, iki farklı aromatik bitkinin (*Origanum onites*, *Mentha spicata* subs. *tomentosa*) uçucu yağlarının ve bunların nanoemülsiyon formülasyonlarının altı farklı balık patojeni *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas veronii*, *Yersinia ruckeri*, *Lactococcus garvieae* ve *Vibrio alginolyticus*'a karşı antimikrobiyal aktivitelerini belirlemektir. *Mentha spicata* subs. *tomentosa* uçucu yağının (MEO) ana bileşenleri piperitone, okaliptol (1,8-cineole), pulegone, piperitenone sırasıyla %25.01, %19.53, %14.50 ve %10.98 olarak belirlenmiştir. *Origanum onites* uçucu yağının (OEO) ana bileşenleri sırasıyla karvakrol, %46.17 ile p-cymene, %13.05 oranında tespit edilmiştir. OEO ve MEO ve bu uçucu yağların nanoemülsiyonlarının antibakteriyel etkileri agar disk difüzyon yöntemi kullanılarak belirlendi. OEO nanoemülsiyonları, Gram-negatif *Aeromonas veronii*'ye karşı pozitif kontrole (enrofloksasin) göre son derece etkili olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında, antibakteriyel aktivite bakımından OEO nanoemülsiyonlarının, OEO'ya göre daha etkili olduğu görülmüştür. MEO ve nanoemülsiyonlarının balık patojenlerine karşı düşük bir aktiviteye sahipken *Aeromonas veronii* ve *Lactococcus garvieae* üzerinde antibakteriyel aktivite göstermemiştir.

#### Anahtar kelimeler

- *Origanum onites*
- *Mentha spicata* subs.
- *Tomentosa*
- Bakteriyel balık patojenleri
- Antibakteriyel aktivite



## 1. INTRODUCTION

Fish pathogens have been causing severe economic losses in aquaculture for many years. In addition to financial loss, they also threaten fish health and negatively affect human health due to the zoonotic character of some pathogens. For example, the pathogen *Aeromonas veronii* is zoonotic and may play a role in developing diseases such as sepsis and gastroenteritis, especially in children (Pablos et al., 2011, Li et al. 2020).

In addition to the advantages of chemotherapeutic drugs used in treating these diseases, chemotherapeutics have disadvantages such as residual and suppressor immunity in fish. For these reasons, there has been a tendency toward treatment with medicinal plants today (Reverter et al., 2014, Hoque et al., 2016).

The use of medicinal herbs and their secondary metabolites is increasing each day worldwide because of having environmentally safe properties in aquaculture (Diler et al., 2021). Also, they do not have residue in animal tissues. Essential oils (EOs) are secondary metabolites derived from medicinal herbs. They possess biologically active properties to be used as a phytotherapeutic agent for sustainability in aquaculture. Essential oils show strong antioxidant, antiradical, and antimicrobial activities because of their constituents, such as aldehyde, terpenoid, and phenolic (Baratta et al., 1998, Chang et al., 2013).

In addition, these biologically active constituents of EOs show strong antimicrobial activity against important fish pathogens (Baydar et al., 2004, Okmen et al., 2012). The key chemical groups identified in EOs are terpenes, terpenoids, phenylpropenes, and isothiocyanates (Dawood et al., 2021). Nanoemulsions of herbal plant oils have antimicrobial activity against microorganisms. The usage of nano-emulsified EOs (NEOs) is a new approach to achieving sustainable aquaculture (Krishnamoorthy et al., 2018).

Medicinal plants have attracted attention in recent years due to their antimicrobial properties. Carvacrol and thymol are the compounds of *O. onites* essential oils, which provide the major antibacterial activity (Proestos et al., 2005), and *in vitro* activity on *A. salmonicida*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *P. aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, and *Micrococcus luteus* infections were also reported (Sarac & Ugur, 2008, Okmen et al., 2012). *Mentha spicata* essential oil has an antimicrobial effect due to the compounds it contains such as piperitone, pulegone, and 1,8-cineole.

There are few studies on the antibacterial activity of *M. spicata* subs. *tomentosa* EO (Sevindik et al., 2017). Moreover, there is no study on the antimicrobial activity of MEOs and nanoemulsions of MEOs and OEOs against fish pathogens. Thus, in this study, it was aimed to investigate the antimicrobial activities of two selected essential oil and their nanoemulsions, from different aromatic plants (*Origanum onites*, *Mentha spicata* subs. *tomentosa*) against six common fish pathogens, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas veronii*, *Vibrio alginolyticus*, *Yersinia ruckeri*, and *Lactococcus garvieae*.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Bacterial strains

Fish pathogen bacteria, *Yersinia ruckeri*, and *Lactococcus garvieae* were obtained from the culture collection of Isparta Applied Science University, Microbiology laboratory of Eğirdir Fisheries Faculty, and *Vibrio parahaemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas veronii* and *Vibrio alginolyticus* were isolated from disease outbreaks in the Mediterranean Sea.

### 2.2. Preparation of essential oil

*Origanum onites* plant was purchased from Denizli province, while *Mentha spicata* subs. *tomentosa* plant was obtained from Isparta province. All the essential oils were obtained using the hydro distillation method reported by Baydar et al. (2004). Briefly, the provided plants were dried at 25°C

for about two weeks in optimal conditions. The plants were then pulverized with a blender. Then, the essential oils were obtained by distillation of 200 g plant samples in 2 liters of water for three hours using the Clevenger apparatus with the hydro distillation method. All essential oils were kept in the laboratory at 4°C until the chemical composition analysis and the antibacterial studies.

### 2.3. Determination of volatile constituents of plant essential oil

Hewlett-Packard 6890 series gas chromatograph (Perkin Elmer (PE) Auto System XL, USA) with a flame ionization detector (FID) was used to conduct gas chromatography-mass spectroscopy analysis (GC-MS) of the essential oils. The following conditions were applied for the PE Auto System XL gas chromatography: capillary column, CPWax 52CB (50 m x 0.32 mm; film thickness ¼ 0.25  $\mu\text{m}$ ); oven temperature programmed, 60–220°C raised at a rate of 2°C/min and then held at 220°C for 20 min; injector and detector temperatures, 240°C; carrier gas, helium at a flow rate of 40 mL/min; and split ratio, 1/20 mL/min. Relative percentage amounts were calculated from chromatograms by the Turbo Chrom Navigator computer program (Baydar et al., 2004).

### 2.4. Preparation of nanoemulsions

Oil-in-water nano-emulsions were prepared by mixing the individually prepared oils and water phases described by Hamouda et al. (1999) with minor modifications. Briefly, plant essential oil (14 ml), surfactant (3 ml), and ethanol (3 ml) were added to the beaker for the oil phase of nanoemulsion and then kept at 86°C for 1 hour. The mixture was cooled to room temperature, and sterilized distilled water (80 ml) was added to the cooled mixture to make up 80% of the total emulsion. It was then combined in an ice-cold beaker and homogenized in an ultrasonic homogenizer at 72 AMPL for 15 minutes.

### 2.5. In vitro antimicrobial activity

The antibacterial effect of CEOs and MEOs and their nanoemulsions was determined against *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas veronii*, *Vibrio alginolyticus*, *Yersinia ruckeri*, *Lactococcus garvieae* strains by using agar disc diffusion method (Murray et al., 1995), with minor modifications. Essential oils were homogenized with ethyl alcohol (96%) at 1000, 500, 250, 125, and 62.5  $\mu\text{l/ml}$  concentrations. In contrast, their nanoemulsions were diluted to 1000, 500, 250, 125, and 62.5  $\mu\text{l/ml}$  in sterilized distilled water and these dilutions were absorbed into 25  $\mu\text{l}$  on 6 mm diameter sterile filter paper discs.

Antibiotics which specially selected for each tested bacterium (Enrofloxacin for *Vibrio parahaemolyticus*, *Aeromonas veronii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio alginolyticus*, *Yersinia ruckeri*, and Amoxicillin for *Lactococcus garvieae*) were used in the positive control groups, and ethyl alcohol (96%) and sterilized distilled water was used in the negative control group. 100  $\mu\text{l}$  of the bacterial culture was prepared to an optical density (OD) of 0.5 using McFarland ( $10^8$  CFU  $\text{ml}^{-1}$ ) standard tube and was added to 100 ml of the Trypticase Soy Agar (TSA). Prepared discs were placed on the TSA and incubated at 25°C for 24 hours. After the incubation, the diameters of the inhibition zones formed around the disc were measured in millimeters. All experiments were conducted in triplicate. The value that inhibition 50% of the bacterial growth was determined as the minimum inhibitory concentration (MIC). Afterward, inhibition activity was evaluated to be strong for >15 mm, medium for 8 to 15 mm, and weak for 1 to 8 mm zone diameters, according to the report (Bansemir et al., 2006).

### 2.6. Statistical analysis

The data obtained from each group were given as mean values and standard deviation. Duncan's multiple comparison test with SPSS version 19.0 for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) was used to determine the significant variation ( $p < 0.05$ ) were determined using.

### 3. RESULTS

In the present study, the chemical composition of MEO was characterized by 82 different components. The main components were piperitone, eucalyptol (1,8-cineole), pulegone, and piperitenone with the percentage of 25.01, 19.53, 14.50, and 10.98%, respectively (Table 1). A total of 60 components in OEO were determined. The major components were carvacrol and p-cymene, with a percentage of 77.45 and 6.61%, respectively (Table 2).

**Table 1.** The main chemical components of MEO

| Component                     | Retention time (Min) | Content (%) |
|-------------------------------|----------------------|-------------|
| Piperitone                    | 21.343               | 25.01       |
| 1,8-Cineole                   | 12.707               | 19.53       |
| Pulegone                      | 20.672               | 14.50       |
| Piperitenone                  | 24.286               | 10.98       |
| p-Menthan-3-one, (1R,4R)-(+)- | 17.485               | 6.06        |
| Caryophyllene                 | 26.991               | 5.59        |
| Piperitenone oxide            | 24.966               | 2.70        |
| Beta.-Myrcene                 | 11.032               | 1.74        |
| 3-Acetoxytridecane            | 16.123               | 1.62        |
| 2.-Beta.-Pinene               | 10.492               | 1.21        |
| Beta.-Phellandrene            | 10.338               | 1.18        |

**Table 2.** The main chemical components of OEO

| Component   | Retention time (Min) | Content (%) |
|---|----------------------|-------------|
| Carvacrol   | 25.820               | 77.45       |
| p-Cymene  | 9.232                | 6.61        |
| 1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-         | 10.807               | 3.87        |
| $\beta$ -Myrcene  | 7.741                | 1.43        |
| Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,7,7-trimethyl-, (1S-endo)- | 16.948               | 1.43        |
| .Alpha. Terpinene                                       | 8.876                | 1.29        |
| Caryophyllene   | 32.567               | 1.10        |

The antibacterial activities of the OEO, MEO, and their nanoemulsions are represented in Table 3. No inhibition zones were detected in the negative control groups of both essential oil and essential oil nanoemulsions. The OEO nanoemulsions displayed more strong antibacterial activity against *A. veronii* (22-40 mm) at 250-1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$  and *L. garvieae* (16-28 mm) at 250-1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$  than other fish pathogens tested. OEO nanoemulsions were found to be medium effective against *P. aeruginosa* (500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ); *V. alginolyticus* (500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), *V. parahaemolyticus* (250  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), and *Y. ruckeri* (250-500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ). OEO nanoemulsions showed weak inhibitory activity against *V. alginolyticus*. The OEO nanoemulsions showed the most effectiveness with inhibition zone of 22-40 mm at 125-1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$  against *A. veronii* compared to positive control. MIC values of OEO nanoemulsions were 125  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *L. garvieae*, 250  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *A. veronii*, *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *Y. ruckeri*, and 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *P. aeruginosa*.

OEO was exhibited strong inhibitory activity against *A. veronii* (20-26 mm) at 500-1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ , *P. aeruginosa* (16 mm) at 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ; *L. garvieae* (18-22 mm) at 500-1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ; *V. parahaemolyticus* (20 mm) at 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ; and *Y. ruckeri* (18 mm) at 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ . In addition, OEO was found to be moderately effective against *A. veronii* (250  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), *P. aeruginosa* (500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ); *V. alginolyticus* (1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), *L. garvieae* (250  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ); *V. parahaemolyticus* (500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ); and *Y. ruckeri* (250-500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ).



**Table 3.** Antibacterial activities of OEO, MEO and their nanoemulsions against the fish pathogen bacteria (inhibition zone, mm)

|                            | Concentration (µl/ml) | OEO (mm)               | OEO nanoemulsions (mm) | MEO (mm)               | MEO nanoemulsions (mm) | Positive Control (mm) |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>A. veronii</i>          | 1000                  | 26.2±0.3 <sup>c</sup>  | 40.4±1.9 <sup>a</sup>  | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 20.0±0.0 <sup>e</sup> |
|                            | 500                   | 20.5±0.7 <sup>e</sup>  | 34.5±0.7 <sup>b</sup>  | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 20.0±0.0 <sup>e</sup> |
|                            | 250                   | 13.5±0.7 <sup>f</sup>  | 22.5±0.7 <sup>d</sup>  | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 20.0±0.0 <sup>e</sup> |
|                            | 125                   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 20.0±0.0 <sup>e</sup> |
|                            | 62.5                  | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>g</sup>   | 20.0±0.0 <sup>e</sup> |
| <i>P. aeruginosa</i>       | 1000                  | 16.2±0.3 <sup>c</sup>  | 18.0±0.0 <sup>b</sup>  | 8.5±0.7 <sup>d</sup>   | 14.6±0.8 <sup>c</sup>  | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 500                   | 10.0±1.4 <sup>d</sup>  | 13.5±0.7 <sup>c</sup>  | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 250                   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 125                   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 62.5                  | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 0.0±0.0 <sup>e</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
| <i>V. alginolyticus</i>    | 1000                  | 10.5±0.7 <sup>e</sup>  | 28.5±0.7 <sup>b</sup>  | 10.4±0.0 <sup>e</sup>  | 17.5±0.7 <sup>c</sup>  | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 500                   | 6.6±0.8 <sup>g</sup>   | 12.4±0.6 <sup>d</sup>  | 6.6±0.6 <sup>g</sup>   | 8.4±0.6 <sup>f</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 250                   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 5.5±0.7 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 5.5±0.7 <sup>g</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 125                   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 4.0±0.0 <sup>h</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 62.5                  | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 32.0±0.0 <sup>a</sup> |
| <i>L. garvieae</i>         | 1000                  | 22.5±0.7 <sup>c</sup>  | 28.5±0.7 <sup>b</sup>  | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 30.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 500                   | 18.5±0.7 <sup>d</sup>  | 19.5±0.7 <sup>d</sup>  | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 30.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 250                   | 12.4±0.6 <sup>f</sup>  | 16.4±0.6 <sup>e</sup>  | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 30.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 125                   | 4.0±0.0 <sup>h</sup>   | 9.5±0.7 <sup>g</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 30.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 62.5                  | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 0.0±0.0 <sup>j</sup>   | 30.0±0.0 <sup>a</sup> |
| <i>V. parahaemolyticus</i> | 1000                  | 20.4±0.6 <sup>c</sup>  | 30.6±1.9 <sup>b</sup>  | 14.2±0.3 <sup>d</sup>  | 18.6±0.8 <sup>c</sup>  | 36.0±1.4 <sup>a</sup> |
|                            | 500                   | 12.1±2.8 <sup>de</sup> | 18.8±3.5 <sup>c</sup>  | 10.2±0.3 <sup>e</sup>  | 12.4±0.6 <sup>de</sup> | 36.0±1.4 <sup>a</sup> |
|                            | 250                   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 12.5±0.7 <sup>de</sup> | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 36.0±1.4 <sup>a</sup> |
|                            | 125                   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 36.0±1.4 <sup>a</sup> |
|                            | 62.5                  | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 36.0±1.4 <sup>a</sup> |
| <i>Y. ruckeri</i>          | 1000                  | 18.2±0.3 <sup>b</sup>  | 20.5±0.7 <sup>a</sup>  | 11.5±0.7 <sup>de</sup> | 16.5±0.7 <sup>c</sup>  | 20.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 500                   | 12.6±0.6 <sup>d</sup>  | 15.5±0.7 <sup>c</sup>  | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 20.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 250                   | 10.0±1.4 <sup>e</sup>  | 10.0±0.0 <sup>e</sup>  | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 20.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 125                   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 20.0±0.0 <sup>a</sup> |
|                            | 62.5                  | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 0.0±0.0 <sup>f</sup>   | 20.0±0.0 <sup>a</sup> |

Data are presented as the means ± SD (n = 3); values within the same row and column having different superscripts are significantly different (p<0.05).

In the present study, OEO showed weak inhibitory activity against *V. alginolyticus* and *L. garvieae*. The OEO showed the most effective with inhibition zone of 26 mm at 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$  against *A. veronii* compared to positive control. MIC values of OEO were 125  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *L. garvieae*, 250  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *A. veronii*, *Y. ruckeri* and 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *P. aeruginosa*, *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*.

MEO and its nanoemulsions were effective against *P. aeruginosa*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, and *Y. ruckeri*. Both MEO and its nanoemulsions did not affect the *A. veronii* and *L. garvieae*. Antimicrobial activities of the positive control group and MEO nanoemulsions were much more effective than MEO.

MEO nanoemulsions exhibited strong inhibitory activity against *V. alginolyticus* (17 mm) at 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ; *V. parahaemolyticus* (18 mm) at 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ; and *Y. ruckeri* (16 mm) at 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ . MEO nanoemulsions were found to be medium effective against *P. aeruginosa* (1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), *V. alginolyticus* (500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), and *V. parahaemolyticus* (500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ). MEO nanoemulsions showed weak inhibitory activity against *V. alginolyticus*. MIC values of MEO nanoemulsions were 125  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *V. alginolyticus*, 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *V. parahaemolyticus* and 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *P. aeruginosa*, *Y. ruckeri*.

MEO was exhibited medium inhibitory activity against *P. aeruginosa* (1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ); *V. alginolyticus* (1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), *V. parahaemolyticus* (500-1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), and *Y. ruckeri* (1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ). MEO showed weak inhibitory activity against *V. alginolyticus*. MIC values of MEO were 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus* and 1000  $\mu\text{L mL}^{-1}$  at *P. aeruginosa*, *Y. ruckeri*.

#### 4. DISCUSSION

Essential oils were declared to produce the construction of various chemical compositions (such as terpenoids, sterols, flavonoids, alkaloids, phenylpropanoids, and coumarins) that show antimicrobial activity (Manandhar et al., 2019). In the present study, major components of OEO were detected as carvacrol and p-cymene. Toncer et al. (2009) reported that the OEO was characterized by higher quantities of carvacrol, thymol, p-cymene, and  $\gamma$ -terpinene. In another study, the main components of OEO have been reported as carvacrol, thymol,  $\gamma$ -terpinene, p-cymene,  $\alpha$ -terpinene, and  $\alpha$ -pinene (Ozkan et al., 2010). This observation is in accordance with the literature, as previous analyses concluded that carvacrol and p-cymene are typically the main constituents in OEO.

In this study, the major components of MEO were piperitone (25.01%), eucalyptol (1,8-cineole) (19.53%), pulegone (14.50%), piperitenone (10.98%). *M. spicata* subs. *tomentosa* plants gathered from Aydın province were reported to contain piperitenone oxide (25.84%), pulegone (24.72%), cis piperitenone oxide (12.55%) as major components (Sevindik et al. 2017). Sarer et al. (2011) determined that the main compounds of the *M. spicata* subs. *spicata* from eastern Turkey were carvone (48.4%), 1,8-cineole (21.3%),  $\beta$ -pinene (3.5%),  $\beta$ -caryophyllene (3.3%) and trans-dihydrocarvone (2.9%). In another study, the major compound in *Mentha spicata* was carvone (59.40%), other components present in appreciable contents were: limonène, 1,8-cinéol, germacrèneD,  $\beta$ -caryophyllène,  $\beta$ -bourbonène,  $\alpha$ -terpinéol, terpinéne-4-ol (Boukhebt et al., 2011). In general, these findings approved that the EOs component of the medicinal herbs may vary in terms of quality and quantity. These variations could be caused by different geographical and environmental conditions, in addition to different periods of plant growth (Mazandarani et al., 2013, Dastjerdi & Mazoji, 2015, Sevindik et al., 2016).

In this study, we compared the antibacterial activities of OEOs and MEOs, and their nanoemulsions against six bacterial fish pathogens. All the essential oils and their nanoemulsions exhibited antibacterial activity against *P. aeruginosa*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, and *Y. ruckeri*. However, OEO and its nanoemulsions were highly effective against the Gram-negative *A. veronii* than the positive control (enrofloxacin). This is in agreement with (Gholipourkanani et al., 2019) who reported the powerful antimicrobial activity of OEOs against *P. damselae* and *A. hydrophila*. The MIC

values of OEOs nanoemulsions are always lower than OEOs, suggesting the increase of transport mechanisms through the cell membrane of the target microorganisms. Previous studies have also found that OEO provided effective bacterial inhibition against *A. salmonicida subspecies salmonicida* (Starliper et al., 2015), and *Escherichia coli* (Shan et al., 2011). Our study is in agreement with others regarding antibacterial efficacy against Gram-positive and Gram-negative bacteria; however, these activities were further enhanced by the use of nanocarriers (Hemmila et al., 2010, Shan et al., 2011, Starliper et al., 2015, Gholipourkanani et al., 2019).

In this study, MEO and its nanoemulsions were effective against pathogens of *P. aeruginosa*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, and *Y. ruckeri*. Still, they had no effect against the *A. veronii* and *L. garvieae*. It has been observed that the antibacterial activities of MEO and its nanoemulsions were less effective than the positive control group. Similarly, in a study, the antibacterial activity of MEO was slightly lower than that of antibiotics on tested six different bacteria genera; methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *E. faecium*, *E. coli*, and *B. cereus* (Sevindik et al., 2017).

## 5. CONCLUSION

OEO, MEO, and their nanoemulsions exhibited antibacterial activity against *Pseudomonas aeruginosa*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio alginolyticus*, *Yersinia ruckeri* in this study. The antibacterial activities of *O. onites* nanoemulsions against *A. veronii* were much more effective than the positive control (enrofloxacin). This study reveals that the nanoemulsions of medicinal aromatic herbs have more species-specific antibacterial effects and can be an alternative in the treatment of infectious diseases.

## ACKNOWLEDGMENT

We thank Behire Işıl DİDİNEN, Kâmil ATSATAN, and Ergi BAHRIOĞLU for their support of our study.

## FINANCIAL SUPPORT

There is no financial support.

## ETHICAL STATEMENT

The authors declare that no experimental animals were used in the study.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Planning the study: M.N., Ö.Ö., Literature: M.N., Ö.D., Ö.Ö., A.D., Methodology: M.N., Ö.D., Ö.Ö., A.D., Performing the experiment: M.N., Data analysis: M.N., Ö.Ö., Manuscript writing: M.N., Ö.D., Ö.Ö., A.D., Supervision: Ö.D., A.D., All authors approved the final draft.

## REFERENCES

- Bansemir, A., Blume, M., Schröder, S., & Lindequist, U. (2006). Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria. *Aquaculture*, 252(1), 7984. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.11.051>
- Baratta, M. T., Dorman, H. D., Deans, S. G., Biondi, D. M., & Ruberto, G. (1998). Chemical composition, antimicrobial and antioxidative activity of laurel, sage, rosemary, oregano and

- coriander essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 10(6), 618-627. <https://doi.org/10.1080/10412905.1998.9700989>
- Baydar, H., Sağdıç, O., Özkan, G., & Karadoğan, T. (2004). Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control*, 15(3), 169-172. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(03\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(03)00028-8)
- Boukhebt, H., Chaker A. N., Belhadj, H., Sahli, F., Ramdhani, M., Laouer, H., & Harzallah, D. (2011). Chemical composition and antibacterial activity of *Mentha pulegium* L. and *Mentha spicata* L. essential oils. *Der Pharmacia Lettre*, 3(4), 267-275.
- Chang, Y., McLandsborough, L., & McClements, D. J. (2013). Physicochemical properties and antimicrobial efficacy of carvacrol nanoemulsions formed by spontaneous emulsification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(37), 8906-8913. <https://doi.org/10.1021/jf402147p>
- Dastjerdi, L. S., & Mazoji, A. (2015). Comparative chemical composition of the essential oils of Iranian *Achillea oxyodonta* from different ecological regions. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(5), 106-109. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.50520>
- Dawood, M. A. O., El Basuini, M. F., Zaineldin, A. I., Yilmaz, S., Hasan, M. T., Ahmadifar, E., El Asely, A. M., Abdel-Latif, H. M. R., Alagawany, M., Abu-Elala, N. M., Van Doan, H., & Sewilam, H. (2021). Antiparasitic and antibacterial functionality of essential oils: an alternative approach for sustainable aquaculture. *Pathogens*, 10(2), 185. <https://doi.org/10.3390/pathogens10020185>
- Diler, Ö., Özil, Ö., Bayrak, H., Yiğit, N. Ö., Özmen, Ö., Saygın, M., & Aslankoç, R. (2021). Effect of dietary supplementation of sumac fruit powder (*Rhus coriaria* L.) on growth performance, serum biochemistry, intestinal morphology and antioxidant capacity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). *Animal Feed Science and Technology*, 278, 114993. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114993>
- Gholipourkanani, H., Buller, N., & Lymbery, A. (2019). *In vitro* antibacterial activity of four nano-encapsulated herbal essential oils against three bacterial fish pathogens. *Aquaculture Research*, 50(3), 871–875. <https://doi.org/10.1111/are.13959>
- Hamouda, T., Hayes, M. M., Cao, Z., Tonda, R., Johnson, K., Wright, D. C., Brisker, J., & Baker Jr, J. R. (1999). A novel surfactant nanoemulsion with broad-spectrum sporicidal activity against *Bacillus* species. *Journal of Infectious Diseases*, 180(6), 1939-1949. <https://doi.org/10.1086/315124>
- Hemmila, M. R., Mattar, A., Taddonio, M. A., Arbabi, S., Hamouda, T., Ward, P. A., Wang, S. C., & Baker Jr, J. R. (2010). Topical nanoemulsion therapy reduces bacterial wound infection and inflammation after burn injury. *Surgery*, 148(3), 499–509. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2010.01.001>
- Hoque, M. S., Jacxsens, L., De Meulenaer, B., & Alam, A. N. (2016). Quantitative risk assessment for formalin treatment in fish preservation: food safety concern in local market of Bangladesh. *Procedia Food Science*, 6, 151-158. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2016.02.037>
- Krishnamoorthy, R., Athinarayanan, J., Periasamy, V. S., Adisa, A. R., Al-Shuniaber, M. A., Gassem, M. A., & Alshatwi, A. A. (2018). Antimicrobial activity of nanoemulsion on drug-resistant bacterial pathogens. *Microbial Pathogenesis*, 120, 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.04.035>
- Li, T., Raza, S. H. A., Yang, B., Sun, Y., Wang, G., Sun, W., Qian, A., Wang, C., Kang, Y., & Shan, X. (2020). *Aeromonas veronii* infection in commercial freshwater fish: A potential threat to public health. *Animals*, 10(4), 608. <https://doi.org/10.3390/ani10040608>

- Manandhar, S., Luitel, S., & Dahal, R. K. (2019). *In Vitro* Antimicrobial Activity of Some Medicinal Plants against Human Pathogenic Bacteria. *Journal of Tropical Medicine*, 1895340. <https://doi.org/10.1155/2019/1895340>
- Mazandarani, M., Momeji, A., & ZARGHAMI, M. P. (2013). Evaluation of phytochemical and antioxidant activities from different parts of *Nasturtium officinale* R. Br. In Mazandaran. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3(2): 659-664.
- Murray, P. R., Baron, E. J., Pfaller, M. A., Tenover, F. C., & Tenover, R. H. (2011). *Manual of Clinical Microbiology (10th edn)*. ASM Press.
- Okmen, G., Ugur, A., Sarac, N., & Arslan, T. (2012). *In vivo* and *in vitro* antibacterial activities of some essential oils of lamiaceae species on *Aeromonas salmonicida* isolates from cultured rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Animal Veterinary Advances*, 11, 2762– 2768. <https://doi.org/10.3923/javaa.2012.2762.2768>
- Ozkan, G., Baydar, H., & Erbas, S. (2010). The influence of harvest time on essential oil composition, phenolic constituents, and antioxidant properties of Turkish oregano (*Origanum onites* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(2), 205–209. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3788>
- Pablos, M., Huys, G., Cnockaert, M., Rodríguez-Calleja, J. M., Otero, A., Santos, J. A., & García-López, M. L. (2011). Identification and epidemiological relationships of *Aeromonas* isolates from patients with diarrhea, drinking water and foods. *International Journal of Food Microbiology*, 147(3), 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.04.006>
- Proestos, C., Chorianopoulos, N., Nychas, G. J., & Komaitis, M. (2005). RP-HPLC analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4), 1190-1195. <https://doi.org/10.1021/jf040083t>
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., & Sasal, P. (2014). Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture* 433, 50-61. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.048>
- Sarac, N., & Ugur, A. (2008). Antimicrobial activities of the essential oils of *Origanum onites* L., *Origanum vulgare* L. subspecies *hirtum* (Link) Ietswaart, *Satureja thymbra* L., and *Thymus cilicicus* Boiss. & Bal. growing wild in Turkey. *Journal of Medicinal Food*, 11(3), 568-573. <https://doi.org/10.1089/jmf.2007.0520>
- Sevindik, E., Abacı, Z. T., Yamaner, C., & Ayvaz, M. (2016). Determination of the chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Teucrium polium* and *Achillea millefolium* grown under North Anatolian ecological conditions. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(2), 375-380. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1131626>
- Sevindik, M., Akgul, H., Pehlivan, M., & Selamoglu, Z. (2017). Determination of therapeutic potential of *Mentha longifolia* ssp. *longifolia*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(7), 4757-4763.
- Shan, B., Cai, Y. Z., Brooks, J. D., & Corke, H. (2011). Potential application of spice and herb extracts as natural preservatives in cheese. *Journal of Medicinal Food*, 14(3), 284-290. <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0009>
- Starliper, C. E., Ketola, H. G., Noyes, A. D., Schill, W. B., Henson, F. G., Chalupnicki, M. A., & Dittman, D. E. (2015). An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas* spp. *Journal of Advanced Research*, 6(1), 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.12.007>
- Sarer, E., Toprak, S. Y., Otlu, B., & Durmaz, R. (2011). Composition and antimicrobial activity of the essential oil from *Mentha spicata* L. subsp. *spicata*. *Journal of Essential Oil Research*, 23(1), 105-108. <https://doi.org/10.15835/nbha3723188>

---

Toncer, O., Karaman, S., Kızı1, S., & Diraz, E. (2009). Changes in essential oil composition of oregano (*Origanum onites L.*) due to diurnal variations at different development stages. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 177-181.

---

## The Effects of Environmental Variables and Morphometry on Hemocyte Structure in the Hemolymph of Portunid Crab, *Carcinus aestuarii* Nardo, 1847 in Çardak Lagoon (Çanakkale Strait)

Çardak Lagünü'nde (Çanakkale Boğazı) Bulunan Portunid Yengeç, *Carcinus aestuarii* Nardo, 1847'nin Hemolenfinde Çevresel Değişkenlerin ve Morfometrinin Hemosit Yapısına Etkileri

Seçil Acar<sup>1\*</sup>, A. Suat Ateş<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Marine Sciences and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, 17100, Çanakkale

\*Corresponding author: [secilkolsal@gmail.com](mailto:secilkolsal@gmail.com)

Received: 29.07.2022

Accepted: 18.10.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Acar, S., & Ateş, A. S. (2022). The effects of environmental variables and morphometry on hemocyte structure in the hemolymph of portunid crab, *Carcinus aestuarii* Nardo, 1847 in Çardak Lagoon (Çanakkale Strait). *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 505-512. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1150615>

**Abstract:** This study aims to determine the relationship between hemocyte count and hemocyte types with environmental variables and morphometric measurements in *Carcinus aestuarii*. A total of 240 crabs were seasonally collected in Çardak Lagoon June 2018, October 2018, February 2019, and May 2019. The average carapace length (CL) was 44.66±0.44 mm, the mean carapace width (CW) was 37.71±0.38 mm and the mean weight was 28.49±0.88 g. Crab specimens were anesthetized on ice for 10 min, and 500 µL of hemolymph was collected from the legs of each crab using a 1-mL plastic syringe. After sampling, hemolymph samples were mixed with the anticoagulant, which was applied to a Thoma slide and examined under a microscope at X40 magnification. The total hemocyte count (THC) was calculated as 13.91±8.08x10<sup>6</sup> (cells/mm<sup>3</sup>). Differential hemocyte count (DHC) 53.25±0.6% for hyalinocyte, 26.15±0.23% for semi-granulocyte, and 20.6±0.06% for granulocyte and 3 different cell types were observed. The most dominant cell type is hyalinocyte cells.

### Keywords

- Total hemocyte counts
- Hyaline
- Granular
- Physicochemical variables
- Mediterranean Green Crab

**Özet:** Bu çalışma, *Carcinus aestuarii*'de hemosit sayısı ile hemosit tipleri arasındaki ilişkiyi çevresel değişkenler ve morfometrik ölçümlerle belirlemeyi amaçlamaktadır. Çardak Lagünü'nde Haziran 2018, Ekim 2018, Şubat 2019 ve Mayıs 2019'da mevsimsel olarak toplam 240 yengeç toplanmıştır. Ortalama kabuk uzunluğu (CL) 44.66±0.44 mm, ortalama kabuk genişliği (CW) 37.71±0.38 mm ve ortalama ağırlık 28.49±0.88 g' idi. Yengeç örnekleri buz üzerinde 10 dakika süreyle anesteziye tabi tutuldu ve 1 mL'lik plastik bir şırınga kullanılarak her bir yengecin bacaklarından 500 uL hemolenf toplandı. Örneklemeden sonra hemolenf örnekleri bir Thoma lamına uygulanan antikoagülan ile karıştırıldı ve X40 büyütmede mikroskop altında incelendi. Toplam hemosit sayısı (THC) 13.91±8.08x10<sup>6</sup> (hücre/mm<sup>3</sup>) olarak hesaplandı. Diferansiyel hemosit sayısı (DHC) hiyalinosit için % 53.25±0.6, yarı granülosit için % 26.15±0.23 ve granülosit için % 20.6±0.06 ve 3 farklı hücre tipi gözlemlendi. En baskın hücre tipi hiyalinosit hücreleridir.

### Anahtar kelimeler

- Toplam hemosit sayısı
- Hyaline
- Granuler
- Fizikokimyasal değişkenler
- Akdeniz yeşil yengeci

## 1. INTRODUCTION

Crustaceans have an open vascular system with large numbers of hemocytes circulating freely in the hemolymph. (Matazzo & Marin, 2010). Circulating hemocytes of crustaceans and other invertebrates play an important role in immunity and can be used as an indicator of physiological



states. (Battison et al., 2003). Total cell count and differential cell count are useful in determining the physiological state of an organism (Battison et al., 2003). They perform functions such as phagocytosis, encapsulation, and fragmentation of foreign cells and provide information on local populations' health status. (Petri et al., 2006; Adeogun et al., 2015). Furthermore, hemocytes play critical roles in wound healing and defense mechanisms against parasites, viruses, and bacteria. (Matazzo & Marin, 2011). Hose et al. (1990) classified crustacean hemocytes based on morphology, cytochemistry, and function and distinguished three cell types; hyaline cells, granulocytes, and small and large granule cells. While hyaline cells initiate coagulation, small and large granule hemocytes participate in phagocytosis and encapsulation, respectively. Hemolymph numbers differ between species, as does the variation in the crustacean hemocyte population between species. (Adeogun et al., 2015; Sawyer, 1970; Clare & Lumb, 1994). While hemolymph number varies by species it is also affected by environmental factors. Age, sex, season, capture method, sexual fatigue, length, weight, water temperature, pH, diet, and other factors affect the hemolymph structure living (Başusta & Şen, 2004).

Ecological indicators are widely used in monitoring, evaluating, and managing the ecosystem because they can help simplify environmental and ecosystem complexity and provide valuable information for further risk assessment. THC and hemocyte types, which are physiological variables, are used as ecological indicators in determining the stressors and health status of living. Considering that hemocytes are immune responding cells, the balance of total hemocyte density in aquatic invertebrates over a physiological range is an important variable of the cell-mediated immune response (Mello et al., 2010; Matozzo et al., 2016; Burgos-Aceves & Faggio, 2017, Qyli et al., 2020). It is known that the increase in total hemocyte count is the most common response to environmental stressors (Coles et al., 1994).

*Carcinus aestuarii* which is an important representative of the Mediterranean Lagoons can tolerate physicochemical variables. Although there are many studies conducted on *C. aestuarii* in Turkey, there is any study on the hemolymph structure of the species. This study aims to determine the total number of hemocytes and the percentages of hemocytes of *C. aestuarii* in Çardak Lagoon and their relationship with environmental variables.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Crab Sampling

*Carcinus aestuarii* samples were collected (Çanakkale Strait) seasonally in Çardak Lagoon in June 2018, October 2018, February 2019 and May 2019 using a static traditional eel trap. Crabs were sampled as 60 individuals per season. Environmental variables such as salinity, temperature, pH, and dissolved oxygen in the lagoon water were measured in real-time using a YSI 556 model MPS *in situ*. A digital caliper was used to measure the carapace length (CL) and carapace width (CW) of each crab (in mm). A digital scale was used to determine total wet body weight (W) (in 0.001 g).

### 2.2. Total Hemocyte Count (THC) and Differential Hemocyte Count (DHC)

Crab specimens were anesthetized on ice for 10 min before 500 L of blood was collected from the walking legs of each crab using a 1-mL plastic syringe. After dilution with a 1:2 citrate buffer/ethylenediaminetetraacetate (EDTA) solution (NaCl 0.45 mol L<sup>-1</sup>, glucose 0.1 M, sodium citrate 30 mM, citric acid 26 mM, EDTA 10 mM, pH 4.6, stored at 4 °C) in Eppendorf tubes, a manual count was performed on a Thoma slide to calculate the total number of hemocytes (THC) (Soderhall & Smith 1983). After sampling, hemolymph samples were mixed with the anticoagulant, which was applied to a Thoma slide and examined under a microscope at X40 magnification. To identify hemocyte morphology, 0.1 ml of hemolymph was mixed on a glass slide with 0.1 ml of a 1.2% trypan blue solution in seawater. Hemocyte morphotypes were identified, and 100 cells from each slide were counted. For wet staining, one drop of hemolymph was placed on a slide and thin smears were

immediately viewed with a 100x light microscope, while for permanent staining, three drops of hemolymph were placed on individual slides, smeared, and fixed with absolute methanol for three minutes with three types of dyes: Giemsa, which was applied for 10 minutes to determine the best stain for crab hemolymph morphology. The stains were rinsed with distilled water, and the slides were examined under the microscope for the different cell morphotypes. Giemsa staining provided the best results for the hemocyte morphology of *C. aestuarii*.

### 2.3. Statistical Analysis

The relationship between the sexes and the seasons and THC counts was tested using the t-test. Statistical relationships between environmental variables measured at seasons and hemocyte parameters were determined using Pearson correlation. Statistical analysis was performed using SPSS 25.

## 3. RESULTS

### 3.1. Environmental Variables

Seasonal differences in salinity, temperature, and dissolved oxygen were observed during the study (Table 1). The average temperature values according to the seasons were between 10.80 and 25.67. Average salinity values according to seasons were  $20.35 \pm 0.12$  -  $23.19 \pm 0.2\%$ . Dissolved oxygen values were between  $7.5 \pm 0.78$  mg L<sup>-1</sup> and  $9.14 \pm 1.64$  mg L<sup>-1</sup> and pH values were  $8.67 \pm 0.06$  -  $8.85 \pm 0.02$ .

**Table 1.** Temperature, salinity, dissolved oxygen, and pH values measured in sampling seasons

|        | Temperature (°C) | Salinity (‰) | Dissolved Oxygen (mg L <sup>-1</sup> ) <sub>1)</sub> | pH          |
|--------|------------------|--------------|--|-------------|
| Summer | 25.67 ± 2.15     | 20.35 ± 0.12 | 7.5 ± 0.78   | 8.85 ± 0.02 |
| Autumn | 18.92 ± 3.73     | 21.17 ± 0.56 | 7.8 ± 1.5  | 8.8 ± 0.02  |
| Winter | 10.80 ± 1.13     | 23.19 ± 0.25 | 9.14 ± 1.64  | 8.67 ± 0.06 |
| Spring | 16.13 ± 4.05     | 21.94 ± 0.43 | 8.93 ± 1.21  | 8.81 ± 0.03 |

A total of 240 individuals (120 females and 120 males), were examined. Several morphometric measurements of the crabs are shown in Table 2. The average carapace length (CL) was  $44.66 \pm 0.44$  mm, the mean carapace width (CW) was  $37.71 \pm 0.38$  mm and the mean weight was  $28.49 \pm 0.88$  g. The mean hemocyte count in hemolymph was calculated as  $13.91 \pm 8.08 \times 10^6$ . The range of total hemocyte count was from  $5.54 \pm 1.22 \times 10^6$  to  $24.5 \pm 6.48 \times 10^6$  (cells/mm<sup>3</sup>). While the average hemocyte count in females is  $13.84 \pm 8.97 \times 10^6$  (cells/mm<sup>3</sup>) and  $13.88 \pm 6.48 \times 10^6$  (cells/mm<sup>3</sup>) in males.

**Table 2.** Average CL, CW, W, and THC values by sex.

| Sex    | N   | CL (mm)      | CW (mm)      | W (g)        | THC (cells/mm <sup>3</sup> ) |
|--------|-----|--------------|--------------|--------------|------------------------------|
| Female | 120 | 40.51 ± 0.38 | 34.57 ± 0.36 | 19.91 ± 0.75 | $13.84 \pm 8.97 \times 10^6$ |
| Male   | 120 | 48.82 ± 0.6  | 40.85 ± 0.53 | 37.08 ± 1.16 | $13.88 \pm 6.48 \times 10^6$ |
| Total  | 240 | 44.66 ± 0.44 | 37.71 ± 0.38 | 28.49 ± 0.88 | $13.91 \pm 8.08 \times 10^6$ |

N: The number of specimens, CL: Carapace length (mm), CW: Carapace width (mm), W: Weight (g), THC: Total Hemocyte Counts (cells/mm<sup>3</sup>)

The t-test was applied to find the relationship between several morphometric variables (CL, CW, and THC) in female and male individuals. CL, CW, and THC levels in females and males are statistically significant ( $p=0.00$ ;  $p<0.05$ ).

The relationships between the environmental variables and THC and morphometric characteristics are shown in Table 3. A statistically significant and strong correlation was found between THC and

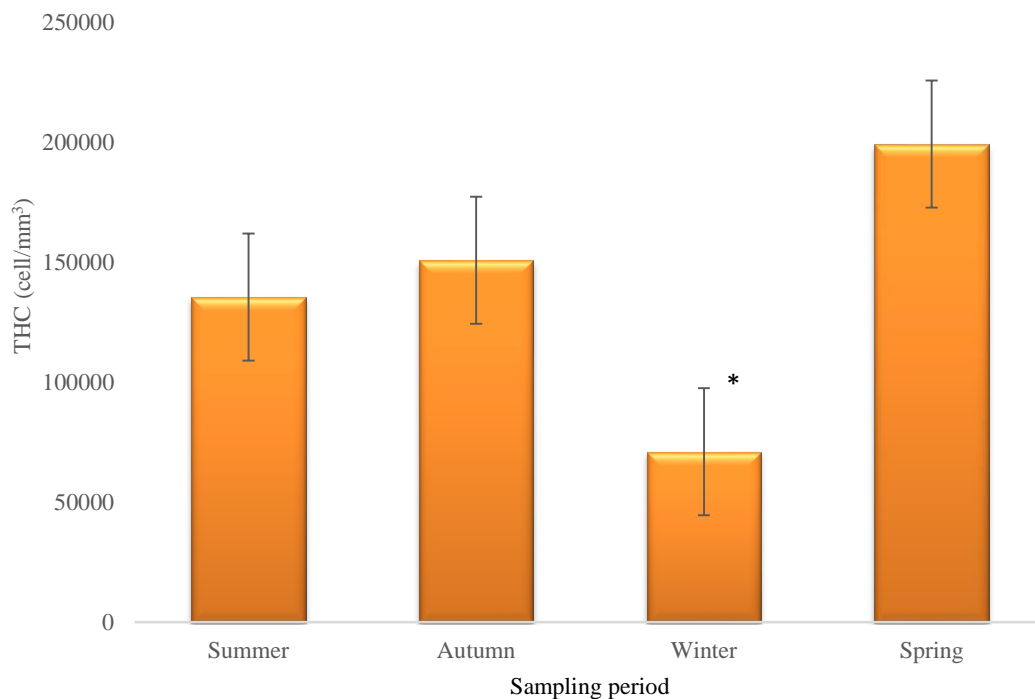
carapace length CL ( $r_s=.638$ ;  $p<0.05$ ). THC is positively correlated to temperature and pH and negatively correlated to salinity and oxygen levels.

**Table 3.** Correlations between environmental variables and morphometric measurements

|            | T(°C)   | S(‰)    | DO (mg L <sup>-1</sup> ) | pH      | THC (cells/mm <sup>3</sup> ) | CL (mm) | CW(mm) | W(g)   |
|------------|---------|---------|--------------------------|---------|------------------------------|---------|--------|--------|
| <b>T</b>   | 1       | -.937** | -0.540                   | .667*   | 0.153                        | 0.406   | 0.098  | 0.051  |
| <b>S</b>   | -.937** | 1       | .624*                    | -.721** | -0.253                       | -0.388  | -0.096 | -0.082 |
| <b>DO</b>  | -0.540  | .624*   | 1                        | -0.046  | -0.105                       | -0.170  | 0.014  | 0.056  |
| <b>pH</b>  | .667*   | -.721** | -0.046                   | 1       | 0.473                        | 0.296   | 0.010  | 0.013  |
| <b>THC</b> | 0.153   | -0.253  | -0.105                   | 0.473   | 1                            | .638*   | 0.343  | 0.527  |
| <b>CL</b>  | 0.406   | -0.388  | -0.170                   | 0.296   | .638*                        | 1       | .823** | .747** |
| <b>CW</b>  | 0.098   | -0.096  | 0.014                    | 0.010   | 0.343                        | .823**  | 1      | .592*  |
| <b>W</b>   | 0.051   | -0.082  | 0.056                    | 0.013   | 0.527                        | .747**  | .592*  | 1      |

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

\* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).



**Figure 1.** Total THC in sampling seasons

The number of THC in each season is shown in Figure 1. The highest THC count was recorded in the spring and the lowest in the winter season. The statistical differences between seasons were not significant, but the association between the winter season and THC count was statistically significant ( $p=0.00$ ;  $p < 0.05$ ).

Hemocytes in the hemolymph of *C. aestuarii* individuals were divided into hyalinocytes, semigranulocytes, and granulocytes. Hyalinocytes were free of granules or sometimes contained very few small intracellular inclusions. Semigranular cells contained fewer small and generally less refractive granules. Granular cells were filled with numerous large, highly refractory granules. The most abundant cell type was counted as hyalinocyte. Three different types were determined for hemocytes: Hyalinocytes, Semigranulocytes, and Granulocytes (Table 4). While the number of

hyalinocytes ( $55.32\pm 0.55\%$ ) and semigranulocytes ( $28.13\pm 0.5\%$ ) was higher in females, the number of granulocytes ( $26\pm 0.07\%$ ) was calculated to be higher in males.

**Table 4.** The number of differential hemocyte counts (DHC) in *C. aestuarii*

| Sex    | Hyalinocyte (%) | Semi-granulocyte (%) | Granulocyte (%) |
|--------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Female | $55.32\pm 0.55$ | $28.13\pm 0.5$       | $16.55\pm 0.05$ |
| Male   | $48.46\pm 0.45$ | $25.54\pm 0.58$      | $26\pm 0.07$    |
| Total  | $53.25\pm 0.6$  | $26.15\pm 0.23$      | $20.6\pm 0.06$  |

#### 4. DISCUSSION

The number of hemocytes in *Carcinus aestuarii* and their relationship to hemocyte species were investigated in several studies that evaluated the effects of pollutants and various environmental stressors on hemolymph quality (Matozzo and Marin, 2010; Aliko et al., 2015; Mancuso et al., 2019; Gürkan, 2019; Qyli et al., 2020). Here we tried to define the relationships between crab morphometry, environmental variables, and hemocyte structure.

In this study, the highest THC count was found in the spring, and it was observed that the THC count decreased in the winter period. Matozzo et al. (2013) found a significant relationship between season and THC and counted the highest THC content in *C. aestuarii* for summer. In both sexes of *C. aestuarii*, the lowest THC level was measured in the winter months, when the lowest seawater temperature was recorded. This result shows a possible correlation between water temperature and THC. The t-test showed a statistically significant association between sex and THC. In addition, THC levels showed a significant positive correlation with the carapace length of the crabs. The correlations between sex and carapace length, and THC support the findings of other studies. The number of hemocytes was found to increase with growth (Matozzo, 2013). In their study, Türeli et al. (1999) found higher, total hemocyte counts, hyaline, granular, and semigranular cells in the blue crab *Callinectes sapidus*, although the females were morphometrically small. Dutta et al. (2021) found more hemocytes in females than in males in their hemocyte study of another portunid crab, *Scylla serrata*. In this study, although the values of weight carapace length, carapace width of female individuals are lower than those of male ones, hyaline, semigranular, values are found to be higher. Also in this study, the THC count was found to be very similar between female and male individuals and the number of granular cells was higher in males, in contrast to other studies. Although the exact cause of the sex-specific variation is not known, it is generally thought that the reason for the high hemocyte counts in females is reproductive (Türeli, 1999; Pugazhvendan & Soundarjan, 2012; Dutta et al., 2021).

According to the relevant literature, the density of each hemocyte type varied between crustacean species. Matozzo & Marin (2010) stated that the hyaline cell type was determined to be 44%, semigranular 27%, and granular 28%. In this study, although hyaline cell type was predominant, it was calculated at 58%, semigranular at 26%, and granular at 13.6%. Qyli et al. (2020) found in their study that under stress conditions, *C. aestuarii* mainly increases the number of granular cells and decreases the number of hyaline cells. Bauchau and Plaket (1973) found in their study that granular cells are about eight times more abundant than hyalinocytes. Although the significance of this apparent variability in the relative proportions of each hemocyte type among crustacean species remains unclear, it is thought to be caused by the effects of molting, feeding, reproduction, disease, and environmental pollutants. Granular cells are known to play an important role in phagocytosis. The functional differences between these two cell types have not been fully elucidated herein and in other studies. However, the role of hyalinocytes is not fully understood. Hyalinocytes are smaller and less granular than granulocytes and have a large central nucleus. However, both cell types are thought to be involved in the cytotoxic immune response (Wang et al., 2012). The total number of hemocytes and

the differential number of hemocytes thus provide an informative way of assessing the general physiological condition of an animal (Battison et al., 2003; Qyli et al., 2020). Because crab hemocytes are involved in the immune response, their defense against pathogens and environmental contaminants, as well as their survival success, is highly dependent on the number, proportion, and cellular integrity of circulating immunocytes.

## 5. CONCLUSION

In this study, which was conducted in the Çardak lagoon, the relationship between the hemolymph structure of *C. aestuarii*, one of the most important representatives of the lagoon areas, and the environmental and morphometric variables was discussed. Total hemocyte count is positively correlated to temperature and pH and negatively correlated to salinity and oxygen levels. Consequently, this study showed that the temperature, carapace length (CL), and sex significantly the number and types of hemolymphs.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank commercial fisherman Hasan Şenses Tülümen for sampling in this study.

## FUNDING

No financial support was received in the conduct of this study.

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

## AUTHOR CONTRIBUTION

The authors equally contributed to the present study.

## ETHICAL STATEMENT

The material used in this article is invertebrate species therefore, ethics committee approval is not required for this study.

## DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data used in this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

## REFERENCES

- Adeogun, A. O., Salami, O. A., Chukwuka, A. V., & Alaka, O. O. (2015). Hematological and serum biochemical profile of the blue crab, *Callinectes amnicola* from two tropical lagoon ecosystems. *African Journal of Biomedical Research*, 18(3), 233–247.
- Aliko, V., Hajdaraj, G., Caci, A., & Faggio, C. (2015). Copper induced lysosomal membrane destabilization in haemolymph cells of Mediterranean green crab (*Carcinus aestuarii*, Nardo, 1847) from the Narta Lagoon (Albania). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(5), 750-756. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132015050244>
- Bachau, A. G. (1981). Crustaceans. *Invertebrate blood cells*, 2, 385-420.
- Bauchau A. G., & Plaquet J. C. (1973). Variation du nombre des hémocytes chez les Crustacés Brachyours. *Crustaceana*, 24(2), 215-23. <https://doi.org/10.1163/156854073X00380>

- Başusta A, & Şen D. (2004). Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Acanthobrama marmid* (Heckel,1843) de kan parametrelerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(1), 1-6.
- Battison, A., Cawthorn, R., & Horney, B. (2003). Classification of *Homarus americanus* hemocytes and the use of differential hemocyte counts in lobsters infected with *Aerococcus viridans* var. *homari* (Gaffkemia). *Journal of Invertebrate Pathology*, 84(3), 177-197. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2003.11.005>
- Blaxhall, P. C., & Daisley, K. W. (1973). Routine haematological methods for use with fish blood. *Journal of Fish Biology*, 5(6), 771-781. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04510.x>
- Burgos-Aceves, M. A., & Faggio, C. (2017). An approach to the study of the immunity functions of bivalve hemocytes: physiology and molecular aspects. *Fish and Shellfish Immunology*, 67, 513-517. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.06.042>
- Clare, A. S., & Lumb, G. (1994). Identification of hemocytes and their role in clotting in the blue crab *Callinectes sapidus*. *Marine Biology*, 118(4), 601-610. <https://doi.org/10.1007/BF00347507>
- Coles, J. A., Farley, S. R. & Pipe, R. K. (1994). Effects of fluoranthene on the immunocompetence of the common marine mussel, *Mytilus edulis*. *Aquatic Toxicology*, 30(4), 367-379. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(94\)00051-4](https://doi.org/10.1016/0166-445X(94)00051-4)
- Dutta, S., Biswas, B., & Guha, B. (2021). Sex specific quantitative estimation of total haemocytes in mud crab, *Scylla serrata* (Forskål, 1775): An evidenced based report. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(4), 439-441. <https://doi.org/10.22271/j.ento.2021.v9.i4f.8814>
- Gürkan, M. (2018). Effects of three different nanoparticles on bioaccumulation, oxidative stress, osmoregulatory, and immune responses of *Carcinus aestuarii*. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 100(8-10), 693-716. <https://doi.org/10.1080/02772248.2019.1579818>
- Hose, J. E., Martin, G. G., & Gerard, A. S. (1990). A decapod hemocyte classification scheme integrating morphology, cytochemistry and function. *Biology Bulletin*, 178(1), 33-45.
- Mancuso, M., Zaccone, R., Carella, F., Maiolino, P., & Vico, G. D. (2013). First Episode of Shell Disease Syndrome in *Carcinus aestuarii* (Crustacea: Decapoda: Portunidae) in the Volturno River. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 4(5), 191. <https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000191>
- Matozzo, V., & Marin, M. G. (2010). A first cytochemical study of hemocytes from the crab *Carcinus aestuarii* (Crustacea, Decapoda). *European Journal of Histochemistry, European Journal of Histochemistry*, 54(1). <https://doi.org/10.4081/ejh.2010.e9>
- Matozzo, V., Gallo, C., & Marin, M. G. (2011). Effects of temperature on cellular and biochemical parameters in the crab *Carcinus aestuarii* (Crustacea, Decapoda). *Marine Environmental Research*, 71(5), 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2011.04.001>
- Matozzo, V., Boscolo, A., & Marin, M. G. (2013). Seasonal and gender-related differences in morphometric features and cellular and biochemical parameters of *Carcinus aestuarii* from the Lagoon of Venice. *Marine Environmental Research*, 89, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.04.007>
- Matozzo, V., Pagano, M., Spinelli, A., Caicci, F., & Faggio, C. (2016). *Pinna nobilis*: a big bivalve with big hemocytes? *Fish and Shellfish Immunology*, 55, 529-534. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.06.039>
- Mello, D.F., Proenca, L.A., & Barracco, M.A. (2010). Comparative study of various immune parameters in three bivalve species during a natural bloom of *Dinophysis acuminata* in Santa Catarina Island, Brazil. *Toxins*, 2(5), 1166-1178. <https://doi.org/10.3390/toxins2051166>
- Petri D., Glover C. N., Ylving S., Kolas K., Fremmersvik G., Waagbo R. & Berntssen M. H. G. (2006). Sensitivity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to dietary endosulfan as assessed by

- hematology, blood biochemistry, and growth parameters. *Aquatic Toxicology*, 80(3), 207-216. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2006.07.019>
- Pugazhvendan, S. R., & Soundararajan, M. (2012). Quantitative changes of total haemocytes count during metamorphosis and reproduction in the insect *Chrysocoris purpureus* (Hemiptera: Pentatomidae). *African Journal of Basic & Applied Sciences*, 4(5), 143-145. <https://doi.org/10.5829/idosi.ajbas.2012.4.5.6576>
- Qyli, M., Aliko, V., & Faggio, C. (2020). Physiological and biochemical responses of Mediterranean green crab, *Carcinus aestuarii*, to different environmental stressors: Evaluation of hemocyte toxicity and its possible effects on immune response. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 231, 108739. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2020.108739>
- Sawyer, T. K., Cox, R., & Higginbottom, M. (1970). Hemocyte values in healthy blue crabs, *Callinectes sapidus*, and crabs infected with the amoeba, *Paramoeba perniciosus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 15(3), 440-446. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(70\)90188-6](https://doi.org/10.1016/0022-2011(70)90188-6)
- Söderhäll, K. & Smith, V.J. (1983). Separation of the haemocyte populations of *Carcinus maenas* and other marine decapods, and prophenoloxidase distribution. *Developmental & Comparative Immunology*, 7(2), 229-239. [https://doi.org/10.1016/0145-305X\(83\)90004-6](https://doi.org/10.1016/0145-305X(83)90004-6)
- Türel, C. (1999). *İskenderun Körfezi'ndeki Mavi Yengeç (Callinectes sapidus RATHBUN, 1896)'in Biyolojik Özellikleri* [Doctoral Thesis, Çukurova University].
- Wang, Y., Hu, M., Chiang, H. W. L., Shin, P. K. S., & Cheung, S. G. (2012). Characterization of subpopulation and immune-related parameters of hemocytes in the green-lipped mussel *Perna viridis*. *Fish and Shellfish Immunology*, 31, 381-390. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.08.024>
-



## A Pycnogonid Species New for the Mediterranean Coast of Türkiye: *Achelia langi* (Dohrn, 1881) (Arthropoda, Pycnogonida)

Türkiye'nin Akdeniz Kıyıları İçin Yeni Bir Pycnogonid Türü: *Achelia langi* (Dohrn, 1881) (Arthropoda, Pycnogonida)

Cengiz Koçak<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup>Department of Hydrobiology, Fisheries Faculty, Ege University, TR 35100, Bornova-İzmir, Türkiye.

\*Corresponding author: [cengiz.kocak@ege.edu.tr](mailto:cengiz.kocak@ege.edu.tr)

Received: 02.08.2022

Accepted: 19.10.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Koçak, C. (2022). A Pycnogonid species new for the Mediterranean coast of Türkiye: *Achelia langi* (Dohrn, 1881) (Arthropoda, Pycnogonida). *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 513-517. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1153151>

**Abstract:** A male specimen of *Achelia langi* (Dohrn, 1881) was found in Antalya Bay (Turkish coast of the Mediterranean Sea) at 1.5 m depth in July 2019. A distribution map of the species in the Mediterranean Sea is provided, together with a photograph and line drawing of the species. *A. langi* is reported in this study for the first time from Antalya Bay and the Mediterranean coast of Türkiye and also the third time from the eastern Mediterranean Sea. The record further extends the known distribution of this species from the Aegean Sea to the Mediterranean coast of Türkiye in the eastern Mediterranean Sea.

### Keywords

- Pycnogonida
- Ammotheidae
- *Achelia langi*
- Mediterranean Sea
- Mediterranean coast of Türkiye

**Özet:** *Achelia langi* (Dohrn, 1881) türüne ait bir erkek birey Temmuz 2019 tarihinde 1.5 m derinlikten Antalya Körfezi'nden tespit edilmiştir. Türün Akdeniz'deki dağılımı, fotoğraf ve çizimi çalışmada verilmiştir. *A. langi*, Antalya Körfezi'nden ve Türkiye'nin Akdeniz kıyılarından ilk kez, doğu Akdeniz'den ise üçüncü kez bu çalışmada rapor edilmektedir. Bu kayıt, doğu Akdeniz'de türün bilinen dağılımını Ege Denizi'nden Türkiye'nin Akdeniz kıyılarına kadar genişletmektedir.

### Anahtar kelimeler

- Pycnogonida
- Ammotheidae
- *Achelia langi*
- Akdeniz
- Türkiye Akdeniz kıyıları

## 1. INTRODUCTION

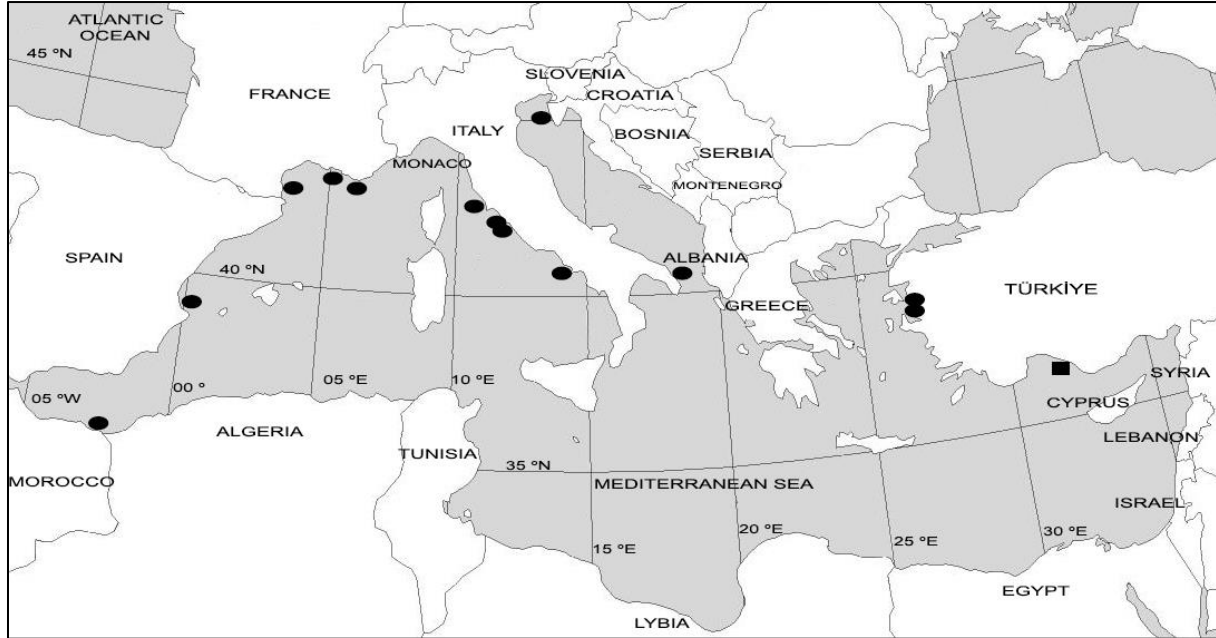
*Achelia langi* (Dohrn, 1881) has occasionally been found in the Mediterranean Sea, mainly in its western and central regions (Dohrn, 1881; Faraggiana, 1940; Stock, 1968; Chimenz et al., 1979; Arnaud, 1987; Sanchez & Munilla, 1989; Munilla, 1993; Chimenz et al., 1993; Munilla & Nieto, 1999; Piscitelli, 2000; Vignoli et al., 2006;). In the eastern Mediterranean Sea, it was reported only from Çandarlı Bay (Koçak & Katağan, 2007) and Foça (Krapp et al. 2008) on the Aegean Sea coast of Türkiye. An examination of sea spiders collected in Antalya Bay revealed the presence of a species belonging to the genus *Achelia* Hodge, 1864, which is identified in this paper as *Achelia langi*. The species is new to Antalya Bay and the Mediterranean coast of Türkiye. It is also reported here for the third time in the eastern Mediterranean Sea.

## 2. MATERIALS AND METHODS

A male specimen of *Achelia langi* was collected by snorkeling from *Cystoseira crinita* Duby, 1830 facies in the upper infralittoral zone (1.5 m depth) of Alanya, Antalya Bay (eastern Mediterranean Sea, Türkiye) (Figure 1). The specimen was fixed in 5% formaldehyde, later rinsed with fresh water, and then preserved in 70% ethanol. The specimen was examined under a stereomicroscope. The drawing



was made with the aid of a drawing tube mounted on an Olympus CX31 compound microscope. The following papers were used for the species identification: Stock (1968), Koçak and Katağan (2007), and Lehmann et al. (2014). The specimen was deposited in the ESFM (Museum of the Faculty of Fisheries, Ege University, İzmir).



**Figure 1.** Earlier established the occurrence of *Achelia langi* (Dohrn, 1881) in the Mediterranean Sea (filled circle) and the sampling area (filled rectangle) reported in the present study.

### 3. RESULTS

#### 3.1. Systematics

Class PYCNOGONIDA Latreille, 1810

Order PANTOPODA Gerstaecker, 1863

Family AMMOTHEIDAE Dohrn, 1881

Genus *Achelia* Hodge, 1864

*Achelia langi* (Dohrn, 1881) (Figures 2-3)

Material examined: 1 ♂, (EFSM-PYC/2019-1), Alanya (Antalya Bay, Mediterranean coast of Türkiye), 36°33'16"N, 31°58'19"E, *Cystoseira crinata* Duby, 1830, 1.5 m, 23 July 2019.

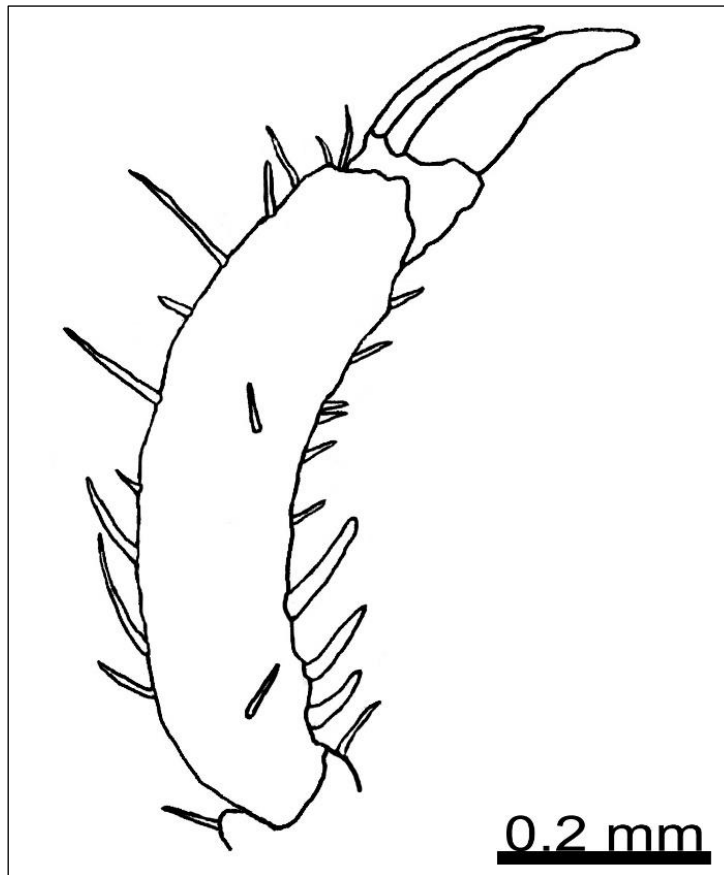
Measurements (mm): Trunk length (frontal margin of a cephalic segment to tip of the fourth lateral process), 1.22; Trunk width (across second lateral processes), 0.95.

Remarks: The present specimen agrees well with the specimen given by Koçak and Katağan (2007). I noted only that the trunk length of the present specimen is slightly smaller than those in Koçak and Katağan's (2007) specimen (1.25 mm in ♂).

Worldwide Distribution: Atlantic-Mediterranean (eastern Atlantic Ocean, Mediterranean Sea) (Soler-Membrives & Munilla, 2015).



**Figure 2.** *Achelia langi* (Dohrn, 1881), ♂, Antalya Bay. Dorsal view.



**Figure 3.** *Achelia langi* (Dohrn, 1881), ♂, Antalya Bay. Propodus of right leg 3.

#### 4. DISCUSSION

Most previous records of *A. langi* from the Mediterranean Sea are from the western and central regions: the Italian coast. Napoli (Dohrn, 1881); Levanto (Faraggiana, 1940); Civitavecchia port, Torvaldaliga (Chimenz et al., 1979); Apulian coast (Chimenz et al., 1993); Tremiti Island (Piscitelli, 2000); Costa d'Argento, southern Tuscany (Vignoli et al., 2006). Spanish coast. Canary Islands (Sanchez & Munilla, 1989); Nuevo Faro, Valencia (Munilla, 1993); Chafarinas Islands (Munilla & Nieto, 1999). French coast. Banyuls (Stock, 1968); vicinity of Marsilia and Toulon (Arnaud, 1987). In the eastern Mediterranean Sea, this species is reported only from the Aegean Sea coast of Türkiye: Çandarlı Bay (Koçak & Katağan, 2007); Foça (Krapp et al. 2008) (Figure 1).

Three pycnogonid species were recorded so far from Antalya Bay. The present study raises the total number of pycnogonid species found in Antalya Bay to 4, with the addition of the species (*Tanystylum orbiculare* Wilson, 1878; *T. conirostre* (Dohrn, 1881); *Achelia* sp. and *A. langi* (Dohrn, 1881). These four different species of pycnogonids, out of a total number of 30 species in Türkiye (Koçak, 2022), represent 13.3% of all known pycnogonid species.

Kocak (2015) stated that the number of pycnogonids known from the Mediterranean coast of Türkiye was 8 species. Then *Ammonothea hilgendorfi* (Böhm, 1879) was reported from the Mersin Bay by Ragkousis et al. (2020). In a later study, Koçak (2022) recorded *Ammothella longiocularata* (Faraggiana, 1940) from Fethiye Bay. These records increased the total number of species to 10. With *A. langi*, the total number of species is raised to 11 on the Mediterranean coast of Türkiye. Thus, the reported four species in Antalya Bay represent 36.6% of the actual Turkish Mediterranean Sea species.

The new record of *A. langi* reported in this study further extends the known distribution of this species from the Aegean Sea to the Mediterranean coast of Türkiye in the eastern Mediterranean Sea. Therefore, *A. langi* now has an established distribution ranging from the eastern Atlantic to the Turkish coast of the Mediterranean Sea.

#### FUNDING

No financial support was received for the study.

#### CONFLICT of INTEREST

The author declares that there are no financial interests or personal relationships that may affect this work.

#### AUTHOR CONTRIBUTIONS

Single author.

#### ETHICAL STATEMENTS

Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.

#### DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data sharing is not applicable for this article, as no new data was created or analyzed in this study.

#### REFERENCES

- Arnaud, F. (1987). Les pycnogonides (Chelicerata) de Méditerranée: Distribution écologique, bathymétrique et biogéographie. *Mésogée*, 47, 37–58.
- Chimenz C., Brignoli P. M. & Basciano G. (1979). Pantopodi del porto di Civitavecchia e dintorni (Italia centrale). *Cahiers de Biologie Marine*, 20, 471–497.

- Chimenz, C., Tosti, M., & Cottarelli, V. (1993). Taxonomical and ecological observations on Pycnogonida from Apulian coasts (Southern Italy). *Bollettino di Zoologia*, 60, 339–347.
- Dohrn A. (1881). Die Pantopoden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeres-Abschnitte. *Fauna Flora Golfes Neapel*, 3, 1–252.
- Faraggiana, R., (1940). Pantopodi del Mare Ligure. *Bollettino dei Musei di Zoologia e Anatomia Comparata di Torino*, 48, 145–158.
- Kocak, C. (2015). A checklist of the Pycnogonids (Arthropoda) from Turkish waters. *Acta Adriatica*, 56, 189–198.
- Koçak, C. (2022). *Ammothella longiocularata* (Arthropoda, Pycnogonida): A Sea Spider New For the Mediterranean Coast of Turkey. *Acta Aquatica Turcica*, 18(1), 076-080. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.975106>
- Koçak, C. & Katağan, T. (2007). A pycnogonid new to the eastern Mediterranean: *Achelia langi* (Dohrn, 1881) (Pycnogonida, Ammotheidae). *Marine Biodiversity Records*, 1, e93, 1-3. <https://doi.org/10.1017/S1755267207009335>
- Krapp, F., Kocak, C. & Katagan, T. (2008). Pycnogonida (Arthropoda) from the eastern Mediterranean Sea with description of a new species of *Anoplodactylus*. *Zootaxa*, 1686, 57-68.
- Lehmann, T., Heß, M. & Melzer, R. R. (2014). Common littoral pycnogonids of the Mediterranean Sea. *Zoosystematics and Evolution*, 90 (2), 163–224. <https://doi.org/10.3897/zse.90.7520>
- Munilla T. (1993). Contribucion a la picnogonifauna del Mediterraneo Espanol. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale "Giacomo Doria"*, 89, 445–455.
- Munilla, T. & Nieto, D. (1999). Littoral pycnogonids from the Chafarinas Islands (Alboran Sea, western Mediterranean). *Vie et Milieu*, 49, 155–161.
- Piscitelli G. (2000). Primi dati sui picnogonidi delle Isole Tremiti. *Biologia Marina Mediterranea*, 7, 718–722.
- Ragkousis, M., Abdelali, N., Azzurro, E., Badreddine, A., Bariche, M., Bitar, G., Crocetta, F., Denitto, F., Digenis, M., El Zrelli, R., Ergenler, A., Fortič, A., Gerovasileiou, V., Grimes, S., Katsanevakis, S., Koçak, C., Licchelli, C., Loudaros, E., Mastrototaro, F., Mavrič, B., Mavruk, S., Miliou, A., Montesanto, F., Ovalis, P., Pontes, M., Rabaoui, L., Sevingel, N., Spinelli A., et al. (2020). New Alien Mediterranean Biodiversity Records (October 2020). *Mediterranean Marine Science*, 21(3), 631-652. <https://doi.org/10.12681/mms.23673>
- Sanchez E. & Munilla T. (1989). Estudio ecologico de los primeros Picnogonidos litorales de las islas Canarias. *Cahiers de Biologie Marine*, 30, 49–67.
- Soler-Membrives, A. & Munilla, T. (2015). PYCNOIB: Biodiversity and Biogeography of Iberian Pycnogonids. *PLoS ONE*, 10(3), e0120818. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120818>
- Stock, J. H. (1968). Faune marine des Pyrénées-Orientales. 6: Pycnogonides. *Vie et Milieu*, 19, (1–A), 11–38.
- Vignoli, V., Magari, V. & Bernini, F. (2006). Preliminary study on the pycnogonids associated to photophilous algae from the ‘Costa d’Argento’ (Southern Tuscany) (Arthropoda Pycnogonida). *Bollettino della Società Entomologica Italiana Genova*, 138, 3–8.

## Farklı Yemlerin (Teke Karidesi (*Palaemon serratus* Pennant, 1777), Morio Kurdu (*Zophobas morio* Fabricius, 1776) ve Afrika Göçmen Çekirgesi (*Locusta migratoria* L. 1758)) Olta Balıkçılığında Av Verimliliğine Etkilerinin Karşılaştırılması

A Comparison of different types of bait using (Common Prawn (*Palaemon serratus* Pennant, 1777), Morio Worm (*Zophobas morio* Fabricius, 1776), and African Migratory Locust (*Locusta migratoria* L. 1758)) effects on catch efficiency in marine angling

Yıldız Bolat<sup>1\*</sup>, Atılğan Kunt<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta-Türkiye

<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Rektörlük Isparta-Türkiye

\*Sorumlu yazar: [yildizbolat@isparta.edu.tr](mailto:yildizbolat@isparta.edu.tr)

Received: 15.08.2022

Accepted: 26.09.2022

Published: 01.12.2022

**How to Cite:** Bolat, Y., & Kunt, A. (2022). Farklı yemlerin (Teke Karidesi (*Palaemon serratus* Pennant, 1777), Morio kurdu (*Zophobas morio* Fabricius, 1776) ve Afrika göçmen çekirgesi (*Locusta migratoria* L. 1758)) olta balıkçılığında av verimliliğine etkilerinin karşılaştırılması. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 518-534. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1162152>

**Özet:** Olta balıkçılığında hedef balık türlerine ve habitatlara göre canlı, cansız ve yapay yemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Hexapoda türlerinden Morio Kurdu (*Zophobas morio* Fabricius, 1776) ve Afrika Göçmen Çekirgesi (*Locusta migratoria* L. 1758)'nin denizde olta balıkçılığında kullanılabilirliği ve av verimlilikleri Teke Karidesi (*Palaemon serratus* Pennant, 1777) ile karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Çalışma, Yelkoma Dalyanı'nda (Adana-Türkiye), toplam 420 olta operasyonu gerçekleştirilmiş ve 80 adet balık (72 adet çipura, 8 adet levrek) yakalanmıştır. Çipuraların % 45'i Teke Karidesi ile %33'ü Afrika Göçmen Çekirgesi ile ve %22'si Morio Kurdu ile, Levrek balığının da %75'i Afrika Göçmen Çekirgesi ile %25'i de Morio Kurdu ile yakalanmıştır. Oltaların ortalama CPUE değeri 0,003 (iğne/balık/saat) ve YPUE değeri de 0,327 (iğne/g/saat) olarak belirlenmiştir. Balıkların toplam ağırlıkları üzerinden yapılan Birim Maliyet Hesabına göre, en düşük maliyete sahip olan yemin Afrika Göçmen Çekirgesi olduğu belirlenmiştir.

### Keywords

- Teke karidesi
- Afrika göçmen çekirgesi
- Morio kurdu
- Av verimliliği
- Birim çabaya düşen av miktarı (CPUE)

**Abstract:** In angling, live, non-living and artificial baits are used according to the fish species and habitat. In this study, Morio wolf (*Zophobas morio* Fabricius, 1776) and African Migratory Locust (*Locusta migratoria* L. 1758) from hexapoda species were tested in comparison with Common Prawn (*Palaemon serratus* Pennant, 1777) in terms of usability and efficiency in marine angling. The study was carried out in Yelkoma Lagoon (Adana), with a total of 420 fishing trials and 80 fish (72 sea bream, 8 sea bass) were caught. Of the sea bream, 45% by Common Prawn, 33% by African Migratory Locust, and 22% by Morio Wolf also, of the sea bass, 75% by the African Migratory Locust, and 25% by the Morio Wolf were caught. Average CPUE and YPUE values for the fishing line were computed as 0.003 (hook/fish/hour) and 0,327 (hook/g/hour) respectively. According to the Unit Cost Calculation based on the total weight of the fish, the lowest-cost bait was calculated as the African Migratory Locust.

### Anahtar kelimeler

- Common prawn
- African migratory locust
- Morio wolf
- Catch efficiency
- Catch per unit effort (CPUE)

## 1. GİRİŞ

Olta balıkçılığı, zaman, bütçe, iklim, coğrafya, cinsiyet, demografik yapı vb. pek çok faktörün etkisinde kalınmadan yapılabilen, ticari amaçla yapılabildiği gibi rekreasyonel (eğlence) sportif ve



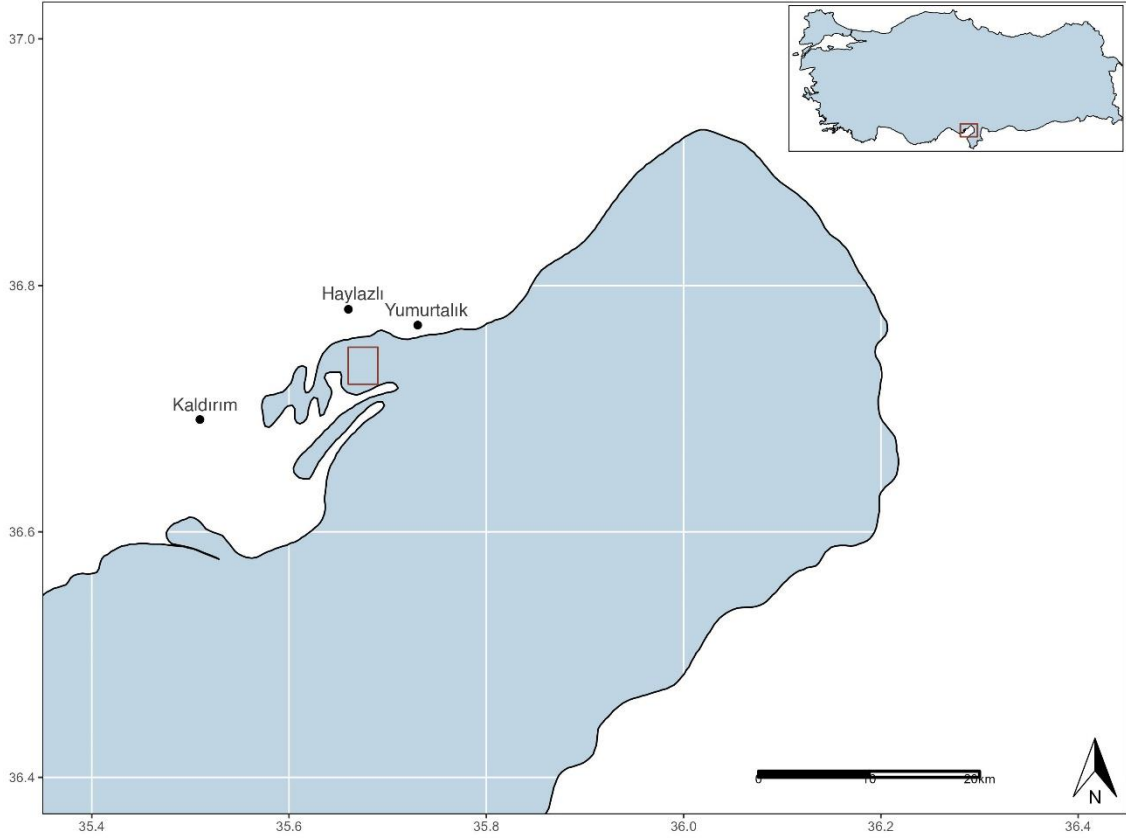


amatör olarak da yapılabilen (Ateşşahin vd., 2014; Taylan vd., 2017) popüler bir faaliyettir. Basit bir olta takımı; olta iğnesi, beden, köstekler, batırıcı ve yüzdürücüler ile diğer yardımcı malzemelerin balık tutmaya hazır hale getirilmesi ile oluşan balık yakalama aracıdır (Alpbaz & Özer, 1991). Olta balıkçılığı, kullanılan malzemelerdeki kalite ve inovasyon, kullanılan yeni teknikler, tekne ekipmanları ve donanımları, bilişim teknolojisi ve yapay zekanın da dahil edilmesi ile hızla gelişen bir sektör haline gelmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak da milyonlarca kişinin aktif rol aldığı ve milyonlarca doların harcandığı üretim ve tüketime dayalı ticari nitelikli çok büyük bir sektör olarak değerlendirmek de mümkündür. Dünya’da rekreasyonel balıkçılık etkinliklerine katılım ile ilgili birçok çalışma mevcuttur (Cooke & Cowx, 2004; Arliungaus & Cooke, 2009), 700 milyon insanın aktif rol aldığı (Guadin & Young, 2007), dünyada 300 milyar dolarlık bir sektör haline gelirken, sadece Avrupa’da 25 milyar dolarlık büyük bir sektör haline gelmiştir (Pawson vd., 2008). Bu büyüme Türkiye’de de olmakla birlikte ne yazık ki yeterli ilgiyi görememektedir (Tunca vd., 2013). Ülkemizde olta balıkçıların kayıt olma zorunluluğu olmamasına rağmen ülkemizde, 245137 civarında belge sahibi kişinin olduğu da bilinmektedir (Ateşşahin & Cilbiz, 2018). Olta balıkçılığında kullanılan alet, ekipman ve donanım ne olursa olsun, bir takımın başarısı ve verimliliği takımın ucundaki iğne ve yeme bağlıdır (Kaykaç vd., 2003). Olta balıkçılığında doğal ve yapay olmak üzere iki çeşit yem kullanılır ve doğal yemler daha çok tercih edilir. Başarı, hedef türün beslenme davranışlarına uygun, doğal yemin veya doğal yem gibi davranabilen yapay yemlerin kullanılması ile mümkündür. Bunun en önemli nedeni balıkların doğal ortamlarındaki beslenme alışkanlıkları ve yem tercihleridir (Saylıkoğlu vd., 2018). Yemin avcı balığı kendine çekmesi, yemin büyüklüğüne, şekline, görünürlüğüne ve canlı yem ise su içerisinde kancada canlı kalma (av süresince kancada kalma) (Aneesh Kumar vd., 2015) sürelerine göre değişir. Olta balıkçılığında türe özgü yem seçimi olduğu ve özellikle ülkemizde çipura avcılığında Teke Karidesinin en çok kullanılan yem olduğu bilinmektedir. Özellikle Afrika Göçmen Çekirgesi yapılan ön denemelerde deniz suyunda 10 dakika kadar hareketli kaldığı ve morfolojik olarak da Teke Karidesine benzemesi nedeni ile alternatif bir yem olarak tercih edilmiştir. Olta balıkçılığında kullanılacak yemlerin en azından ülkemiz için gıda olarak tüketilmemesi, yetiştiriciliğinin yapılabilmesi, ucuz ve kolay ulaşılabilir olması önemlidir. Bahsedilen konular çerçevesinde bu çalışmada, Ege ve Akdeniz bölgesinde yöre balıkçıları tarafından olta ile balık avcılığında yem olarak kullanılan Teke Karidesi yanında, olta avcılığı için verimli olabileceği düşünülen ve kültür yolu ile üretimi yapılan “Afrika Göçmen Çekirgesi” ile “Morio Kurdu”nun Yelkoma Dalyanı (Adana) içinde çipura ve levrek balıkları avcılığında etkinlikleri ve verimlilikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOT

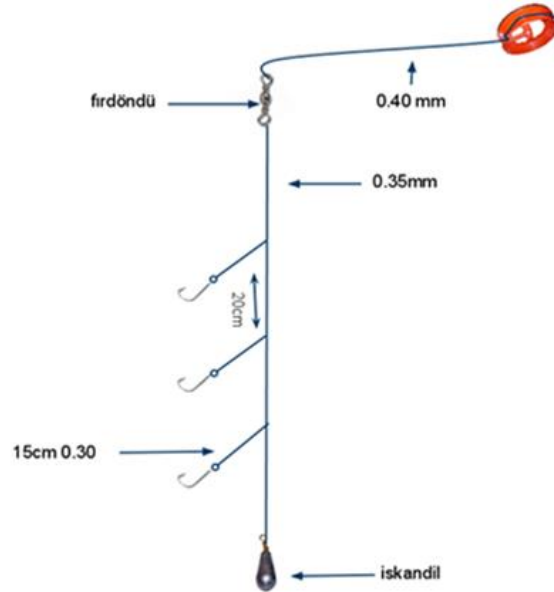
Çalışma, Adana İli, Yumurtalık İlçesi, Yelkoma Dalyanı’nda (Şekil 1), Kasım 2020 ve Şubat 2021 tarihlerinde iki tekrarda gerçekleştirilmiştir. Dalyanın içerisinde kıyıdan açığa, gün doğumu ve gün batımında, ilk avcılık denemelerinde 4, ikinci denemelerde ise 5 kişilik çalışma ekibi ile toplam 420 avcılık operasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışmada avcılık deneyimi özdeş olan bir amatör balıkçı ekibi yer almıştır.





Şekil 1. Çalışma sahası (Yelkoma Dalyanı-Adana)

Denemelerde, bölge amatör balıkçıları tarafından da sarkıtma olarak isimlendirilen olta takımları (Şekil 2) kullanılmıştır. Olta takımları en az iki iğne ile yapılabildiği gibi daha fazla sayıdaki iğnenin bir araya getirilmesiyle de oluşturulan ve amatör oltaçıların genel olarak kullandıkları basit olta takımlarındandır. Bu çalışmada üç farklı yem çeşidinin karşılaştırılması yapılacağından 3 iğneden oluşan olta takımı tercih edilmiştir.



Şekil 2. Araştırmada kullanılan sarkıtma olta takımı

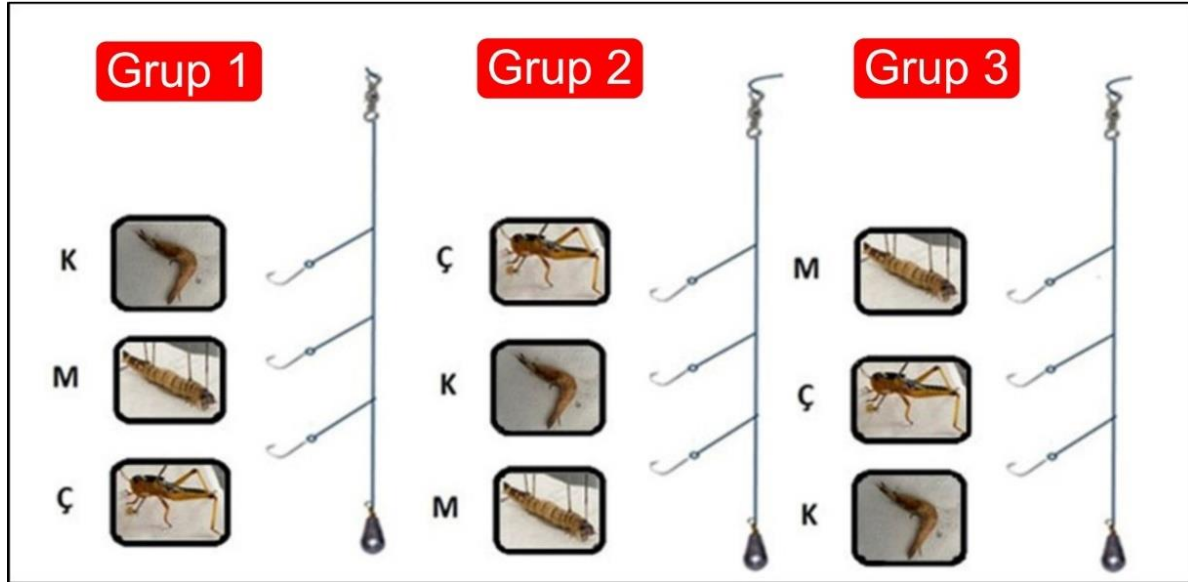
Kullanılan olta takımı Poliamid (PA) Ø 0,40 malzemeden en az 100 m uzunluğunda ana beden, 90 cm uzunluğunda PA Ø 0,35 ara beden, kösteklerde ise her köstek uzunluğu 15 cm olan PA Ø 0,30 misinadan oluşmaktadır. Olta takımları donatılırken her iki köstek arasındaki mesafenin 20 cm, en altta kurşun ile ilk iğne köstek bağlantısı arasındaki aralığın ise 20 cm olmasına dikkat edilmiştir. Uygulama sırasında denizdeki rüzgâr ve akıntı şartlarına göre 30-100 g arasında kurşun batırıcılar tercih edilmiştir. Takımlarda iğne büyüklüğü ve farklılığından oluşabilecek etkiyi en aza indirmek için standart tek tip 5 numara uzun saplı “J-Tipi Mustad 1251 C” marka olta iğneleri kullanılmıştır.

Çipura (*Sparus aurata* L., 1758) ve levreğin (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) mevsime bağlı olarak çit aralıklarına göre Yelkoma Dalyanına giriş yaptığı ve dalyan içerisinde beslenme ve büyümesini tamamladığı bilinmekte olduğundan deneme materyali olarak bu türler tercih edilmiştir. Yörede çipura ve levrek avcılığında en fazla tercih edilen yem olarak kullanılan Teke Karidesi (*P. serratus*) ile Morio Kurdu (*Z. morio*) ve Afrika Göçmen Çekirgesi (*L. migratoria*) (Şekil 3) yem olarak denemeye alınmıştır.



Şekil 3. Araştırmada yem olarak kullanılan Teke Karidesi, Morio Kurdu ve Afrika Göçmen Çekirgesi

Yemler takıma üç farklı kombinasyonda (Grup1, Grup2 ve Grup3), eşit büyüklükte olacak şekilde takılmış ve üç farklı kombinasyon her bir oltacı tarafından iki tekrarlı olarak kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yem Kombinasyon düzeni (Ç:Afrika Göçmen Çekirgesi, M:Morio Kurdu, K:Teke Karidesi)

Denemelerde her oltacı, 10 kez takımı atıp çektikten sonra 2. tur ve 3. tur denemede, iğnedeki yem sıralaması değiştirilmiş ve oltacıların yetenek ve tecrübelerinin sonuçlara etki etmesi de mümkün olduğu kadar azaltılmaya çalışılmıştır. Yakalanan balıkların anlık olarak boy (cm) ve ağırlık (g) ölçümleri yapıldıktan sonra hangi iğne ve kombinasyondan elde edildi ise ayrı ayrı poşetlerde muhafaza edilmiştir. İğneler her atımda yeni yemler ile yemlenmiştir. Bir kombinasyona ait 10 tur tamamlanınca olta takımının ara bedeni de yenilenmiştir. Denemeye alınan yem kombinasyonlarının

birim çabaya düşen av miktarları adet (*CPUE*) ve ağırlığa (*YPUE*) göre Aydın (2011) tarafından bildirilen aşağıdaki formüller [1, 2] yardımı ile hesaplanmıştır.

$$CPUE = \frac{\sum \text{Birey } (n)}{\sum \text{İğne sayısı} \times \sum \text{Operasyon sayısı} \times \text{avcılık süresi}} \quad 1$$

$$YPUE = \frac{\sum \text{ağırlık } (g)}{\sum \text{İğne sayısı} \times \sum \text{Operasyon sayısı} \times \text{avcılık süresi}} \quad 2$$

Her bir denemede yakalandıkları yemlere göre ayrı ayrı paketlenmiş olan balıkların ve kullanılan yemlerin ekonomik değerlerinin karşılaştırılması için maliyet analizi yapılmıştır. Maliyet analizi; yakalanan balık başına kullanılan yem maliyeti ve her bir yem ve kombinasyon için toplam avlanan balıkların pazar değerinin kullanılan yemlerin maliyetine oranları üzerinden hesaplanmıştır.

Yakalanan balıkların birim maliyet hesabında ise adet ve ağırlık bazında değerlendirilmek üzere aşağıdaki formüller [3, 4] kullanılmıştır.

$$BMH(\text{adet}) = \frac{\sum tym}{\sum ybs} \quad 3$$

$$BMH(\text{ağırlık}) = \frac{\sum tym}{\sum yba} \quad 4$$

Eşitliklerde (*tym*) toplam yem maliyetini, (*ybs*) avlanan balık sayısını, (*yba*) avlanan balık ağırlığını ifade etmektedir.

Elde edilen verilerin normal dağılım içerisinde yer alıp almadığının belirlenmesinde “*Shapiro-Wilk normality test*” kullanılmıştır. Normal dağılım göstermiş olan *CPUE* ve *YPUE* verilerinin yem kombinasyonuna göre karşılaştırılmasında *ANOVA* test gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesinde de *TUKEY<sup>HSD</sup>* test kullanılmıştır. Yem kombinasyonlarına göre yakalanan avın karşılaştırmalarında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını belirlemek için ki-kare bağımsızlık testi kullanılmıştır. Tüm istatistiksel değerlendirmeler 0,05 önem düzeyinde *Rstudio* (v2022.07.1) bilgisayar programında yürütülmüştür.

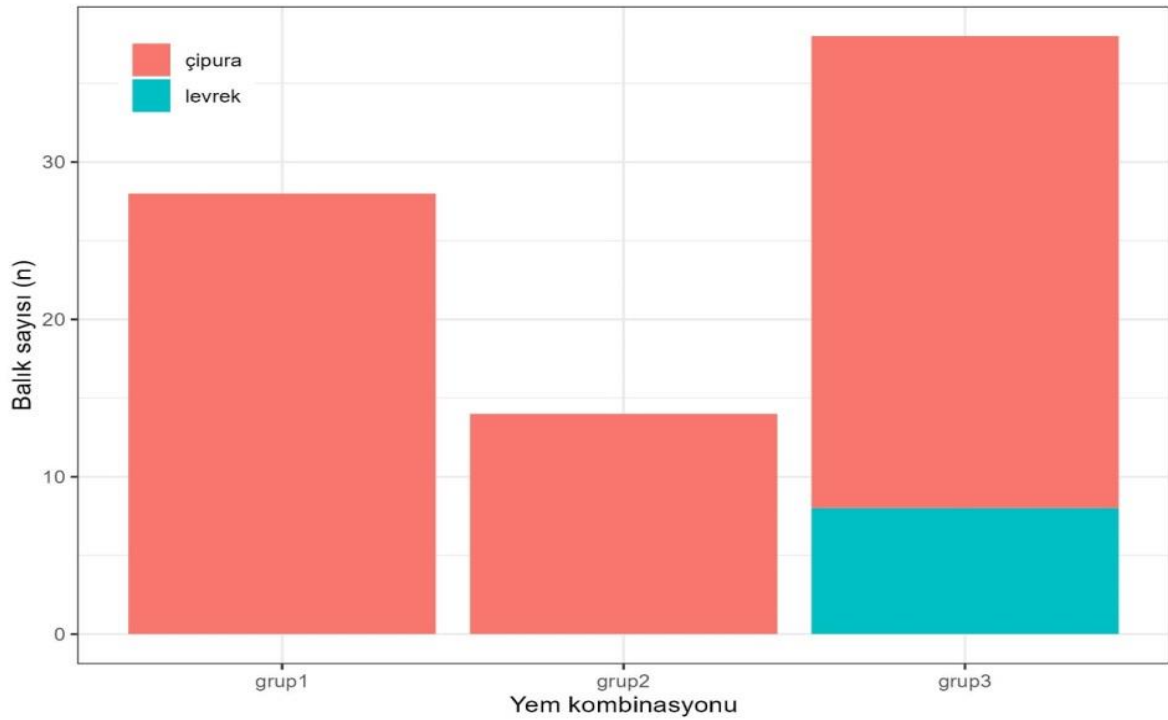
### 3. BULGULAR

Çalışma ekibin tarafından toplam 420 operasyon gerçekleştirilmiş, üç farklı yem ve üç farklı kombinasyon ile 72’si (%90) çipura ve 8’i de (%10) levrek olmak üzere toplam 80 adet balık yakalanmıştır. Yem kombinasyonlarına göre avlanan balık sayıları Tablo 1’de verilmektedir. Buna göre Grup3 en verimli (%47.5) olta olurken Grup2 en verimsiz (%17.5) olmuş, Grup1’den alınan av toplam avın %35,0’ine karşılık gelmiştir. Yem kombinasyonlarına göre avlanan balık sayıları arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur ( $X^2 = 10,9$ ,  $p < 0,05$ ). Yem kombinasyonu ve balık türüne göre av miktarları Tablo 1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Yem kombinasyonu ve balık türüne göre av miktarları (Adet)

| Kombinasyon Grupları | Balık türü | N  | (%)   |
|----------------------|------------|----|-------|
| Grup 1               | Çipura     | 28 | 100,0 |
|                      | Levrek     | -  | -     |
| Grup 2               | Çipura     | 14 | 100,0 |
|                      | Levrek     | -  | -     |
| Grup 3               | Çipura     | 30 | 78,9  |
|                      | Levrek     | 8  | 21,1  |

Genel olarak oltalardan alınan avın tür dağılımının Grup3'te diğer gruplara göre daha zengin olduğu görülmektedir (Şekil 5).

**Şekil 5.** Yem kombinasyonu ve balık türüne göre av miktarları

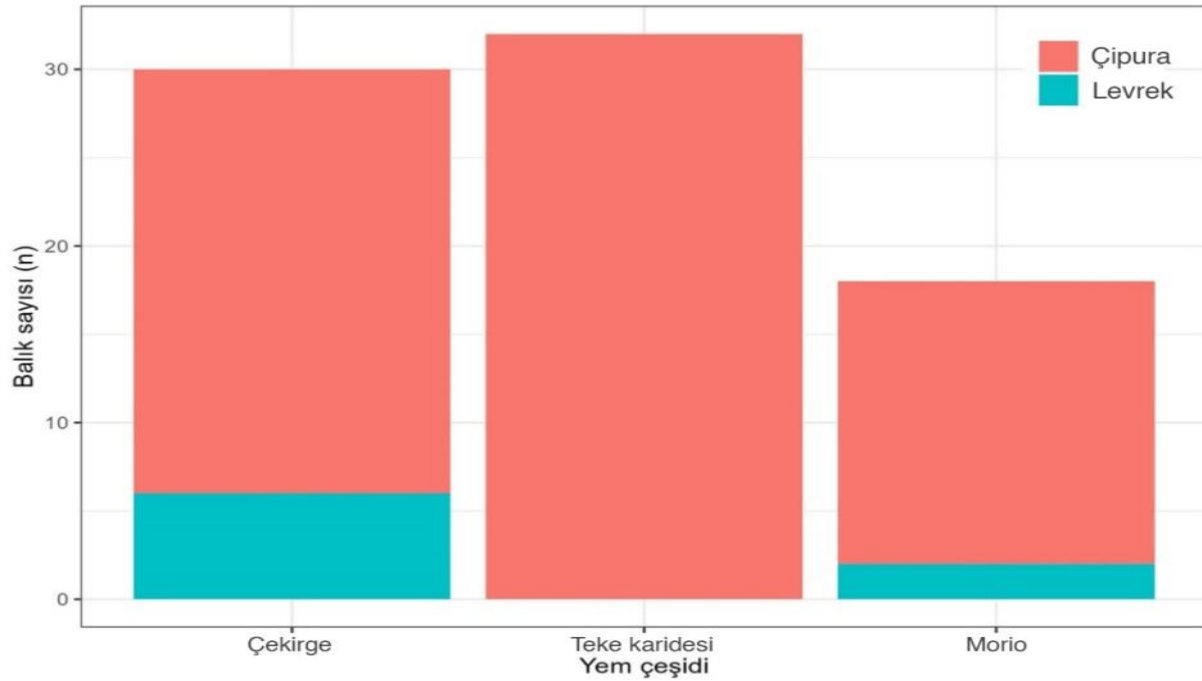
Yem türüne göre av miktarlarına bakıldığında, teke karidesi en verimli (% 40,0) ve morio (% 22,5) en verimsiz yem olmuştur. Çekirge'nin de %37,5 av verdiği dağılımda yemlere göre av veriminde istatistiksel farklılık gözlemlenmemiştir ( $X^2= 4,3$ ,  $p > 0,05$ ).

**Tablo 2.** Yem türüne göre yakalanan balık türleri ve oransal dağılımı (%)

| Yem Türü                | Balık Türü | N  | (%)  |
|-------------------------|------------|----|------|
| Afrika Göçmen Çekirgesi | Çipura     | 24 | 80   |
|                         | Levrek     | 6  | 20   |
| Teke karidesi           | Çipura     | 32 | 100  |
|                         | Levrek     | -  | -    |
| Morio Kurdu             | Çipura     | 16 | 88,9 |
|                         | Levrek     | 2  | 11,1 |

Teke karidesinin çipura avcılığında diğer yemlere göre daha verimli olduğu; Afrika Göçmen Çekirgesi'nin de levrek avcılığında diğer yemlere göre daha verimli olduğu ve Morio Kurdu'nun hem

çipura hem de levrek avcılığında diğer yemlere göre daha verimsiz olduğu söylenebilir (Şekil 6).



Şekil 6. Yem kombinasyonu ve balık türüne göre av miktarları

Avlanan 72 adet çipura balıklarının ortalama ağırlıklarının 116,44 g, ortalama boylarının 14,39 cm, levrek balıklarının ise 160,5 g ve 19,85 cm olduğu belirlenmiştir. Teke Karidesi ile 32 adet çipura avlanmış ve bu balıkların ortalama ağırlıkları 111,33 g, ortalama boyları 14,06 cm olarak hesaplanmış ancak karides ile hiç levrek balığı avlanamamıştır. Morio kurdu ile avlanan 16 çipura, 2 adet levrek, Afrika Göçmen Çekirgesi ile ise 24 çipura ve 6 levrek balığı yakalanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Yem türlerine göre avlanan balıkların ortalama boy ve ağırlık değerleri

| Yem Türleri    | Balık Sayısı |        |        | Ortalama Ağırlık (gr) |              | Ortalama Boy (cm) |            |
|----------------|--------------|--------|--------|-----------------------|--------------|-------------------|------------|
|                | Çipura       | Levrek | Toplam | Çipura                | Levrek       | Çipura            | Levrek     |
| T.Karidesi     | 32           | 0      | 32     | 111,33±2,69           | 0            | 14,06±0,29        | 0          |
| M.Kurdu        | 16           | 2      | 18     | 116,19±5,58           | 121,00±10,00 | 13,73±0,78        | 16,40±1,00 |
| A.G. Çekirgesi | 24           | 6      | 30     | 122,38±6,17           | 173,67±13,46 | 15,19±0,60        | 21,00±1,28 |
| Toplam         | 72           | 8      | 80     | 116,44±2,70           | 160,50±13,22 | 14,39±2,50        | 19,85±1,22 |

Yem türlerine göre yakalanan balık sayıları arasında istatistiki olarak fark bulunmazken ( $P>0,05$ ), ortalama ağırlıklar arasındaki farkın önemli ( $P<0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir.

Olta takımlarında üç farklı yem ile oluşturulan üç farklı kombinasyonlara göre olta iğnelerinde yemin ve yemle birlikte balığın geri alındığı atım oranı Grup 1 (K: Teke Karides, M: Morio kurdu, Ç: Afrika Göçmen Çekirgesi) kombinasyonunda en verimli Teke Karidesi, Grup 2 kombinasyonunda Teke Karidesi ile Afrika Göçmen Çekirgesi ve Grup 3 kombinasyonunda ise Afrika Göçmen Çekirgesi en verimli kombinasyon olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Yem kombinasyonlarına göre olta iğnesinin dolu ve boş oranları ile balık sayılarına göre av verimlilikleri.

| Yem Türü                             |           | Karides             |       | Morio               |       | Çekirge             |       |
|--------------------------------------|-----------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| Kombinasyon Grupları/<br>İğne Durumu |           | Operasyon<br>sayısı | %     | Operasyon<br>sayısı | %     | Operasyon<br>sayısı | %     |
| Grup 1                               | Boş       | 90                  | 64,3  | 66                  | 47,1  | 92                  | 65,7  |
|                                      | Dolu      | 36                  | 25,7  | 66                  | 47,1  | 42                  | 30,0  |
|                                      | Balık     | 14                  | 10,0  | 8                   | 5,7   | 6                   | 4,3   |
|                                      | Yem+Balık | 50                  | 35,7  | 74                  | 52,9  | 48                  | 34,3  |
|                                      | Total     | 140                 | 100,0 | 140                 | 100,0 | 140                 | 100,0 |
| Grup 2                               | Boş       | 114                 | 81,4  | 104                 | 74,3  | 62                  | 44,3  |
|                                      | Dolu      | 20                  | 14,3  | 34                  | 24,3  | 72                  | 51,4  |
|                                      | Balık     | 6                   | 4,3   | 2                   | 1,4   | 6                   | 4,3   |
|                                      | Yem+Balık | 26                  | 18,6  | 36                  | 25,7  | 78                  | 55,7  |
|                                      | Total     | 140                 | 100,0 | 140                 | 100,0 | 140                 | 100,0 |
| Grup 3                               | Boş       | 106                 | 75,7  | 64                  | 45,7  | 70                  | 50,0  |
|                                      | Dolu      | 22                  | 15,7  | 68                  | 48,6  | 52                  | 37,1  |
|                                      | Balık     | 12                  | 8,6   | 8                   | 5,7   | 18                  | 12,9  |
|                                      | Yem+Balık | 34                  | 24,3  | 76                  | 54,3  | 70                  | 50,0  |
|                                      | Total     | 140                 | 100,0 | 140                 | 100,0 | 140                 | 100,0 |

Yem kombinasyonlarına göre yakalanan balıkların ortalama ağırlıkları karşılaştırıldığında, Grup 3 olarak kodlanan ve Teke Karidesinin en altta olduğu kombinasyonun ağırlıkça daha büyük bireyleri yakaladıkları tespit edilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5.** Yem kombinasyonlarına göre yakalanan balıkların ortalama boy ve ağırlıkları

| Kombinasyon Grupları | Operasyon Sayısı | Ortalama Ağırlık (g)±SH | Ortalama Boy (cm)±SH |
|----------------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| Grup 1               | 140              | 23,89±4,24              | 14,72±2,14           |
| Grup 2               | 140              | 11,66±3,14              | 14,02±3,39           |
| Grup 3               | 140              | 33,51±5,60              | 15,42±3,48           |

Tablo (5)'ya göre kombinasyon grupları dikkate alındığında, boy değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmazken, yakalanan balıkların ortalama ağırlıkları arasındaki farkın anlamlı olduğu ( $P<0.05$ ), farklılığa neden olan grubu bulmak için yapılan Post Hoc testlerine göre ise (Grup 3) yem kombinasyonu ile elde edilen ortalama balık ağırlığı, (Grup 2) yem kombinasyonu ile tutulan ortalama balık ağırlığından anlamlı ( $P<0.05$ ) bulunurken, (Grup 1) yem kombinasyonundan istatistiki olarak farklı olmadığı ( $P>0.05$ ) tespit edilmiştir.

Ortaların ortalama *CPUE* değerleri 0.000-0.006 (iğne/balık/saat) aralığında ve *YPUE* değerleri de 0,00-0,78 (iğne/g/saat) aralığında değişim göstermiştir (Tablo 6).

**Tablo 6.** Operasyon başına ortalama *CPUE* (n/iğne/saat) ve *YPUE* (g/iğne/saat) değerleri

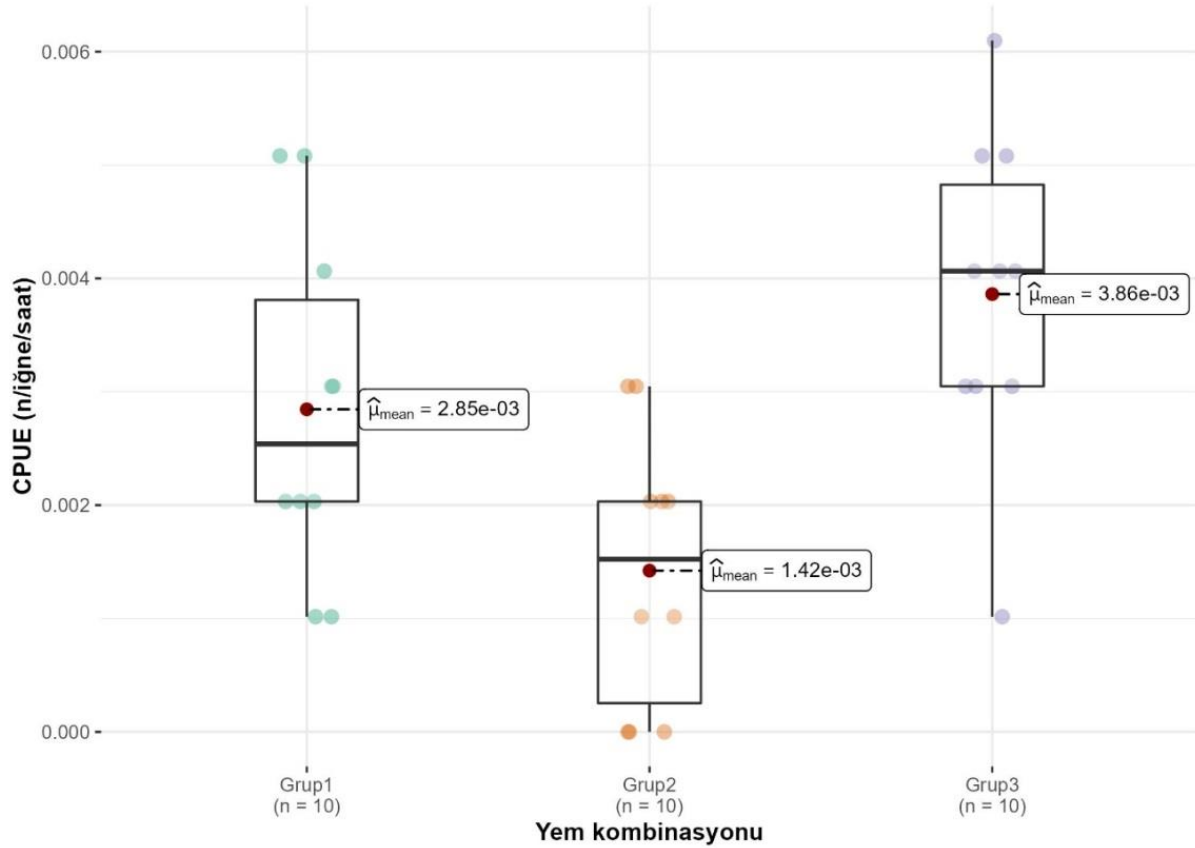
| Parametre   | Min-Max | Ort.  | SE   | CI (%95) |
|-------------|---------|-------|------|----------|
| <i>CPUE</i> | 0-0.006 | 0.003 | 0.00 | 0.001    |
| <i>YPUE</i> | 0-0.78  | 0.327 | 0.04 | 0.081    |

Yem kombinasyonlarına göre ortalama *CPUE* değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Ortalama *CPUE* değerleri Grup1, Grup2 ve Grup3 için aynı sıra ile 0,003, 0,001, ve 0,004 olarak bulunmuştur (Şekil 7). Kombinasyon gruplarına ait ortalama *CPUE* değerleri arasında istatistiki olarak farklılık

bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 7.** Yem kombinasyonlarına göre ortalama CPUE (n/iğne/saat) ve değerleri

| Kombinasyon Grupları | Min-Max     | Ort.                | SE    | CI (%95) |
|----------------------|-------------|---------------------|-------|----------|
| Grup1                | 0.001-0.005 | 0.003 <sup>ab</sup> | 0.000 | 0.001    |
| Grup2                | 0.000-0.003 | 0.001 <sup>b</sup>  | 0.000 | 0.001    |
| Grup3                | 0.001-0.006 | 0.004 <sup>a</sup>  | 0.000 | 0.001    |



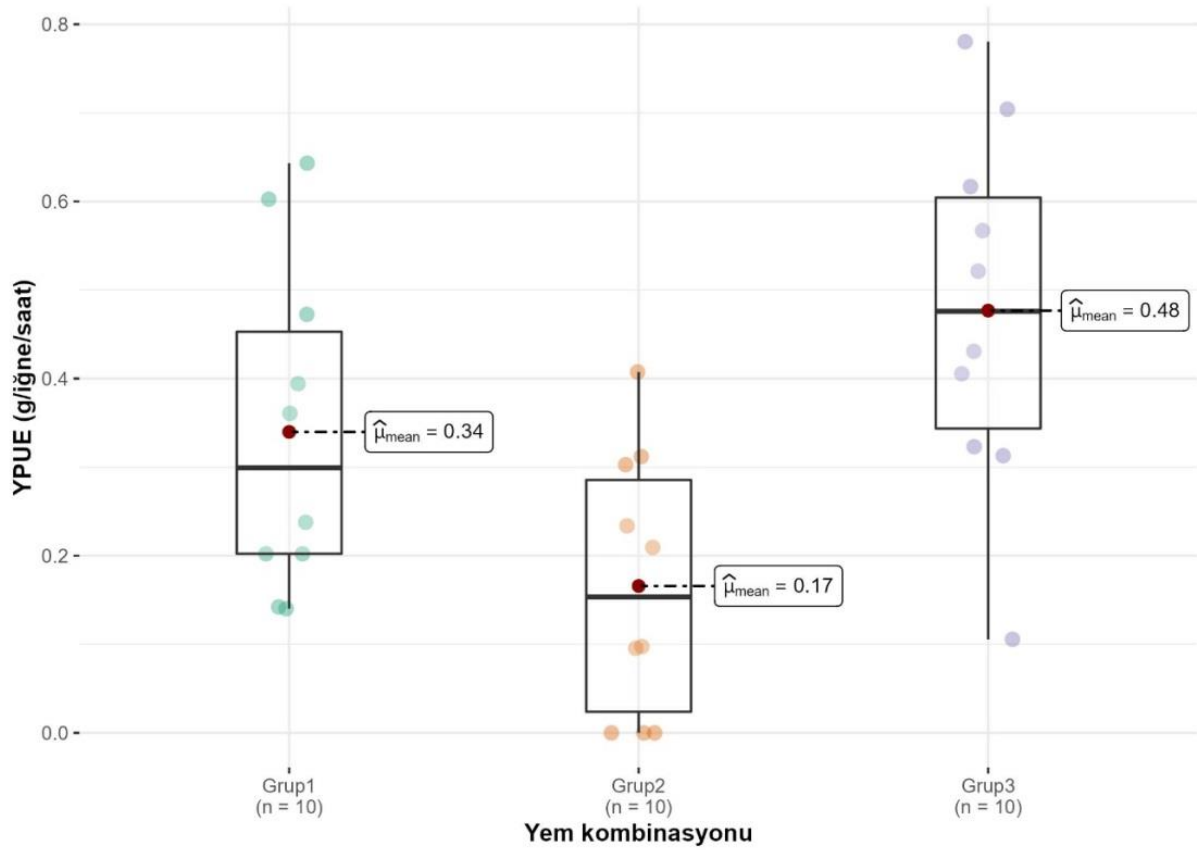
**Şekil 7.** Yem kombinasyonlarına göre ortalama CPUE değerleri

Yem kombinasyonlarına göre ortalama YPUE değerleri de Tablo 8’de verilmiştir. Ortalama YPUE değerleri Grup1, Grup2 ve Grup3 için aynı sıra ile 0,340, 0,166, ve 0,477 olarak bulunmuştur (Şekil 8). Kombinasyon gruplarına ait ortalama YPUE değerleri arasında da istatistiki olarak farklılık bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

**Tablo 8.** Yem kombinasyonlarına göre ortalama YPUE (g/iğne/saat) değerleri

| Kombinasyon Grupları | Min-Max     | Ort.                | SE    | CI (%95) |
|----------------------|-------------|---------------------|-------|----------|
| Grup1                | 0.140-0.643 | 0.340 <sup>ab</sup> | 0.059 | 0.133    |
| Grup2                | 0.000-0.407 | 0.166 <sup>b</sup>  | 0.047 | 0.106    |
| Grup3                | 0.106-0.780 | 0.477 <sup>a</sup>  | 0.064 | 0.145    |





Şekil 8. Yem kombinasyonlarına göre ortalama YPUE değerleri

Avlanan balıkların hangi yem türü ile avlandığı ve yemlerin çalışma süresindeki güncel piyasa alım fiyatları dikkate alınarak, tutulan balık adetleri üzerinden hesaplanan birim maliyetler, Teke Karidesi için  $13,12 \pm 0,95$  yem maliyeti (TL)/balık, Morio Kurdu için  $16,33 \pm 0,95$  yem maliyeti (TL)/balık ve Afrika Göçmen Çekirgesi için ise  $15,40 \pm 0,95$  yem maliyeti (TL)/balık olarak tespit edilmiştir (Tablo 9). Yakalanan balıkların adet bazında yem maliyetleri kıyaslandığında Teke Karidesinin daha ekonomik olduğu hesaplanmıştır.

**Tablo 9.** Teke Karidesi, Morio Kurdu ve Afrika Göçmen Çekirgesinin yakalanan balık miktarlarına göre birim maliyetleri

| Yem Türü             | Teke Karidesi | Morio Kurdu | Afrika Göçmen Çekirgesi |
|----------------------|---------------|-------------|-------------------------|
| Toplam Yem Adeti     | 420           | 420         | 420                     |
| Yem Maliyeti (adet)  | 1,00          | 0,70        | 1,10                    |
| Tutulan Balık Sayısı | 32            | 18          | 30                      |
| Birim Maaliyet (TL)  | 13,12         | 16,33       | 15,40                   |

Balıkların hangi yem türü ile avlandığı ve yemlerin çalışma süresindeki güncel piyasa fiyatları dikkate alınarak, yakalanan balıkların ağırlıkları (kg) üzerinden hesaplanan birim maliyetleri, Teke Karides için  $122,70 \pm 9,09$  yem maliyeti (TL)/ağırlık, Morio Kurdu için  $141,89 \pm 9,09$  yem maliyeti(TL) /ağırlık ve Afrika Göçmen Çekirgesi için ise  $110,68 \pm 0,09$  yem maliyeti(TL)/ağırlık olarak tespit edilmiştir. Birim yem maliyeti olarak diğer iki yemden daha pahalı olmasına rağmen yakalanan balık miktarlarına göre karşılaştırıldığında Afrika Göçmen Çekirgesinin daha ekonomik olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 10).

**Tablo 10.** Teke Karidesi, Morio Kurdu ve Afrika Göçmen Çekirgesinin yakalanan toplam balık ağırlıklarına göre hesaplanan birim maliyetleri

| Yem Türü                      | Teke Karidesi | Morio Kurdu | Afrika Göçmen Çekirgesi |
|-------------------------------|---------------|-------------|-------------------------|
| Toplam Yem Adeti              | 420           | 420         | 420                     |
| Yem Maliyeti (adet/TL)        | 1,00          | 0,70        | 1,10                    |
| Yakalanan Balık Ağırlığı (Kg) | 3,422         | 2,072       | 4,174                   |
| Birim Maliyet (TL)            | 122,7         | 141,89      | 110,68                  |

Teke Karidesi çipura avcılığında kullanılan en yaygın yem çeşidi olması nedeni ile karidesin kurşun ağırlığa en yakın takılmış olduğu kombinasyonun (Grup 3) av gücü en yüksek bulunurken, Afrika Göçmen Çekirgesinin de karidese yakın bir av gücüne sahip olduğu ve morfolojik olarak karidese benzemiş olduğundan kaynaklı olabileceği söylenebilir. Kombinasyonların birim yem maliyetleri ile yakalanan balık sayılarına göre hesaplanan birim maliyetler, Grup 1 kombinasyonu için  $13,95 \pm 5,34$  yem maliyeti (TL)/balık, Grup 2 kombinasyonu için  $27,90 \pm 5,34$  yem maliyeti (TL)/balık ve Grup 3 kombinasyonu için ise  $10,28 \pm 5,34$  yem maliyeti (TL)/balık olarak tespit edilmiştir (Tablo 11).

**Tablo 11.** Kombinasyonların yakalanan balık sayılarına göre birim maliyetleri

| Kombinasyon Grupları | Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 |
|----------------------|--------|--------|--------|
| Toplam Yem (adet)    | 420    | 420    | 420    |
| Yem Maliyeti (adet)  | 0,93   | 0,93   | 0,93   |
| Tutulan Balık Sayısı | 28     | 14     | 38     |
| Birim Maliyet (TL)   | 13,95  | 27,90  | 10,40  |

Yakalanan balıkların toplam ağırlıkları esas alınarak yapılan maliyet hesabına göre; Grup 1 kombinasyonu için  $116,81 \pm 47,44$  yem maliyeti(TL)/ağırlık, Grup 2 kombinasyonu için  $239,34 \pm 47,44$  yem maliyeti(TL)/ağırlık ve Grup 3 kombinasyonu için ise  $83,25 \pm 47,44$  yem maliyeti(TL)/ağırlık olarak tespit edilmiştir (Tablo 12).

**Tablo 12.** Kombinasyonların toplam balık ağırlıklarına göre birim maliyetleri

| Kombinasyon Grupları   | Grup 1 | Grup 2 | Grup 3 |
|------------------------|--------|--------|--------|
| Toplam Yem Adeti       | 420    | 420    | 420    |
| Yem Maliyeti (adet)    | 0,93   | 0,93   | 0,93   |
| Tutulan Balık Ağırlığı | 3,344  | 1,632  | 4,692  |
| Birim Maliyet (TL)     | 116,81 | 239,34 | 83,25  |

Balık sayılarına ve toplam yakalanan balık ağırlıklarına göre Teke karidesinin en altta donatıldığı takımın birim maliyet açısından daha verimli olduğu belirlenmiştir. Afrika Göçmen Çekirgesinin de Teke karidesine yakın bir maliyete sahip olduğu söylenebilir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Olta balıkçılığı, dünyanın her yerinde ve ülkemizde denize kıyısı olan yerler ile iç sularca zengin tüm bölgelerde yapılan rekreasyonel balıkçılık etkinliğidir. Bu balıkçılık etkinliğinde, her bölgede, her mevsimde farklı avlanma araçları ve metotları ile farklı veya benzer türler avlanabilir. Bilimsel metotların yanında bölgeye ve kişiye özel tekniklerin kullanıldığı son derece zengin alternatiflere sahiptir. Hangi bilimsel ya da kişisel metot ile avcılık yapılıyor olsa da kişisel bilgi ve tecrübe bir yana

av verimliliğinde en önemli iki faktör olta bedeninin ucundaki iğne ve iğneye takılı olan yemdir (Kaykaç vd., 2003). Olta balıkçılığında hedef türü cezbeden oldukça zengin alternatifi olan doğal ve yapay yemler kullanılır ancak hedef türe saygı açısından doğal yemlerin kullanılması bize göre doğru olanıdır. Olta balıkçılığı (Rekreasyonel), başta Ege ve Marmara denizi olmak üzere tüm denizlerimizde ve iç sularımızda yapılan en yaygın balıkçılık tekniklerinden biridir. Olta takımının yapısı, malzemelerin kalitesi, avlanma zamanı, mevsim ve avlanma tekniği gibi faktörler avlanacak balık türü ve miktarını etkiler. Bu avlanma tekniğinde balıklar ağız ve ağız çevrelerinden yakalanırken, av verimliliği üzerinde en etkili olan temel iki faktör; kancanın büyüklüğü ve kullanılan yemdir (Kaykaç vd., 2003). Masilan ve Neethiselvan (2018), doğal canlı yemlerin her mevsim bulunma zorluğu olduğunu ve hatta maliyetlerinin olta balıkçılığını oldukça sık olumsuz etkilediğini, Uskumru, ringa, sardalya, kalamar ve hamsi gibi yem balıklarının genellikle tuzak ve olta balıkçılığında kullanıldığını, bununla birlikte; bu balıkların besin değerleri nedeniyle insan gıdası olarak iyi bir pazar talebine sahip olduğunu, hem insan gıdası hem de yem için artan pazar talebi nedeniyle, bu balıkların fiyatlarının son on yılda önemli ölçüde arttığını bildirmişlerdir. Bu nedenle özellikle olta balıkçılığı için her mevsim bulunabilecek, ülkemiz için insan gıdası olarak kullanılamayacak ve maliyeti de çok yüksek olmayacak alternatif yem kaynaklarına ihtiyaç vardır ve bu çalışmadaki hedefimiz de budur. Av aracının hedef türü yakalama performansı balığın beslenme davranışı ve yem tercihine bağlıdır (Kumar vd., 2016). Hedef türün, hedef dışı türün ve tesadüfi yakalanan balıkların oltadaki yeme ve iğneye olan ilgisi, balığın türüne, avlanma zamanı ve yerine göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Coelho vd., 2011, 2012; Foster vd., 2012; Santos vd., 2012; Amorim vd., 2015). Yapılan çalışmalar oltadaki takılı yem ile balık arasında sinerjik bir etkileşim olduğunu belirtmiştir (Foster vd., 2012; Santos vd., 2012; Amorim vd., 2015; Coelho vd., 2015). Olta balıkçılığında balığı oltaya çeken en önemli faktör yemin kokusu ve görünürlüğüdür. (Mejuto vd., 2005). Çalışmada kullandığımız çekirge ve morio kurdunun oltaya takıldığı vücut bölgesine bağlı olarak dışarıya çıkan vücut sıvılarının ve bu vücut sıvıların verdiği bir koku ile kendilerine özgü bir görüntüsü söz konusudur.

Olta balıkçılığında kullanılan ve yüksek verimliliğe sahip olduğu ispatlanan bir yem çeşidi kısa zamanda popüler olur, en çok aranan yem olur ve fiyatı yükselirken, üzerindeki talep baskısı artınca da maaliyeti yükselir. Yem modifikasyonlarının av verimliliği ve tür seçiciliği üzerindeki potansiyel etkilerinin daha iyi anlaşılması, başarılı balıkçılık operasyonları için hayati önem taşımaktadır (Yokota vd., 2009). Bu nedenlerle alternatif balık yemi çeşitliliğini arttırmaya acilen ihtiyaç vardır. (Lokkeborg, vd., 2014). Alternatif yem çeşitlerini zenginleştirirken, yemlerin oltada kalma sürelerine, canlılığına, sertliğine, kokusuna, hedef balık türlerinin ilgisine, büyüklüğüne, depolama ve nakliye kolaylığına bakılması gerektiğini belirtmiştir. Çalışmada avcılık operasyonlarında takımlar mümkün olduğu kadar benzer sürelerde atılıp, çekilmiş ve dolu/boş oranlarına göre alternatif yem kaynağı olarak öngörülen çekirge (%53,3) ve morio kurdunun (%55,7) oltada kalma süre ve oranı karidese (%73,8) göre daha yüksek bulunmuştur.

Hedef tür ve büyüklükteki balığın yakalanmasında olta iğnesinin büyüklüğü, ağız açıklığı ve kullanılan yemin büyüklüğü arasında optimal bir ilişki vardır (Lokkeborg, 1990). Çekirge ve morio kurdu da morfolojik büyüklük aralığı açısından amatör olta balıkçısına oldukça geniş avantajlar sunmaktadır. Farklı yemlerin kullanımına bağlı olarak av verimliliği ve boy seçiciliği üzerine potansiyel etkilerinin anlaşılması, başarılı balıkçılık operasyonları için hayati önem taşımaktadır (Yokota vd., 2009; Echwiki vd., 2010). Kullanılan yemin türü ve büyüklüğünün yakalama oranları üzerine etkilerinin araştırıldığı pekçok çalışma vardır (Ferno & Huse, 1983; Lokkeborg & Bjordal, 1995; Woll vd., 2001; Broadhurst & Hazin, 2001; Watson vd., 2005; Lowry vd., 2006; Pol vd., 2008). Olta balıkçılığı ile yapılan avcılıkta balık boyu seçiciliği ve av verimliliği bilgisi, balıkçılığın yönetilmesi ve balıkçıların gelirlerini optimize etmesi açısından son derece önemlidir (Eighani vd., 2018). Olta balıkçılığında kullanılacak yemlerin ekonomik olarak pazar değeri olan ve gıda olarak tüketilen balık vb su ürünlerinden olmaması, ucuz, üretilebilen ve kolay ulaşılabilen canlı türlerden

olması tercih sebebidir. Çalışmamızda tercih ettiğimiz türler de bu kriterleri sağlayan türlerdendir. Olta balıkçılığında kullanılan yemin türü ve büyüklüğü yakalanan balık büyüklüğü ve av verimliliği üzerinde etkilidir (Eighani vd., 2018). Yemin türü ve büyüklüğünün av verimi ve büyüklüğü üzerine etkisi olduğuna yönelik çalışmalar vardır ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Smith, 2002; Lowry vd., 2006; Lokkeborg & Bjordal, 1992, 1995; Woll vd., 2001; Alos vd., 2009). Yaptığımız çalışma bulgularına göre de, boyut olarak karides ve morio kurdundan daha iri olan çekirge ile boyca daha büyük bireyler yakalanmıştır. Yem olta balıkçılığında tür ve büyüklük seçiciliğinin en önemli bileşenlerinden biridir. Herhangi bir yem veya yem kombinasyonunun balık yakalamada başarılı olması için hedef balık türlerinin ilgisini çekmesi, tat ve koku alma tepkilerini uyarması gerekir (Aydın, 2011). Yemlerin kokusu, tadı, dokusu ve sertliği, yakalama oranını ve dolayısıyla verimliliği etkileyen diğer faktörlerdir. Ancak bu faktörlerin tümü, hedeflenen türlerin yiyecek arama ve beslenme davranışlarıyla bağlantılıdır (Løkkeborg vd., 1989) Ayrıca yem, takım suya atılırken kaybolmamalı ve yemi yutmadan küçük ısırıklarla yemi yoklayan balıklar tarafından iğneden ayrılmaması için belirli bir fiziksel güce sahip olmalıdır (Jacobsen ve Joensen, 2004). Araştırmada kullandığımız çekirge ve morio kurdunun, karidese oranla oltada daha fazla oranda kaldığı tespit edilmiştir.

Birim çabadaki av miktarları (*CPUE/YPUE*), olta balıkçılığında kullanılan yemin türünün, yakalanan balıkların hem sayısal değerleri hem de ağırlıkları üzerinde etkili olan ve verimliliği doğrudan etkileyen önemli konulardır (Ateşşahin vd., 2015; Ateşşahin & Cilbiz, 2019). Dünyanın diğer yerlerinde olduğu gibi Türkiye kıyılarında da birçok balıkçı, dinlenmek için olta balıkçılığı yapmaktadır. Balıkçıların bu aktivitedeki memnuniyeti, yakaladıkları balığın miktarı veya ne kadar büyük olduğu ile ilgilidir. Bu durumda yem, faaliyetin önemli bir parçası haline gelir. Kullanılan yem türünün birim çabadaki av miktarı üzerine etkileri çalışmalarda da özetlenmiştir (Løkkeborg & Bjordal, 1992; Woll vd., 2001; Aydın, 2011). Aydın (2011), Sardalya ve boru kurdunun birim çabadaki av miktarlarını karşılaştırdığı çalışmasında, boru kurdunun sardalya balığına göre %25 daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Çalışma bulgularımıza göre Teke karidesi ve Çekirgeye ait birim çabadaki av miktarları, Morio kurdu av miktarından yüksek bulunmuştur. Aynı çalışmada ağırlık olarak toplam avın %29,7 si sardalya ile avlanırken, %70,3 ü ise boru kurdu ile avlanmıştır. Toplam av ağırlığının %15 i teke karidesi ile %40,2 si morio kurdu ile ve %44,8 i de çekirge ile avlanmıştır.

Teke Karidesi, Morio Kurdu ve Afrika Göçmen Çekirgesinin olta balıkçılığında av verimliliğine etkilerinin karşılaştırılması üzerine yapılan çalışmada en fazla balığın Teke Karidesi ile avlandığı, en az balığın ise Morio Kurdu ile avlandığı görülmekle birlikte, tutulan balıkları toplam ağırlıkları bakımından değerlendirildiğinde en fazla balığın Çekirge ile en az balığın yine Morio Kurdu ile avlandığı tespit edilmiştir.

Olta ile balık avcılığın dört temel kuralından biri olan uygun yem kullanımını hedefleyen çalışmamızda, kullanılan yemler arasında birim av gücü dikkate alındığında avlanan balık sayısı bakımından anlamlı bir fark göstermediği, fakat tutulan balıkların toplam ağırlıkları bakımından anlamlı bir farkın ortaya çıktığı görülmüştür. Buna göre, bu çalışmada kullanılan üç yem türünden toplam balık ağırlıkları esas alındığında en verimlisinin Afrika Göçmen Çekirgesi, Teke Karidesinin daha az verimli ve Morio Kurdunun ise en düşük verimliliğe sahip yem oldukları ancak her iki alternative yem çeşidinden karidese alternatif olta yemi olabilecek olan yemin Afrika Göçmen Çekirgesi olabileceği belirlenmiştir.

Ayrıca çalışmada mevcut yemler ile sıralama dizini esaslı yapılan üç (3) farklı kombinasyon oluşturulmuş olup, bu kombinasyonlarda da tutulan balık sayıları üzerinden anlamlı bir farklılık çıkmamakla birlikte, toplam ağırlık üzerinden yapılan testlerde 3. yem kombinasyonu (Grup 3) ile tutulan ortalama balık ağırlığı ile 2. yem kombinasyonu (Grup 2) ile tutulan ortalama balık ağırlığından anlamlı farkın olduğu görülürken, 1. yem kombinasyonu (Grup 1) ile anlamlı farkın olmadığı tespit edilmiştir.

Yem türlerine göre karşılaştırmalı balık avcılığı için yapılmış olan çalışmalar dikkate alındığında, Aydın (2011) sülünez ve sardalya yemleri arasındaki verimliliği karşılaştırmış ve sülünezin birçok tür için daha avantajlı olduğunu bildirmiştir. Benzer bir çalışmada Saylık (2019) sülünez ve tavuk eti yemlerini karşılaştırdığında avcılık bakımından aralarında anlamlı bir fark oluşmadığı fakat, oltada kalma süresine bağlı dayanıklılık ve maliyet bakımından tavuk etinin daha avantajlı olduğunu bildirmiştir.

Son dönemlerde tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de olta balıkçılığı kullanılan malzemelerin ülke üretimi ve ekonomisine katkısı da dahil olmak üzere ekonomik açıdan ve eğlence amaçlı balıkçılık yapan kişi sayısının artışı bakımından sürekli yükselen bir gelişme göstermektedir. Buna rağmen, denizel ortamlarda olta balıkçılığı ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça kısıtlı sayıdadır (Kaykaç vd., 2003; Akamca & Kiyaga, 2009; Aydın, 2011; Soykan & Kınacıgil, 2013; Aydın vd., 2017; Saylıkoğlu, 2019). Amatör olta balıkçılarının çoğunun dikkat ettiği etmenlerin başında yemin maliyetinin uygunluğu, kolay erişebilirliği, oltada kalma süresi ile hedef balıklar tarafından tercih edilebilirliği gelmektedir. Olta balıkçıları bu sebeplerle tercih edilen yem bakımında sürekli farklı bir arayış içinde olmuşlardır. Çalışmamızda balıkçılık yemi olarak denemesi yapılmış olan çekirgenin, toplam yem maliyeti ve toplan avlanan balıkların ağırlığının birim av gücü bakımından değerlendirildiğinde alternatif bir yem türü olabileceği tespit edildiğinden bu şekilde bir katkı sağlayabilir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, saha çalışmalarında yardımlarından dolayı Fıratcan ÇINAR'a, Emin TULGA'ya, Selçuk TOKGÖZ'e, Doğan YOYLU'a ve Prof. Dr. Gökhan AYDIN'a (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye) teşekkür etmektedir.

## FİNANS

Bu çalışma 2020-YL1-0098 proje numarası ile Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan etmektedir.

## YAZAR KATKILARI

Çalışma kurgusu: AK; Literatür taraması: YB, AK; Metodoloji: AK, YB; Deneyin gerçekleştirilmesi: AK, YB; Veri analizi: YB, Makale yazımı: YB, Denetleme: Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

## ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

## VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Bu çalışmada kullanılan veriler makul talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

## KAYNAKLAR

Akamca, E., & Kiyaga, V. B. (2009, Temmuz 01 - 04). *Olta ile Levrek (Dicentrarchus labrax) avcılığında kullanılan canlı yem büyüklüğünün avcılığa etkisi*. XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Rize, Türkiye.

- Alos, J., Arlinghaus, R., Palmer, M., March, D., & Álvarez, I. (2009). The influence of type of natural bait on fish catches and hooking location in a mixed-species marine recreational fishery, with implications for management. *Fisheries Research*, 97(3), 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.03.003>
- Alpbaz, A., & Özer, A. (1991). *Olta Balıkçılığı (Tüm Yönleri ile)*. Mas Basım Evi.
- Amorim, S., Santos, M. N., Coelho, R., & Fernandez-Carvalho, J. (2015). Effects of 17/0 circle hooks and bait on fish catches in a southern Atlantic swordfish longline fishery. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(4), 518-533. <https://doi.org/10.1002/aqc.2443>
- Aneesh Kumar, K. V., Paravin, P., Remesan, M. P., & Bharathamma, M. (2015). Efficacy of bait species and baiting pattern on hooking rates and bait loss during longline fishing in Lakshadweep Sea. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 44(12), 1844-1851.
- Arlinghaus, R., & Cooke S. J. 2009. Recreational fisheries: socioeconomic importance conservation issues and management challenges. In B. Dickson, J. Hutton, & W. M. Adams (Eds.), *Recreational Hunting, Conservation and Rural Livelihoods* (pp. 39–58). Oxford: Science and Practice. Blackwell Publishing. <https://doi: 10.1002/9781444303179.ch3>
- Ateşşahin, T., Aslan, E., & Özmen, M. M. (2014). Elazığ İlindeki Amatör Balıkçıların Sosyo-Demografik Özellikleri Üzerine Bir Ön Araştırma. *Aquaculture Studies*, 2014(1), 41-50. <https://doi.org/10.17693/yunusae.vi.235404>
- Ateşşahin, T., Duman, E., & Cilbiz, M. (2015). Selectivity and catch efficiency of three spinner hook Sizes in angling for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)(Walbaum, 1792) in Karakaya Dam Lake (Eastern Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(4), 851-859. [https://doi: 10.4194/1303-2712-v15\\_4\\_08](https://doi: 10.4194/1303-2712-v15_4_08)
- Ateşşahin, T., & Cilbiz, M. (2018). Türkiye İç Su Amatör Balıkçılığında ‘Amatör Balıkçı Belgesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 4(2): 103-111
- Ateşşahin, T., & Cilbiz, M. (2019). The effect of hook size, spinner colour and fishing season on catching efficiency in angling for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Pakistan Journal of Zoology*, 51(5), 1937-1942. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.5.1937.1942>
- Aydın, İ. (2011). Is natural bait type a stochastic process for size and condition of fishes in the recreational fishery of İzmir Bay? *Mediterranean Marine Science*, 12(2), 390-400. <https://doi.org/10.12681/mms.39>
- Aydın, C., & Ölçek, Z. S. (2017). İzmir Balıkçılığı. In H. T. Kınacıgil, Z. Tosunoğlu, Ş. Çaklı, E. Bey, & H. Öztürk (Edt.), *İzmir Amatör Olta Balıkçılığında Canlı Yemler* (pp. 105-110). İzmir.
- Broadhurst, M. K., & Hazin, F. H. (2001). Influences of type and orientation of bait on catches of swordfish (*Xiphias gladius*) and other species in an artisanal sub-surface longline fishery off northeastern Brazil. *Fisheries Research*, 53(2), 169-179. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00297-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00297-6)
- Coelho, R., Lino, P. G., & Santos, M. N. (2011). At-haulback mortality of elasmobranchs caught on the Portuguese longline swordfish fishery in the Indian Ocean. IOTC–2011–WPEB07–31.
- Coelho, R., Santos, M. N., & Amorim, S. (2012). Effects of hook and bait on targeted and bycatch fishes in an equatorial Atlantic pelagic longline fishery. *Bulletin of Marine Science*, 88(3), 449-467. <https://doi.org/10.5343/bms.2011.1064>
- Coelho, R., Santos, M. N., Fernandez-Carvalho, J., & Amorim, S. (2015). Effects of hook and bait in a tropical northeast Atlantic pelagic longline fishery: part I-incident sea turtle bycatch. *Fisheries Research*, 164, 302-311. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.11.008>
- Cooke S. J, & Cowx I. G. (2004). The role of recreational fishing in global fish crises. *Bioscience*, 54(9), 857–859. [https://doi:10.1641/00063568\(2004\)054\[0857:TRORFI\]2.0.CO;2](https://doi:10.1641/00063568(2004)054[0857:TRORFI]2.0.CO;2)

- Echwikhi, K., Jribi, I., Bradai, M. N., & Bouain, A. (2010). Effect of type of bait on pelagic longline fishery-loggerhead turtle interactions in the Gulf of Gabes (Tunisia). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 20, 525–530. <https://doi.org/10.1002/aqc.1120>
- Eighani, M., Paighambari, S. Y., Herrmann, B., & Feekings, J. (2018). Effect of bait type and size on catch efficiency of narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in the Persian Gulf handline fisheries. *Fisheries Research*, 199, 32-35. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.11.023>
- Fernö, A., & Huse, I. (1983). The effect of experience on the behaviour of cod (*Gadus morhua* L.) towards a baited hook. *Fisheries Research*, 2(1), 19-28. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(83\)90100-5](https://doi.org/10.1016/0165-7836(83)90100-5)
- Foster, D. G., Epperly, S. P., Shah, A. K., & Watson, J. W. (2012). Evaluation of hook and bait type on the catch rates in the western North Atlantic Ocean pelagic longline fishery. *Bulletin of Marine Science*, 88, 529– 545. <https://doi.org/10.5343/bms.2011.1081>
- Gaudin, C., & De Young, C. (2007). Recreational Fisheries in the Mediterranean Countries: a Review of Existing Legal Frameworks, Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean, No:81, Rome, FAO, 85 pp.
- Jacobsen, J. H., & Joensen, J. (2004). *Comparison of bait in longline fishery* (Doctoral dissertation, University of Faroe Islands).
- Kaykaç, M. H., Ulaş, A., Metin, C., & Tosunoğlu, Z. (2003). A study on catch efficiency of straight and kirbed hooks at hand line fishing. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(1-2), 227-231.
- Kumar, K. A., Pravin, P., & Meenakumari, B. (2016). Bait, bait loss, and depredation in pelagic longline fisheries—A Review. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(4), 295-304. <https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1162134>
- 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. <https://doi.org/10.1139/f90-128>
- Løkkeborg, S., & Bjordal, Å. (1992). Species and size selectivity in longline fishing: a review. *Fisheries Research*, 13(3), 311-322. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(92\)90084-7](https://doi.org/10.1016/0165-7836(92)90084-7)
- Løkkeborg, S., & Bjordal, Å. (1995). Size-selective effects of increasing bait size by using an inedible body on longline hooks. *Fisheries Research*, 24(4), 273-279. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(95\)00393-6](https://doi.org/10.1016/0165-7836(95)00393-6)
- Løkkeborg, S., Bjordal, Å., & Fernö, A. (1989). Responses of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) to baited hooks in the natural environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(9), 1478-1483. <https://doi.org/10.1139/f89-189>
- 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(4), 985-1003. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9360-z>
- Lowry, M., Steffe, A., & Williams, D. (2006). Relationships between bait collection, bait type and catch: A comparison of the NSW trailer-boat and gamefish-tournament fisheries. *Fisheries research*, 78(2-3), 266-275. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.11.014>
- Masilan, K., & Neethiselvan, N. (2018). A review on natural and artificial fish bait. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 198-201.
- Mejuto, J., Auton, U., & Quintans, M. (2005). Visual acuity and olfactory sensitivity in the swordfish (*Xiphias gladius*) for the detection of prey during field experiments using the surface longline gear with different bait types. *International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas Collective*, 58, 1501-1510.



- Pawson, M.G., Glenn, H., & Padda, G. (2008). The definition of marine recreational fishing in Europe. *Marine Policy*, 32, 339-350. [https://doi: 10.1016/j.marpol.2007.07.001](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.07.001)
- Pol, M. V., Correia, S. J., MacKinnon, R., & Carver, J. (2008). Longlining haddock with manufactured bait to reduce catch of Atlantic cod in a conservation zone. *Fisheries research*, 94(2), 199-205. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.08.015>
- RStudio Team (2022). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. <http://www.rstudio.com/>
- Santos, M. N., Coelho, R., Fernandez-Carvalho, J., & Amorim, S. (2012). Effects of hook and bait on sea turtle catches in an equatorial Atlantic pelagic longline fishery. *Bulletin of Marine Science*, 88(3), 683-701. <https://doi.org/10.5343/bms.2011.1065>
- Saylıkoğlu, C., Kaykaç, H., Saygı, H., & Tosunoğlu, Z. (2018). Olta Balıkçılığında Kullanılan Sülünez (*Solen vagina*) ve Tavuk Etinin (*Gallus gallus domesticus*) Avcılık Etkinliğine Ait Ön Sonuçlar. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries*, 1(1), 26-31.
- Smith, P. A. (2002). The relationship between stock and catch and the effect of bait on catch as determined for a UK recreational catch and release fishery. *Fisheries Management and Ecology*, 9(5), 261-266. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.2002.00311.x>
- Taylan, B., Saygı, H., Bayhan, B., & Kaya, M. (2017). Amateur Fisheries in The Coast of Izmir. *Aquaculture Studies*, 17, 335-348.
- Tunca, S., Ünal, V., & Miran, B. (2012). A preliminary study on economic value of recreational fishing in Izmir Inner Bay, Aegean Sea (Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 29(2), 55-62. [doi: 10.12714/egejfas.2012.29.2.01](https://doi.org/10.12714/egejfas.2012.29.2.01)
- Soykan, O., & Kınacıgil, H.T. (2013). Birakma oltası ile levrek (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758) avcılığı; teknik özellikler ve yem tercihi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30(2), 45-49. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2013.30.2.01>
- Watson, J. W., Epperly, S. P., Shah, A. K., & Foster, D. G. (2005). Fishing methods to reduce sea turtle mortality associated with pelagic longlines. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(5), 965-981. <https://doi.org/10.1139/f05-004>
- Woll, A. K., Boje, J., Holst, R., & Gundersen, A. C. (2001). Catch rates and hook and bait selectivity in longline fishery for Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*, Walbaum) at East Greenland. *Fisheries Research*, 51(2-3), 237-246. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00249-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00249-1)
- Yokota, K., Kiyota, M., & Okamura, H. (2009). Effect of bait species and color on sea turtle bycatch and fish catch in a pelagic longline fishery. *Fisheries Research*, 97(1-2), 53-58. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.01.003>

## Selectivity Characteristics of the Sorting Grid in Shrimp Beam Trawls used to Reduce Bycatch in the Sea of Marmara

### Marmara Denizi'nde Kullanılan Karides Algarnasında Hedeflenmeyen Türleri Azaltmak İçin Kullanılan Izgara Panellerin Seçicilik Özellikleri

Mustafa Zengin<sup>1,\*</sup>, Hakan Kaykaç<sup>2</sup>, Zafer Tosunoğlu<sup>2</sup>, Taner Yıldız<sup>3</sup>, Uğur Uzer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Central Fisheries Research Institute, Trabzon, Türkiye

<sup>2</sup> Faculty of Fisheries, Ege University, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

<sup>3</sup> Faculty of Aquatic Sciences, İstanbul University, Türkiye

\*Correspondence: [muze5961@gmail.com](mailto:muze5961@gmail.com)

Received: 25.08.2022

Accepted: 03.10.2022

Published: 01.12.2022

How to Cite: Zengin, M., Kaykaç, H., Tosunoğlu, Z., Yıldız, T., & Uzer, U. (2022). Selectivity characteristics of the sorting grid in shrimp beam trawls used to reduce bycatch in the Sea of Marmara. *Acta Aquatica Turcica*, 18(4), 535-549. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1164735>

**Abstract:** Considerable by-catch problems have occurred in the commercial beam trawl fishery targeted at deep water pink shrimp in the Sea of Marmara. In this study, the grid systems were used to reduce the untargeted catch and improve the species' selectivity. By-catch reduction ratios of the beam trawls deployed with and without the grid were compared by the parallel hauling method. Selectivity values of 20 mm bar spacing grid and 24 mm mesh size cod-end were also analyzed by SELNET program. In general, by-catch reduction ratios of the grid beam trawl were determined as 50.6% and 56.9% in terms of number and weight, respectively. The reduction of target catch (*Parapenaeus longirostris*) in the same gear was found to 23.1% in terms of number and 23.2% in terms of weight. In the model for rose shrimp, obtained according to the lowest AIC value, the selectivity parameters of the grid for  $L_{50}$  were 13.51 cm and for SR 4.76 cm. Selectivity parameters of the same species for 24 mm mesh size cod-end were;  $L_{50} = 8.99$  cm and SR = 5.56 cm. These results indicated that grid usage benefits and contribute to sustainable fishery in the target catch-oriented fishing applications.

#### Keywords

- Deep water rose shrimp
- Beam trawl
- Target catch
- By-catch
- Grid

**Özet:** Marmara Denizi'nde derin su pembe karides avcılığında önemli derecede yan av sorunu yaşanmaktadır. Bu çalışmada hedef türün haricinde istenmeyen türlerin avcılığını azaltmak için ızgara panel sistemleri kullanılmıştır. Izgara panel sistemi yerleştirilen ve ızgara panel sistemi olmayan algarna takımlarının yan av yakalama oranları paralel çekme yöntemi ile karşılaştırılmıştır. 20 mm çubuk aralığı ızgarası ve 24 mm ağ göz açıklığına sahip torba seçicilik değerleri de SELNET programı ile analiz edilmiştir. Genel olarak ızgara panel kullanılan algarna takımının yan av azaltma oranları sayı ve ağırlık bakımından sırasıyla %50,6 ve %56,9 olarak belirlenmiştir. Hedef avın (*Parapenaeus longirostris*) azalması sayı olarak %23,1, ağırlık bakımından ise %23,2 olarak bulunmuştur. En düşük AIC değerine göre elde edilen derin su pembe karides modelinde ızgaranın seçicilik parametreleri  $L_{50}$  için 13,51 cm ve SR için 4,76 cm'dir. Aynı türün 24 mm ağ gözü açıklığındaki seçicilik parametreleri;  $L_{50} = 8,99$  cm ve GD = 5,56 cm'dir. Bu sonuçlar, hedef av odaklı balıkçılık uygulamalarında ızgara panel kullanımının sürdürülebilir balıkçılığa fayda sağladığını ve etkili olduğunu göstermiştir.

#### Anahtar kelimeler

- Derin su pembe karidesi
- Algarna
- Hedef av
- Yan av
- Izgara panel



## 1. INTRODUCTION

Deep water rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*, rose shrimp hereafter) is the predominant species in the benthic fauna of the Sea of Marmara (Zengin et al., 2004). Among the Turkish Seas, most of the shrimp landing (72%) has been supplied from the Sea of Marmara. In the last five decades, the average landing was 1590.8 (40.2-6236) tons. The sixty-three percent of rose shrimp export originated from the Marmara region. The commercial fishery of the shrimp has been carried out by traditional gears; bottom trawls (illegally) and beam trawls (locally named as “*algarna*”). While one vessel-operated beam trawls were used in the 1970s, the use of multi-gears (range between 2 and 5 beam trawl) have become widespread in the 1990s due to increasing commercial importance and increasing demand for rose shrimp.

The highest discard and incidental catch ratios in the world fisheries belong to shrimp-targeted bottom trawls (Hall, 1996). Discard and by-catch problems are seriously important where the species diversity is rich (Martin, 1992). In recent years, studies regarding shrimp trawls focused on excluder and separator panel designs for other species that share the same habitat and are being captured together with shrimps. Therefore, many studies were conducted on the selective grid trawl nets with different modifications which can provide optimum selectivity and eliminate other species (Isaksen et al., 1992; Klima, 1993; Graham, 1995; Tokai et al., 1990; Boulos & Brothers, 1996; Waldemarsen, 1996; Larsen, 1996; Madsen et al., 1999; Salini et al., 2000; Ye et al., 2000; Machias et al., 2001; Fonteyne & Polet, 2002; Graham, 2003). On the contrary, the number of studies conducted in Turkey is scarce (Aydm & Tosunoğlu, 2012; Özvarol, 2016). Usage of the leading panels and selective grids, a relatively new system for trawl fishery, was firstly performed in 1989 during coastal shrimp fishery for excluding jellyfish in Norway. Nowadays the purposes of grid applications in trawl fishery are improving species and size selectivity, eliminating untargeted species especially the turtles (*Caretta spp.*) during fishing operations, and increasing survival ratios of the escaping fish from the net (Larsen, 1996; Valdemarsen, 1996).

Fishers have operated with bottom trawl gears intensively since the beginning of the 1990s to obtain more yield and catch the shrimp stocks easily generally located between the depths of 100-200 m (Zengin et al., 2004). Bottom trawling has been completely prohibited since the early 1970s to protect demersal fish stocks in the Sea of Marmara. However, the failure in operating an effective control mechanism due to administrative, legal, and infrastructural deficiencies has been one of the most important reasons for persistent trawling in the area. High levels of by-catch and discard were reported in bottom trawl and beam trawl fisheries, especially for flatfish and cartilaginous fishes (Zengin et al., 2014; Zengin et al., 2017).

Shrimp landings in the Sea of Marmara within the last half century (1967-2019) show that shrimp catch has increased since the early 1980s and the production peaked in 1989 with 8380 tons. However, the number of landings started to decrease gradually in the following years and the number of catches decreased to 1200 tons in the 2010s. It is obvious that besides high fishing power, characteristics of traditional beam trawl nets also play a role in this decrease. On the other hand, destructed habitats caused by bottom trawling, which was applied for capturing deep water rose shrimp together with other macrofauna distributed over the benthic and benthopelagic zone and is completely prohibited for this sea, also have an important impact (Zengin et al., 2004; Zengin & Akyol, 2009).

This research aimed to reduce the ratio of bycatch shrimp catch taken by beam trawls and to increase the survival chance of commercial and non-commercial species in the Marmara Sea, which is subjected to the multi-species fishery. Studies related to the reduction of bycatch in the multi-species fishery all over the world are of great concern. Especially in trawling gear, various modification techniques towards the separation are available (Isaksen et al., 1992; Larsen, 1996; Broadhurst, 2000; Campos & Fonseca, 2000; Eayrs, 2007). With these motivations, modification studies have been

carried out to reduce discard and non-target catch rates in traditional beam trawls, which are widely used for the rational sustainability of rose shrimp stocks in the Sea of Marmara.

## 2. MATERIAL AND METHODS

### 2.1. Study area

This study was conducted in five stations, İstanbul-Yeşilköy, İstanbul-Tuzla, Tekirdağ-Barbaros, representing Northern Marmara, and Erdek-Çakılıköy, Gemlik Gulf, representing South Marmara (Figure 1) between August and September 2004. Water depth varied between 44 to 110 m, generally 50 to 80 m. Experimental surveys were carried out by commercial fishing vessels. In the sampling, vessels with a length of 9 to 12 m, and an engine power of 28 to 135 hp was used. The speed ranged from 1.5 to 1.8 knots.

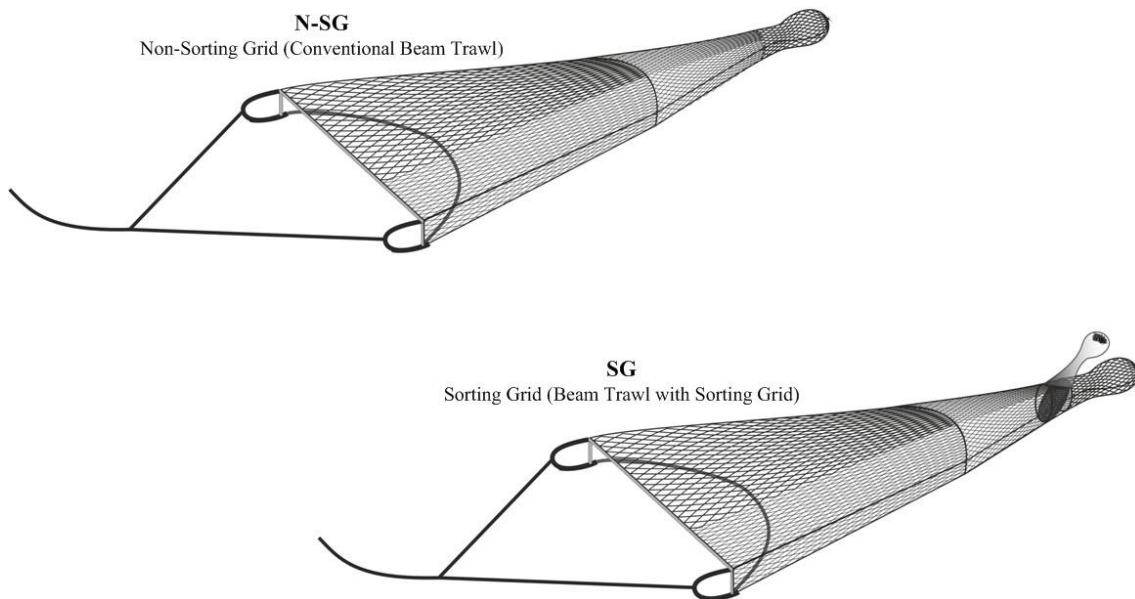


Figure 1. Map of the study area and sampling stations

To reflect the real situation, haulings were taken during the commercial fishing period. The average duration of these hauls was 3.8 (3.5-4) hours, although it varied locally. It has been reported that the rose shrimp was associated with feeding dynamics, light and dark rhythms of the day affect fishing and in general large amounts of prey were obtained during the day (Kangas et al., 2015). Similarly, operations in this study were performed during daylight.

### 2.2. Structural features of traditional beam trawl net

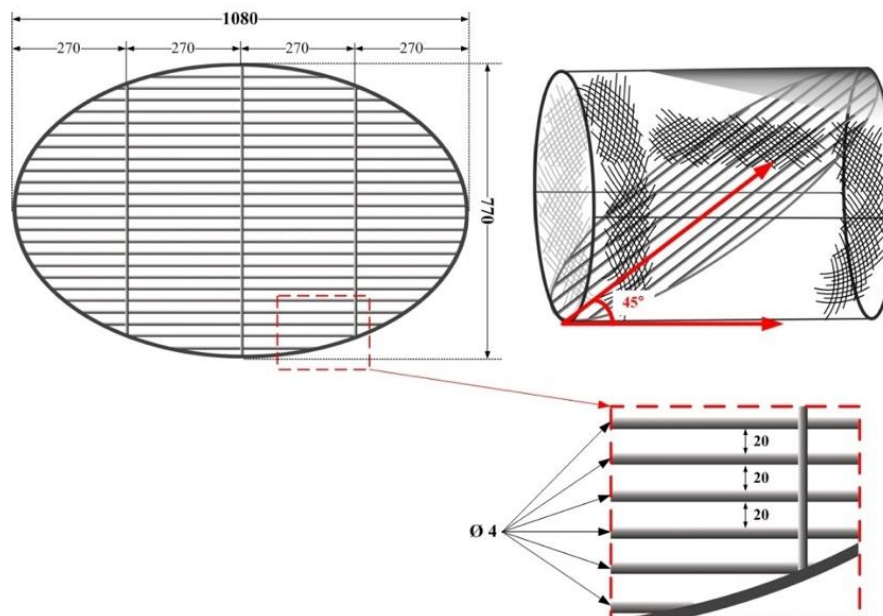
Beam trawl gears are composed of 5 components; net, beam, sledge, chain, and rope. The mouth opening of the net is as long as the beam. The length and height of the beam are generally 5-6 m and 50-60 cm, respectively, and are made of galvanized profile pipe (Figure 2). The total length of beam trawl nets is 11 m. A protective bag is generally placed over the cod-end; 2.5 mm twine diameter, Polypropylene (PP) 80 mm mesh size, and 2.5 strokes in length. Tow ropes connect the net to the vessel. Net release and tow are carried out by ropes via pulleys and cranes.



**Figure 2.** The beam trawls featured for shrimp used in the study (N-SG: Non-Sorting Grid, SG; Sorting Grid).

### 2.3. Designing the separator grid

The grid as presented in Figure 3 was formed by combining 31 chrome bars of 4 mm diameter with 20 mm bar spacing (Figure 3). The length and width of the ellipsoid panel given in Figure 3 were 108 and 77 cm, respectively. Bar spacing was determined according to the body height of the carapace zone of the target species rose shrimp in the present study. The panel was reinforced with crossbars from three equidistant points. The optimum operation angle of the grid was reported to be 45° (Isaksen et al., 1992). The perimeter of the grid panel was covered with a 6 mm mesh size (PA 210d/8) net of 403 meshes with a length of 74 meshes. An escape window was formed on this net which had a base of 49 and a depth of 24 meshes. For determining the escape species, a collective bag was also equipped to the mouth of the window.



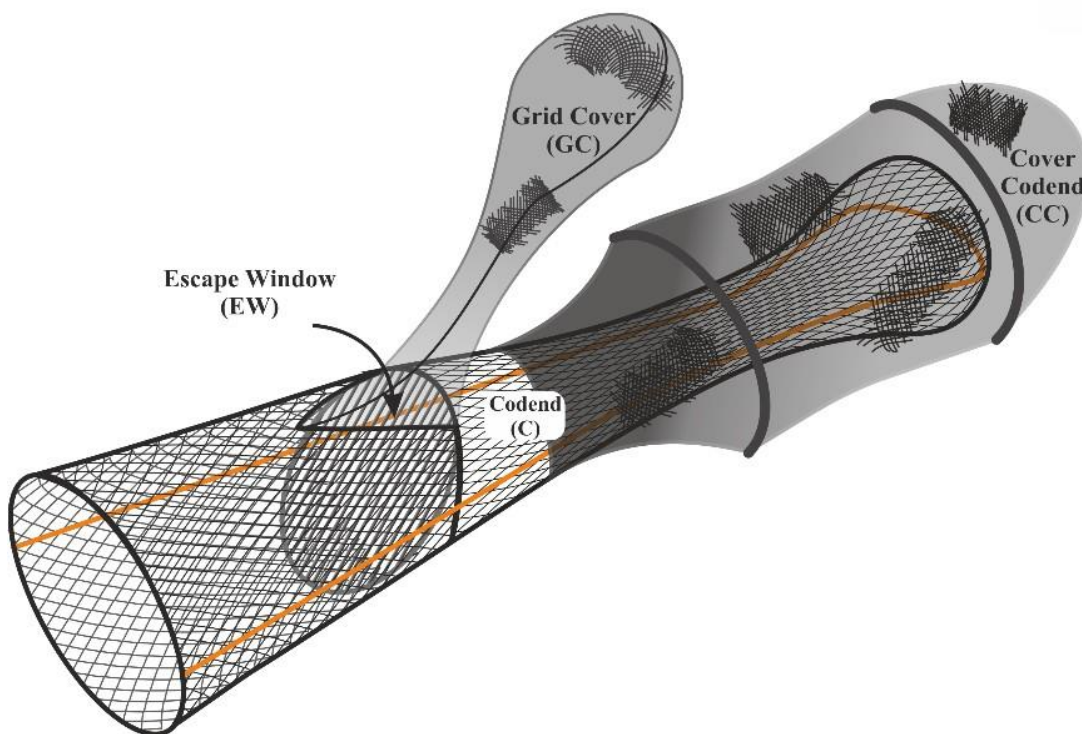
**Figure 3.** The sorting grid details and the positioning of the escape window (dimensions in this design are in mm)



## 2.4. Experimental studies

Two same-size beam trawls were used in the study; the first one without a grid panel and the second one with a grid panel mounted in front of the cod-end (Figure 2). A parallel hauling method was performed for comparing the selectivity and target catch ratio of the grid panel. In addition, the optimum catch length for the shrimp population was determined by using a 24 mm diamond mesh size to determine the selectivity in the bag part of the SG beam trawl (Figure 4). A grid cover of 24 mm mesh size was used for determining the excluded species by the grid. The shrimp catch of each haul was recorded and 1000-1500 g subsamples were separately taken from cod-end and cover. These subsamples were fixed in 10% formaldehyde solution for length measurement and transferred to the laboratory.

The hooped-covered cod-end method was used to collect selectivity data (Wileman et al., 1996) and benthic material from the nets. An 8.2 m longhand 12 mm mesh size knotless PA (polyamide) netting cover was used to collect the escaped individuals from the cod-end. The cover was supported by two hoops (PVC Ø 1.6 m) to avoid the masking effect and to provide water flow between the cod-end and the cover. These hoops were mounted on the cover at distances of 2.2 and 5.2 meters from the attachment point at the end of the funnel (Figure 4).



**Figure 4.** Positioning the sorting grid on the beam trawl cod-end (C: Cod-end; CC: Cover Cod-end; GC: Grid Cover; EW: Escape Window).

The total catch in the cover cod-end of the traditional and modified net and the total catch in the cod-end of the escape window were evaluated separately during sampling surveys. After the identification of the target catch and by-catch at the species level in both parts of the net, catch amounts of each species in terms of number and weight were recorded to datasheets.

## 2.5. Data analysis

Catches taken from traditional (control gear) and modified gears were taxonomically identified at the species level. Every Catch was recorded by number and weight. Target species (*P. longirostris*) and some important commercial fishes (hake, whiting, gurnard, sole) were measured to assess the total

length (cm) frequency distribution. The catch per unit effort (CPUE) is used as an index for finding the bycatch reduction amount/ratio for both traditional and modified gear.

CPUE was used to determine the catch difference of beam trawl hauls. The catch of each trawl operation was standardized. Calculated CPUE in such a case shows the change of catch related to fishing effort (Phiri & Shirakihara, 1999). CPUE was calculated by the following formulae,  $CPUE = (\sum C/N\check{c}) / (\sum T/N\check{c})$ ; CPUE; fishing index (kg/h), C; catch amount of each target catch (kg), T; sampling time (h),  $N\check{c}$ ; the number of hauls.

## 2.6. Selectivity analysis

The size selection is termed as a sequential dual selection system in the beam trawl cod-end comprised of two main phases. These were 20 mm bar spacing grid selectivity and a 28 mm diamond mesh cod-end selectivity (Figure 4). The first selection process started when the rose shrimp and fish encounter the rigid sorting grid, after that the second process followed the first one was completed. Fish and invertebrates that did not pass through the grid accumulated in the top cover of the grid compartment. Specimens that passed through the grid enter the size-selective cod-end, where the second selection process occurs. In order to be retained in the cod-end (rcombined ( $l$ )), every individual has to be retained by the first (rgrid( $l$ )) and the second process (rcodend( $l$ )):  $rcombined(l) = rgrid(l) \times rcodend(l)$  where  $l$  denotes the length of the individuals. The selectivity analyses procedures performed in this study are similar to those previously implemented by Sistiaga et al. (2010), Herrmann et al. (2013), and Brcic et al. (2015). According to these studies, the probability of fish passing through the grid for fish that make contact with it can be modeled with the following logit model:

$$rcontact(l, L50grid, SRgrid) = 1 - \logit(l, L50grid, SRgrid) \text{ where:}$$

$$\logit(l, L50, SR) = \frac{\exp(\ln(9) \times (1 - L50)/SR)}{1 + \exp(\ln(9) \times (1 - L50)/SR)}$$

The model involves pooling the haul data. To account for the increased uncertainty in the estimation resulting from subsampling, a double bootstrap method was used to estimate 95% Efron percentile confidence intervals (Efron, 1982; Chernick, 2007) for curves and parameters. For this reason, 1000 bootstrap iteration was used for each species investigated. The analysis was carried out using the software SELNET which implements the models described above (Sistiaga et al., 2010; Herrmann et al., 2013).

## 3. RESULTS

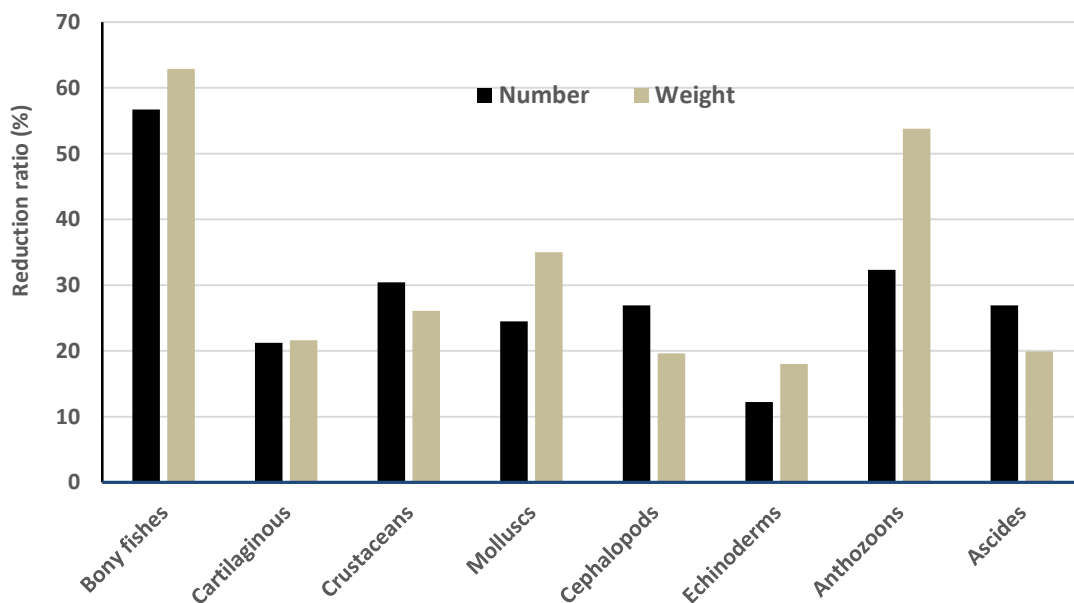
A total of 17 experimental hauls with and without grid panels were conducted during the shrimp beam trawl survey in five different areas of the Sea of Marmara. Besides the target catch, rose shrimp, 61 species belonging to 9 taxonomic groups were determined by the non-sorting grid beam trawl gear. Bony fishes (Osteichthyes) were represented by 21 species, cartilagenous fishes (Chondrichthyes); 2 species, Crustaceans (Crustacea); 8 species, mollusks (Mollusca); 12 species, cephalopods (Cephalopoda); 3 species, echinoderms (Echinodermata); 8 species, anthozoans (Anthozoa); 5 species, *Ascid* sp.; 1 species and porifera (Spongiidae) by 1 species. The catch composition of the sorting grid beam trawl was composed by 34 species of benthic and bentho-pelagic macrofauna belonging to 9 taxonomic groups. These groups and number of species in each group are as follows; bony fishes (Osteichthyes) 15 species, cartilagenous fishes (Chondrichthyes) 1 species, Crustaceans (Crustacea) 3 species, molluscs (Mollusca) 4 species, cephalopods (Cephalopoda) 2 species, echinoderms (Echinodermata) 5 species, anthozoans (Anthozoa) 2 species, *Ascid* sp. 1 species and porifera (Spongiidae) 1 species.

CPUE of the non-sorting grid beam trawl in terms of number and weight were 643 ind./h/net and 4.5 kg/h/net, these values were estimated to be 473 ind./h/net and 3.3 kg/h/net for sorting grid beam



trawl, respectively. The difference, as mentioned above, was due to escaped or excluded individuals. Despite this lost amount, length distribution-based evaluation showed that 9-11 cm length groups were dominant in the evacuated portion excluded by the window among 6.5-15 cm length groups that entered the net. Although the selectivity was determined for by-catch species passing from the grid and reaching the cod-end, considerable evacuation of small-size by-catch individuals was also observed from the cod-end of the beam trawl.

The existence of many species was observed in the collective bag of the grid beam trawl which was not able to pass through the bar spacing and was directed by the escape window. The reduction ratio of the excluded species in comparison to non-grid gear in terms of number and weight were calculated to be 56,7% and 62,9% for bony fishes, 21,2% and 21,6% for cartilaginous fishes, 30,4 % and 26,1% for crustaceans, 24,5% and 35% for molluscs, 26,9% and 19,9% for cephalopods, 12,2% and 18% for echinoderms, 32,3% and 58,3% for anthozoans, 26,6% and 19,9% for ascides species and both 100% for sponges, respectively. In general, the by-catch reduction of grid-mounted beam trawl gear was determined to be 56.9%. Moreover, the reduction in the target catch (*P. longirostris*) with the mentioned gear was 23.1% and 23.2 in terms of number and weight respectively (Figure 5).

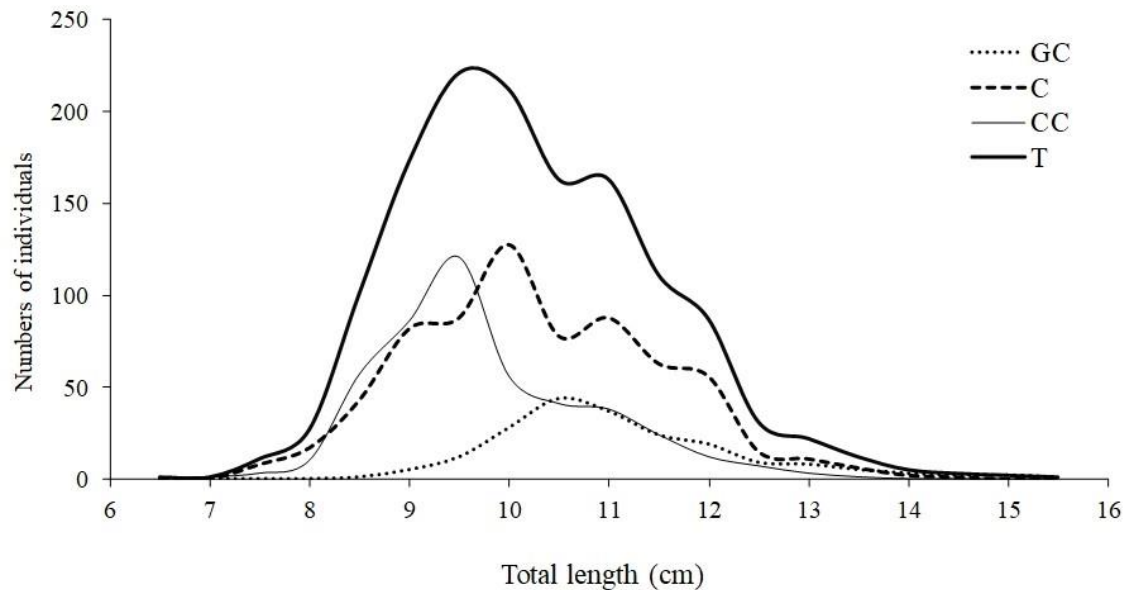


**Figure 5.** By number and weight reduction rates of non-target species compared to non-grid fishing gear

While the target catch was calculated to be 64.99% and 73.99% for non-grid and grid beam trawl in terms of weight, respectively, the numerical target capture rates were found to be 67.85% and 77.00% for the non-grid and grid beam trawl. This case indicated that rose shrimp is the target species for both gears. Flatfish (turbot, common sole, skates, and rays), categorized in by-catch fraction, were generally excluded by the escape window due to obstruction of the grid. Similarly, fusiform bony fishes (hake, whiting, shore rockling, horse mackerel) were also excluded at a higher rate in number and weight compared to other taxonomic groups.

It was found that 15% of the shrimps escaped via an upper window and 8 % were captured at the cod-end. Moreover, 34% of the individuals placed at the cod-end, were captured in the cover. Small-sized individuals of other species composing the by-catch, especially the juveniles, accumulated in the cod-end together with shrimp. Whereas the length groups of shrimps that escaped to the cover was between 8.5 and 10.0 cm, they ranged from 8 to 12.5 cm in the cod-end. Furthermore, 14.5-15.5 cm

length groups were determined among the individuals which couldn't pass through the grid and escaped (Figure 5).

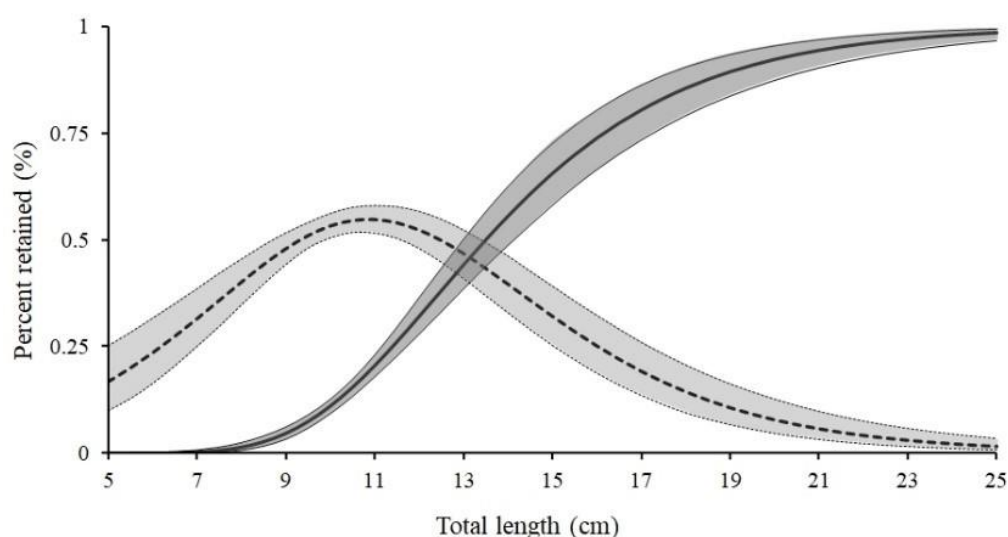


**Figure 6.** Size distribution of rose shrimp caught in sorting grid (GC: Grid Cover; C: Codend; CC: Cover Codend; T: Total numbers of individuals).

The retention ratio of by-catch species was determined according to a place of capture as in front of grid (collective bag of the escape window) and behind the grid (cod-end). While 50.8% of European hake, 69.1% of whiting, 39.2% of tube gurnard, and 59.4% of common sole were captured in front of the grid, the rest was caught at the cod-end. Length distributions of excluded and captured (in the cod-end) individuals were determined as follows respectively; European hake 11-42 cm and 5-24 cm, whiting 10-27 cm and 8-18 cm, tube gurnard 8-26 cm and 6-19 cm, common sole 7-25 cm and 5-19 cm.

Bigger individuals of fusiform species such as European hake and whiting were observed to escape via the panel of the window but smaller ones passing through the bar spacing gathered in the cod-end. A similar case was also determined for tube gurnard specimens. However, since the tube gurnard entering the net was mostly composed of small individuals that can pass through the grid gaps, a greater proportion of tube gurnard individuals were found in the cod-end. A high exclusion ratio was observed for flatfishes.

According to the results of the selectivity analysis for rose shrimp, many models were applied on SELNET and among those, the one with the smallest AIC value was preferred. The calculated minimum AIC value (1015.21) belonged to RGompertz model for grid selectivity. Selectivity parameters for shrimp in this model were determined to be  $L_{50} = 13.51$  cm and  $SR = 4.76$  cm. Rprobit model had the minimum AIC value (1492.88) for 24 mm cod-end selectivity of the same species and the selectivity parameters were found to be  $L_{50} = 8.99$  cm and  $SR = 5.56$  cm. Selectivity curves and confidence intervals of shrimp for grid and cod-end are given in Figure 6. The sigmoid curve in this graph defined the escape of small individuals before a certain length and retain of others in the cod-end after a certain length. Bell shaped curve occurred for the grid selectivity which meant in the transfer of smaller individuals from grid to cod-end and remain of bigger individuals in front of the grid or escape via upper window.



**Figure 7.** Sorting grid and cod-end selectivity curves with Efron percentile bootstrap 95% confidence limits for rose shrimp (dashed line for sorting grid, straight line for beam trawl cod-end).

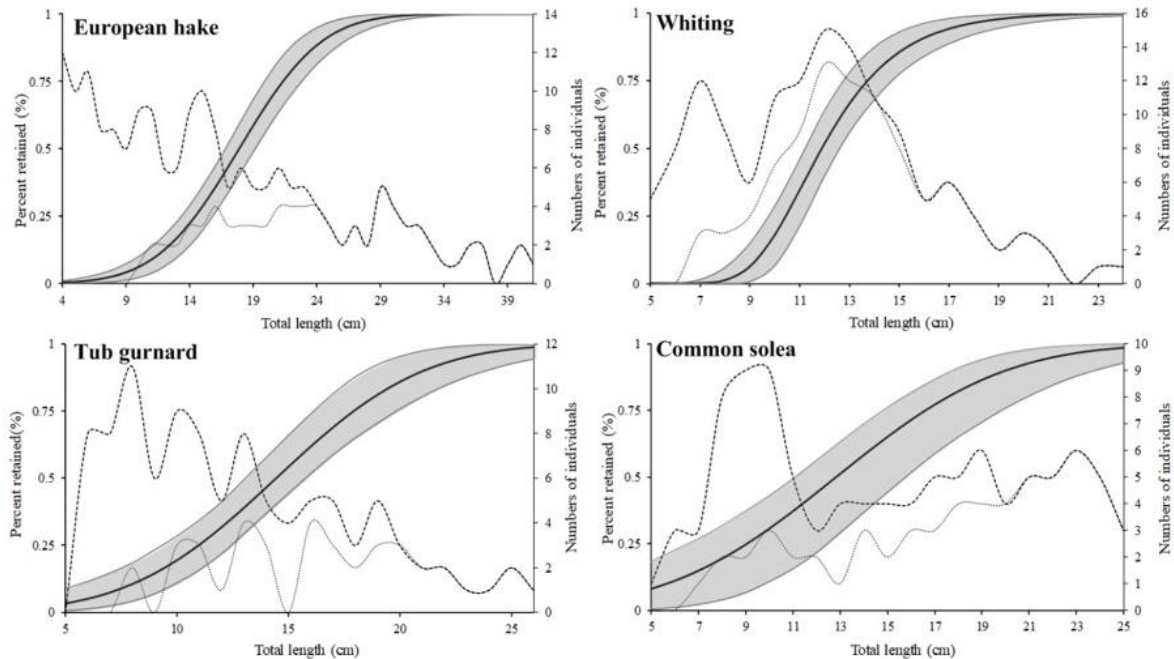
Eight models were tested during the grid selectivity analyses for European hake, whiting, tube gurnard, and common sole. The most suitable model was determined to be the Probit model for the above-mentioned species except for common sole (Table 1). Parameters of grid selectivity for by-catch species were calculated as  $L_{50}$ =17.88 cm and SR=6.89 cm for European hake,  $L_{50}$ =14.44 cm and SR=6.97 cm for tube gurnard,  $L_{50}$ =11.89 cm and SR=3.29 cm for whiting and  $L_{50}$ =12.82 cm and SR=7.56 cm for common sole.

**Table 1.** Model selectivity parameter values in SELNET (The lowest AIC value indicates the best fit) for bycatch species.

| EUROPEAN HAKE |              |             |               |               |              |             | WHITING      |             |              |               |             |           |
|---------------|--------------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-------------|-----------|
| Model         | $L_{50}$     | SR          | AIC           | p-value       | D.           | df          | $L_{50}$     | SR          | AIC          | p-value       | D.          | df        |
| Logit         | 17.88        | 6.55        | 126.13        | 1.0000        | 10.12        | 35          | 12.20        | 3.55        | 101.24       | 0.9809        | 7.19        | 17        |
| Probit        | <b>17.88</b> | <b>6.89</b> | <b>124.34</b> | <b>1.0000</b> | <b>8.33</b>  | <b>35</b>   | 12.26        | 3.80        | 101.49       | 0.9772        | 7.43        | 17        |
| Gompertz      | 17.05        | 7.26        | 124.82        | 1.0000        | 8.81         | 35          | <b>11.89</b> | <b>3.29</b> | <b>99.38</b> | <b>0.9967</b> | <b>5.33</b> | <b>17</b> |
| Richard       | 17.15        | 7.14        | 126.86        | 1.0000        | 8.85         | 34          | 11.93        | 3.30        | 101.57       | 0.9925        | 5.52        | 16        |
| CLogit        | 17.88        | 6.55        | 128.13        | 1.0000        | 10.12        | 34          | 12.20        | 3.55        | 103.24       | 0.9694        | 7.19        | 16        |
| CProbit       | 17.88        | 6.89        | 126.34        | 1.0000        | 8.33         | 34          | 12.26        | 3.80        | 103.49       | 0.9639        | 7.43        | 16        |
| CGompertz     | 17.05        | 7.26        | 126.82        | 1.0000        | 8.81         | 34          | 11.89        | 3.29        | 101.38       | 0.9939        | 5.33        | 16        |
| CRichard      | 17.15        | 7.14        | 128.86        | 1.0000        | 8.85         | 33          | 11.93        | 3.30        | 103.57       | 0.9867        | 5.52        | 15        |
| TUB GURNARD   |              |             |               |               |              | COMMON SOLE |              |             |              |               |             |           |
| Model         | $L_{50}$     | SR          | AIC           | p-value       | D.           | df          | $L_{50}$     | SR          | AIC          | p-value       | D.          | df        |
| Logit         | 14.47        | 6.86        | 99.81         | 0.5074        | 18.23        | 19          | 12.80        | 7.42        | 96.97        | 0.9478        | 10.20       | 19        |
| Probit        | <b>14.44</b> | <b>6.97</b> | <b>99.20</b>  | <b>0.5479</b> | <b>17.62</b> | <b>19</b>   | <b>12.82</b> | <b>7.56</b> | <b>96.31</b> | <b>0.9635</b> | <b>9.54</b> | <b>19</b> |
| Gompertz      | 13.90        | 7.47        | 99.34         | 0.5386        | 17.76        | 19          | 12.15        | 7.34        | 98.02        | 0.9151        | 11.25       | 19        |
| Richard       | 13.96        | 7.36        | 101.39        | 0.4681        | 17.81        | 18          | 14.22        | 9.41        | 96.56        | 0.9816        | 7.79        | 18        |
| CLogit        | 14.47        | 6.86        | 101.81        | 0.4409        | 18.23        | 18          | 14.65        | 5.71        | 98.67        | 0.9350        | 9.90        | 18        |
| CProbit       | 14.44        | 6.97        | 101.20        | 0.4809        | 17.62        | 18          | 14.47        | 6.05        | 98.10        | 0.9517        | 9.33        | 18        |
| CGompertz     | 13.90        | 7.47        | 101.34        | 0.4717        | 17.76        | 18          | 14.29        | 5.64        | 99.63        | 0.9001        | 10.86       | 18        |
| CRichard      | 13.96        | 7.36        | 103.39        | 0.4008        | 17.81        | 17          | 14.22        | 9.41        | 98.56        | 0.9708        | 7.79        | 17        |

Even though the length groups of European hake passing from the net mouth to the panel ranged between 5 and 42 cm, lengths of individuals escaping from the panel varied from 17.5-42.5 cm. The smaller individuals which were able to pass through the grid system ranging from 5 to 12.5 cm belonging to the 0 age group gathered at the cod-end. A similar situation also occurred for whiting, tube gurnard, and common sole populations. Although the whiting entering the net varied between 8 and 27 cm, it was determined that mostly 8-12 cm length and 0-1 age groups smaller individuals of the

population were in the cod-end. Tube gurnards and common soles entering the net ranged from 6-27 cm and 8-25 cm, respectively, length groups which were not able to exclude via the panel system were composed of smaller individuals of the populations varying between 6-16 cm for tube gurnard and 8-14 cm for common sole (Figure 7).



**Figure 8.** Sorting grid and cod-end selectivity curves with Efron percentile bootstrap 95% confidence limits for others (dashed line for sorting grid, straight line for beam trawl cod-end).

#### 4. DISCUSSION

Findings of the present study especially the behaviors of commercial demersal species (European hake, whiting, tube gurnard, and common sole) sharing the same habitat with rose shrimp in the modified beam trawl net resulted in confirming the targeted approach. Length distribution analysis of these species showed that bigger individuals of the population escaped via the window of the panel according to the bar of the grid spacing and the smaller ones which were able to pass between the grid bars mostly accumulated in the cod-end. Isaksen et al. (1992) reported similar results in *Pandalus borealis* fishery on the exclusion of bigger individuals by the grid. Considerable by-catch problems have been occurring in the Sea of Marmara during commercial fishing operations by bottom trawling gears. A total of 34 species belonging to 9 taxonomic groups were determined during experimental beam trawl fishery operations targeting by-catch reduction by using a sorting grid. Zengin and Akyol (2009) reported 119 species belonging to 10 taxonomic groups together with rose shrimp by traditional bottom trawling gears such as bottom trawl, boat seine, and beam trawl in the Sea of Marmara focusing on the benthic and benthopelagic catch.

During this research, a considerable amount of by-catch reduction was determined by the grid application to shrimp-targeted beam trawl gear in the Sea of Marmara. Bio-economic losses will be able to reduce by decreasing this catch over the long term and therefore benthic biodiversity of Marmara will be protected.

In this study, the grid panel was mounted at an angle of 45° into the cylindrical cage. The full functioning of the system and optimum results depend on placing the grid panel at an appropriate angle. It was reported that the ideal working angle of all shrimp grids must be between approximately 45° and 50° (Isaksen et al., 1992; Larsen, 1996). Boules and Brothers (1996) mounted the sorting grid

at an angle of 48° and they reported a 9% increase in the shrimp catch during their experimental study conducted in Canada. If this angle is smaller than 35°, the amount of shrimp loss due to upwards movement may significantly increase in comparison to the number of shrimps passing through the grid. Shrimp loss is much lower at the beginning of the operation at an angle of 50° or wider angles (Larsen, 1996). To reduce the catch of small shrimp in *Pandalus borealis* trawling in Europe and North America, a separation grid with a spacing of 9 and 11 mm has been installed in the Nordmøre style panel net. As a result, it was determined that more shrimp escaped from the grids with 11 mm spacing than 9 mm (He & Balzano, 2012). A similar result was found in this study as well. A decrease of 23.1% in number and 23.2% in weight was determined from the panel with 20 mm grid spacing compared to the traditional mesh. Undoubtedly, these individuals who escaped from the cod end are young and have not yet reached sexual maturity, and at the same time, they are low-priced bioeconomically.

In experimental fishing trials in the Barents Sea by Larsen et al. (2017) the 19 mm bar spacing of the Nordmøre grid of the shrimp of the species *Pandalus borealis*, which is a target species in trawling fisheries, has been determined for the four main bycatch species (redfish *Sebastes* spp., Haddock *Melanogrammus aeglefinus*, Atlantic Cod *Gadus morhua*, and American Plaice *Hippoglossoides platessoides*). According to the findings, it was determined that 80% to 100% of the bycatch species passed from the grid to the bag part. Similar trends were found for other bycatch species. Overall, very few deep-water shrimp have been found escaping from escape.

The escaping ability of by-catch species through a window of the grid system is also influenced by their habitat behavior. Substrate-dependent some benthic species (crab, squid, starfish, sea urchin) are commonly less excluded than free-swimming semi-demersal species (bony and cartilaginous fish) in the benthic and pelagic zone. The exclusion ratio of sandy swimming crab (*Liocarcinus depurator*) classified in crustaceans was determined to be 57.6% in terms of number and 44.9% in terms of weight in the present study. These results are largely due to the individual catch sizes of these populations. Flatfish (turbot, common sole, skate) of the by-catch fraction were generally excluded via window due to obstruction of the grid. Graham (2003), in a similar study, revealed the significant impact of excluding 0 and 1-year-old age groups of European plaice (*Pleuronectes platessa*) which composed an important part of the population, during shrimp catch for the commercial plaice fishery. Less swimming ability of smaller individuals in comparison to bigger ones was also reported to be a reason why small fish in the by-catch couldn't get out via the escape window (Larsen, 1996).

In experimental studies, the amount of catch per unit effort caught by conventional beam trawls is in number and weight, respectively; 643 ind./h/net and 4.5 kg/h/net; for modified nets, these values were estimated as 473 pcs/hr/w and 3.3 kg/hr/w. As mentioned above, the difference comes from the individuals escaping/expelled from the grid/panel system. Despite this loss amount, when evaluated in terms of height distribution; It was determined that in the total shrimp catch, which entered the net and ranged in length between 6.5-15.5 cm, mostly 9-11 cm size groups were thrown out of the window. Small individuals of non-target species were also observed to be largely expelled from the beam trawl cod end.

Females of the rose shrimp population reach sexual maturity at 9.7 cm (total length with rostrum). The reproduction activity of *P. longirostris* population in the Sea of Marmara starts from the beginning of the first age (Zengin et al., 2004). Selectivity investigations on *P. longirostris* population indicated that the size and shape of meshes at the beam trawl cod-end must have been 28 mm diamond or 24 mm square for an optimum fishery (Zengin and Tosunoğlu, 2006). Cod-end selectivity value of 8.99 cm showed that 24 mm mesh size net used in the study was insufficient. The calculated selectivity value of the grid ( $L_{50} = 13.51$  cm) is significantly higher than the sexual maturity value. But composing very little loss of 15% in the total catch is considered to contribute to the sustainable shrimp fishery.

Considered together with the selectivity findings; In algarna nets with a bag mesh opening of 28 mm/prism and a separating grid/panel, although the amount of shrimp escaping from the window part of the panel was up to 25%, with the selectivity provided in the codend of the net (with the selectivity provided in the codend in shrimp catch). A portion of 44.4%, mostly consisting of juveniles and young individuals, is returned to the ecosystem.) Fishing large-sized individuals will provide a significant advantage in terms of both the shrimp population in the Sea of Marmara and commercial value.

## 5. CONCLUSION

It is stated that shrimps have poor swimming ability in the targeted direction concerning fish. Shrimps which are passive swimmers in comparison to fish move randomly in the water and enter the trawl cod-end without any escape. These behavioral characteristics represent important design information for fish escapes quickly from the panel net with strong swimming ability. In the first step, grid beam trawl design benefits from swimming performance differences between by-catch fish, and shrimps and fish moving at high speed are effective in escaping from the panel. On the other hand, the average length of fish entering the net is also an important factor to escape. Because the escape of smaller fish from the net panel is lower than the others (Eayrs, 2007). The results of this study confirm these general approaches.

Güngör et al. (2007) reported that the length distribution of the landed shrimps was more effective on the market-value policy than the amount landed in a study focusing on the socio-economical characteristics of fishery in the Sea of Marmara. From the perspective of fishermen's economy, it has been seen that shrimp catch with panel/grid modified beam trawl net was more advantageous. When the benefits of the system are considered as a whole; (1) besides an optimum shrimp fishery (2) Species diversity in the benthic ecosystem in the Sea of Marmara will be protected up to 50-55%.

Some economic advantages of using a horizontal sorting panel in the shrimp fishery on the market price were revealed. First of all, the income of the fishermen may be raised by increasing the quality of the landed shrimp. Preventing over-quota problems, decreasing on-board efforts and capturing only target species, and exclusion of other bycatch species and undersized individuals are the other beneficial cases. The use of horizontal sorting panels was reported to increase the trawl resistance by approximately 10% and this was counted to be negligible for fuel consumption but it was also stated to be non-effective on the height of the net (Wileman, 1994).

## FUNDING

This study was supported by the Ministry of Agriculture and Forestry. Project No: TAGEM/HAYSÜD/2001/09/02/04.

## CONFLICT OF INTEREST

Example: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Editing: MZ; Methodology: MZ, HK, ZT, TY, UU; Experiment: MZ, HK, ZT, TY, UU; Data analysis: MZ, HK, ZT, TY, UU. All authors approved the final draft.

## ETHICAL STATEMENTS

Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.



## DATA AVAILABILITY STATEMENT

The data used in this study are available upon request from the corresponding author.

## REFERENCES

- Aydın, C., Tosunoğlu, Z. (2012). Evaluation of sorting grids for deepwater rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*) in the Eastern Mediterranean demersal trawl fishery. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(1), 102-106. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01897.x>
- Broadhurst, M. K. (2000). Modifications to Reduce Bycatch in Prawn Trawls: A Review and Framework for Development. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 10, 27-60. <https://doi.org/10.1023/A:1008936820089>
- Brčić, J., Herrmann, B., & Sala, A. (2015). Selective characteristics of a shark-excluding grid device in a Mediterranean trawl. *Fisheries Research*, 172, 352-360. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.07.035>
- Boulos, D. L., & Brothers, G. (1996). *Experimental Testing of a Shrimp Size Sorting System in the Northern Gulf Shrimp Fishery*. Industry Development Division Fisheries Management Branch Newfoundland Region.
- Campos, A., & Fonseca, P. (2000). The use of separator panels and square mesh windows for bycatch reduction in crustacean trawl fishery off the Algarve (South Portugal). *Fisheries Research*, 69, 147-156 <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.05.009>
- Chernick, M. R. (2007). *Bootstrap Methods: A Guide for Practitioners and Researchers* (Second Edition). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470192573>
- Eayrs, S. A. (2007). *Guide to Bycatch Reduction in Tropical Shrimp-Trawl Fisheries (Revised edition)*. FAO.
- Efron, B. (1982). *The Jack-knife, the bootstrap and other resembling plans*. J. W. Arrowsmith Ltd. <https://purl.stanford.edu/mm176gm7964>
- Fonteyne, R., & Polet, H. (2002). Reducing the Benthos Bycatch in Flatfish Beam Trawling by Means of Technical Modifications. *Fisheries Research*, 55(1-3), 219-230. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00287-9](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00287-9)
- Graham, G.L. (1995). Finfish bycatch from the South-eastern shrimp fishery. In Solving bycatch: considerations for today and tomorrow. *University of Alaska Sea Grant College Program Report*, 96(3), 115-119.
- Graham, N. (2003). By-catch reduction in the brown shrimp, *Crangon crangon*, fisheries using a rigid separation Nordmore grid (grate). *Fisheries Research*, 59, 393-407. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(02\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(02)00015-2)
- Güngör, H., Zengin, M., & Güngör, G. (2007). Socioeconomic Structure of the Deep Water Pink Shrimp Fisheries in the Marmara Sea. *Journal of Tekirdağ Agriculture Faculty*, 4(3), 261-269.
- Hall, M. A. (1996). On Bycatch, *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6, 319-352. <https://doi.org/10.1007/BF00122585>
- He, P., & Balzano, V. (2012.) The effect of grid spacing on size selectivity of shrimps in a pink shrimp trawl with a dual-grid size-sorting system. *Fisheries Research*, 121-122, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.01.012>
- Herrmann, B., Sistiaga, M., & Larsen, R. B. (2013). Size selectivity of redfish (*Sebastes* spp.) in the Northeast Atlantic using grid based selection systems for trawls. *Aquatic Living Resources*, 26(2), 109-120. <http://doi.org/10.1051/alr/2013051>
- Isaksen, B., Valdemersan, J. W., Larsen, R. B., & Karlsen, L. (1992). Reduction of Fish Bycatch in Shrimp Trawl Using a Rigid Separator Grid in the Aft Belly. *Fisheries Research*, 13(3), 335-352. [http://doi.org/10.1016/0165-7836\(92\)90086-9](http://doi.org/10.1016/0165-7836(92)90086-9)



- Kangas, M. I., Sporer, E. C., Hesp, S. A., Travaille, K. L., Moore, N., Cavalli, P., & Fisher, E. A. (2015). *Exmouth Gulf Prawn Managed Fishery*. Western Australian Marine Stewardship Council (Report No. 1).
- Klima, E. F. (1993). *Shrimp bycatch hopes and fears*. In: P. Jones (ed.), *International Conference on Shrimp Bycatch*. May South-eastern Fisheries Association.
- Larsen, R. B. (1996, April). *Experiments with a new, larger type of fish/shrimp separator grid with comparisons to the standard Nordmore grid*. ICES FIFB WG Meeting.
- Larsen, R. B., Herrmann, B., Sistiaga, M., Brinkhof, J., Tatone, I., & Langård, L. (2017). Performance of the Nordmøre Grid in Shrimp Trawling and Potential Effects of Guiding Funnel Length and Light Stimulation. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 9(1), (479–492). <https://doi.org/10.1080/19425120.2017.1360421>
- Machias, A., Vassilopoulou, V., Vatsos, D., Bekas, P., Kallianiotis, A., Papaconstantinou, C., & Tsimenides, N. (2001). Bottom Trawl Discards in the North-eastern Mediterranean Sea. *Fisheries Research*, 53(2), 181-195. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00298-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00298-8)
- Madsen, N., Moth-Paulsen, T., Holst, R., & Wileman, D. (1999). Selectivity Experiments with Escape Windows in the North Sea Nephrops (*Nephrops norvegicus*) Trawl. *Fisheries Research*, 42, 167-181. [http://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00024-7](http://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00024-7)
- Martin, J. T. (1992). *Conservation and Bycatch: Can They Co-Exist?*. Proceedings of the National Industry Bycatch Workshop, Seattle, Washington.
- Özvarol, Y. (2016). Selectivity of Lessepsian Fish, Randall's Threadfin Bream (*Nemipterus randalli* Russell, 1986) in the Gulf of Antalya, Eastern Mediterranean. *Scientific Papers Animal Science*, 59, 330-335.
- Okuş, E., Yükses, A., Uysal, A., & Orhon, V. (1994). *The stock estimation of some economic fish species in the Sea of Marmara*. (Report No. TÜBİTAK DEBAG-116/G). Istanbul University Marine Science Institute (in English). <http://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0911>
- Salini, J., Brewer, D., Farmer, M., & Rawlinson, N. (2000). Assessment and Benefits of Damage Reduction in Prawns Due to Use of Different Bycatch Reduction Devices in the Gulf of Carpentaria, Australia. *Fisheries Research*, 45(1), 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00104-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00104-6)
- Sistiaga, M., Herrmann, B., & Grimaldo, E. (2010). Assessment of dual selection in grid based selectivity systems. *Fisheries Research*, 105(3), 187-199. <http://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.05.006>
- Tokai, T., Ito, H., Masaki, Y., & Kitahara, T. (1990). Mesh Selectivity Curves of a Shrimp Beam Trawl for Southern Rough Shrimp *Trachypenaeus curvirostris* and Mantis *Oratosquilla oratoria*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56(8), 1231-1237. <https://doi.org/10.2331/suisan.56.1231>
- Waldemarsen, J. W. (1996). *A Review of Norwegian Research with Grid Sorting Devices in Towed Fishing Gears*. ICES Study Group on Grid Sorting Systems in Trawls, Beam Trawls and Seine Nets. Massachusetts, USA, 38-46.
- Wileman, D. A. (1994). *Attempts to develop a species selective trawl for fishing pout*. ICES C.M. B:10 Ref. G. 24 pp.
- Wileman, D. A., Ferro, R. S. T., Fonteyne, R., & Millar, R. B. (1996). *Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears*. ICES Cooperative Research Report, 215. ICES: Copenhagen. 126 pp. Part of: ICES Cooperative Research Report. ICES: Copenhagen. ISSN 1017-6195.
- Ye, Y., Alsaffar, A. H., & Mohammed, H. M. A. (2000). Bycatch and Discard of Kuwait Shrimp Fishery. *Fisheries Research*, 45, 9-19. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00105-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00105-8)
- Zengin, M., Polat, H., Kutlu, S., & Dinçer, A. C. (2004). *Marmara Denizindeki Derin Su Pembe Karidesi (Parapenaeus longirostris, Lucas 1846) Balıkçılığının Geliştirilmesi Üzerine Bir*

- Araştırma* (Report No. TAGEM / HAYSUD / 2001/09/02/004), Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü (in Turkish).
- Zengin, M., & Tosunoğlu, Z. (2006). Selectivity of Diamond and Square Mesh Beam Trawl Codends for *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Decapods, Penaeidae) in the Marmara Sea. *Crustaceana*, 79(9), 1049-1057. <https://doi.org/10.1163/156854006778859713>
- Zengin, M., & Akyol, O. (2009). Description of by-catch species from the coastal shrimp beam trawl fishery in Turkey, *Journal of Applied Ichthyology*, 25(2), 211-214. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01218.x>
- Zengin, M., Gümüş, A., Süer, S., Van, A., Akpınar, İ. Ö., & Dağtekin, M. (2014a, Jun 16-19). *Discard trends of bottom trawl fishery along the Samsun Shelf Area of the Turkish Black Sea coast*. ICES Symposium on Effects of fishing on benthic fauna, habitat and ecosystem function, Tromsø, Norway.
- Zengin, M., Güngör, G., İnceoğlu, H., Düz, G., Benli, K., Kocabaş, E., Ceylan, T., Dağtekin, M., Demirkol, C., & Çolakoğlu, S. (2017a). *Marmara Denizi Balıkçılığının Sosyo-Ekonomik Yapısı ve Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesi*. (Report No. TAGEM/HAYSÜD/2008/09/04/01). TC Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Trabzon Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü (in Turkish).

# Acta Aquatica Turcica

(e-ISSN: 2651-5474)

## Copyright Release Form

Manuscript Submit Date: ...../...../.....

Manuscript Title : .....

The author(s) warrant(s) that;

- The manuscript is original and is not being forwarded for publish and assessment to publication elsewhere after sending *Acta Aquatica Turcica* (Acta Aqua.Tr.)
- The publishing, printing and distribution of the article is belong to the legal entity under name *Acta Aquatica Turcica* (Acta Aqua.Tr.).
- The written and visual materials such as the text, tables, figures and graphics etc. of the manuscript don't contain any copyright infringement, and the all legal permissions for them have been taken by the author(s).
- The all scientific, ethic and legal responsibility of the article is belong to author(s).

Notwithstanding the above, the Contributor(s) or, if applicable the Contributor's Employer, retain(s) all proprietary rights other than copyright, such as

- ✓ The patent rights,
- ✓ The using rights of the all authors will be published in book or other work without paying fees,
- ✓ The rights to reproduce the article for their own purposes provided are not sell under the seal of secrecy of distribution rights, and in accordance with the following conditions has been accepted by us.

Full Name, Address of Corresponding Author: .....

E-Mail : ..... Signature : .....

| Full Name | Address | Signature |
|-----------|---------|-----------|
|           |         |           |
|           |         |           |
|           |         |           |
|           |         |           |
|           |         |           |
|           |         |           |
|           |         |           |

**Acta Aquatica Turcica**  
Phone : +90 246 2146401 Fax: +90 246 2146445  
<http://dergipark.org.tr/actaquatr>  
[actaquatr@isparta.edu.tr](mailto:actaquatr@isparta.edu.tr)

# Author Guidelines

## PAGE SIZE

Page should be A4 (21 cm x 29.7 cm) size.

## MARGINS

Top: 2.5 cm      Right: 2.5 cm      Left: 2.5 cm      Bottom: 2.5 cm      Gutter: 0 cm

## TEXT FORMATING

Font : Times New Roman  
Font size : 12-point  
Alignment : Justified  
Indent : 1.25 cm  
Line spacing : 2  
Line numbers : Continuously throughout the manuscript  
Page numbers : Automatic numbered in the bottom center of the pages

## TITLE PAGE

The title page should be uploaded to the system separately from the manuscript file. The title page should contain only the following information.

### - *Title*

Title should be brief and informative reflecting the study. Abbreviations and formulae usage is not recommended.

### - *Running title*

A short (running) title with a maximum of 75 characters should be given to reflect the title.

### - *Authors names*

Name and surnames of the authors should be indicated clearly. Accuracy of the names spelling should be checked before submission.

### - *Institution*

Format used: University/Institution, Faculty, Department, Province-COUNTRY

Example: Isparta University of Applied Sciences, Eğirdir Fisheries Faculty, Department of Aquaculture, Isparta-TURKEY

### - *Corresponding author*

Please indicate the corresponding author who will be responsible for all the stages of publication, review, and post-publication. Contact information and mailing address of corresponding author should be given in the title page.

\*Corresponding Author: Name Surname, e-mail: ...

### - *ORCID's of the authors*

ORCID's of the authors should be identified. Please visit <https://orcid.org> to register an ORCID.

## MANUSCRIPT FORMAT

Manuscripts in original articles, short communication, case report and reviews should be prepared in accordance with the format below\*.

|                  |                     |             |                |
|------------------|---------------------|-------------|----------------|
| Original Article | Short Communication | Case Report | Review Article |
|------------------|---------------------|-------------|----------------|

Title

Short title

Authors

Institutions

Corresponding author e-mail

ORCID's of the authors

Title

Abstract

Keywords

Turkish title\*

Turkish abstract\*

Turkish keywords\*

1. Introduction

|                         |                 |                |                 |
|-------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 2. Material and Methods | 2. FREE CONTENT | 2. Case Report | 2. FREE CONTENT |
| 3. Results              |                 |                |                 |
| 4. Discussion           |                 | 3. Discussion  |                 |
| 5. Conclusion           |                 | 4. Conclusion  |                 |

Acknowledgement

Funding

Conflict of Interest

Author Contributions

Ethical Statements

Data Availability Statement

References

\* **Note:** Turkish title, abstract and keywords supports are provided for non-Turkish authors.

### ABSTRACT

Abstract should concisely contain the purpose of the study, the methods used, the prominent findings, and its contribution to the literature. It should be written both in Turkish and English with a maximum of 300 words.

### KEYWORDS

Keywords should be chosen from words that are not included in the title and reflect the study. At least 3 (three), maximum 5 (five) keywords should be specified. There should be a comma (,) between words and a dot (.) after the last word.

*Keywords:* CITES, aquaponics, production protocol, mortality, immunology.

### DECIMAL NUMBERS

Comma “,” should be used in Turkish manuscripts and dot “.” should be used in English manuscripts.

Turkish: %10,25

English: 10.25%

### **SCIENTIFIC NAMES**

The species name should be given without abbreviation (*Cyprinus carpio*) in the first place in the text, and then the genus name should be abbreviated (*C. carpio*).

### **TABLES**

The table title should be positioned above the table and should be written concisely. Abbreviations used in the table should be explained below the table. The table must be in the form of a straight guide, with no special design applied. Authors are encouraged to convey the table contents to the reader in the table footer, independently of the article. Font size for footers should be 10 points. Tables should be cited in the text as Table 1, Table 2, etc. The tables should be given in the nearest place where it cited. Tables must be editable. Tables in screenshot or picture format are not accepted.

### **FIGURES**

The figure title should be short and concise, centered at the bottom of the figure. Figures should have a minimum resolution of 300 DPI. Figures should be cited in the text as Figure 1, Figure 2, etc. The figures should be given in the nearest place where it cited.

### **ACKNOWLEDGEMENT**

In this section, those who help to the conduct the study apart from financial support, are indicated.

Example: The authors thank Ahmet Taş (Isparta University of Applied Sciences, Turkey) for his helps during the laboratory part of the study.

### **FUNDING**

In this section, institutions that provide financial support to the conduct of the study are indicated using the grant number.

Example-1: This study was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Isparta University of Applied Sciences grant 3241-E2-14.

Example-2: No financial support was received for the present study.

### **CONFLICT OF INTEREST**

Conflicts of interest of the author(s), if any, are indicated in this section.

Example: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

### **AUTHOR CONTRIBUTIONS**

The contributions of each author to the relevant stages of the study are indicated by using each work package and the first letters of the name and surname.

Example:

Fiction: IT; Literature: KL, TN; Methodology: CT, FU; Performing the experiment: FM, CT, FU; Data analysis: FU, TA; Manuscript writing: CT, FU, Supervision: CT. All authors approved the final draft.

### **ETHICAL APPROVAL STATEMENTS**

The ethics committee approvals obtained for the study are indicated with information of institute, date, and number. Manuscripts that are not declare, although they require the Local Ethics Committee Approval in studies

conducted with vertebrates, and the Approval for Ethics Committee Approval of Non-Interventional Investigates in survey/interview studies will not be considered for scientific evaluation.

Example-1: Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.

Example-2: This study was conducted with the approval of Animal Experiments Local Ethics Committee of Isparta University of Applied Sciences (Date: 01.07.2010, No: 21438139-147).

#### **DATA AVAILABILITY STATEMENT**

In this section, data availability statement should be declared by the authors regarding the anonymous availability of the data used in the manuscript. Acta Aquatica Turcica encourages authors to share research data used.

Example-1: The data that support the findings of this study are openly available in Figshare at <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11815566.v1>

Example-2: The data used in the present study are available upon request from the corresponding author. Data is not available to the public due to privacy or ethical restrictions.

Example-3: Data supporting the findings of the present study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Example-4: Data sharing is not applicable for the present study as no new data was created or analyzed.

Example-5: Research data is not shared.

Example-6: Data supporting the findings of the present study are available in the supplementary material to this article.

#### **CITATIONS**

Citations are written in the following formats, in the order of the year, separated by a semicolon (;).

- Single author

(Author, Year)

-- It is thought to be ... (Küçük, 2008; Güçlü, 2018a; Güçlü, 2018b).

-- According to Küçük (2008), ...

- Two authors

(Author-1 and Author-2, Year)

-- They are among the important parameters (Küçük and Güçlü; 2001; Ekici and Koca, 2021a; Ekici and Koca, 2021b).

-- According to Ekici and Koca (2021b),...

- Three or more authors

(Author-1 et al., Year)

-- It can be repeated periodically (Yiğit et al., 2006a; Yiğit et al., 2006b; Boyacı et al., 2020).

-- According to Boyacı et al. (2020),...

#### **REFERENCES LIST**

References should be indented 1.25 cm from the second line and should be prepared according to APA version 7. Ideally, the names of all authors should be provided. Usage of "et al" in long author lists (more than 10) will also be accepted. Except for special uses, only the first letter of the title of all references should be capitalized, and all



words in the names of the sources (journal, publishing house and congress) should be written with a capital letter.

### ***1-Journal articles***

The name of the journal (*italic*) without shortening, volume (*italic*), issue, page numbers and DOI number having an active link should be specified.

Petrauskienė, L., Utevska, O., & Utevsky, S. (2009). Can different species of medicinal leeches (*Hirudo* spp.) interbreed? *Invertebrate Biology*, 128(4), 324-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2009.00180.x>

Wagenaar, D. A., Hamilton, M. S., Huang, T., Kristan, W. B., & French, K. A. (2010). A hormone-activated central pattern generator for courtship. *Current Biology*, 20(6), 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.027>

### ***2-Book***

The title of book should be written in *italic*, and it should be followed with Publisher information.

Nesemann, H., & Neubert, E. (1999). *Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea*. Spektrum Akademischer Verlag.

Sawyer, R. T. (1986). *Leech biology and behavior*. Oxford University Press.

### ***3-Book section***

The title of the chapter should be normal, the title of the book should be in *italic*, the editor(s), the page numbers of the section, the publisher and the DOI number (if available) having active link should be included.

Le Couteur, D., Kendig, H., Naganathan, V., & McLachlan, A. (2010). The ethics of prescribing medications to older people. In S. Koch, F. M. Gloth, & R. Nay (Eds.), *Medication management in older adults* (pp. 29-42). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-60327-457-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-60327-457-9_3)

McCormack, B., McCance, T., & Maben, J. (2013). Outcome evaluation in the development of person-centred practice. In B. McCormack, K. Manley, & A. Titchen (Eds.), *Practice development in nursing and healthcare* (pp. 190-211). John Wiley & Sons.

### ***4-Web pages / Online documents***

The title of the page should be in *italic*, the name of the website and the active link to the page should be specified.

International Union for Conservation of Nature. (2010). *Chondrostoma nasus*. <https://www.iucnredlist.org/species/4789/97800985>

Wikipedia. (2021). *Toxicology*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Toxicology>

### ***5-Dissertations/Thesis***

The title of the dissertation/thesis should be in *italic*, its type (Doctoral, Master's, Specialization in Medicine) and the name of the university should be specified.

Filik, N. (2020). Inhibition effect of phenolic compounds on the environmental sensing system of *Aeromonas hydrophila* strains isolated from cultured fish and determination of the clonal relationship between strains by pulsed field gel electrophoresis method. [Doctoral dissertation, Isparta University of Applied Sciences].

Ozdal, A. M. (2019). Effects on growth and coloration of red pepper supplementation as pigment sources to diets of jewel cichlid (*Hemichromis guttatus*). [Master's thesis, Isparta University of Applied Sciences].

***6-Conference, symposium presentations***

Event date, presentation title (*italic*), presentation type (Oral presentation, Poster presentation), event name, city and country should be given.

Ceylan, M., Çetinkaya, O. (2017, October 4 - 6). Assessment of population structure and size of medicinal leech *Hirudo verbana*, inhabiting some model wetlands of Turkey [Oral Presentation]. International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries, Isparta, Turkey.

Snoswell, C. (2016, October 31 - November 3). Models of care for store-and-forward teledermatology in Australia [Poster presentation]. 7th International Conference on Successes and Failures in Telehealth, Auckland, New Zealand.

**NOTE:** Manuscripts that are not prepared in accordance with the journal writing rules will not be considered for scientific evaluation.

# Yazım Kuralları

## SAYFA BOYUTU

Sayfa A4 (21 cm x 29,7 cm) formatında olmalıdır.

## KENAR BOŞLUKLARI

Üst: 2,5 cm Sol: 2,5 cm Alt: 2,5 cm Sağ: 2,5 cm Cilt payı: 0 cm

## YAZI STİLİ

Yazı karakteri : Times New Roman  
Yazı karakteri büyüklüğü : 12 punto  
Paragraf : İki yana yaslı  
Paragraf girintisi : 1,25 cm  
Satır aralığı : 2  
Satır numarası : Metnin tümünde satır numarası atanmalıdır  
Sayfa numarası : Sayfaların altına gelecek şekilde otomatik numaralanmış

## BAŞLIK SAYFASI

Başlık sayfası, makale dosyasından ayrı olarak sisteme yüklenmelidir. Başlık sayfasında sadece aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

### - *Başlık*

Başlık kısa, bilgilendirici ve çalışmayı net olarak yansıtmalıdır. Kısaltma ve formül kullanımı önerilmez.

### - *Kısa başlık*

Başlığı yansıtacak şekilde maksimum 75 karakterde kısa bir başlık verilmelidir.

### - *Yazarlar*

Yazarların ad ve soyadları kısaltılmadan açık olarak yazılmalıdır. Makale yüklenmeden önce yazar isimlerinin doğruluğu kontrol edilmelidir.

### - *Kurum bilgisi*

Kullanılan düzen: Üniversite/Enstitü, Fakülte, Bölüm, İl-ÜLKE

Örnek: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Isparta-TÜRKİYE

### - *Sorumlu yazar*

Makalenin tüm aşamalarından sorumlu olacak sorumlu yazar belirtilmelidir. Başlık sayfasında sorumlu yazarın iletişim bilgileri ve posta adresi verilmelidir.

\*Sorumlu Yazar: Adı Soyadı, e-posta: ...

### - *ORCID bilgileri*

Tüm yazarların ORCID bilgileri belirtilmelidir. Lütfen ORCID tanımlaması yapmak için <https://orcid.org> adresini ziyaret ediniz.

## MAKALE FORMATI

Araştırma makalesi, kısa makale, olgu sunumu ve derlemeler aşağıdaki formata uygun olarak hazırlanmalıdır.

|                           |                    |                    |                |
|---------------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| <b>Araştırma Makalesi</b> | <b>Kısa Makale</b> | <b>Olgu Sunumu</b> | <b>Derleme</b> |
|---------------------------|--------------------|--------------------|----------------|

Başlık

Kısa başlık

Yazarlar

Kurum bilgileri

Sorumlu yazar e-posta adresi

ORCID bilgileri

Başlık

Özet

Anahtar kelimeler

Title

Abstract

Keywords

1. Giriş

2. Materyal ve Metot

2. SERBEST İÇEREİK

2. Olgu Sunumu

2. SERBEST İÇEREİK

3. Bulgular

4. Tartışma

3. Tartışma

5. Sonuç

4. Sonuç

Teşekkür

Finans

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar Katkıları

Etik Onay Beyanı

Veri Kullanılabilirlik Beyanı

Kaynaklar

## ÖZET

Özet, çalışmanın amacını, kullanılan metotları, öne çıkan bulguları ve literatüre katkısını öz bir şekilde içermelidir. Hem Türkçe hem de İngilizce dillerinde maksimum 300 kelime olacak şekilde yazılmalıdır.

Not: Türk olmayan yazalar için Türkçe Özet desteği sağlanmaktadır.

## ANAHTAR KELİMELER

Anahtar kelimeler başlıkta yer almayan, çalışmayı yansıtacak kelimelerden seçilmelidir. En az 3 (üç), en çok 5 (beş) kelime belirtmeli; kelimeler aralarında virgül (,) son kelimedenden sonra ise nokta (.) gelmelidir.

Anahtar kelimeler: CITES, akuaponik, üretim protokolü, mortalite, immünoloji.

## ONDALIK GÖSTERİM

Türkçe makalelerde “,” (virgül) İngilizce makalelerde ise “.” (nokta) olmalıdır.

Türkçe: %10,25

İngilizce: 10.25%

## **LATİNCE GÖSTERİM**

Tür ismi, metinde ilk geçtiği yerde kısaltılmadan (Cyprinus carpio), sonrasında ise cinsi ismi kısaltılarak (C. carpio) verilmelidir.

## **TABLolar**

Tablo başlığı, tablonun üstüne gelecek şekilde kısa ve öz olmalıdır. Tabloda yer alan kısaltmalar tablonun altında açıklanmalıdır. Tablo özel bir tasarım uygulanmamış, düz kılavuz şeklinde olmalıdır. İhtiyaç bulunması halinde tablo içi metinde yazı karakteri büyüklüğü 10 puntoya kadar düşürülebilir. Tablolara metin içinde Tablo 1, Tablo 2, ... şeklinde atıf yapılmalıdır. Tablolar, alıntılıandıkları yere en yakın yerde verilmelidir. Tablolar düzenlenebilir olmalıdır. Ekran görüntüsü veya resim formatındaki tablolar kabul edilmemektedir.

## **ŞEKİLLER**

Şekil başlığı, şeklin altına ortalanmış olarak kısa ve öz olmalıdır. Şekiller minimum 300 DPI çözünürlükte olmalıdır. Şekillere metin içinde Şekil 1, Şekil 2, ... şeklinde atıf yapılmalıdır. Şekiller, alıntılıandıkları yere en yakın yerde verilmelidir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu bölümde finansal destek dışında çalışmanın yürütülmesine katkı sunanlar belirtilir.

Örnek: Yazarlar çalışmanın laboratuvar bölümünde yardım eden Ahmet Taş'a (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye) teşekkür etmektedir.

## **FİNANS**

Bu bölümde çalışmanın yürütülmesine finansal destek sağlayan kurumlar destek numarası kullanılarak belirtilir.

Örnek-1: Bu çalışma 3241-E2-14 proje numarası ile Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Örnek-2: Bu çalışmanın yürütülmesinde herhangi bir finans desteği alınmamıştır.

## **ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI**

Bu bölümde yazarların varsa çıkar çatışmaları belirtilir.

Örnek: Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan eder.

## **YAZAR KATKILARI**

Bu bölümde isim ve soy ismin ilk harfleri kullanılarak yazarların çalışmanın ilgili aşamalarına yaptıkları katkılar belirtilir.

Örnek:

Kurgu: BT; Metodoloji: CT, FU; Deneyin gerçekleştirilmesi: FM, CT, FU; Veri analizi: FU, TA; Makale yazımı: CT, FU, Denetleme: CT. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

## **ETİK ONAY BEYANI**

Bu bölümde çalışmanın yürütülmesinde alınan etik kurul onayının alındığı kurum, tarih ve numarası belirtilir. Omurgalı hayvanlarla yürütülen çalışmalarda Yerel Etik Kurul Onayı, anket/mülakat çalışmalarında ise Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Onayı gerektirdiği halde beyan edilmeyen makaleler bilimsel değerlendirmeye alınmamaktadır.

Örnek-1: Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

Örnek-2: Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Hayvan Deneyleleri Yerel Etik Kurul onayı ile yürütülmüştür (Tarih: 01.07.2010, No: 21438139-147).

## **VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI**

Bu bölümde makalede kullanılan verilerin anonim kullanılabilirliğine ilişkin beyanda bulunulmalıdır. Acta Aquatica Turcica dergisi, yazarları araştırma verilerini paylaşmaya teşvik etmektedir.

Örnek-1: Bu çalışmada kullanılan veriler Figshare platformunda <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11815566.v1>

DOI adresi ile erişime açıktır.

Örnek-2: Bu çalışmada kullanılan verilere ilgili yazardan talep üzerine erişilebilir. Veriler, gizlilik veya etik kısıtlamalar nedeniyle kamuya açık değildir.

Örnek-3: Bu çalışmada kullanılan veriler makul talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

Örnek-4: Bu çalışmada yeni veri oluşturulmadığı veya analiz edilmediği için veri paylaşımı bu makale için geçerli değildir.

Örnek-5: Araştırma verileri paylaşılmaz.

Örnek-6: Bu çalışmada kullanılan veriler bu makalenin ekinde mevcuttur.

## **ATIFLAR**

Atıflar yıl sırasına göre ve aralarında noktalı virgül (;) olacak şekilde aşağıdaki formatlarda yazılır:

- Tek yazar:

(Yazar, yıl)

-- ... olduğu düşünülmektedir (Küçük, 2008; Güçlü, 2018a; Güçlü, 2018b).

-- Küçük (2008)'e göre ...

- İki yazar:

(Yazar-1 ve Yazar-2, yıl)

-- ... önemli parametreler arasında yer almaktadır (Küçük ve Güçlü; 2001; Ekici ve Koca, 2021a; Ekici ve Koca, 2021b).

-- Ekici ve Koca (2021b)'a göre ...

- Üç ve daha çok yazar:

(Yazar vd., yıl)

-- ... dönemselsel olarak tekrarlayabilmektedir (Yiğit vd., 2006a; Yiğit vd., 2006b; Boyacı vd., 2020)

-- Boyacı vd. (2020)'e göre ...

## **KAYNAKLAR**

Kaynaklar APA 7. versiyona göre yazılmalıdır. Tüm yazarların isimleri verilmelidir, ancak 10. yazardan sonra "vd." kısaltması da kabul edilmektedir. Özel kullanımlar hariç olmak üzere tüm eser türlerinde eser isminin sadece ilk harfi büyük, eserin yayımlandığı veya sunulduğu dergi, yayınevi, kongre isimlerinde geçen tüm kelimeler büyük harfle başlanarak yazılmalıdır.

### ***1-Makale***

Dergi ismi kısaltılmadan (italik), cilt (italik), sayı, sayfa numaraları ve aktif link içerecek şekilde DOI numarasına yer verilmelidir:

Petrauskienė, L., Utevskas, O., & Utevsky, S. (2009). Can different species of medicinal leeches (*Hirudo* spp.) interbreed? *Invertebrate Biology*, 128(4), 324-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2009.00180.x>

Wagenaar, D. A., Hamilton, M. S., Huang, T., Kristan, W. B., & French, K. A. (2010). A hormone-activated central pattern generator for courtship. *Current Biology*, 20(6), 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.027>

### ***2-Kitap***

Kitap başlığı italik olacak şekilde ve yayın kuruluş ismi olacak şekilde verilmelidir.

Nesemann, H., & Neubert, E. (1999). *Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea*. Spektrum Akademischer Verlag.

Sawyer, R. T. (1986). *Leech biology and behavior*. Oxford University Press.

### **3-Kitap bölümü**

Bölüm başlığı normal, kitap başlığı italik olacak şekilde, editör(ler), bölümün sayfa numaraları, yayıncı kuruluş ve varsa aktif link içerek şekilde DOI numarasına yer verilmelidir:

Le Couteur, D., Kendig, H., Naganathan, V., & McLachlan, A. (2010). The ethics of prescribing medications to older people. In S. Koch, F. M. Gloth, & R. Nay (Eds.), Medication management in older adults (pp. 29-42). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-60327-457-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-60327-457-9_3)

McCormack, B., McCance, T., & Maben, J. (2013). Outcome evaluation in the development of person-centred practice. In B. McCormack, K. Manley, & A. Titchen (Eds.), Practice development in nursing and healthcare (pp. 190-211). John Wiley & Sons.

### **4-Web sitesi**

Sayfa başlığı italik, websitesinin ismi ve sayfanın aktif linki olacak şekilde verilmelidir.

International Union for Conservation of Nature. (2010). Chondrostoma nasus. <https://www.iucnredlist.org/species/4789/97800985>

Wikipedia. (2021). Toxicology. <https://en.wikipedia.org/wiki/Toxicology>

### **5- Tezler**

Tez başlığı italik olacak şekilde, tez türü (Doktora, Yüksek lisans, Tıpta Uzmanlık) ve üniversite ismi belirtilmelidir.

Filik, N. (2020). Kültür balıklarından izole edilen Aeromonas hydrophila suşlarında fenolik bileşenlerin çevreyi algılama sistemi üzerine inhibisyon etkisi ve suşlar arasındaki klonal ilişkinin pulsed field jel elektroforez yöntemiyle belirlenmesi [Doktora tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi].

Özdal, A. M. (2019). Effects on growth and coloration of red pepper supplementation as pigment sources to diets of jewel cichlid (Hemichromis guttatus) [Yüksek lisans tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi].

### **6- Konferans, sempozyum sunumları**

Etkinlik tarihi, sunu başlığı (italik), sunum türü (Sözlü sunum, Poster sunum), etkinlik adı, şehir ve ülke verilmelidir.

Ceylan, M., Çetinkaya, O. (2017, Ekim 4 - 6). Assessment of population structure and size of medicinal leech Hirudo verbana, inhabiting some model wetlands of Turkey [Sözlü sunum]. International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries, Isparta, Türkiye.

Snoswell, C. (2016, Ekim 31 - Kasım 3). Models of care for store-and-forward teledermatology in Australia [Poster sunum]. 7th International Conference on Successes and Failures in Telehealth, Auckland, Yeni Zelanda.

**NOT:** Dergi yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmayan makaleler değerlendirmeye alınmamaktadır.