

## Kuzey Ege Denizi Edremit Körfezi'nde Yaşayan Sarı Kuyruk İstavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner 1868)'un Otolit karakterlerinde Dalgalı Asimetrisinin İncelenmesi

Derya BOSTANCI<sup>1\*</sup> , Dilek TÜRKER<sup>2</sup> , Serdar YEDİER<sup>1</sup> , Seda KONTAŞ<sup>3</sup> ,  
Gülşah KURUCU<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, 52200 ORDU

<sup>2</sup> Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 10463 BALIKESİR

<sup>3</sup> Ordu Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, 52200 ORDU

(Geliş Tarihi/ Recived Date: 29.12.2017; Kabul Tarihi/ Accepted Date: 15.04.2018)

### Öz

Kuzey Ege Denizi Edremit Körfezi'nde yaşayan *Trachurus mediterraneus*, sarı kuyruk istavritin otolit boyu, genişliği, alanı ve çevresi gibi dört farklı otolit karakterinin dalgalı asimetri değerleri inceleyerek bu türlerin yaşadığı habitatta çevresel kaynaklı bir stres altında olup olmadığını belirlemek için yapılmıştır. Bu çalışmada yerel balıkçılar yardımıyla yakalanan 180 adet balık örneği ve bu örneklerden çıkarılmış toplamda 360 adet sagittal otolit kullanılmıştır. Sol ve sağ otolit çiftlerinin boyu, genişliği, alanı ve çevresi gibi karakterleri incelendiğinde bu karakterler arasında sadece otolit alanında istatistiksel bir fark belirlenmiş ( $P < 0.05$ ) olup bu farkta otolit alanının asimetrisine yansımıştır. Balık örnekleri sekiz total boy grubuna bölünerek her boy grubunun asimetrisi hem ayrı ayrı hesaplanmış hem de boy grubu olmaksızın değerlendirilmiştir. Otolit alanı 2.8425 değeriyle en fazla asimetri gösterirken otolit çevresi ise 1.5931 değeriyle en az asimetri gösteren karakterler olmuştur. Çalışmada incelenen otolit karakterlerinin dalgalı asimetrisinin balıkların cinsiyetlerine göre değişmediği bulunmamıştır ( $P > 0.05$ ). *T. mediterraneus*'un otolit karakterlerinin dalgalı asimetrisi değerlendirildiğinde asimetrik birey sayısının fazla olması nedeniyle yaşadığı ortamda stres altında olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Asimetri, Sagittal otolit, Çevresel stres, Su kirliliği, *Trachurus mediterraneus*, Kuzey Ege Denizi

### Investigating the Fluctuating Asymmetry in the Otolith Characters of Mediterranean Horse Mackerel, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner 1868) Inhabiting Edremit Bay, North Aegean Sea

#### Abstract

The fluctuating asymmetry values of four different otolith characters such as otolith size, width, area and perimeter of Mediterranean horse mackerel, *Trachurus mediterraneus* living in Edremit Bay, North Aegean Sea was investigated to determine whether these species are under environmental stress

in their habitat. In this study, 180 fish samples captured by local fishermen and 360 sagittal otoliths collected from these samples were used. When left and right otolith characters such as length, width, area and perimeter are examined, a statistical difference ( $P < 0.05$ ) was found only in the otolith area between the left and right otolith pairs, and this difference was reflected in the asymmetry of the otolith area. The fish samples were divided into eight total size groups and the asymmetry of each size group was evaluated separately and without total length groups. Otolith area showed the highest asymmetry with 2.8425 value while otolith perimeter had the lowest asymmetry with 1.5931 value. It was not found that the fluctuating asymmetry of otolith characters studied in the current study was not correlated with sex of the fish ( $P > 0.05$ ). When the fluctuating asymmetry of otolith characters in *T. mediterraneus* evaluates, the result is that the number of asymmetric individuals is so high that they may be under stress in the living environment.

**Keywords:** Asymmetry, sagittal otolith, environmental stress, water pollution, *Trachurus mediterraneus*, North Aegean Sea

---

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: [deryabostanci@gmail.com](mailto:deryabostanci@gmail.com)

## Giriş

Simetri hayvanların taksonomisinde önem taşıyan özelliklerden biri olup canlının göze çarpan en önemli özelliklerinden biridir (Holló 2015). Simetri canlılarda tam bir denge ve orantılılık kavramı olmanın yanı sıra canlının bir nokta, eksen ya da sanal bir düzleme göre sol ve sağ parçalarının birbirinin ayna görüntüsü olarak aldığı biçim olarak da tanımlanabilir. Asimetri ise simetrisinin bulunmaması veya ihlali durumudur. Canlıların birçoğu bilateral özellikler açısından mükemmel simetrik yapılanma göstermelerine rağmen bazı canlılarda ise asimetric bir yapılanma gözlemlenebilir (Holló ve Novák 2012). Bir bireyin asimetrisi bilateral olarak eşleştirilmiş karakterlerden sağ tarafa ait değerlerden sol tarafa ait değerlerin çıkartılmasıyla ölçülür (Tomkins ve Kotiaho 2002). Canlılardaki asimetrilerin popülasyon düzeyindeki dağılımını inceleyerek, dalgalı asimetri, yönelimsel asimetri ve antisimetri olmak üzere üç farklı biyolojik asimetri çeşidi arasında ayırım yapabiliriz (Tomkins ve Kotiaho 2002).

Dalgalı asimetri terimi genel olarak kusursuz bilateral simetriden küçük rasgele sapmalar ile karakterize dağılımına neden olmaktadır (Carpentero ve Tabugo 2014). Yönelimsel asimetri ise popülasyonlardaki gözlenen tercihe dayalı tek tip sapmaları ifade eder ve canlının tercihinin etkin olduğu davranışlara ilişkin olarak ortaya çıkan morfolojik varyasyonları yansıtmaktadır (Møller 1994; Aurebach ve Raxter 2008). Antisimetri de yönelimsel asimetriye bezer şekilde bilateral simetriden sapmaları ifade etmektedir ancak canlıdaki taraf tercihi açısından sağ ve sol arasında bir farklılık gözlemlenmemektedir (Graham ve ark. 1993). Bununla birlikte, simetrik bireyler dalgalanan asimetri dağılımlarında görülenlerden daha seyreklerdir (Tomkins ve Kotiaho 2002).

Bazı araştırmacılar gerek yönelimsel asimetri gerekse antisimetrisinin tam olarak tanımlanmamış olan bir genetik dayanağının olduğunu ve canlının gelişimsel süreci boyunca

karşılaşmış farklı tipte stres faktörlerini tam olarak yansıtmayacağını belirtmişlerdir (Palmer ve Strobeck 1992; Møller 1994). Canlılarda gelişimsel olarak kontrol edildiği düşünülen yönelimsel asimetri ve antisimetri uyarlanabilir olması oldukça önem taşırken dalgalanan asimetrisinin uyumsal olması muhtemel değildir ve asimetrisinin ideal durumda olması beklenir (Van Valen 1962; Palmer 1994; Gangestad ve Thornhill 1999).

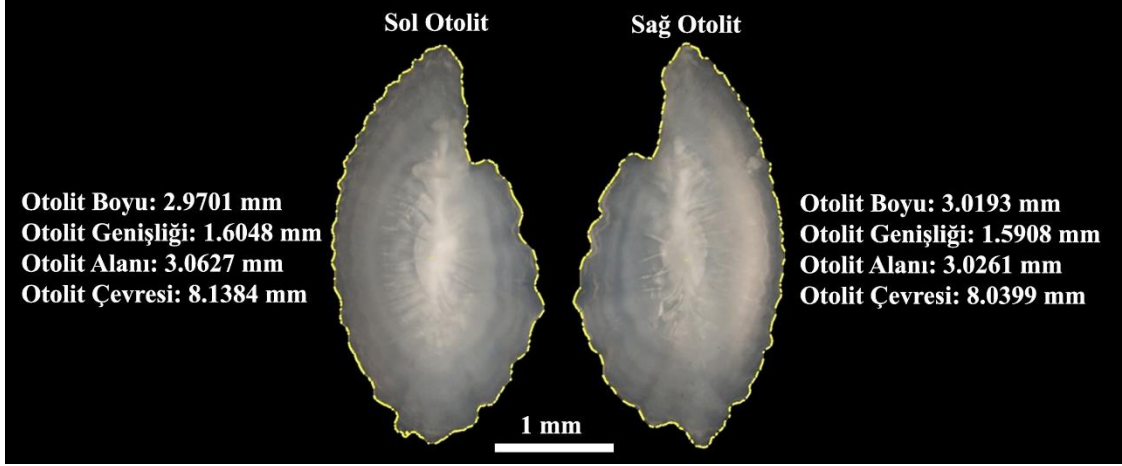
Canlılar yaşam dönemlerinde meydana gelen bazı rahatsızlıkları telafi edememekte ve bu rahatsızlıkların bazıları da gelişme istikrarsızlıklarına sebep olmaktadır (Zakharov 1992). Gelişimsel istikrarsızlık başlıca çevresel veya genetik koşullara bağlı stresten etkilendiği bilinmektedir. Gelişimsel istikrarsızlıklara neden olan çevresel faktörler; yüksek dalgalanan asimetriye sebep olmakta ve canlının ikili karakterinde bilateral simetriden sapmalar meydana gelmektedir (Palmer 1994; Fey ve Hare 2008). Böylece, canlıdaki bu dalgalı asimetri organizmanın durumunda spesifik çevresel etkiler olduğunu göstermektedir. Örneğin sucul ekosistemlerde, DDT ile aşırı derecede kirlenmiş bölgelerdeki balıklar gibi omurgalı hayvanlarda ve tarımsal gübre fabrikası çevresindeki karides gibi omurgasız hayvanlarda daha yüksek seviyelerde dalgalı asimetri bulunmuştur (Tomkins ve Kotiaho 2002). Ayrıca balık durumu ile dalgalanan asimetri arasındaki ilişki deniz ve tatlı sularda yaşayan farklı balık türlerin solungaç dikenlerinin sayısı, pektoral yüzgeç ışınları, balıkların gövde oranları, göz spot alanı, otolit boyutu ve şekli gibi birçok farklı karakterleri üzerinde araştırılmıştır (Jawad 2001; Jawad 2003; Al-Mamry ve ark. 2011; Jawad ve ark. 2012; Hermita ve ark. 2013; El-Regal ve ark. 2016; Bostancı ve ark. 2017; Konaş ve ark. 2017; Yedier ve ark. 2017).

Sarı kuyruk istavrit, *Trachurus mediterraneus*, Karadeniz, Akdeniz, Ege ve Marmara kıyılarında dağılım gösteren ülkemizde oldukça fazla tüketilen ve yoğun avcılık potansiyeline sahip ekonomik değeri oldukça yüksek olan bir balık türüdür. Bu balık türü kıyıya yakın pelajik alanlar başta olmak üzere 40-500 m arasındaki derinliklerde de yayılış gösterebilir (Fischer ve ark. 1987) ve yaygın olarak trol, gırgır ve uzatma ağ ile avcılığı yapılmaktadır. Ülkemizdeki balık türlerinin otolit asimetri özellikleri detaylı olarak bilinmemektedir. Bu çalışma ile birlikte sarı kuyruk istavritin Kuzey Ege Denizi Edremit Körfezi'ndeki popülasyonunun dalgalı otolit asimetri özelliklerinin belirlenmesi ve bu türün yaşam alanında çevresel kaynaklı bir stres yaşayıp yaşamadığı dalgalı otolit asimetrisi değerleriyle belirlenmeye çalışılmıştır.

## **Materyal ve Metot**

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından 13.04.2016 tarih ve 82678388/09 sayılı karar ve yerel etik kurul belgesi ile onaylanmıştır. Kuzey Ege Denizi Edremit Körfezi'nde yaşayan sarı kuyruk istavrit örnekleri yerel balıkçılar yardımıyla balık örneklemeleri yapılmış ve örnekler Ordu Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü Hidrobiyoloji Laboratuvarına getirilerek inceleme işlemleri yapılmıştır. Örneklerinin ağırlık ve total boy gibi genel ölçümleri alındıktan sonra her balık örneği için diseksiyon vasıtasıyla eşey tayini yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra her bireyden sağ ve sol sagittal otolitler çıkarılmıştır. Zarar görmemiş olan sağ ve sol otolitler değerlendirmeye alınarak Leica S8APO marka trinoküler mikroskop ve Leica Application

Suite (Ver. 3.8) marka görüntüleme analiz programı yardımıyla genişlik (OG), boy (OB), çevre (OÇ) ve alan (OA) ölçümleri yapılmıştır (Şekil 1).



**Şekil 1.** *T. mediterraneus*'un sol ve sağ sagittal otolitlerinin genel ölçümleri

Çalışmada incelenen tüm değişkenlerin Kolmogorov-Smirnov testi kullanılarak normal dağılıma uygunluğu Levene testi kullanılarak ise varyansların homojenliği belirlenmiş olup ve Minitab 17.0 istatistik programları kullanılarak gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. *T. mediterraneus*'un erkek ve dişi bireylerin otolit genişliği, boyu, çevresi ve alanı gibi otolit özelliklerinin arasında farklılık olup olmadığı t-testiyle, sağ ve sol otolitler çiftleri arasında fark olup olmadığı ise paired-t testiyle belirlenmiştir.

Dalgalı otolit asimetrisi için otolit genişliği, boyu, çevresi ve alanı gibi özellikler değerlendirilmeye alınmış olup dalgalı otolit asimetrisi hesaplanmasında Valentine ve ark. (1973) tarafından bildirilen yöntemle göre yapılmıştır.

## **Bulgular ve Tartışma**

Edremit Körfezi'nden yakalanan örneklerden incelenmeye uygun 180 adet istavrit örneği değerlendirilmeye alınmıştır. İstavrit örnekleri 10.20-48.80 gr ağırlıklarında ve 10.8-17.4 cm total boylarında dağılım göstermiştir. Bu balıklarda elde edilen otolitlerden mikroskopik incelemeye uygun olan 360 adet (180 çift) otolit incelenmiştir. Tüm değişkenlerin normal dağılım gösterdiği Kolmogorov-Smirnov testiyle ( $P>0.05$ ) ve bu değişkenlerin varyanslarının homojen olduğu Levene testiyle belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Yakalanan balıkların sol ve sağ otolitlerinin ölçülen değerlerden sadece otolit alanında istatistiksel olarak fark bulunurken ( $P<0.05$ ) genişlik, boy ve çevre gibi değerler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ( $P>0.05$ ). Ayrıca dişi ve erkek bireylerde ayrı ayrı değerlendirilmiş ve ölçülen otolit özellikleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır ( $P>0.05$ ).

Balıkların total boy uzunluklarının ölçümler üzerindeki etkisini minimuma indirmek için yakalanan istavrit örnekleri sekiz boy grubuna bölünmüştür. Bu boy gruplarındaki bireylerin otolit uzunluğu, genişliği, alanı ve çevresi gibi otolit karakter ortalamaları, bu karakterlerin

dalgalı asimetri değerleri ve her bir boy grubundaki asimmetrik birey yüzdesi ayrı ayrı hesaplanmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** *T. mediterraneus*'un dört farklı otolit karakterindeki dalgalı asimetrisinin total boy gruplarına göre dağılımı ve asimmetrik birey yüzdesi.

<b>Karakter</b>	<b>Total Boy Grubu (mm)</b>	<b>N</b>	<b>Asimetri Değeri</b>	<b>Karakter Ortalaması</b>	<b>Minimum-Maksimum Karakter</b>	<b>Asimetrik Birey Yüzdesi (%)</b>
<b>Otolit Boyu</b>	100-109	2	4.5052	4.2308	4.0450-4.4800	100
	110-119	14	1.4202	4.5229	4.1100-5.1630	85.72
	120-129	37	1.9315	4.6554	4.3040-5.5750	85.72
	130-139	46	1.7860	4.7747	4.3240-5.6450	93.48
	140-149	41	1.2176	5.1348	4.4270-5.6800	97.56
	150-159	32	1.7851	5.4114	4.6400-5.8500	93.75
	160-169	5	2.8129	5.6345	5.3760-6.1920	80
	170-179	3	1.7750	6.0047	5.8880-6.2480	100
<b>Toplam</b>	<b>100-179</b>	<b>180</b>	<b>1.7277</b>	<b>4.9642</b>	<b>4.0450-6.2480</b>	<b>95</b>
<b>Otolit Genişliği</b>	100-109	2	1.6481	2.3135	2.2020-2.4460	50
	110-119	14	0.8504	2.5981	2.2660-2.8590	100
	120-129	37	2.9405	2.5531	2.3040-3.0150	97.30
	130-139	46	1.8741	2.6494	2.3750-2.9600	93.48
	140-149	41	1.8437	2.8906	2.5030-3.2160	92.68
	150-159	32	2.7767	2.9760	2.6450-3.2280	90.63
	160-169	5	2.2284	3.1016	2.9160-3.3850	100
	170-179	3	0.1577	3.3010	2.9760-3.5080	100
<b>Toplam</b>	<b>100-179</b>	<b>180</b>	<b>2.1304</b>	<b>2.7583</b>	<b>2.2020-3.5080</b>	<b>93.89</b>
<b>Otolit Alanı</b>	100-109	2	0.1336	6.7573	6.3270-7.2050	100
	110-119	14	3.6461	7.9237	6.5690-9.6050	100
	120-129	37	3.6759	8.1939	6.8850-10.6400	100
	130-139	46	1.8509	8.7764	7.6880-9.9780	100
	140-149	41	4.2115	10.1745	7.6220-12.9920	100
	150-159	32	1.8958	10.9813	8.8110-12.2950	100
	160-169	5	1.2139	11.9444	11.1330-13.3570	100
	170-179	3	0.3982	13.3580	11.5160-14.7590	100
<b>Toplam</b>	<b>100-179</b>	<b>180</b>	<b>2.8425</b>	<b>9.4427</b>	<b>6.3270-14.7590</b>	<b>100</b>
<b>Otolit Çevresi</b>	100-109	2	7.2412	10.9255	10.4140-11.6450	100
	110-119	14	1.3469	11.9080	10.5010-13.3300	100
	120-129	37	1.7758	12.2019	11.1910-15.1270	100
	130-139	46	1.7746	12.4838	11.5130-13.5830	100
	140-149	41	1.5876	13.4205	11.6780-15.4120	100
	150-159	32	1.4243	14.1856	12.1600-15.6650	100
	160-169	5	1.3699	14.8750	14.0810-16.2080	100
	170-179	3	1.3410	15.8027	14.7900-16.8390	100
<b>Toplam</b>	<b>100-179</b>	<b>180</b>	<b>1.5931</b>	<b>13.0014</b>	<b>10.4140-16.8390</b>	<b>100</b>

Yaptığımız bu çalışmada dalgalı otolit asimetrisi dişi ve erkek bireyler için ayrı ayrı değerlendirilmiş ve cinsiyete göre aralarında istatistikî bir farklı olmadığı belirlenmiştir ( $P>0.05$ ). Jawad ve ark. (2012) *Carangoides caeruleopinnatus* türü üzerine yapmış olduğu çalışmada bizim sonuçlarımıza benzer şekilde dalgalı otolit asimetrisinin balıklarının cinsiyetlerine bağlı olmadığını bildirmiştir.

Önceki yapılan çalışmalarda balık boyu ile dalgalı otolit asimetrisi arasında bir ilişki olduğu ve balık boyu arttıkça dalgalı asimetrisinin de arttığı belirtilmiştir (Al-Mamry ve ark. 2011; Jawad ve ark. 2012; El-Regal ve ark. 2016). Bizim çalışmamızda otolit boyundaki en fazla dalgalı asimetri değeri 100-109 mm boy grubunda iken en az 140-149 mm boy grubunda; otolit genişliğindeki dalgalı asimetri en az 170-179 mm boy grubunda en çok ise 120-129 mm boy grubunda; otolit alanındaki dalgalı asimetri en az 100-109 mm boy grubunda en çok ise 140-149 mm boy grubunda; otolit çevresindeki dalgalı asimetri en az 170-179 mm boy grubunda en çok 100-109 mm boy grubunda olduğu bulunmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlara göre balık boyu ve otolit asimetrisi arasında pozitif yönde bir ilişki tespit edilememiştir. Bu farklılığın temel nedeni habitat farklılıkları, boy grubu oluştururken elde edilen örnekler baz alınarak oluşturulan grup sayılarının farklı olması, her boy grubuna düşen birey sayılarının farklı olması ve ebetteki incelenen balık türlerinin farklı olması gelmektedir.

*T. mediterraneus*'un otolit karakterlerinin dalgalı asimetrisi değerleri incelendiğinde, otolit alanının en fazla otolit çevresinin ise en az dalgalı asimetri gösterdiği bulunmuştur. Ancak asimetric birey yüzdesine bakıldığında otolit genişliğinde dalgalı asimetriye sahip birey sayısının en az olduğu otolit alanı ve çevresinde ise en fazla dalgalı otolit asimetrisine sahip birey olduğu belirlenmiştir. En fazla dalgalı asimetri gösteren otolit karakteri türden türe ya da balığın yaşadığı habitata ve maruz kaldığı strese göre farklılık göstermektedir. Örneğin bazı araştırmacılar *Chlorurus sordidus* ve *Hipposcarus harid* türlerinde (El-Regal ve ark. 2016) ve *Rastrelliger kanagurta* türünde (Al-Mamry ve ark. 2011) otolit boyu ve genişliğinin dalgalı asimetrisini incelemişler ve otolit boyunun daha yüksek asimetri değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Aynı şekilde *Lutjanus bengalensis* (Jawad 2012) ve *Carangoides caeruleopinnatus* (Jawad ve ark. 2012) türlerinin otolit boyu ve genişliğinin dalgalı asimetrisini incelenmiş ve diğer araştırmacıların aksine otolit genişliğinin daha fazla asimetri gösterdiğini bildirmişlerdir. Fey ve Hare (2008) yaptıkları bir çalışmada ise *Brevoortia tyrannus* türünün otolit boyu, genişliği ve alanının dalgalı asimetrisini incelemişler ve bizim çalışmamızda olduğu gibi otolit alanının bu karakterler arasında en fazla asimetri gösterdiğini belirtmişlerdir.

Bostancı ve ark. (2016) Karadeniz'de yayılım gösteren *T. mediterraneus* türünün dalgalı otolit asimetrisini incelemiş ve bu asimetri değerini otolit boyu için 8.717, genişliği için 4.337, alanı için 7.151 ve çevresi için ise 4.913 olarak hesaplamıştır. Hesaplanan dalgalı otolit asimetrisinin değerleri bizim çalışmamızda elde edilen değerlerin oldukça üstünde olduğunu görmekteyiz. Buda bize Bostancı ve ark. (2016) çalışmasındaki *T. mediterraneus* türünün Karadeniz popülasyonunun otolitlerinin Kuzey Ege Denizi Edremit Körfezi'ndeki popülasyonunda daha fazla dalgalı asimetri gösterdiği sonucuna varılmıştır. İstavrit balıklarının bu iki popülasyonu karşılaştırıldığında Karadeniz popülasyonunun daha fazla stres altında olduğu sonucuna varılmaktadır. Bunun temel nedenlerinden biri de kirlilik

kaynaklı stres olabilir çünkü Karadeniz sığ ve karışık yüzey suları, azot ve fosfor içeren tarımsal, endüstriyel ve maden atıklarıyla kirlenmiş olan birçok akarsu tarafından gitgide kirliliği artmaktadır (Boran ve Altınok 2010). Hatta Karadeniz'in ülkemizdeki en kirli denizlerden biri olduğu dile getirilmektedir (Ökmen 2011).

## **Sonuç**

Canlının yaşam ortamına olan uyum başarısı morfolojik karakterlerindeki asimetrisi ile negatif korelasyona sahip olduğu birçok hayvan taksonun da bilinmesine rağmen bugüne kadar, asimetrisinin bireylerin dağılmasına ve stok katılımlarına olası etkileri hakkında oldukça fazla bilgi eksikliği mevcuttur (Matessi 1997, Breuker ve ark. 2007). Bununla birlikte çevresel ve genetik faktörler artan bir şekilde doğal popülasyonları stres altına almakta ve koruma uzmanları popülasyonlar geri döndürülemez biçimde etkilenmeden önce bu streslerin etkisini ölçmek için basit araçlara ihtiyaç duyuyorlar (Lens ve ark. 2002a). Dalgalı asimetrisinin ölçümü ve analizi basit olması pahalı ekipman gerektirmemesi ve habitat üzerinde yıkıcı etkiye sahip olmaması bireylerin ve popülasyonların kalitesinin ve sağlığının popüler bir ölçüsü haline gelmiştir (Lens ve ark. 2002a). Dolayısıyla birçok araştırmada bireyler ve popülasyonlar arasındaki gelişimsel istikrarsızlık derecesi, çoğunlukla dalgalı asimetri seviyeleri ile ifade edilir (Ludwig 1932).

Dalgalı asimetri analizinizdeki varsayım, iki taraflı simetrik özelliklerin her iki tarafının gelişiminin aynı genlerden etkilendiğini, taraflar arasındaki yönsüz farklılıkların çevresel kaynaklı olduğunu ve gelişme sırasındaki bazı problemleri yansıttığını ve yüksek dalgalı asimetri düzeylerinin gelişimsel seviyede yüksek istikrarsızlıkları gösterdiği temeline dayanmaktadır (Clarke 1993; Palmer 1994; Møller 1997). Dolayısıyla dalgalı asimetri ile ölçülen gelişimsel instabilite, bir popülasyonda çevresel stresin olası bir göstergesidir (Leary ve Allendorf 1989; Parsons 1990; Alados ve ark. 1993; Lens ve ark. 2002b). Hatta dalgalı asimetri, geniş bir uygulama yelpazesinde bir biyoindikatör olarak da kullanılmaktadır (Tomkins ve Kotiaho 2002).

Bununla birlikte, yüksek dalgalı asimetri, balıklarda, bireylerin anormal yüzme faaliyetlerine (Helling ve ark. 2003), balıkların yaşadıkları yaşama ortamına entegrasyonuna ve ses lokalizasyon problemlerine sebep olmaktadır (Lychakov ve Rebane 2005). Denizlerimiz ağır metaller başta olmak farklı kirleticilerin etkisi altında bulunmaktadır. Bu habitatlarda yaşayan balıklar başta olmak üzere diğer su canlıları da bu kirletici maddeleri vücutlarında kolaylıkla biriktirebilir ve bu maddeler besin ağları vasıtasıyla oradan da insanlara kadar ulaşabilmektedir. Dolayısıyla denizlerde olan kirlilik sadece deniz canlıları değil besin zinciri yoluyla daha yüksek yapılı organizmaları da etkileye bilmektedir. Bundan dolayı tarımsal, endüstriyel ve evsel kaynaklı kirlilikler başta olmak üzere su kirliliğine gereken önlem verilmeli ve gerekli önlemler en kısa sürede alınmalıdır.

## Teşekkür

Bu çalışmayı HD-1604 Proje numarası ile destekleyen Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyonu birimine teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

1. Alados, C.L., Escos, J.M. Emlen, J.M. (1993). Developmental stability as an indicator of environmental stress in the Pacific hake (*Merluccius productus*). Fishery Bulletin, 91: 587-593.
2. Al-Mamry, J.M., Jawad, L.A., Ambuali, A. (2011). Fluctuating asymmetry in the otolith length and width of adult Indian mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817) collected from Muscat waters at the Sea of Oman. Journal of the Black Sea / Mediterranean Environment, 17: 254-259.
3. Aurebach, B.M., Raxter, M.H. (2008). Patterns of clavicular bilateral asymmetry in relation to humerus: variation among humans. Journal of Human Evolution, 54: 663-674.
4. Boran, M., Altinok, I. (2010). A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 565-572.
5. Bostancı, D., Yedier, S., Kurucu, G., Polat, N. (2016). Otolith asymmetry of Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*, Steindachner, 1868) in the Middle Black Sea. 1<sup>st</sup> International Black Sea Congress on Environmental Sciences (IBCESS), August 31- September 03, Giresun, Turkey.
6. Bostancı, D., Kondaş, S., Yedier, S., Kurucu, G., Polat, N. (2017). Otolith Mass Asymmetry of *Barbus tauricus* and *Capoeta banarescui* Inhabiting Melet River, Ordu, Turkey. International Ecology Symposium 2017, 11-13 May, Kayseri, Turkey.
7. Breuker, C.J., Brakefield, P. M., Gibbs, M. (2007). The association between wing morphology and dispersal is sex specific in the Glanville fritillary butterfly *Melitaea cinxia* (Lepidoptera: Nymphalidae). European Journal of Entomology, 104: 445-452.
8. Carpentero, E.R., Tabugo, S.R.M. (2014). Determining developmental instability via fluctuating asymmetry in the shell shape of *Arctica islandica* Linn. 1767 (ocean quahog). European Journal of Zoological Research, 3(3): 1-7.
9. Clarke, G.M. (1993). The genetic basis of developmental stability. I. Relationships between stability, heterozygosity and genomic co-adaptation. Genetica, 89: 15-23.
10. El-Regal, M.A., Jawad, L.A., Mehanna, S., Ahmad, Y. (2016). Fluctuating Asymmetry in the Otolith of two Parrotfish Species, *Chlorurus sordidus* (Forsskål, 1775) and *Hipposcarus harid* (Forsskål, 1775) from Hurghada, Red Sea coast of Egypt. International Journal of Marine Science, 6(37): 1-5.



11. Fey, D.P., Hare, J.A. (2008). Fluctuating asymmetry in the otoliths of larval Atlantic menhaden *Brevoortia tyrannus* (Latrobe) – a condition indicator? *Journal of Fish Biology*, 72: 121-130.
12. Fischer, W., Schneider, M., Bauchot, M.L. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranée et Mer Noire, Zone de pêche 37(2). FAO, CEE, Rome, 1529 pp.
13. Gangestad, S.W., Thornhill, R. (1999). Individual differences in developmental precision and fluctuating asymmetry: a model and its implications. *Journal of Evolutionary Biology*, 12: 402-416.
14. Graham, J.H., Freeman, D.C., Emlen, J.M. (1993). Antisymmetry, directional asymmetry, and dynamic morphogenesis. *Genetica*, 89(1-3): 121-137.
15. Helling, K., Hausmann, S., Clarke, A., Scherer, H. (2003). Experimentally induced motion sickness in fish: possible role of the otolith organs. *Acta Otorrinolaringologica*, 123: 488-492.
16. Hermita, J.M., Gorospe, J.G., Torres, M.A.J., Lumasag, J.L., Demayo, C.G. (2013). Fluctuating asymmetry in the body shape of the mottled spinefoot fish, *Siganus fuscescens* (Houttuyn, 1782) collected from different bays in Mindanao Island, Philippines. *Science International (Lahore)*, 25(4): 857-861.
17. Holló, G. (2015). A new paradigm for animal symmetry. *Interface Focus*, 5(6):1-10.
18. Holló, G., Novák, M. (2012). The manoeuvrability hypothesis to explain the maintenance of bilateral symmetry in animal evolution. *Biology Direct*, 7: 1-7.
19. Jawad, L.A. (2001). Preliminary asymmetry analysis of some morphological characters of *Tilapia zilli* (Pisces: Cichlidae) collected from three localities in Libya. *Bollettino Museo Regionale di Scienze Naturali Torino*, 18: 251-257.
20. Jawad, L.A. (2003). Asymmetry in some morphological characters of four sparid fishes from Benghazi, Libya. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 32: 83-88.
21. Jawad, L.A., Al-Mamry, J.M., Al-Mamari, D. (2012). Fluctuating Asymmetry in the Otolith Width of *Carangoides caeruleopinnatus* (Carangidae) Collected from Muscat City Coast on the Sea of Oman. *Croatian Journal of Fisheries*, 70(3): 125-133.
22. Konaş, S., Bostancı, D., Yedier, S., Kurucu, G., Polat, N. (2017). Otolith Mass Asymmetry of Danube bleak, *Alburnus chalcoides* in Curi River, Ordu, Turkey. *International Ecology Symposium 2017*, 11-13 May, Kayseri, Turkey.
23. Leary, R.F., Allendorf, F.W. (1989). Fluctuating asymmetry as an indicator of stress: implications for conservation biology. *Trends in Ecology and Evolution*, 4: 214-217.
24. Lens, L., Van Dongen, S., Matthysen, E. (2002a). Fluctuating Asymmetry as an Early Warning System in the Critically Endangered Taita Thrush. *Conservation Biology*, 16(2) 479-487.

25. Lens L., Van Dongen, S., Kark, S., Matthysen, E. (2002b). Fluctuating asymmetry as an indicator of fitness: can we bridge the gap between studies? *Biological Reviews*, 77: 27-38.
26. Ludwig, W. (1932). *Das Rechts-Links-Problem im Tierreich und beim Menschen: Mit einem Anhang Rechts-Links-Merkmale der Pflanzen* (1 Ed.). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 496 pp.
27. Lychakov, D.V., Rebane, Y. T. (2005). Fish otolith mass asymmetry: morphometry and influence on acoustic functionality. *Hearing Research*, 201: 55-69.
28. Matessi, G. (1997). Is variation in orientation related to fluctuating asymmetry in migratory passerines? *Ethology Ecology & Evolution*, 9: 209-221.
29. Møller, A.P., Swaddle, J.P. (1997). *Asymmetry, Developmental Stability and Evolution*. Oxford University Press, Oxford, UK, 302 pp.
30. Ökmen, M. (2011). Karadeniz'de Çevre Sorunları ve İş birliğine Yönelik Yerel, Bölgesel Perspektifler bilig, *Türk Dünyası Sosyal Bilimler Dergisi*, 53: 165-194.
31. Palmer, A.R. (1994). "Fluctuating asymmetry analysis: a primer, 335-364", In: *Developmental instability: its origins and evolutionary implications* (Eds. T. A., Markow). Kluwer, Dordrecht, Netherlands, 441 pp.
32. Palmer, A.R., Strobeck, C. (1992). Fluctuating asymmetry as a measure of developmental instability: Implications of non-normal distributions and power of statistical tests. *Acta Zoologica Fennica*, 191: 57-72.
33. Parsons, P.A. (1990). Fluctuating asymmetry: An epigenetic measure of stress. *Biological Reviews*, 65: 131-145.
34. Tomkins, J.L., Kotiaho, J.S. (2002). "Fluctuating Asymmetry, 1-5", In: *Encyclopedia of Life Sciences*, MacMillan Publishers Ltd., Nature Publishing Group, London.
35. Valentine, D.W., Soule, M.E., Samollow, P. (1973). Asymmetry in fishes: a possible statistical indicator of environmental stress. *Fishery Bulletin*, 71: 357-370.
36. Van Vallen, L. (1962). A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 16: 125-142.
37. Yedier, S., Bostancı, D., Kondaş, S., Kurucu, G., Polat, N. (2017). Gender-Based Otolith Mass Asymmetry of *Alburnus mossulensis* in Munzur River, Turkey. *International Ecology Symposium 2017*, 11-13 May, Kayseri, Turkey.
38. Zakharov, V.M. (1992). Population phenogenetics: analysis of developmental stability in natural populations. *Acta Zoologica Fennica*, 191: 7-30.