SU VE ÜRÜNLERİ ARAŞTIRMA DİNAMİKLERİ

EDİTÖR
Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER

YAZARLAR
Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER
Prof. Dr. Mehmet AYDIN
Doç. Dr. Emine ÖZPOLAT
Doç. Dr. Hakkı DERELİ
Dr. Selçuk DUMAN
Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI

İKSAD
Publishing House

SU VE ÜRÜNLERİ
ARAŞTIRMA DİNAMİKLERİ

EDİTÖR

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER

YAZARLAR

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER

Prof. Dr. Mehmet AYDIN

Doç. Dr. Emine ÖZPOLAT

Doç. Dr. Hakkı DERELİ

Dr. Selçuk DUMAN

Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI

İKSAD
Publishing House

Copyright © 2020 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2020©

ISBN: 978-625-7279-77-2
Cover Design: İbrahim KAYA
June / 2020
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER ……..……..1

BÖLÜM 1

DÜNYADAKİ VE ÜLKEMİZDEKİ SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNÜN MEVCUT DURUMU

Doç. Dr. Emine ÖZPOLAT …….……..…….3

BÖLÜM 2

DENİZ HIYARLARININ ÖNEMİ, DAĞILIMI VE YOĞUNLUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Doç. Dr. Hakkı DERELİ, Prof. Dr. Mehmet AYDIN ……15

BÖLÜM 3

TÜRKİYE'DE DENİZ HIYARI BALIKÇILIĞI VE YÖNETİMİ

Doç. Dr. Hakkı DERELİ, Prof. Dr. Mehmet AYDIN…….37

BÖLÜM 4

BALIKLARDA TİROİD BEZİNİN YAPISI VE İŞLEVLERİ

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER …….……..61

BÖLÜM 5

SAĞLIKLI SİBİRYA MERSİN BALIKLARINDA (Acipenser baerii Brandt, 1869) BAZI HEMATOLOJİK VE İMMÜNOLOJİK PARAMETRELERİN REFERANS ARALIKLARI

Dr. Selçuk DUMAN, Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER……..…..71

BÖLÜM 6

SU AYAK İZİ NEDİR?

Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI …….....……..85

ÖNSÖZ

Yaşadığımız gezegende tüm canlıların yaşaması için mutlak gereken ve bol miktarda bulunan su, insanoğlu için de vazgeçilmezlerdendir. Bilim insanları dünyadaki yaşamın sularda başladığını düşünmektedirler. Dünyanın yaklaşık yüzde sekseni suyla kaplıdır ve ne yazık ki ancak yüzde birlik kısmı içilebilir niteliktedir. Ülkemiz de su fakiri olma yolunda ilerlemektedir. Yılda kişi başına düşen 1.519 m^3 su yetersizdir. Diğer taraftan artan nüfusun besin gereksiniminde karasal ortamlar yetersiz kalmaktadır. Yaklaşık 4500 yıldır su ürünleri yetiştiriciliği ile uğraşan İnsanoğlu, su ve sucul yaşamın önemini ve sürdürülebilirliğinin kendi varlığının devamındaki rolünü bilmektedir.

Bu yönleriyle İnsanoğlu suyu ve sucul yaşamı çok iyi korumak zorundadır. Dünya nüfusunun hızlı artmasına paralel olarak, artan protein gereksiniminin karşılanmasında okyanus ve denizlerin potansiyel bir kaynak olduğu da kuşkusuzdur. Sucul yaşamın ve canlıların araştırılması, onlardan optimal düzeyde yararlanılmasının yanı sıra, kültür koşullarına alınmalarına ve sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Hazırlanan bu kitapta yer alan araştırmalar da, bu konuda birer küçük örnek oluşturmaktadır.

Kitabın hazırlanmasında, emeği geçen yazarlara ve teknik ekibe teşekkürlerimi sunarken, kitabın ilgili sektöre ve eğitim alanında yararlı olmasını içtenlikle dilerim.

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER

Aralık 2020

BÖLÜM 1

DÜNYADAKİ VE ÜLKEMİZDEKİ SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNÜN MEVCUT DURUMU

Doç. Dr. Emine ÖZPOLAT[1]

[1] Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Bölümü, Elazığ, Türkiye. emineozpolat@firat.edu.tr. https://orcid.org/0000-0002-6369-0649

GİRİŞ

Dünyamızdaki su dağılımına bakıldığında, toplam suyun %97'si okyanuslarda ve denizlerde, %3'ü de karalarda bulunmaktadır. Dünyada bulunan suların %97'si tuzlu sudur. Toplamda 1,4 milyar km^3'lük su rezervi bulunmaktadır. Fakat sadece %1'i kullanılabilir niteliktedir, bu yönüyle kullanılabilir tatlı su miktarı oldukça sınırlıdır. Deniz ve okyanus suları tuzlu olmasına rağmen milyonlarca canlı için yaşam ortamı sağlar. Okyanuslardaki tuzluluk oranı pek değişmezken (%0,35), denizlerdeki tuzluluk oranı enlem etkisi ve buharlaşmaya bağlı olarak kutuplara gidildikçe azalmaktadır (%0,1 – %0,42) (Yılmaz, 2015; Baran, 2017).

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili olmakla birlikte, gölleri, barajları, akarsuları ve kaynak suları ile su ürünleri potansiyeli olarak avlanan tür çeşitliliği ve miktarı bakımından bulunduğu coğrafi bölgede şanslı bir ülkedir. Türkiye'de balıkçılık, gerek nüfusun beslenmesi gerekse kıyı bölgelerimizde temel geçim kaynaklarından biri olması açısından önemli bir faaliyet alanıdır. Kıyılarımızda su ürünleri avcılığı, geleneksel yapısı, düşük sermaye ile yapılabilmesi, gıda sektörüne önemli katkı sağlamakta ve önemli bir protein kaynağı olmaktadır (DSİ, 2014; Yılmaz, 2015; Baran, 2017).

Su ürünleri yetiştiriciliği hem dünyada hem de ülkemizde üretim ve ticaret açısından hızlı bir gelişim göstermektedir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde, sosyo-ekonomik açıdan önemli olan balıkçılık, ülke kalkınmasına katkısının artırılması amacıyla çeşitli politika araçlarıyla düzenlenmektedir. Bu çalışma ile Türkiye ve

Dünyadaki ve su ürünleri sektörünün mevcut durumu ele alınarak, ülkemizdeki su ürünleri sektörünün daha fazla gelişmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Dünya'da Su Ürünleri Durumu

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) (2018) verileri incelendiğinde, dünyada toplamda 170.995.437 tonluk üretim (avcılık ve yetiştiricilik) gerçekleştirilirken, bu üretimin 90.923,545 tonu avcılık, 80.071.894 tonu ise yetiştiricilik yolu ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda su ürünleri üretiminin deniz ve tatlı sulara göre yoğunluğu incelenecek olursa; avcılık yönünden denizlerin 79.288.046 ton ile, iç sulara (11.635.500) kıyasla oldukça yoğun olduğu söylenebilir (Tablo 1). Yetiştiricilik konusunda ise, iç sularda yapılan yetiştiricilik denizlere kıyasla daha yoğundur. 2016 yılında iç sularda yapılan yetiştiricilik 51.368.288 ton olurken denizlerdeki yetiştiricilik miktarı 28.703.601 tondur. Denizlerden avcılık yoluyla elde edilen üretim 2015 yılında 81,5 milyon ton civarında iken, bu oran 2016 yılında düşüş göstererek 79,2 milyon ton oluştur. (FAO, 2018; Anonim, 2019). Elde edilen bu üretimin kullanımı incelendiğinde; 151.2 milyon tonunun insan gıdası olarak tüketildiği, 19,7 milyon tonluk kısmın ise gıda dışı kullanıldığı ve kişi başına görünen tüketimin 20,3 kg olduğu belirtilmiştir (FAO, 2018).

Tablo 1. Dünya Su Ürünleri Üretimi (FAO, 2018; Anonim, 2019).

	AVCILIK (ton)			**YETİŞTİRİCİLİK (ton)**			**Toplam**
	Deniz	**İç su**	**Toplam**	**Deniz**	**İç su**	**Toplam**	
2010	77.828.396	11.271.565	89.099.961	22.310.734	36.790.052	59.100.786	148.200.747
2011	82.623.550	11.124.401	93.747.951	23.366.371	38.698.805	62.065.176	155.813.127
2012	79.719.854	11.630.320	91.350.174	24.707.343	41.948.313	66.655.656	158.005.830
2013	80.899.153	11.687.507	92.586.660	25.536.710	44.686.846	70.223.556	162.810.216
2014	81.564.094	11.895.922	93.460.016	26.727.687	47.104.420	73.832.107	167.292.123
2015	81.179.323	12.525.293	93.704.616	27.879.872	48.761.154	76.641.025	170.345.641
2016	79.288.046	11.635.500	90.923.545	28.703.601	51.368.288	80.071.894	170.995.437

Dünyada yapılan avcılık oranlarının, ülkeler bazında dağılımı incelendiğinde; ilk sırayı 15.246.234 ton ile Çin alırken ikinci sırada Endonezya (6.109.783 ton), üçüncü sırada ABD (4.897.322 ton), dördüncü sırada Rusya (4.466,503 ton) ve beşinci sırada ise Peru (3.774.887) gelmektedir. Daha sonra ise Hindistan, Japonya, Vietnam, Norveç ve Filipinler şeklinde, dünyadaki ilk on ülke sıralanmaktadır (FAO, 2018).

Dünyada yapılan bu avcılık oranlarında en çok avlanan türler incelendiğinde, ilk 10 sırayı

1. *Theragra chalcogramma*
2. Engraulis *ringens*
3. *Katsuwonus pelamis*

4. *Sardinella* spp.
5. *Trachurus* spp.
6. *Clupea harengus*
7. *Scomber japonicus*
8. *Thunnus albacares*
9. *Gadus morhua*
10. *Engraulis japonicus* almaktadır.

Dünyadaki su ürünleri yetiştiricilik miktarları incelenecek olursa; en fazla yetiştiriciliği yapılan 10 balık türü şöyle sıralanmaktadır;

1. *Ctenopharyngodon idellus* (Ot sazanı)
2. *Hypophthalmichthys molitrix* (Gümüş sazanı)
3. *Cyprinus carpio* (Sazan)
4. *Oreochromis niloticus* (Nil tilapiası)
5. *Hypophthalmichthys nobilis*
6. *Carassius* spp.
7. *Catla catla*
8. *Osteichthyes*
9. *Salmo salar* (Atlantik Salmonu)
10. *Labeo rohita*

Türkiye'deki Su Ürünleri Durumu

Türkiye' de yapılan avcılık miktarları incelendiğinde 2017 yılı itibari ile 630.820 tonluk bir üretim gerçekleştirilmiş olup bu üretimin 354.318 tonu avcılık yolu ile 276.502 tonu ise yetiştiricilik yolu ile elde edilmiştir. Avcılık yolu ile elde edilen miktarın, 322.173 tonu

denizlerden sağlanırken, 32.145 tonu iç sulardan elde edilmiştir. Bu rakamlar incelendiğinde avcılık yolu ile elde edilen üretimin %90,92'lik kısmının denizlerden sağlandığı görülmektedir. Yetiştiricilik ile elde edilen üretim miktarı ise nispeten birbirine daha yakındır. Denizlerden 172.492 tonluk bir üretim sağlanırken, iç sulardan ise 104.010 tonluk üretim sağlanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Türkiye Su Ürünleri Üretimi (ton) (TUİK, 2018; Anonim, 2019).

	AVCILIK (ton)			**YETİŞTİRİCİLİK (ton)**			**TOPLAM (ton)**
Yıllar	**Deniz**	**İç su**	**Toplam**	**Deniz**	**İç su**	**Toplam**	
2000	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031	582.376
2001	484.410	43.323	527.733	29.730	37.514	67.244	594.977
2002	522.744	43.938	566.682	26.868	34.297	61.165	627.847
2003	463.074	44.698	507.772	39.726	40.217	79.943	587.715
2004	504.897	45.585	550.482	49.895	44.115	94.010	644.492
2005	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277	544.773
2006	488.966	44.082	533.048	72.249	56.694	128.943	661.991
2007	589.129	43.321	632.450	80.840	59.033	139.873	772.323
2008	453.113	41.011	494.124	85.629	66.557	152.186	646.310
2009	425.275	39.187	464.462	82.481	76.248	158.729	623.191
2010	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141	653.080
2011	477.658	37.097	514.755	88.344	100.446	188.790	703.545
2012	396.322	36.120	432.442	100.853	111.557	212.410	644.852
2013	339.047	35.074	374.121	110.375	123.019	233.394	607.515
2014	266.078	36.134	302.212	126.894	108.239	235.133	537.345
2015	397.731	34.176	431.907	138.879	101.455	240.334	672.241
2016	301.464	33.856	335.320	151.794	101.601	253.395	588.715
2017	322.173	32.145	354.318	172.492	104.010	276.502	630.820

Ülkemiz bu üretimin 156.681 tonunu ihraç ederken, ortalama 100.444 tonluk ise bir ithalat gerçekleştirmiştir. 2018 yılı ihracat ve ithalat verilerine bakıldığında ise ithalat miktarının azalırken (98.314) ihracat miktarının (177.539) arttığı görülmüştür. Yapılan bu üretimin

kullanımı incelendiğinde ise; 441.573 tonluk kısmın insan gıdası olarak tüketildiği, 130.917 tonluk kısmın ise balık unu, yağı gibi sanayii kollarında değerlendirildiği belirlenmiştir. Ülkemizde kişi başına düşen tüketim oranı ise yıllık 5,5 kg olarak bildirilmiştir (Anonim, 2019).

Ülkemizde en çok avcılığı yapılan balık türleri incelenecek olursa, pelajik türlerden; hamsi, sardalya, istavrit, palamut, lüfer ve çaça balıkları, demersal türlerden ise; mezgit, bakalorya- berlam, tekir, barbunya ve kalkan balıklarıdır.

Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan balık türleri incelendiğinde; en fazla yetiştiriciliği yapılan balık türü, alabalıktır. 2017 yılında denizlerden 103.75 ton, iç sulardan 5.952 ton olmak üzere toplamda 109.657 tonluk bir üretim gerçekleştirilmiştir. Dünyada, alabalık (*Oncorhynchus mykiss)* yetiştiriciliği yapılan balık türleri arasında 17. sırada iken ülkemizde ilk sırada yer almaktadır. Alabalığı 99.971 tonluk üretim ile levrek izlerken, 61.090 tonluk üretimi ile çipura üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK, 2017; FAO, 2018; Anonim, 2019).

Ülkemizde balık haricinde, diğer deniz ürünlerinin de avcılığı yapılmaktadır. Bu ürünler içerisinde ilk sırayı 34.941 tonluk avcılık ile kum midyesi (akivades ve beyaz kum midyeleri) almaktadır. Daha sonra 9.194 tonluk bir avcılık ile deniz salyangozları gelmektedir. Tüm karides türleri 4.730 ton ile üçüncü sırada yer alırken, 986 tona ulaşan avcılığı ile mürekkep balıkları dördüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2019).

Yarattığı katma değer ve istihdama katkısı ile stratejik öneme sahip olan su ürünleri dünyada olduğu gibi ülkemizde de oldukça önemlidir. İlgili su ürünleri istatistikleri incelendiğinde; 55 bin aktif çalışan (38 bin balıkçılık, 10 bin yetiştiricilik ve 7 bin işleme), 550 kooperatif, 31 bin ortak (16 bölge, 1 merkez), 31 üretici birliği, 1214 üye (2 merkez), 43 ilde Balıkçılık ve Su Ürünleri Şube Müdürlüğü, 384 adet balıkçı barınağı, 44 adet balıkçılık idari binası, 110 adet kontrol gemisi, yılda 80-90 bin denetim, yılda 5-6 milyon balıklandırma, 210 adet işleme tesisi, 13 balık unu-yağı, 23 yem fabrikası bulunduğu belirtilmektedir (Anonim, 2018).

Türkiye'nin potansiyeli olmasına ve her geçen gün üretimini artırmasına rağmen kültür balıkçılığı yapan ülkeler arasında hak ettiği yeri alamadığı görülmektedir. Türkiye, iç sularda kültür balığı yetiştiren ülkeler sıralamasında alt sıralarda iken, denizlerde kültür balıkçılığı yapan ülkeler arasında 9. sırada yer almakta ve dünya toplam üretiminden %2,4 oranında pay almaktadır. Ülke olarak yapılacak çalışmalar ve geliştirilecek politikalar ile kültür balıkçılığı alanında daha üst seviyelerde yer almayı hedeflemek kaçınılmaz görülmektedir (FAO, 2018; TUİK, 2018; Anonim, 2019).

SONUÇ

Tüm bu veriler ışığında dünyada ve ülkemizde su ürünleri sektörü gelişmekte ve istihdam olanakları sağlayarak katma değer yaratmaktadır. Ayrıca beslenme açısından oldukça ideal bir gıda olan su ürünleri insan ve toplum sağlığı açısından da oldukça önemlidir.

Su ürünleri özellikle avcılık yönünden, üretimi arttırma imkanı bulamamaktadır. Çünkü tüm dünyada avlanabilir stok büyüklüğüne ulaşıldığı kabul edilmekte ve avcılık politikaları ekosistem temelli bir yaklaşımla üretimin sürdürülebilirliği üzerine oluşturulmalıdır (Tekelioğlu vd., 2007; Şahinöz ve diğ., 2017).

Kalkınma Bakanlığı tarafından oluşturulan Su Ürünleri Özel İhtisas Komisyonu Raporunda (Anonim, 2014), aşağıdaki başlıklar ön plana çıkmıştır:

- Stokların araştırılması,
- Her bir bölge ve alt sektör için sosyo-ekonomik yapının araştırılması,
- Biyolojik ve sosyo-ekonomik etkiler dikkate alınarak filonun daraltılmasına yönelik bir programın geliştirilmesi,
- Alternatif balık yemi hammadde kaynaklarının araştırılması,
- Her türlü akarsu yapılarının iç su ekosistemine ve balıkçılığa etkileri,
- Deniz memelilerinin popülâsyonlarının tespiti ve balıkçılığa etkisinin araştırılması.

Ayrıca söz konusu komisyonda, insanın beslenmesinde önemli besin kaynaklarından biri olan su ürünlerinin üretiminin artırılması ve halkımızın bu ürünleri daha fazla tüketebilmesi için çeşitli öneriler getirilmiştir. Zira ülkemizdeki su ürünleri tüketimi dünya ortalamasının oldukça gerisindedir.

Bu bağlamda, su ürünleri sektörünün mevcut sorunları çözülmeli ve ülkemizdeki tüketimin arttırılmasına yönelik adımlar atılmalıdır.

KAYNAKÇA

Anonim, (2014). Su Ürünleri Özel İhtisas Kalkınma Raporu Ankara, 2014. Onuncu Kalkınma Planı, 2014-2018. ISBN 978-605-4667-67-3 Yayın No: KB: 28711- ÖİK:721.

Anonim, (2018). V. Su Ürünleri Değerlendirme Toplantısı, Su ürünleri İstatistik ve Bilgi Sistemleri, 17-19 Nisan 2018, Antalya.

Anonim, (2019). Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Ürünleri İstatistikleri, Ankara.

Baran, M. A. (2017). Dünyanın Mevcut Su Potansiyeli ve Deniz Suyu Arıtımı, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi, Sayı 45, 71-83.

DSİ, (2014). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) Web Sitesi.

FAO, (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations, The State of World Fisheries and Aquaculture, Roma.

Şahinöz, E., Doğu, Z., Aral, F. (2017). Türkiye'de ve Dünyada Su Ürünlerinin Mevcut Durumu, Kent Akademisi, Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi, Cilt 10 Sayı 4, Kış, 466-476.

Tekelioğlu, N., Kumlu, M., Yanar, M., Erçen, Z. (2007). Türkiye'de Su Ürünleri Üretimi Sektörünün Durumu ve Sorunları, Ulusal Su Günleri Şurası, 16–18 Mayıs 2007, Ankara.

TUİK, (2017). Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri İstatistikleri.

TUİK, (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri İstatistikleri.

Yılmaz, A. (2015). Küresel Isınmanın Dünya Su Rezervleri Üzerindeki Etkileri, Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi, Cilt:8 Sayı: 2, 63-72.

BÖLÜM 2

DENİZ HIYARLARININ ÖNEMİ, DAĞILIMI VE YOĞUNLUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Doç. Dr. Hakkı DERELİ[1], Prof. Dr. Mehmet AYDIN[2]

[1] İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İzmir, Türkiye. hakkidereli@gmail.com
Orcıd ıd 0000-0002-1240-8922
[2] Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Ordu, Türkiye. maydin69@hotmail.com

GİRİŞ

Deniz hıyarları (patlıcanları), Asya-Pasifik bölgesindeki birçok ülke için bin yılı aşkın süredir geleneksel ve ticari olarak kullanılan deniz canlılarıdır. 1980 ve 1990'larda birçok ülke deniz hıyarı ihraç etmeye başlamış ve total üretimde aşırı artış olmuştur (Conand, 1997 ve 1998; Purcell ve diğ., 2013).

Türkiye'de ise deniz hıyarı balıkçılığı 1996 yılında başlamış, talebin artması ve yüksek ticari değeri nedeniyle Türk balıkçılık filosunun dikkatini çekmiş ve üretim miktarı günümüze kadar önemli oranda artış göstermiştir. Deniz hıyarı balıkçılığının sürdürülebilir yönetimi için bu canlıların yaşam döngüsü, davranışları ve ekosistemdeki rolleri hakkında bilgiye ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı karşılayacak bilimsel veriler, balıkçılık aktivitesinin daha verimli, yönetiminin ise sürdürülebilir olmasını sağlayacaktır.

Bu kitap bölümünde, bilimsel çalışmalar ışığında deniz hıyarlarının ekosistem ve ticari açıdan önemi ortaya konmuş, dağılımı ve yoğunluğunu etkileyen faktörler irdelenerek Türkiye kıyılarındaki populasyon dağılımı ve yoğunlukları belirtilmiştir.

1. DENİZ HIYARLARININ EKOSİSTEM AÇISINDAN ÖNEMİ

Holothuroidea sınıfında yer alan ve deposit feeder (tortu) ile beslenen deniz hıyarları, deniz bentik topluluklarının yaygın Echinoderm türleridirler ve önemli ekosistem canlıları olarak bilinirler (MacTavish ve diğ., 2012; Purcell ve diğ., 2016).

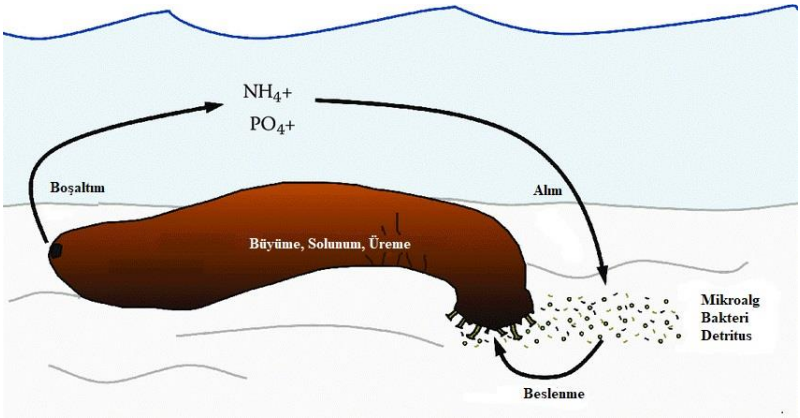
Juvenil bireyler denizlerde gıda ağında önemli yemdirler (Francour, 1997; So ve diğ., 2010) ve yetişkin bireyler ekosistem fonksiyonunda önemlidirler (Birkeland, 1988; Uthicke, 2001a; Wolkenhauer ve diğ., 2010). Bazı türler düzenli olarak sedimente gömülerek biyotürbülasyon sayesinde sedimentin oksijenlenmesini sağlarlar (Bakus, 1973; Massin, 1982; Uthicke, 1999, 2001b; Purcell, 2004). Birçok aspidochirote deniz hıyarı türü, büyük miktarlarda tortu tüketerek (Uthicke, 1999) organik döküntüleri hayvan dokusuna ve algler (Uthicke ve Klumpp, 1998; Uthicke, 2001a) ile deniz çayırları (Wolkenhauer ve diğ., 2010) tarafından alınabilen ve onların üretimlerini artıran azotlu atıklara dönüştürürler. Böylece herbivor canlılar için daha uygun gıdalar üretilmiş olur (Purcell ve diğ., 2013).

Kararlı izotop analiziyle *H. polii* ve *H. tubulosa* türlerinin beslenme tercihleri incelenmiş ve birçok gıda kaynağı arasında deniz çayırı detrituslarının (ölü organik kalıntılar) yüksek bir orana sahip olduğu belirlenmiştir (% 63 ve % 74). Bu türlerin beslenme aktivitesinin, Akdeniz kıyı ekosistemlerinde deniz çayırlarından elde edilen organik madde döngüsünde çok önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Boncagni ve diğ., 2019). Bazı ekosistemlerden deniz hıyarlarının çıkarılması, tüm besin zinciri için primer üretimi azaltabilmekte ve sedimandaki aerobik tabakayı azaltarak buradaki faunayı etkileyebilmektedir (Purcell ve diğ., 2013).

Dünya genelinde ticari olarak avlanılan 70'den fazla türün en az 12'si kum ve çamura gömülerek biyotürbülasyonda önemli rol oynamaktadır (Şekil 1) (Purcell ve diğ., 2016).

Sedimentin içerisinde de yaşayan bu canlılar, sedimenti karıştırarak sedimentte yer alan mikroorganizmalar (bakteri), cansız detritus (mikroalg, makroalg, hayvan orijinli vb.) ve inorganik maddelerle beslenirler. Meydana getirdiği biyotürbülans etkisiyle dip sedimentinin yeniden kullanılmasında (Bulteel ve diğ., 1992; James, 2004; Türk Çulha ve diğ. 2014) ve deniz suyunun yenilenmesinde (İşgören-Emiroğlu ve Günay, 2007a) önemli bir rol oynamaktadırlar. Ayrıca deniz hıyarları, hiperötrofik ve oligotrofik ortamların düzenleyicisi ve bentik geri dönüşüm sisteminin önemli bir parçasıdır (İşgören-Emiroğlu ve Günay, 2007b).

Deniz hıyarlarının su ürünleri yetiştiricilik sistemlerinde (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) kullanımlarının, atık partikül çıkaran yoğun su ürünleri yetiştiriciliğinin olumsuz etkilerini azalttığı belirtilmiştir (Slater ve Carton, 2009; Tolon ve diğ., 2017).



Şekil 1: Deniz Hıyarlarının Biyotürbülasyondaki Rolü (Purcell ve diğ., 2016'dan uyarlanmıştır)

2. DENİZ HIYARLARININ TİCARİ ÖNEMİ

Deniz hıyarları, zengin besin içerikleri nedeniyle gıda olarak yüksek ticari değere sahiptirler. Yüksek protein ve düşük yağ içerikleri nedeniyle diyetetik gıda olarak özellikle Asya ülkelerinde talep görmektedirler. Deniz hıyarları Çin bölgesinde en az 400 yıldır hasat edilmektedir (Akamine, 2001; Manez ve Ferse, 2010). Yüzyılı aşkın süredir Batı Pasifik'te ekonomik açıdan önemlidir (Conand, 1990; Kinch ve diğ., 2008). Deniz hıyarı özellikle kurutulmuş gıda olarak işlem görür ve ticari olarak "beche-de-mer" adlandırılmaktadır. Gıda endüstrisinde kullanımlarına ilaveten kozmetik, tıp, alternatif tıp ve ilaç endüstrisinde de kullanılmaktadırlar (Choo ve Williams, 2004; Jiaxin, 2004, Künili ve Çolakoğlu, 2018).

Deniz hıyarları, altı takım ve yaklaşık 1250 tür içeren Holothuroidea (Holothurians) sınıfında yer alan endodermlerdir. Dünya genelinde 66 tür ticari olarak değerlendirilmektedir (Purcell ve diğ., 2012). Asya ülkelerinde artan talep, Pasifik'teki deniz hıyarı stoklarının aşırı sömürülmesine ve Akdeniz'deki populasyonların avcılığında artışa sebep olmuştur (Antoniadou ve Vafidis, 2011; Gonzalez-Wanguemert ve diğ., 2015). Fischer ve diğ., (1987), Akdeniz'de *Holothuriidae* familyasından 37 tür bildirmiş, daha sonra Aydın ve diğ., (2019)'nin yeni bir tür (*Holothuria hamata*) kaydıyla tür sayısı 38'e çıkmış olup başlıca hedef türler olarak, *Holothuria polii*, *Holothuria tubulosa*, *Holothuria mammata* ve *Parastichopus regalis* ticari olarak değerlendirilmektedir (Purcell ve diğ., 2012; Gonzalez- Wanguemert ve diğ., 2014, 2015, 2016).

Türkiye kıyılarında ise 9 tür (*Holothuria forskali, H. mammata, H. polii, H. sanctori, H. tubulosa, Stereoderma kirschbergii, Stichopus regalis, Synaptula reciprocans* ve *Holothuria (Theelothuria) hamata*) kaydedilmiş olup (Aydın 2015; Aydın ve Erkan 2015; Aydın ve diğ., 2019), 2019 yılına kadar üç hedef tür (*Holothuria tubulosa* (Şekil 2), *Holothuria polii* (Şekil 3), ve *Holothuria mammata* (Şekil 4), 2019 yılından sonra da *H. sanctori* (Şekil 5) hedef tür olarak değerlendirilmeye başlanmıştır.

Şekil 2: *Holothuria tubulosa*

Şekil 3: *Holothuria polii*

Şekil 4: *Holothuria mammata*

Şekil 5: *Holothuria sanctori*

3. DAĞILIMI VE YOĞUNLUĞUNU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Dağılım ve yoğunluk üzerine çalışmalar, çoğunlukla Türkiye kıyılarında en çok avlanan *H. tubulosa* türü üzerine yürütülmüştür. Bu türün popülasyon yoğunluğu, habitat tipi ve derinliğine göre değişmektedir (Kazanidis ve diğ., 2010). Türün dağılımını etkileyen diğer çevresel faktörler; besin varlığı, su hareketleri ve deniz çayırı yoğunluğudur (Bulteel ve diğ., 1992).

3.1. Derinlik

1-100 m arasında dağılım gösteren (Tortonese, 1965; Massin ve Jangoux, 1976; Gustato ve diğ., 1982; Bulteel ve diğ., 1992) *H. tubulosa*'nın küçük bireyleri kıyı sularında dağılım gösterirken büyüme döneminde derine göç ettiği bildirilmiştir (Bulteel ve diğ., 1992) Aydın (2019b), Türkiye kıyılarında derinlik arttıkça deniz hıyarlarında ortalama ağırlığın arttığını, yoğunluğunun ise azaldığını belirtmiştir. Kıyı sularına göç yaz aylarında gerçekleşmekte ve büyük bireyler kıyıya doğru 15-20 m'deki termoklin seviyesinin üzerine göç etmektedir (Bulteel ve diğ., 1992; Mezali ve diğ., 2006). Bu göçü doğrular şekilde populasyon yoğunluğu ile gonadosomatik indeks (GSI) arasında Temmuz ayında en yüksek seviyeye çıkan pozitif ilişki tespit edilmiştir (Dereli ve diğ., 2016).

3.2. Besin Varlığı (Organik Girdi)

Organik girdinin fazla olduğu alanlarda popülasyonun büyüme performansı oldukça yüksektir (Vafeiadou ve diğ., 2010). *H. tubulosa* genellikle organik yük açısından zengin zeminlerde ve deniz çayırı yataklarında dağılım göstermektedir (Tortonese, 1965; Massin ve Jangoux, 1976; Gustato ve diğ., 1982; Bulteel ve diğ., 1992).

3.3. Akıntı Durumu

Detrital gıdanın kolay ulaşılabilir ve su türbülansının düşük olduğu alanlarda türün büyümesi daha hızlıdır (Bulteel ve diğ., 1992). İtalya'da Elba Adası'nın kıyı sularında 12-13 m derinliklerde, diğer

derinliklere (6-7 m ve 23-24 m) göre daha düşük yoğunlukta tespit edilmiştir.

Farkın 12-13 m derinliklerdeki yüksek su akıntısından kaynaklandığı belirtilmiştir (Reinthaler ve Scheiblauer, 1998). Türkiye kıyılarında akıntının yüksek olduğu Çanakkale Boğazı'nda popülasyonun yoğunluğu 0,21 m^2/birey olarak tespit edilmiştir. Bu değer, Akdeniz'deki diğer bölgelere göre oldukça düşüktür (Dereli ve diğ., 2016).

3.4. Deniz Çayırları

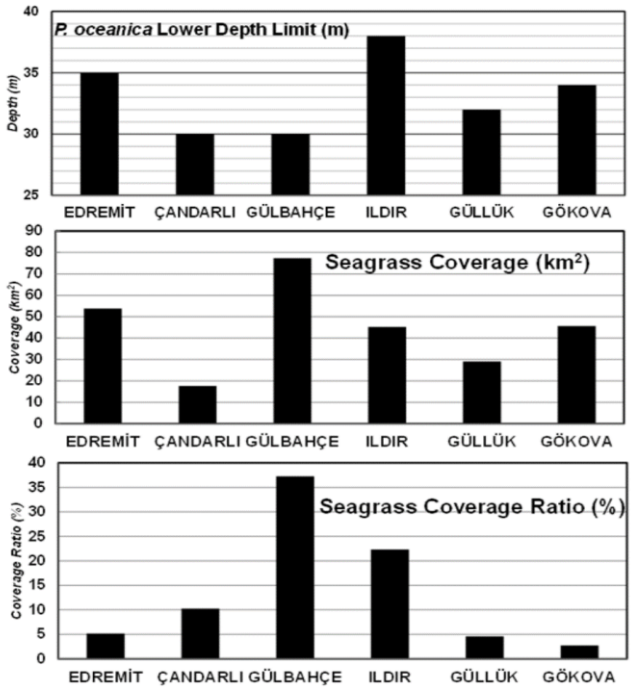
Napoli Körfezi'nde *Posidonia oceanica* çayırlarının yoğun olduğu alanda m^2'de 3,77 birey bulunurken, derinlik artışıyla bunun düştüğü ve deniz çayırlarının azaldığı 30 m derinlikte m^2'de 0,34 birey bulunduğu bildirilmiştir (Coulon ve Jangoux, 1993). Türkiye kıyılarında (Çanakkale Boğazı) türün en yüksek popülasyon yoğunluğuna geniş deniz çayırlarının bulunduğu alanlarda sahip olduğu belirlenmiştir (Dereli ve diğ., 2016).

4. TÜRKİYE KIYILARINDAKİ DAĞILIM VE YOĞUNLUĞU

Deniz hıyarlarının Türkiye kıyılarındaki (Ege Denizi) populasyon yoğunlukları; Çanakkale Boğazı için metrekarede 0,21 birey (Dereli ve diğ., 2016), İzmir, Balıkesir ve Çanakkale kıyıları içinse 1,91 birey ve 106,6 g olarak (Aydın, 2019a) bildirilmiştir.

Deniz hıyarı avcılığı son iki yıldır Ege Denizi'ndeki İzmir İli kıyılarında, yasa dışı avcılığı ise özellikle İzmir Körfezi'nde yoğunlaşmaktadır. 2019 yılında avcılık izni alan 220 tekneden 193'ü

İzmir İlindedir (BSGM, 2020). Yasa dışı avcılığın İzmir Körfezi'nde yoğunlaşmasında deniz hıyarına olan talebin yanısıra asıl etken Körfezde deniz hıyarı popülasyonun bolluğudur. Körfez, antropogenic (insan kaynaklı) girdiler nedeniyle kirlilik (Bizsel ve Uslu, 2000), sedimentte yüksek organik girdi mevcudiyeti (Filibeli ve diğ., 1995) ve özellikle Gülbahçe kıyılarında Deniz çayırı varlığının yüksek olması nedeniyle deniz hıyarlarının bolluğu ve dağılımı için uygun bir alan durumundadır. Ege Denizi'nin Türkiye kıyılarında 6 bölge içerisinde en fazla deniz çayırı alanına (km^2) ve yayılım oranına (%) sahip bölge, İzmir Körfezi'ndeki Gülbahçe kıyılarıdır (Şekil 6 ve 7) (Duman ve diğ., 2019).



Şekil 6: Ege Denizi'nde Deniz Çayırlarının Dağılımı ve Yayılımı (Duman ve diğ., 2019).

Şekil 7: Gülbahçe (İzmir) Kıyılarında Deniz Çayırlarının Yayılımı (Duman ve diğ., 2019).

Ege Denizi'ndeki ticari değere sahip deniz hıyarı popülasyonlarının son 10 yıldaki bilimsel çalışmalarda tespit edilen ortalama ağırlıkları ise Tablo 1'de sunulmuştur. Deniz hıyarlarının stres anında sölomik sıvıyı boşaltması nedeniyle ve vücut içindeki sediment miktarına bağlı olarak ıslak ağırlığı farklılık gösterebilmektedir (Aydın ve Erkan, 2015; Dereli ve diğ., 2016). Bu nedenle karkas ağırlığı (KA) en güvenilir ölçümdür (Dereli ve diğ., 2016; Aydın, 2020). Karkas ağırlıklar karşılaştırıldığında, zaman içerisinde *H. polii* türünde artış, *H. tubulosa* ve *H. mammata* türlerinde düşüş görülmektedir (Tablo 1). Ortalama ağırlıklardaki düşüşler, deniz hıyarı stokları üzerindeki av baskısının bir işareti olarak değerlendirilebilir.

Tablo 1: Türkiye'nin Ege Denizi kıyılarındaki deniz hıyarlarının ortalama ağırlıkları (KA:Karkas ağırlık; EW: İçi boşaltılmış; IA: Islak ağırlık)

Tür	Ağırlık (g)	Kaynakça
H. polii	59,25 (IA)	Aydın ve Emre (2009)
	37,6 (KA)	González-Wangüemert ve diğ. (2014)
	46,3 (IA)	Aydın ve Erkan (2015)
	42,4 (EW)	González-Wangüemert ve diğ. (2016)
	45,7 (KA)	Aydın (2019a)
	49,3 (KA)	Aydın (2020)
H. tubulosa	78,62 (IA)	Aydın ve Emre (2009)
	88,8 (KA)	González-Wangüemert ve diğ. (2014)
	83,7 (IA)	Aydın ve Erkan (2015)
	49,9 (KA)	Dereli ve diğ. (2016)
	58,7 (EW)	González-Wangüemert ve diğ. (2016)
	66,5 (KA)	Aydın (2019a)
	66,5 (KA)	Aydın (2020)
H. mammata	105,9 (IA)	Aydın ve Emre (2009)
	109,0 (KA)	González-Wangüemert ve diğ. (2014)
	109,8 (IA)	Aydın ve Erkan (2015)
	85,9 (EW)	González-Wangüemert ve diğ. (2016)
	68,1 (KA)	Aydın (2019a)
	68,1 (KA)	Aydın (2020)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Deniz hıyarı balıkçılığının çoğunun tarihinde aşırı avcılık ve çöküş görülmektedir (Conand, 1990; Uthicke, 2004; Uthicke ve diğ., 2009). Düşük stoka katılım (Uthicke, 2004; Hearn ve diğ., 2005), yavaş büyüme ve uzun ömürlülük bazı türleri aşırı avlanmaya karşı savunmasız bırakabilmektedir (Conand, 2001).

Gonokforik yayılımla yumurtlama özelliğinden dolayı deniz hıyarlarında gametlerin başarılı bir şekilde döllenmesi için bireylerin birbirine yakın olması gerekir (Babcock ve diğ., 1992; Shepherd ve

diğ., 2004; Mercier ve Hamel, 2009). Aşırı avcılık veya diğer nedenlerle düşük yoğunluklu popülasyonlarda (örneğin, hektar başına birkaç birey varsa), üreme periyodunda kendi türünden bireylere yaklaşmakta başarısız olabilirler, bu da eşzamanlı olmayan yumurtlamaya neden olabilmektedir (Mercier ve Hamel, 2009; Purcell ve diğ., 2013). Bu nedenle, Türkiye kıyılarında deniz hıyarı türlerinin dağılım ve yoğunluk haritaları çıkartılarak gerekli balıkçılık yönetim önlemleri alınmalıdır.

Deniz hıyarları, hiperötrofik ve oligotrofik ortamların düzenleyicisi ve bentik geri dönüşüm sisteminin önemli bir parçasıdırlar. Deniz hıyarlarının ekosistemdeki bu özelliğinden yola çıkarak Ülkemiz kıyılarındaki mevcut deniz balığı yetiştiricilik tesislerinin (ağ-kafesler) bulunduğu bölgelerde derin sularda yaşayan (*Stichopus regalis* vb.) deniz hıyarı türlerinin yetiştiriciliğini yapabilme olasılıkları araştırılmalı ve pilot uygulamalar yapılmalıdır. Böylelikle hem yetiştiricilik tesislerinin su kolonunda ve sedimentte yapacağı olası etkileri azaltmak hem de doğal deniz hıyarı stokları üzerindeki av baskısını azaltmak mümkün olabilecektir.

Ekosistemde önemli rol oynayan ve ticari değeri yüksek olan deniz hıyarlarının dağılımları ve yoğunlukları hakkında daha fazla bilgi üretilerek, denizel yaşamın ve balıkçılığın sürdürülebilirliğine katkı sağlanabilecektir.

KAYNAKÇA

Akamine, J. (2001). Holothurian exploitation in the Philippines: continuities and discontinuities. Tropics 10, 591–607.

Antoniadou, C., Vafidis, D. (2011). Population structure of the traditionally exploited holothurian *Holothuria tubulosa* in the south Aegean Sea. Cahiers de Biologie Marine, 52(2), 171-175.

Aydın, M. (2015). Preliminary study on the distribution of sea cucumber species in Turkey coastal. Ecology Symposium, 6–9 May 2015. Sinop. 483 p.

Aydın, M. (2019a). Biometry, density and the biomass of the commercial sea cucumber population of the Aegean Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 19(6), 463-474.

Aydın, M. (2019b). Density and Biomass of Commercial Sea Cucumber Species Relative to Depth in the Northern Aegean Sea. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, 1-10.

Aydın, M. (2020). Length-weight relationships and condition factor of four different sea cucumber species in the Aegean Sea. J. Anatolian Env. and Anim. Sciences, 5(1), 80-85.

Aydın, M., Emre, Y. (2009). Ayvalık- Çeşme arasındaki deniz hıyarı stoklarının araştırılması. Bilimsel rapor, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müd. Sonuç Raporu, 49s.

Aydın, M., Erkan, S. (2015). Identification and some biological characteristics of commercial sea cucumbers in Turkey's coast waters. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 3(1), 260–265.

Aydın, M., Gürlek, M., Samyn, Y., Ergüden, D., Turan C. (2019). First record of a Lessepsian migrant: the sea cucumber *Holothuria* (*Theelothuria*) *hamata* Pearson, 1913. Zootaxa, 4551(1), 94-100.

Babcock, R., Mundy, C. N., Keesing, J., Oliver, J. (1992). Predictable and unpredictable spawning events: in situ behavioural data from free-spawning coral reef invertebrates. Invertebrate Reproduction & Development, 22, 213-227.

Bakus, G. J. (1973). The biology and ecology of tropical holothurians. In: Biology and Geology of Coral Reefs (eds O.A. Jones and R. Endean), Vol. 2. Academic Press, New York, pp 325–367.

Birkeland, C. (1988). The influence of echinoderms on coral-reef communities. Echinoderm Studies, 3, 1–79.

Bizsel, N., Uslu, O. (2000). Phosphate, nitrogen and iron enrichment in the polluted Izmir Bay, Aegean Sea. Marine Environmental Research, 49(2), 101-122.

BSGM (2020). Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü kayıtları. Ankara.

Boncagni, P., Rakaj, A., Fianchini, A., Vizzini, S. (2019). Preferential assimilation of seagrass detritus by two coexisting Mediterranean sea cucumbers: *Holothuria polii* and *Holothuria tubulosa*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 231, 106464.

Bulteel, P., Jangoux, M., Coulon, P. (1992). Biometry, Bathymetric Distribution, and Reproductive Cycle of the Holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean Sea grass Beds. Marine Ecology, 13 (1), 53-62.

Choo, P. S., Williams, M. J. (2004). Trade and Utilization of Sea Cucumber in Malaysia. SPC Bech-De-Mer Inf. Bul., 19.

Conand, C. (1990). The Fishery Resources of Pacific Island Countries. Pt. 2: Holothurians. FAO Fisheries Technical Paper 272.2, FAO, Rome.

Conand, C. (1997). Are holothurian fisheries for export sustainable? In: Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panama June 1996 (eds H.A. Lessios and I.G. MacIntyre). Smithsonian Tropical Research Institute, Balboa, pp 2021–2026.

Conand, C. (1998). Overexploitation in the present world sea cucumber fisheries and perspectives in mariculture. In: Echinoderms: San Francisco: Proceedings of the Ninth International Echinoderm Conference, San Francisco, California, USA, 5–9 August (eds R. Mooi and M. Telford). A.A. Balkema, Rotterdam, pp 449–454.

Conand, C. (2001). Overview of sea cucumbers fisheries over the last decade – what possibilities for durable management? In: Echinoderms 2000 (ed. J.M. Baker).Swets & Zeitlinger, Lisse, pp 339–344.

Coulon, P., Jangoux, M. (1993). Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. Marine Ecology Progress Series, 92, 201-204.

Dereli, H., Çulha, S. T., Çulha, M., Özalp, B. H., Tekinay, A. A. (2016). Reproduction and population structure of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* in the Dardanelles Strait, Turkey. Mediterranean Marine Science, 17(1), 47-55.

Duman, M. Eronat, A. H., İlhan, T., Talas, E., Küçüksezgin, F. (2019). Mapping Posidonia Oceanica (Linnaeus) Meadows in the Eastern Aegean Sea Coastal Areas of Turkey: Evaluation of Habitat Maps Produced Using the Acoustic Ground-Discrimination Systems, International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO), 6(1), 67-75.

Filibeli, A., Yılmaz, R., Alyanak, I. (1995). Dredged material of Izmir Harbor: its behavior and pollution potential. Water Science and Technology, 32(2), 105-113.

Fischer, W., Schneider, M., Bauchot, M. L. (1987). Méditerranée et Mer Noire (Zone de Pêche 37). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. 1,530 p..

Francour, P. (1997). Predation on holothurians: a literature review. Invertebrate Biology, 116, 52–60.

González-Wangüemert, M., Aydın, M., Conand, C. (2014). Assessment of sea cucumber populations from the Aegean Sea (Turkey): First insights to the sustainable management of new fisheries. Ocean and Coastal Management, 92, 87–94.

González-Wangüemert, M., Valente, S., Aydın, M. (2015). Effects of fishery protection on biometry and genetic structure of two target sea cucumber species from the Mediterranean Sea. Hydrobiologia, 743(1), 65-74.

González-Wangüemert, M., Valente, S, Henriques, F., Domínguez-Godino, J. A., Serrãoa, E. A. (2016). Setting preliminary biometric baselines for new target sea cucumbers species of the NE Atlantic and Mediterranean fisheries. Fisheries Research, 179, 57–66.

Gustato, G, Villari, A, Del Gaudio, S, Pedata, P. (1982). Ulteriori dati sulla distribuzione di *Holothuria tubulosa, Holothuria polii* e *Holothuria stellati* nel Golfo di Napoli. Boll Soc Nat Napoli, 91, 1–14.

Hearn, A., Martinez, P., Veronica, T. G. (2005). Population dynamics of the exploited sea cucumber *Isostichopus fuscus* in the western Gala´pagos Islands, Ecuador. Fisheries Oceanography, 14, 377–385.

İşgören Emiroğlu, D., Günay, D. (2007a). The Effect of Sea Cucumber *Holothuria tubulosa* (G., 1788) on Nutrient and Sediment of Aegean Sea Shores, Pakistan Journal of Biological Sciences, 10 (4), 586-589.

İşgören Emiroğlu, D., Günay, D. (2007b). The Effect of Sea Cucumber *Holothuria tubulosa* (G., 1788) on Nutrient and Organic Matter Contents of Bottom Sediment of Oligotrophic and Hypereutrophic Shores, Fresenius Environmental Bulletin, 16(3), 290-294.

James, D. B. (2004). Captive Breeding of the Sea Cucumber *Holothuria scabra* from India, SPC Bech-De-Mer Inf. Bul., 19.

Jiaxin, C. (2004). Present Status and Prospects of Sea Cucumber Industry in China. SPC Bech-De-Mer Inf. Bul.19.

Kazanidis, G., Antoniadou, C., Lolas, A. P., Neofitou, N., Vafidis, D. (2010). Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90(5), 895-901.

Kinch, J., Purcell, S., Uthicke, S., Friedman, K. (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Central Pacific. In: Sea Cucumbers: A Global Review of Fisheries and Trade (eds V. Toral- Granda, A. Lovatelli and M. Vasconcellos), FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516, FAO, Rome, pp 7–55.

Künili, İ. E., Çolakoğlu, F. A. (2018). Antioxidant and Antimicrobial Activity of Sea Cucumber (*Holothuria tubulosa*, Gmelin 1791) Extracts. COMU J Mar Sci Fish, 1(2), 66-71.

MacTavish, T., Stenton-Dozey, J., Vopel, K., Savage, C. (2012). Deposit-feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. PLoS ONE, 7, e50031.

Manez, K. S., Ferse, S. C. A. (2010). The history of Makassan trepang fishing and trade. PLoS ONE 5, e11346.

Massin, C. (1982). Effects of feeding on the environment: Holothuroidea. In: Echinoderm Nutrition (eds M. Jangoux and J.M. Lawrence). AA Balkema, Rotterdam, pp 493– 497.

Massin, C., Jangoux, M. (1976). Observations ecologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. polii* et *H. forskali* (Echinodermata, Holothuroidea) et comportement alimentaire de H. tubulosa. Cahiers de Biologie Marine, 17, 45-59.

Mercier, A., Hamel, J. F. (2009). Endogenous and exogenous control of gametogenesis and spawning in echinoderms. Advances in Marine Biology, 55, 1–302.

Mezali, K., Zupo, V., Francour, P. (2006). Population dynamics of *Holothuria (Holothuria) tubulosa* and *Holothuria (lessonothuria) polii* of an Algerian Posidonia oceanica meadow. Biologia Marina Mediterranea, 132, 158-161.

Purcell, S. (2004). Rapid growth and bioturbation activity of the sea cucumber *Holothuria scabra* in earthen ponds. Proceedings of Australasian Aquaculture, 1, 244.

Purcell, S. W., Conand, C., Uthicke, S., Byrne, M. (2016). Ecological roles of exploited sea cucumbers. In Oceanography and marine biology. CRC Press., pp 375-394.

Purcell, S. W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J. F., Toral-Granda, M. V., Lovatelli, A., Uthicke, S. (2013). Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and fisheries, 14(1), 34-59.

Purcell, S. W., Samyn, Y., Conand, C. (2012). Commercially important sea cucumbers of the World. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 6. FAO, Rome. 150 p.

Reinthaler, T., Scheiblauer, S. (1998). Ecological monitoring of *Holothuria tubulosa* and *H. polii* (Echinodermata: Holothuroidea) in nearshore waters of Elba, Italy. In: 5th European Conference on Echinoderms, May 1998. Milan, Italy.

Shepherd, S. A., Martinez, P., Toral-Granda, M. V., Edgar, G. J. (2004). The Galapagos sea cucumber fishery: management improves as stocks decline. Environmental Conservation, 31, 102–110.

Slater, M. J., Carton, A. G. (2009). Effect of sea cucumber (*Australostichopus mollis*) grazing on coastal sediments impacted by mussel farm deposition. Marine Pollution Bulletin, 58(8), 1123–1129.

So, J. J., Hamel, J. F., Mercier, A. (2010). Habitat utilisation, growth and predation of Cucumaria frondosa: implications for an emerging sea cucumber fishery. Fisheries Management and Ecology, 17, 473–484.

Tolon, M. T., Emiroglu, D., Gunay, D., Ozgul, A. (2017). Sea cucumber (*Holothuria tubulosa* Gmelin, 1790) culture under marine fish net cages for potential use in integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). Indian Journal of Geo Marine Sciences, 46, 749–756.

Tortonese, E. (1965). Echinodermata - Fauna d'italia, VI. Ed. Calderini, Bologna. XIII+422 pp., 186 figg.

Türk Culha, S., Dereli, H., Culha M., Alparslan, M., Barış, K. E. (2014). Çanakkale Boğazı'ndan Örneklenen Deniz Hıyarının (*Holothuria tubulosa*) Biyokimyasal ve Ekolojik Özelliklerinin Belirlenmesi, 113Y003 No'lu TÜBİTAK Projesi, 192 s.

Uthicke, S. (1999). Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria (Halodeima) atra* and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians, at Lizard Island, Great Barrier Reef. Bulletin of Marine Science, 64, 129–141.

Uthicke, S. (2001a). Nutrient regeneration by abundant coral reef holothurians. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 265, 153–170.

Uthicke, S. (2001b). Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: grazing losses versus production enhancement. Marine Ecology Progress Series, 210, 125–138.

Uthicke, S. (2004). Over fishing of sea cucumbers: lessons from the Great Barrier Reef. In: Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management (eds A. Lovatelli, C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J.-F. Hamel and A. Mercier), FAO Fisheries Technical Paper No. 463, FAO, Rome, pp 163–171.

Uthicke, S., Klumpp, D. W. (1998). Microphytobenthos community production at a near-shore coral reef: seasonal variation and response to ammonium recycled by holothurians. Marine Ecology Progress Series, 169, 1–11.

Uthicke, S., Schaffelke, B., Byrne, M. (2009). A boombust phylum? Ecological and evolutionary consequences of density variations in echinoderms. Ecological Monographs, 79, 3–24.

Vafeiadou, A. M., Antoniadou, C., Vafidis, D., Fryganiotis, K., Chintiroglou, C., (2010). Density and biometry of the exploited holothurian *Holothuria tubulosa* at the dodecanese, south Aegean sea. Rapport Commission International Pour l'exploration Scientifique de la Mer Méditerranee, 39, 661.

Wolkenhauer, S. M., Uthicke, S., Burridge, C., Skewes, T., Pitcher, R. (2010). The ecological role of *Holothuria scabra* (Echinodermata: Holothuroidea) within subtropical seagrass beds. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90, 215–223.

BÖLÜM 3

TÜRKİYE'DE DENİZ HIYARI BALIKÇILIĞI VE YÖNETİMİ

Doç. Dr. Hakkı DERELİ[1], Prof. Dr. Mehmet AYDIN[2]

[1] İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İzmir, Türkiye. hakkidereli@gmail.com
Orcıd ıd 0000-0002-1240-8922
[2] Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü, Ordu, Türkiye. maydin69@hotmail.com

GİRİŞ

Deniz hıyarı (patlıcanı) balıkçılığı günümüzde 70 ülkede oldukça aktiftir ve 3 milyon balıkçı deniz hıyarı balıkçılığı yapmaktadır (Purcell ve diğ., 2013). Zengin besin içerikleri nedeniyle bin yılı aşkın süredir Asya ülkelerinde gıda olarak tüketilen deniz hıyarları kozmetik ve tıp alanında da talep görmektedir (Choo ve Williams, 2004). Artan talep ile son yıllarda üretimde önemli artışlar gözlenmiş, balık stoklarının mevcut durumu da bu ivmeyi artırmıştır. 2015 yılı itibariyle dünyadaki balık stoklarının % 33'ü aşırı avcılığa maruz kalmış, % 60'ı maksimum düzeyde sömürülmüş durumdadır (FAO, 2018) ve artan balıkçılık baskısı bu nedenle balık dışındaki deniz hıyarı gibi kaynaklara kaydırılmaktadır (Pauly ve diğ., 1998; Anderson ve diğ., 2011).

Deniz hıyarı avcılığının sürdürülebilir olması adına stokların tespiti ve yönetimi önemlidir. Ticari türlerin uzun ömürlü olması, stokların yavaş iyileşmesine sebep olmaktadır ve stokları çökmeye karşı daha savunmasız hale getirmektedir (Caddy ve Seijo, 2005). Dünyada deniz hıyarı balıkçılığı yapılan 77 bölgedeki incelemeler sonucunda; deniz hıyarı balıkçılığının yaklaşık dörtte üçünün (% 20'si çökmüş ve % 38'i aşırı avcılık ve % 14'ü ise tam sömürülme seviyesinde) artış potansiyeli içermediği belirlenmiştir (Purcell ve diğ., 2013). Deniz hıyarı stoklarının azalması nedeniyle birçok ülkede moratoria (avcılığın tamamen yasaklanması) kararı alınmış (Purcell, 2010) fakat bazen bu karar yasa dışı avcılıkta artışa neden olmuştur (Conand, 2006).

Deniz hıyarı balıkçılığında stokların iyileşmesi, bölgesel ve bilimsel bilgiyi birleştiren (Berkes ve Seixas, 2005) ve balıkçı, işleme sektörü ile ihracatçıların kaynak için sorumluluk almalarını sağlayan katılımcı yönetim sistemlerini gerektirmektedir (Andrew ve diğ., 2007). Balıkçılıktan sorumlu kurumların mümkün olan yerlerde, balıkçı sayısını ve gemi büyüklüğünü sınırlandırması ve çok türün hedeflendiği bölgelerde izin verilen ticari türlerin listesini oluşturması önerilmektedir. Biyolojik çeşitlilik kaybı riskinin son derece yüksek olduğu düşük gelirli ülkelerde, uygulama kapasitesini desteklemek de gerekmektedir (Purcell ve diğ., 2013). Türkiye'de ise 1996 yılında başlayan deniz hıyarı balıkçılığı, 2007 yılından itibaren yasal düzenlemelerle yönetilmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye kıyılarındaki deniz hıyarı balıkçılığı ve yönetimi, yasa dışı avcılığın mevcut durumu ve sürdürülebilir balıkçılık adına çözüm önerileri ortaya konmuştur.

1. TÜRKİYE KIYILARINDAKİ DENİZ HIYARI BALIKÇILIĞI

Türkiye'de deniz hıyarı balıkçılığı, 1996 yılında karides algarnalarında hedef dışı tür olarak avlanan *Stichopus regalis*'in ihraç edilmesiyle başlamıştır. 1997 yılından itibaren üç hedef tür (*Holothuria polii*, *Holothuria tubulosa* ve *Holothuria mammata*) doğadan toplanarak avlanmıştır (Aydın, 2008 ve 2017; González-Wangüemert ve diğ., 2014). 2002 – 2009 yılları arasında ise *H. tubulosa* ve *H. mammata* başlıca iki hedef tür olmuştur. Talebin artmasından dolayı 2011 yılından itibaren ticari değeri daha düşük olan *H. polii* de hedeflenmiştir (Aydın, 2017). 2019 yılı itibariyle

ticareti yapılan deniz hıyarlarının büyük çoğunluğunu (% 60-70) *H. tubulosa* türü oluşturmaktadır (Günay ve diğ., 2019). *H. sanctori* türü de 2019 yılından itibaren toplanmaya başlanmıştır (Dr. Mehmet AYDIN gözlemleri).

1.1. Balıkçılık Metodu

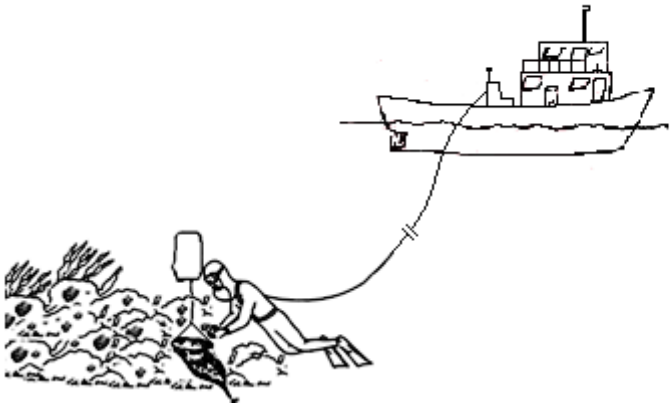
Deniz hıyarı avcılığı 5.5-12 m uzunluğundaki 5-269 HP motor gücündeki ahşap teknelerle yürütülmektedir (Tablo 1) (González-Wangüemert ve diğ., 2014; BSGM, 2020). Tekne balıkçılık bölgesine ulaşınca demirlemekte, dalgıçlar (ortalama 2 dalgıç) tekneden kompresörlerle sağlanan hava ile nargile yöntemiyle dalış gerçekleştirmekte ve tekneden uzanan hortum uzunluğuna bağlı olarak 3-30 m derinliklerden deniz hıyarlarını toplamaktadır.

Tablo 1: Deniz Hıyarı Balıkçılığında Kullanılan Teknelerin ve Balıkçılık Operasyonunun Özellikleri (Ort: ortalama; SH: standart hata; Min-Maks: Minimum-maksimum)

	Tekne uzunluğu (m)	Tekne eni (m)	Makine gücü (HP)	Dalış süresi (saat)	Derinlik (m)	Personel sayısı
Ort ± SH	8 ± 0.08	2.8 ± 0.05	71.3 ± 3.27	4.1 ± 1.4	12 ± 3.01	3-4
Min-Maks	5.5-12	1.6-5	5-269	2-8	5-22	

Nargile sistemi ile balıkçılık gündüz yapılmakta (yasa dışı olarak geceleri de avlanılmaktadır) ve genellikle bir dalgıç derinliğe bağlı olarak gün içerisinde farklı dalışlarda toplam 3-4 saat su altında kalmaktadır. Toplanan deniz hıyarları dalgıçlar tarafından torbalarda tutulur. Torbalar, su altında hava (regülatörden gelen) ile doldurulmuş ters pozisyonda duran varillere bağlanır (hasat ağırlığı arttıkça ters

varilin içerisine hava basılır ve nötr yüzerlik sağlanır). Bu, dalgıcın varilleri suyun altında hareket ettirmesini kolaylaştırır. Bir torba deniz hıyarları ile doldurulduğunda varil tamamen hava ile doldurulur, böylece deniz hıyarları yüzeye çıkarılmış olur (Şekil 1) (Aydın, 2017).

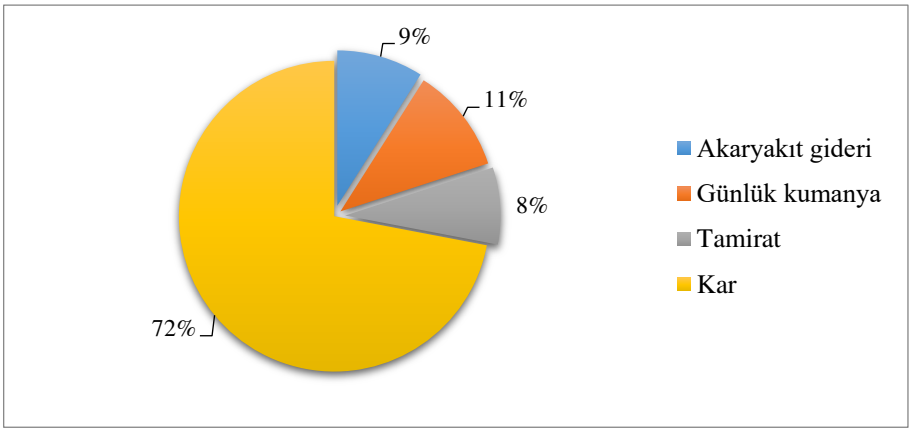


Şekil 1: Nargile Sistemi ile Deniz Hıyarı Avlama (Aydın ve diğ., 2016)

Bir bölgedeki balıkçılık sona erdiğinde tekne dalış için bir başka bölgeye hareket etmektedir. Hava müsait olduğunda ise tekne sürüklenmeye bırakılmakta ve böylelikle daha geniş alanda deniz hıyarı toplamak mümkün olmaktadır (Aydın, 2017).

1.2. Balıkçılık Getirisi

Elli tekne ile yürütülen sörvey çalışmasında gelir ve giderler dikkate alınarak yapılan ekonomik analiz sonuçlarına göre deniz hıyarı avcılığı yapan nargile teknelerinin kar oranının oldukça yüksek olduğu (% 72) tespit edilmiştir (Şekil 2) (González-Wangüemert ve diğ., 2014).



Şekil 2: Deniz Hıyarı Avcılığı Yapan Teknelerin Gelir ve Gider Oranı

1.3. Balıkçılık Çabası

2008 yılında bir dalgıcın av miktarı 2000-3000 birey/gün (Aydın, 2008) iken son yıllarda tekne başına 6000-9000 birey/gün, dalgıç başına 3000-4500 birey/gün, toplamda ise yaklaşık 220 aktif balıkçı teknesi ile 720.000-1.080.000 birey/gün avlanmaktadır (Gonzalez-Wanguemert ve diğ., 2014; BSGM, 2020). İzinli teknelere ilaveten % 30 oranında yasa dışı avcılık yapan tekne de bulunduğu tahmin edilmektedir (Aydın, 2017).

1.4. Üretim/İşleme/İhracat

Dalgıçlar tarafından toplanan deniz hıyarları, deniz suyu bulunan plastik variller içerisinde canlı olarak işleme tesisine transfer edilir. İşleme tesisinde deniz hıyarının karın kısmında 2 cm'lik bir kesi yapılır ve iki uçtan dorsal yönde deniz hıyarı sıkılarak iç organlar kesiden boşaltılır. Şirket tarafından vücut duvarının net ağırlığı ölçülür ve balıkçıya her 1 kg ürün için *Holothuria polii* türünde 37 TL,

Holothuria mammata ve *Holothuria tubulosa* türlerinde 62 TL ödenir. Deniz hıyarları boşaltım işleminden sonra sırasıyla soğuk suyla yıkanır, 100°C'de 20 dakika kaynatılır ve soğuk suyla tekrar yıkanır (Aydın ve diğ., 2011)

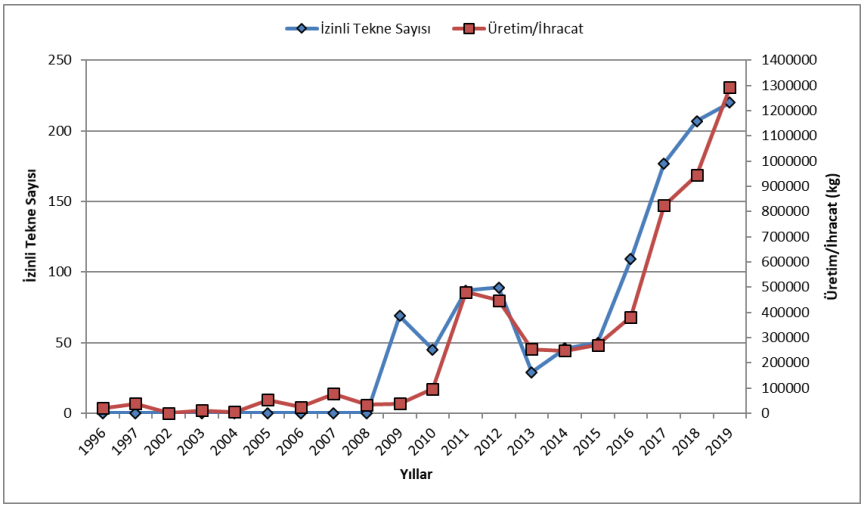
Türkiye'de tüketilmeyen deniz hıyarları, dondurulmuş, kurutulmuş ve tuzlanmış olarak işlendikten sonra çoğunlukla Asya ülkelerine ihraç edilmektedir (Çaklı ve diğ, 2004; Özer ve diğ., 2004; Aydın 2008 ve 2017; Aydın ve diğ., 2011). Bu nedenle ihracat rakamlarının direkt olarak Ülkemiz kıyılarındaki üretimi yansıttığı varsayılmıştır.

Türkiye'nin 1996 yılından bugüne yıllık deniz hıyarı üretimi Tablo 2'de verilmiştir (BSGM, 2020; TUİK, 2020). Dondurulmuş formun 2008 yılından itibaren ihraç edilen ürünlerin büyük kısmını oluşturduğu görülmektedir. 2019 yılında deniz hıyarlarının % 91'i dondurulmuş, % 9'u ise kurutulmuş olarak Türkiye'den ihraç edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Türkiye'nin İşleme Metodlarına Göre ve Toplam Yıllık Deniz Hıyarı Üretim Miktarları

Yıllar	Toplam üretim (kg)	İşleme metodu	
1996	19 868	Dondurulmuş	
1997	37 665	Dondurulmuş	
2002	172	Toz halinde	
2003	10 843	Kurutulmuş ve toz halinde	
2004	5 421	Kurutulmuş	
2005	53 293	Kurutulmuş ve dondurulmuş	
2006	24 200	Kurutulmuş ve dondurulmuş	
2007	77 238	Kurutulmuş, dondurulmuş ve tuzlanmış	
		Kurutulmuş (kg)	Dondurulmuş (kg)
2008	33 669	789	32 880
2009	37 976	7 036	30 940
2010	97 183	16 203	80 980
2011	479 985	13 930	466 055
2012	447 644	27 479	420 165
2013	254 226	21 465	232 761
2014	247 585	23 585	224 000
2015	270 270	51 300	218 970
2016	378 883	74 654	306 229
2017	824 292	130 062	694 230
2018	943 585	141 841	801 744
2019	1.292.121	122.271	1.169.850

Türkiye kıyılarındaki deniz hıyarı üretimi, 2011'den itibaren ticari değeri daha düşük olan *H. polii*'nin de avlanmaya başlanması ve balıkçılık çabasının 2 katına çıkması (Aydın, 2017) ile yaklaşık 500 tona ulaşmıştır ve sonrasında 2013-2015 yıllarında 250 ton civarında seyretmiştir (BSGM, 2020). Deniz hıyarı ihracatı son dört yılda önemli bir artış göstererek 2018 yılında 944 tona ulaşmış ve yaklaşık 22,5 milyon dolarlık bir gelir sağlanmıştır. 2019 yılında ise daha da artarak 1292 ton deniz hıyarı ihracatı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3) (BSGM, 2020; TUİK, 2020).



Şekil 3: Deniz Hıyarı Balıkçılığı İzni Alan Tekne Sayısı ve Üretim/İhracat (1996-2019 Yılları Arası)

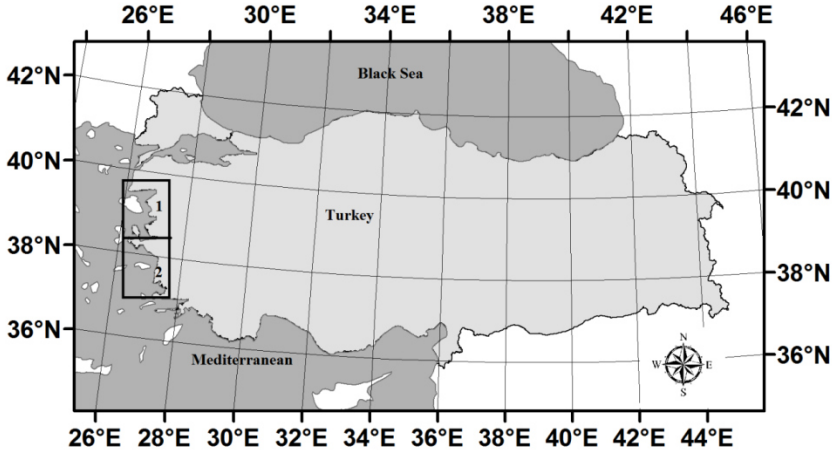
En fazla ihracat (% 38) Hong Kong'a yapılmış, onu sırasıyla Çin (% 36), ABD (%13) ve Vietnam (% 10) takip etmiştir (Günay ve diğ., 2019; TUİK, 2020). Türkiye'de 8'i İzmir'de, 2'si İstanbul'da ve 1'i Edirne'de olmak üzere, deniz hıyarı ticareti yapan 11 şirket bulunmaktadır. Deniz hıyarlarının 2019 yılı itibariyle ihracat değerleri, *H. tubulosa* için 135-145 $/kg *H. mammata* için 90-100 $/kg ve H. polii için 85-95 $/kg'dır (Günay ve diğ., 2019).

1.5. Balıkçılık Yönetimi ve Değerlendirme

Türkiye kıyılarında deniz hıyarı avcılığına Ege Bölgesi kıyılarında izin verilmektedir (Şekil 4). Bölgede avcılık yapılabilmesi için özel avcılık izin belgesi almak ve yalnızca dalma yöntemiyle avlamak kaydıyla izin verilmektedir (Anonim, 2020).

Şekil 4: Türkiye Kıyılarında Deniz Patlıcanı (Hıyarı) Balıkçılığı Yapılabilecek Alanlar (Anonim, 2020)

Ege Denizi deniz hıyarı balıkçılığı açısından iki alt bölgeye ayrılmış olup dört yılda bir çıkartılan yasal düzenlemede bölgelerden biri stokların iyileşmesi için avcılığa kapatılmaktadır. Bu düzenleme 2024 yılına kadar geçerlidir (Şekil 5) (Aydın, 2017; Anonim, 2020). Bu dönüşümlü balıkçılık modelinin, deniz hıyarı stoklarının yönetiminde başarılı bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Purcell ve diğ. 2016). Türkiye'de bir balıkçılık bölgesi avcılığa açılmadan önce, stokların durumu (bireysel ağırlıklar, uzunluklar, biyokütle, dağılım vb.) Bakanlık (Tarım ve Orman Bakanlığı) tarafından kontrol edilir ve eğer uygunsa avcılığa izin verilir (Aydın, 2019).



Şekil 5: Ege Denizi'nde Deniz Hıyarı Avcılığına Dönüşümlü İzin Verilen Alanlar (Aydın, 2017)

Yasal mevzuatta zaman yasağı 2024 yılına kadar 1 Haziran-31 Ekim arası olarak belirtilmiştir (Anonim, 2020). Türkiye kıyılarında *H. tubulosa* türünde gonadosomatik indeks (GSI), Temmuz ayında en yüksek değerine ulaşmakta ve sonrasında Ağustos ve Eylül aylarında üreme gerçekleşmektedir (Dereli ve diğ., 2016). Ege Denizi'nde (Kazanidis ve diğ., 2010 ve 2014) ve Akdeniz'de (Bulteel ve diğ., 1992; Despalatovic ve diğ., 2004) GSI tespitiyle yürütülmüş diğer çalışmalarda da bu periyod belirtilmiştir. Ayrıca alan gözlemleri de yumurtlamanın kıyı sularda yaz aylarında olduğunu doğrulamaktadır (Valls, 2004; Moosleitner, 2006). Dolayısıyla Türkiye'de uygulanan üreme dönemi yasağı, bilimsel çalışmalarda belirlenen üreme dönemleriyle uyum göstermektedir.

Karaya çıkartılan deniz hıyarları için boy veya ağırlık sınırı bulunmamaktadır (Anonim, 2020). Bilimsel çalışmalarda deniz hıyarlarının ilk olgunluk boyu/ağırlığı Ege Denizi'nde Türkiye kıyıları için belirlenmemiş olup Yunanistan kıyılarında *H. tubulosa* için 220 g (drained weight/suyu boşaltılmış ağırlık) olarak tespit edilmiştir (Kazanidis ve diğ., 2014). Türkiye kıyılarında ise karaya çıkarılan boylarda pratikte tek sınırlama/kontrol mekanizması, alıcının küçük bireyleri talep etmemesi olmaktadır.

Yasal mevzuatta tür yasağı da bulunmamaktadır (Anonim, 2020). Dalgıçlar tarafından dış görünüşüne göre *H.tubulosa* "beyaz", *H. polii* ise "siyah" olarak tanımlanmakla birlikte deniz hıyarlarında dış görünüşten tür ayrımı çok zordur. Tür tayini bilimsel olarak ancak spikül tayini ve genetik çalışmayla mümkündür (Hickman, 1998; Purcell ve diğ., 2012).

2. AV BASKISI, YASADIŞI AVCILIK VE ETKİLERİ

Dünya genelinde ortaya çıkan büyük ve düzensiz avcılık, çeşitli doğal stokların çökmesine yol açmıştır. Bu durumda savunmasız bentik toplulukların önemli ölçüde etkilenmesi olasıdır (Purcell ve diğ., 2012).

Ülkemizde deniz patlıcanı avcılığının kontrol ve denetimleri; Tarım ve Orman Bakanlığı il ve ilçe birimlerinde çalışan personelinin yanı sıra, 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu ile yetkilendirilmiş Sahil Güvenlik Komutanlığı, Jandarma Genel Komutanlığı ve Emniyet Genel Müdürlüğü teşkilatı personeliyle 7/24 esasına dayalı olarak gerçekleş-

tirilmektedir. Türkiye'de balıkçılıktan sorumlu bu kurumlar tarafından son 8 yılda yasa dışı avcılıktan dolayı 391 cezai işlem uygulanmış ve 102 ton deniz hıyarına el konulmuştur (BSGM, 2020).

Deniz hıyarı avcılığı son iki yıldır Ege Denizi'ndeki İzmir İli kıyılarında, yasa dışı avcılığı ise özellikle İzmir Körfezi'nde yoğunlaşmaktadır. Avcılık izni alan 220 tekneden 193'ü İzmir İlindedir. Yasa dışı avcılığın İzmir Körfezi'nde yoğunlaşmasında 2 etken rol oynamaktadır:

a) Deniz hıyarına olan talebin artması: Deniz hıyarı ticaretindeki artışa bağlı olarak yurtiçindeki şirketler tarafından *Holothuria polii* türleri 30 TL/karkas kg, *Holothuria mammata* ve *Holothuria tubulosa* türü ise 54-60 TL/karkas kg'den satın alınmaktadır (Günay ve diğ., 2019).

b) Körfezde deniz hıyarı popülasyonun bolluğu: Körfez, antropogenic (insan kaynaklı) girdiler nedeniyle kirlilik (Bizsel ve Uslu, 2000), sedimentte yüksek organik girdi mevcudiyeti (Filibeli ve diğ., 1995) ve özellikle Gülbahçe kıyılarında Deniz çayırı varlığının yüksek olması nedeniyle deniz hıyarlarının bolluğu ve dağılımı için uygun bir alan durumundadır. Ege Denizi'nin Türkiye kıyılarında 6 bölge içerisinde en fazla deniz çayırı alanına (km^2) ve yayılım oranına (%) sahip bölge, İzmir Körfezi'ndeki Gülbahçe kıyılarıdır (Duman ve diğ., 2019).

Yasa dışı avcılık İzmir Körfezi'nde genellikle algarna av aracıyla gerçekleştirilmekte olup 2019 yılında İzmir İli'nde 24 algarnaya ve 11270 kg deniz hıyarına el konulmuştur (BSGM, 2020). Halihazırda,

Ege Denizi'nde algarna ile avcılık yasal düzenlemede yasaktır (Anonim, 2020). Ayrıca bilimsel çalışmalar, İzmir Körfezi'nde algarna ile avcılığın kıyıya yakın yerlerde zeminde bulunan florayı tahrip ettiğini, aynı bölgede avcılık yapan küçük balıkçı takımlarına zarar verdiğini, % 22,22 oranında hedef tür yakalanırken % 48,2 oranında ıskarta tür avlanıldığını, hedef tür olan dil balığında üreme boyunun altındaki bireylerin av kompozisyonunda % 68 gibi büyük bir paya sahip olduğunu göstermektedir (Aydın ve diğ., 2005). Eigaard ve diğ. (2015), algarnaların zemin ve zemin altında yüksek oranda etki yaptığını bildirmişlerdir. Deniz hıyarları üzerindeki aşırı avcılık, yumuşak zeminli ekosistemlerde dolaylı ve zararlı etkilere yol açabilmektedir (Purcell ve diğ., 2013).

3. YASAL MEVZUATTAKİ SON GELİŞMELER: KOTA UYGULAMASI VE CEZAİ YAPTIRIMLARIN ARTIRILMASI

Yasa dışı deniz hıyarı balıkçılığını engellemek ve deniz hıyarı stoklarındaki olası azalışı önlemek adına Tarım ve Orman Bakanlığı 2019 yılı içerisinde bir dizi yasal önlemler almış ve 2020 yılında uygulamaya koymuştur (Anonim, 2019a, b ve c). İlk olarak 27 Eylül 2019 tarihinde yayınlanan 2019/39 nolu Tebliğ ile deniz hıyarı balıkçılığında kota uygulaması getirilmiştir (Anonim, 2019a). Bu doğrultuda çıkartılan Genelgede (Genelge No: 2019/3) deniz patlıcanı avcılığına ilişkin esaslar ile 01 Ocak - 31 Mayıs 2020 tarihleri arasında deniz patlıcanı avcılığı kota miktarının belirlenmesine, avcılığın ve kotanın uygulanmasına, kota dâhilinde avcılığı yapılan

ürünlerin nakline ve değerlendirilmesine ilişkin işlemler düzenlenmiştir (Anonim, 2019b).

Genelge ile 01 Ocak-31 Mayıs 2020 tarihleri arasında, toplam 2500 ton suyu alınmış ağırlığa tekabül edecek miktarda deniz patlıcanının avlanmasına izin verilmiştir. Bu kota miktarı, Balıkesir, İzmir veya Mersin İl Müdürlüklerinden birine müracaat ederek "Deniz Patlıcanı (hıyarı) Avcılığı İzin Belgesi" alan balıkçı gemilerince yalnızca dalma yöntemi ile avlanacaktır. Balıkçı gemisi sahip/donatan veya yetkilileri, Ek-3'de yer alan taahhütnamenin noter onaylı nüshasını ve gemisinde çalışacak dalgıçların listesini Bakanlık İl/İlçe Müdürlüklerine 10 Ocak 2020 tarihine kadar vermek zorundadır. Bir balıkçı gemisinde en fazla 5 adet dalgıç çalışabilecek olup, her bir dalgıç günde (gün doğumundan gün batımına kadar olan sürede) en fazla 40 kg suyu alınmış, içi boşaltılmış karkas ağırlığa tekabül edecek miktarda deniz patlıcanı avlayabilecektir. Bu miktardan daha fazla deniz patlıcanının karaya çıkarılmasına ve nakledilmesine izin verilmeyecek, nakil belgesi düzenlenmeyecektir. Avlanılan ürünler karkas halde, sadece belirli karaya çıkış yerlerinden (Altınova Balıkçı Barınağı-Balıkesir; Dalyanköy ve Dikili Balıkçı Barınakları-İzmir, Taşucu Yeşilovacık Balıkçı Barınağı-Mersin) çıkarılabilecektir. Karaya çıkarılan ürünlere İl Müdürlüklerince belirlenen saatlerde nakil belgesi düzenlenecektir.

Nakil belgelerinde ürünlerin karkas ağırlıkça miktarları, işletme adı ve onay numarası (sadece deniz patlıcanına yönelik ihracat iznine sahip balıkçılık ürünleri işletmeleri), istihsali gerçekleştiren gemi adı ile ruhsat kod numarası belirtilecektir. Kota dâhilinde avlanan ürünlerin

% 25'lik kısmından (625 ton); deniz patlıcanına yönelik ihracat izinli (halihazırda sahip veya yeni alacak olan) balıkçılık ürünleri işletmelerine 30'ar ton pay ayrılmıştır. Kota dahilinde avlanan ürünlerin % 75'lik kısmında (1875 ton) ise işletmelerin payı son üç yıldaki (2017, 2018 ve/veya 2019) işledikleri ürün miktarları (dondurulmuş ve kurutulmuş) üzerinden hesaplama yapılarak belirlenir. Burada dondurulmuş ürünlerde % 65, kurutulmuş ürünlerde % 90 olacak şekilde fire oranları eklenerek suyu alınmış ürün miktarı tespit edilir ve bu miktar tüm işletmelerin toplam ürün miktarına bölünerek işletmenin oranı hesaplanır. İşletmenin oranı doğrultusunda 1875 tonluk kotadan pay verilir.

Deniz patlıcanı av kotası miktarı, Su Ürünleri Bilgi Sistemi (SUBİS)'ne kaydedilen nakil belgelerinden sistem üzerinden takip edilmektedir. Belirlenen toplam kota miktarına 31 Mayıs 2020 tarihinden önce ulaşılması durumunda, av sezonu son nakil belgesinin kesilmesiyle kapanmış sayılır ve deniz patlıcanı avcılığı sona erer. Genelgedeki kurallara uyulmadığının veya deniz patlıcanı stoklarının yıprandığının tespiti durumunda Bakanlık, sezon içerisinde kota miktarına ulaşılıp ulaşılmadığına bakmaksızın avcılığı sonlandırabilir. Bir sonraki sezon avcılığı yasaklayabilir. Bu Genelge doğrultusunda 2020 yılında 327 tekneye avcılık izni verilmiştir (BSGM, 2020).

Yasa dışı avcılık yapanları caydırmak için 22 Kasım 2019 tarihinde çıkartılan 7191 sayılı Kanun ile cezai yaptırımlar artırılmıştır (Anonim, 2019c). Bu düzenleme sayesinde ruhsat tezkeresi almadan algarna av aracı kullanarak ya da dalarak ticari avcılık yapanların

istihsal vasıtalarına ve elde ettikleri ürünlere (deniz hıyarları) el konulur ve mülkiyetin kamuya geçirilmesine karar verilir. Ayrıca yasa dışı avcılık yapan kişilere bin Türk lirasından beş bin Türk lirasına kadar, gemiler ve diğer su vasıtaları için sahip veya donatanlarına beş bin Türk lirasından elli bin Türk lirasına kadar idarî para cezası verilir.

7191 sayılı Kanun ile yasa dışı avcılıkla elde edilen ürünleri (deniz hıyarları) nakleden ve işleyenlere yönelik de cezai yaptırımlar artırılmıştır. Bu ürünleri nakledenlere ve satanlara beş bin Türk lirası, bunları imalatta kullananlara, işleyenlere, muhafaza edenlere ve ihraç edenlere on bin Türk lirası idarî para cezası verilir. Ayrıca kabahat konusu su ürünlerine ve yapılan imalatlara el konularak mülkiyetin kamuya geçirilmesine karar verilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'de 2007 yılından bu yana Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından balıkçılık yönetimi adına birçok düzenleme yapıldığı görülmektedir. Ancak diğer balıkçılık kaynaklarının azalışı, deniz hıyarlarında ticari değerin ve talebin yüksek olması bu türler üzerine yasa dışı avcılığı artırmaktadır.

<u>Deniz hıyarı balıkçılığının sürdürülebilirliği için;</u>

a) Deniz hıyarları ve balıkçılığına ilişkin bilimsel veri artırılmalıdır. Dünyada yaygın olarak hedeflenen türlerin bile balıkçılık biyolojisi bilgilerindeki kritik boşlukların, yönetim stratejilerinin beklenen başarısını engellediği bildirilmiştir (Purcell ve diğ., 2013). Bu bağlamda, özellikle veri eksikliği olan Türkiye kıyılarındaki *H. polii*,

H. sanctori ve *H. mammata* türleri üzerine çalışmalar artırılmalı, türlerin ilk üreme boyu/ağırlığı belirlenmeli, stokların sömürülme durumları ile balıkçılığın popülasyonlar ve habitatlar üzerindeki etkisi belirlenmeli, balıkçılığın ekonomik ve sosyal yapısı üzerine doğru ve eksiksiz veri sağlanmalıdır.

b) Balıkçılık yönetimi uygulamalarının (kota uygulaması ve cezai yaptırımların artırılması) stoklar ve balıkçılık üzerindeki etkileri ölçülmelidir.

d) Doğal stoklardaki çöküş nedeniyle ve talebi karşılayabilmek için halihazırda dünya deniz hıyarı üretiminin önemli bir kısmı (% 81) yetiştiricilik yoluyla elde edilmektedir (FAO, 2017). Deniz hıyarı yetiştiriciliği, Ülkemizde de ivedilikle başlatılmalıdır. Ayrıca, doğal stoklar üzerindeki av baskısını azaltmak için; *Holothuria tubulosa* veya *Holothuria mammata* türleri yetiştirilerek doğal alanlarda stoklama çalışmaları biran evvel başlamalıdır.

e) Her dört yılda yapılan yasal düzenlemelerden önce mutlaka stokların durumunun belirlenmesi amacıyla sörvey çalışmaları yapılmalı, stokların durumuna göre de yasal düzenlemeler yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

Anderson, S. C., Mills Flemming, J., Watson, R., Lotze, H. K., Bograd, S. J. (2011). Rapid global expansion of invertebrate fisheries: trends, drivers, and ecosystem effects. PLoS ONE 6, e14735.

Andrew, N., Be´ne, C., Hall, S., Allison, E., Heck, S., Ratner, B. (2007). Diagnosis and management of smallscale fisheries in developing countries. Fish and Fisheries, 8, 227–240.

Anonim (2019a). 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2016/35)'de Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ (Tebliğ No: 2019/39). Resmi Gazete Tarihi: 27.09.2019 ve Sayısı: 30901.

Anonim (2019b). 01 Ocak-31 Mayıs 2020 Tarihleri Arasında Deniz Patlıcanı Avcılığı Kota Miktarının Belirlenmesi ve Bu Kotanın Uygulanmasına İlişkin Genelge (Genelge No: 2019/3). Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü.

Anonim (2019c). Su Ürünleri Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (Kanun No: 7191). Resmi Gazete Tarihi: 22.11.2019 ve Sayısı: 30956.

Anonim (2020). 5/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2020/20). Resmi Gazete Tarihi: 22.08.2020 ve Sayısı: 31221.

Aydın, C., Gurbet, R., Ulaş, A. (2005). Algarna Takımlarının Av Kompozisyonu ve Balıkçılık Ortamına Etkileri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 22(1-2), 39-42.

Aydın, M. (2008). The Commercial Sea Cucumbers Fishery in Turkey. SPC Beche de Mer Information Bulletin 28, 40-43.

Aydın, M., Düzgüneş, E, Karadurmuş, U. (2016). Rapa whelk (*Rapana venosa* Valenciennes, 1846) fishery along the Turkish coast of the Blacksea. Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research, 2(2), 85-96.

Aydın, M. (2017). Present status of the sea cucumber fishery in Turkey. SPC Beche-demer Information Bulletin, 37, 30-34.

Aydın, M. (2019). Biometry, density and the biomass of the commercial sea cucumber population of the Aegean Sea. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 19(6), 463-474.

Aydın, M., Sevgili, H., Tufan, B., Emre, Y., Köse, S. (2011). Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. International Journal of Food Science and Technology, 46(3), 500–508.

Berkes, F., Seixas, C. S. (2005). Building resilience in lagoon social–ecological systems: a local-level perspective. Ecosystems, 8, 967–974.

Bizsel, N., Uslu, O. (2000). Phosphate, nitrogen and iron enrichment in the polluted Izmir Bay, Aegean Sea. Marine Environmental Research, 49(2), 101-122.

BSGM (2020). Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü kayıtları. Ankara.

Bulteel, P., Jangoux, M., Coulon, P. (1992). Biometry, Bathymetric Distribution, and Reproductive Cycle of the Holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean Sea grass Beds. Marine Ecology, 13 (1), 53-62.

Caddy, J. F., Seijo, J. C. (2005). This is more difficult than we thought! The responsibility of scientists, managers and stakeholders to mitigate the unsustainability of marine fisheries. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360, 59.

Choo, P. S., Williams, M. J. (2004). Trade and Utilization of Sea Cucumber in Malaysia. SPC Bech-De-Mer Inf. Bul., 19.

Conand, C. (2006). Sea cucumber biology: taxonomy; distribution; biology; conservation status. In: Proceedings of the CITES Workshop on the Conservation of Sea Cucumbers in the Families Holothuriidae and Stichopodidae (ed. A. Bruckner), NOAA Technical Memorandum, NMFS-OPR 34, Silver Spring, MD, USA, pp 33–50.

Çaklı, S., Cadun, A., Kisla, D., Dincer, T. (2004). Determination of quality characteristics of *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) in the Turkish sea (Aegean Region), depending on sun drying process step used in Turkey. Journal of Aquatic Food Product Technology, 13, 69-78.

Dereli, H., Çulha, S. T., Çulha, M., Özalp, B. H., Tekinay, A. A. (2016). Reproduction and population structure of the sea cucumber *Holothuria tubulosa* in the Dardanelles Strait, Turkey. Mediterranean Marine Science, 17(1), 47-55.

Despalatovic, M., Grubelic, I., Simunovic, A., Antolic, B., Zuljevic, A. (2004). Reproductive biology of the holothurian *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in the Adriatic Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 84, 409-414.

Duman, M. Eronat, A. H., İlhan, T., Talas, E., Küçüksezgin, F. (2019). Mapping Posidonia Oceanica (Linnaeus) Meadows in the Eastern Aegean Sea Coastal Areas of Turkey: Evaluation of Habitat Maps Produced Using the Acoustic Ground-Discrimination Systems, International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO), 6(1), 67-75.

Eigaard, O. R., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G. E., Hintzen, N. T., Laffargue, P., ... & Polet, H. (2015). Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. ICES Journal of Marine Science, 73(suppl_1), 27-43.

FAO (2017). Food and Agricultural Organization. http://www.fao.org/fishery /statistics/global-aquaculture-production/en.

FAO (2018). The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome. 172 pp, SOFIA 2018 book.

Filibeli, A., Yılmaz, R., Alyanak, I. (1995). Dredged material of Izmir Harbor: its behavior and pollution potential. Water Science and Technology, 32(2), 105-113.

González-Wangüemert, M., Aydın, M., Conand, C. (2014). Assessment of sea cucumber populations from the Aegean Sea (Turkey): First insights to the sustainable management of new fisheries. Ocean and Coastal Management, 92, 87–94.

Günay, D., Emiroğlu, D., Tolon, M. T. (2019). Sea Cucumber Trade in Turkey. Erasmus International Academic Research Symposium in Science,

Engineering and Architecture, Proceeding Book, (Editor: Yılmaz, F.I.), pp 93-100.

Hickman, C. J. (1998). A Field Guide To Sea Stars And Other Echinoderms Of Galápagos. Sugar Spring Press, Lexington, VA, USA. 83 pp.

Kazanidis, G., Antoniadou, C., Lolas, A. P., Neofitou, N., Vafidis, D. (2010). Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90(5), 895-901.

Kazanidis, G., Lolas, A., Vafidis, D. (2014). Reproductive cycle of the traditionally exploited sea cucumber *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Aspidochirotida) in Pagasitikos Gulf, western Aegean Sea, Greece. Turkish Journal of Zoology, 38(3), 306-315.

Moosleitner, H. (2006). Observation of natural spawning of *Holothuria tubulosa*. SPC Beche-de-Mer Information Bulletin, 24, 53.

Özer, N. P., Mol, S, Varlık, C. (2004). Effect of the Handling Procedures on the Chemical Composition of Sea Cucumber, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2004(4), 71-74.

Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R., Torres, F. (1998). Fishing down marine food webs. Science, 279, 860.

Purcell, S. (2010). Managing Sea Cucumber Fisheries with an Ecosystem Approach. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 520, FAO, Rome.

Purcell S. W, Eriksson H., Byrne M. (2016). Rotational zoning systems in multi-species sea cucumber fisheries. SPC Beche-de-mer Information Bulletin, 36, 3–8.

Purcell, S. W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J. F., Toral-Granda, M. V., Lovatelli, A., Uthicke, S. (2013). Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. Fish and fisheries, 14(1), 34-59.

Purcell, S. W., Samyn, Y., Conand, C. (2012). Commercially important sea cucumbers of the World. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 6. FAO, Rome. 150 p.

TUİK (2020). Türkiye Ulusal İstatistik Kurumu. https://biruni.tuik.gov.tr/disticaretapp/menu.zul (Erişim tarihi: 15.09.2020)

Valls, A. (2004). Natural spawning observation of Holothuria tubulosa. SPC Beche-de-Mer Information Bulletin, 19, 40.

BÖLÜM 4

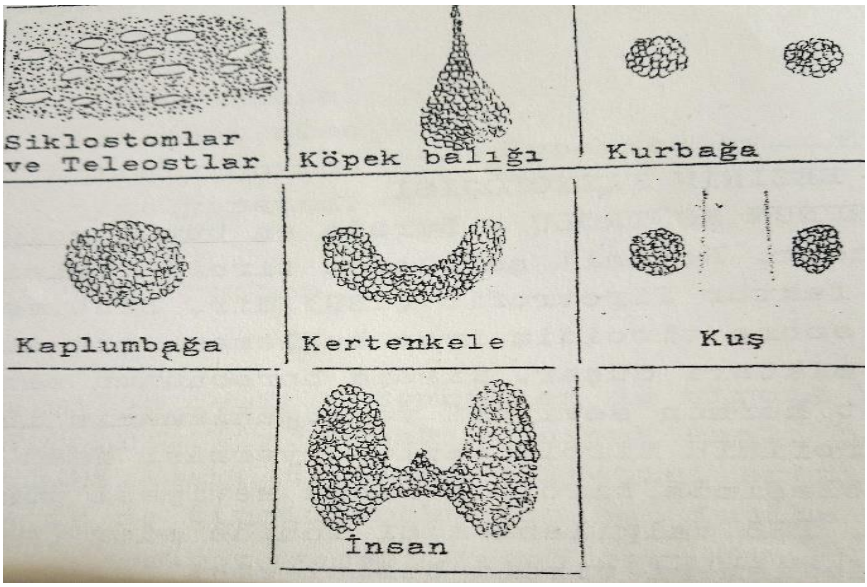
BALIKLARDA TİROİD BEZİNİN YAPISI VE İŞLEVLERİ

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER[1]

[1] Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Adana, TURKİYE.
icengiz@cu.edu.tr. https://orcid.org/0000-0003-0929-7640

GİRİŞ

Bir organizmada organlar arası koordinasyon yaşamın devamı için mutlaka gereken bir görevdir. Bu görev ise organizmanın iki sistemi tarafından sağlanmaktadır. Bunlar sinir ve endokrin sistemlerdir. Her iki sistemin bağımsız olarak çalışmalarının yanı sıra, birbirleri ile ilişkileri ve ortak yönleri bulunmaktadır. Koordinasyonun sağlanmasında her iki sistemde özel kimyasal maddelerin sentezlenmesi ve salgılanmasını gerçekleştirirler. Sinir sisteminin sadece lokal etkisi olmayan, uzak mesafelere de etkili olan salgılarına nörosekresyon denirken, endokrin sistem sekresyonlarına hormon adı verilmektedir. Bahsedilen bu koordinasyonda görev alan tiroid bezi, sadece omurgalı hayvanlarda bulunan endokrin bir organ olup, aşağı omurgalılarda özellikle siklostom ve teleostlarda, bağ dokusu içerisinde ayrı ayrı ya da gruplar halinde foliküllerden oluşur (Şekil.1). Daha yüksek organizasyonlu omurgalılarda ise kompakt bir yapıdadır (Fagman ve Nilsson, 2010). Embriyonik gelişimi; Ön barsak endoderm hücrelerinden faringeal zeminde şekillenir. Şekillenen bu troid progenitörleri, daha sonra hormon sentezlenen tiroid folliküllerini oluştururlar (Chanet ve Meunier, 2014).



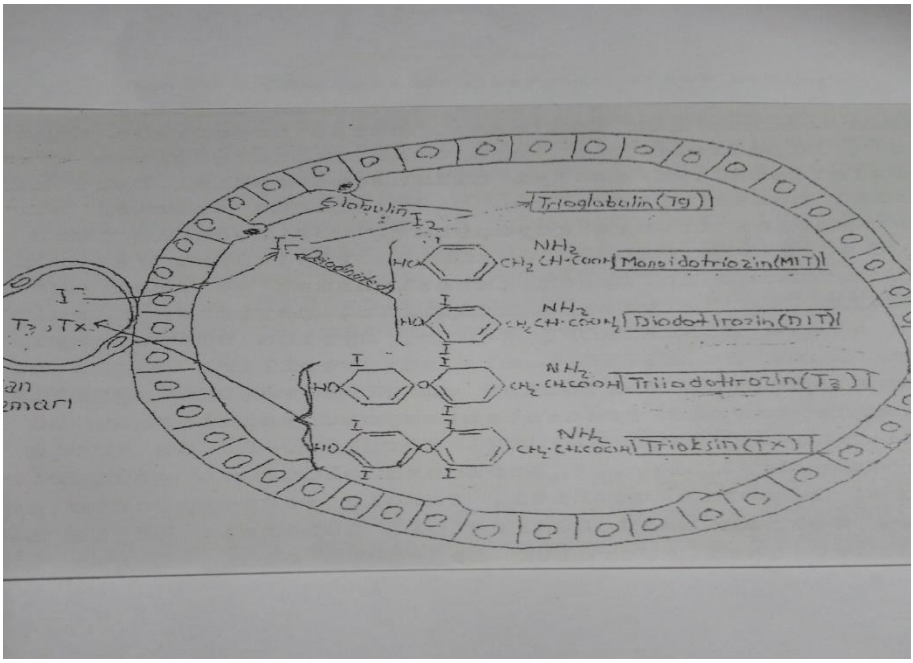
Şekil 1: Bazı Omurgalı Gruplarında Şematik Tiroid Bez Yapısı (Geldiay,1981).

Teleostlarda kompakt bir bez oluşturmaz (Şekil.1). Ancak bunun bazı istisnaları vardır Örneğin Lophiiformes ve Tetraodontiformes guruplarında tiroid bezi kompakt bir yapı gösterir (Charet ve Meunier, 2014). Teleost tiroidi faringial bölgede dağınık foliküller şeklinde bulunur. Ancak Platypoecilus grubunda bu foliküllere böbrekte de rastlanılmıştır. Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda, bu grupta foliküller, beyinde, gözde ve dalakta da bulunmuştur. Kıkırdaklı balıklarda bez bir şişe veya disk şekli gösterebilir. Kompakt bez oluşumunu gösteren balıklarda, bez ventral aortun altında ve bitişik bir şekilde büyük bir lop olarak bulunur (Charet ve Meunier,2014). Balıklar arasında, bu kadar değişik konumlarda bulunmasına karşın fizyolojik ve histolojik olarak büyük farklılıklar yoktur (Porreca,2010).

HİSTOLOJİ

Omurgalı hayvanlar arasında alveol yapısı gösteren tek endokrin organ tiroidtir. Temel morfolojik yapı; içerisi bir kolloid ile dolu olan tiroid follikülü, tüm omurgalılarda ortak bir yapı gösterir. Bir çok Teleost'ta bu foliküller faringeal bölgede dağılmışlardır. Foliküller geniş bir vasküler kan sistemine sahiptirler. Bu foliküller bir lümeni çevreleyen epitel hücrelerinden oluşmaktadır (Crow ve ark.2001).

Foliküllerdeki kolloid, proteine bağlı hormonun depo edilmiş şeklidir. İyotun bağlanması da, kolloid yapı içerisinde gerçekleşir. Tiroid epiteli aynı bireyde, farklı fizyolojik durumlarda, farklılaşabil-mektedir. Aktif olarak çalışan bir folikül hücresi, silindirik bir yapı gösterirken, daha az aktif olan hücre yassı bir görünüm arz eder. Bu farklılık aynı zamanda görünüme de yansır. Silindirik hücreler boyama yapıldığında homojen bir boyama gerçekleşmez ve bazofil ağırlıklı bir görünüm sergilerler. Yassı hücreler ise kolloid yapısı nedeniyle eozinofiliktir. Vakuol benzeri bazı hücreler hiç boya almazlar. Bezin aktif çalışması, sitolojik görünümü de değiştirir. Aktif çalışan bezde golgi cihazı büyür, genişler. Mitokondri sayısı ise artar.Salgı damlacıkları çoğalır. Sekresyonda ise, sitoplazmada bulunan granüllerin sayısı artar. Aktif bir hücrede mikrovillus sayıları da artacaktır. Tiroid hücreleri iyot ile birleşmiş globulin salgılarlar(Geldiay,1981). Tiroid bezinin ürettiği ana prohormon tiroksin(T4)' dir. Kolloid içinde en önemli protein tiroglobulin olup iyot içerir ve tiroksinin depo maddesidir.



Şekil 2: Tiroid Hormonlarının Şematize Sentezi (Geldiay,1981).

FİZYOLOJİ

Tiroid sekresyonunun kontrolünde rol oynayan başlıca faktör tiroid stimüle edici hormon (TSH)'dur .Eğer Balıkta hipofizektomi yapılırsa TSH salınamayacağı için, folikül hücreleri daha az aktif olacaklar, dolayısıyla morfolojileri değişecektir. Daha önce de bahsedildiği gibi, zamanla kübik şekilden yassı şekle dönüşeceklerdir (Hor, 1990). Aynı zamanda kan dolaşımındaki tyroksin miktarı da düşecektir. Hormonun sentezi ve salınımı kanda bulunan hormonun düzeyine ve gereksinimine göre artar. TSH'nın tiroidi uyarması bir geri- besleme (feed-back) mekanizması ile olacaktır. Eğer hormon düzeyi yükselirse hipotalamus aracılığıyla Hipofiz uyarılır. Hipofiz TSH salgılamasını durdurur ya da eğer hormon düzeyi azalırsa hipotalamus aracılığıyla

hipofiz yine uyarılarak TSH salgılaması sağlanabilir. Organizma tyroksin gereksinimini ayarlayamaz ve TSH uzun süreli gereksiz salgılanırsa tiroide bazı patolojiler gelişebilir. Hipotalamusun nörosekresyon hücrelerinin adenohipofizi uyardığı ve TSH salgıladığı bilinmektedir .TSH salgılaması için Anteriör Median Eminens'in etkili olduğu yapılan araştırmalar sonucu ortaya konulmuştur (Dolomatov ve ark., 2013; Geldiay, 1981).

Tiroid hormonlarının biyosentezi için kullanılması gereken inorganik iyot bileşikleri balığın solungaç dokusunda bulunan iyodür-anyonların aktif emilimi ve gıda yoluyla balık tarafından temin edilmektedir (Brown, 1993).

Homoiterm hayvanlarda tiroid hormonunun en önemli görevlerinden birisi oksijen alınımı ve enerji oluşturulmasındadır yani" Basal Metabolizma" da rol oynar. Ancak balıklarda solunum ile ilgili bir görevi bulunmamaktadır (Gorbman, 1969). Oksidatif metabolizmadan daha çok, su ve tuz metabolizmasında etkili olduğu gösterilmiştir. Yılan balıklarının tuzlu sudan tatlı suya göçlerinde, tyroksinin ortama uyumdaki rolü yapılan bir araştırmayla ortaya konulmuştur (Hoar, 1957). Yine aynı araştırma sonuçlarına göre tiroid hormonları balığın büyümesi üzerine de etki göstermektedir, ancak hipofiz hormonları kadar etkili değildir. Tiroid hormonlarının balık göçlerinde de etkili olduğu belirlenmiştir (Gorbman, 1969) Yapılan araştırmalarda tiroid hormonlarının salmon, sarıgöz ve mercan gibi bazı balık türlerinde metamorfoz ve pigmentasyon da da rol aldıklarını göstermektedir(Trijuno ve ark., 2002, Huang ve ark., 1998).

SONUÇ

Genelde balık endokrinolojisi, özelde ise balıklarda tiroid bezi üzerine ne yazık ki ülkemizde ve yurtdışında yapılan araştırmalar yeterli düzeyde değildir.Yapılacak olan yeni araştırmaların nitel ve nicel özelliği olarak, temel araştırma olmasının yanı sıra; Kuşkusuz balık yetiştiriciliğine de çok önemli katkılar sunacaktır.

KAYNAKLAR

Brown, S. B., MacLatchy, D. L., Hara, T. J., & Eales, J. G. (1991). Effects of cortisol on aspects of 3, 5, 3′-triiodo-L-thyronine metabolism in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *General and Comparative Endocrinology*, 81(2), 207-216.

Chanet, B., & Meunier, F. J. (2014). The anatomy of the thyroid gland among "fishes": phylogenetic implications for the Vertebrata. Cybium: *international journal of ichthyology*, 38(2), 90-116.

Crow, G. L., Luer, W. H., & Harshbarger, J. C. (2001). Histological assessment of goiters in elasmobranch fishes. *Journal of Aquatic Animal Health*, 13(1), 1-7.

Dolomatov, S. I., Kubyshkin, A. V., Kutia, S. A., & Zukow, W. (2013). Role of thyroid hormones in fishes. *Journal of Health Sciences*. 2013; 3 (9): 279-296.

Fagman H. & Nılsson M., 2010. - Morphogenesis of the thyroid gland. Mol. Cell. Endocrinol., 323(1): 35-54

Geldiay S., 1981. Karşılaştırmalı Endokrinoloji. Ege Üniversitesi Matbaası.96s.

Gorbman, A. (1969). "Thyroid function and its control in fishes. In "Fish Physiology" (WS Hoar and DJ Randall, eds.), Vol. 2." : 241-274.

Hoar, W. S. (1957). The gonads and reproduction. The Physiology of Fishes: Metabolism, 1, 287.

Hor, W.A. (1990). Histology,J.B.Lippon Cott Company Phidelphia and Toronto,827-825.

Huang, L., Miwa, S., Bengtson, D. A., & Specker, J. L. (1998). Effect of triiodothyronine on stomach formation and pigmentation in larval striped bass (*Morone saxatilis*). *Journal of Experimental Zoology*, 280(3), 231-237.

Porreca, I. (2010). The zebrafish model to identify new genes involved in thyroid development (Doctoral dissertation, thèse de doctorat, 71 p. univ. Federico ii, napoli, italy).

Trijuno, D. D., Yoseda, K., Hirokawa, J., Tagawa, M., & Tanaka, M. (2002). Effects of thyroxine and thiourea on the metamorphosis of coral trout grouper *Plectropomus leopardus. Fisheries science*, 68(2), 282-289.

BÖLÜM 5

SAĞLIKLI SİBİRYA MERSİN BALIKLARINDA (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) BAZI HEMATOLOJİK VE İMMÜNOLOJİK PARAMETRELERİN REFERANS ARALIKLARI

Dr. Selçuk DUMAN[1]
Prof.Dr. İbrahim CENGİZLER[2]

[1] Çukurova Üniversitesi, İmamoğlu Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Adana, TÜRKİYE. sduman@cu.edu.tr. orcid: 0000-0002-6771-3385
[2] Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Adana, TÜRKİYE. icengiz@cu.edu.tr. orcid: 0000-0003-0929-7640

GİRİŞ

Son yıllarda mersinbalığı kültürü dünyada ve ülkemizde hızla artış göstermektedir. Mersin balıkları, kompleks bir hayat hikayesine sahiptir. Güçlü morfolojik dizaynı ile çeşitli çevresel koşullara yüksek oranda tolerans gösterebilmektedir. Günümüzde neredeyse bütün mersin balığı türleri tehdit altındadır ve nesilleri hızla tükenmektedir. Mersin balığı yetiştiriciliğinin önem kazanmasıyla birlikte, yetiştiricilik sektöründe yıllar içerisinde kaydedilen tüm gelişmelere rağmen, mersin balığı kültüründe de balık sağlığı ve refahı önemli bir sorun oluşturmaktadır. Enfeksiyonlara neden olan patojenler özellikle tatlı su balıklarında doğal floranın baskın unsurlarından olup fırsatçı patojen karakterleriyle hastalıklara neden olurlar. Mersinbalığı kültürü ilerledikçe, bu balıkların üretim döngüleri sırasında sağlıklarını doğru bir şekilde değerlendirmek ve hastalıkları erken teşhis etmek için yöntemler geliştirmek giderek daha önemli hale gelecektir. Bu türler dişi balığın döllenmemiş yumurtalarından elde edilen havyarı ile ünlüdür ve ayrıca iri gövdeli olduğu için et açısından da oldukça değerlidir (Duman, 2019). Bu nedenle ülkemizde mersin balığı kültürünün yaygınlaştırılması önem kazanmaktadır. Bu türlerin yetiştirilmesi aşamasında özellikle enfeksiyonların balık sağlığı ve ülke ekonomisine olan etkileri ciddi boyutlarda olabilmektedir. İmmünolojik, biyokimyasal ve hematolojik parametreler balığın fizyolojik durumunun belirlenmesinde oldukça önemli faktörlerdir (Luskova ve ark., 2002). Balık sağlığını değerlendirmek için önemli bir teşhis aracı olan hematolojik çalışmalar oldukça değerlidir. Balık

hematolojisi, kan parametrelerinin yorumlanmasının oldukça zor olduğunu ortaya çıkarmıştır, çünkü kandaki varyasyonlar iç ve dış faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Balıklarda çeşitli kan parametreleri için normal aralıklar, birçok araştırmacı tarafından belirlenmiş bulunmaktadır (Shasi ve Pandey, 2006; Bastami ve ark. 2009). Hematolojik indekslerinin analizi, balıkların durumunu değerlendirmek için oldukça önemli bir kılavuzdur. Örneğin stres, kirleticiler ve beslenmenin yanı sıra ekolojik ve fizyolojik koşullara tepki olarak ta balık kanı bileşimlerinde büyük değişiklikler meydana gelebilmektedir (Satheeshkumar ve ark. 2012). Ayrıca balıklar çevre kirliliğine karşı oldukça duyarlıdır ve genellikle pestisit çalışmalarında hematolojik parametreler çevre kirliliğinin biyo-indikatörü olarak kullanılırlar (Kaya ve ark. 2015). Mersin balığı yetiştiriciliğinde, üretim döngüsü esnasında balık sağlığını tam olarak belirlemenin yanı sıra hastalıkları erken teşhis edebilmek için de yeni yöntemler geliştirmek oldukça önemli hale gelmektedir (Duman, 2020). Su ürünleri yetiştiriciliğine yeni türlerin kazandırılmasındaki başarı, diğer faktörlerin yanı sıra, bu türlerin fizyolojisinin ayrıntılı bir şekilde bilinmesine dayanmaktadır. Bir balık popülasyonunun hematolojik profili, onun fizyolojik durumunu ve sağlığını gösterebilir ve bu şekilde hematoloji, diğer rutin teşhis yöntemleriyle birlikte, balıkta strese ve dolayısıyla hastalığa neden olan durumları belirlemek ve değerlendirmek için kullanılabilir. Ayrıca, teleost türlerinin referans hematolojik değerleri ekotoksikolojik çalışmalar içinde oldukça değerli olabilmektedir (Anderson ve Zeeman, 1995; Pavlidis ve ark. 2007). Sitokinler, doğal bağışıklıkta ve hematopoetik hücrelerin

gelişiminde rol oynayan enfeksiyon inhibitörleridir, ayrıca hücrelerin bağışıklık fonksiyonunu da uyarırlar. Hematolojik ve immünolojik değerlerdeki değişiklikler sıklıkla fizyolojik durumdaki değişikliklerin göstergesidir, evcil ve vahşi hayvanların sağlığını belirlemek için rutin olarak kullanılırlar, ayrıca mersinbalığı dahil birçok balık türünde referans aralıklarının oluşturulması ile bu balık türlerinin sağlık durumunun değerlendirilmesi de mümkün olabilecektir. (Knowles ve ark. 2006; Duman ve Şahan, 2018).

Bu çalışma ile, sağlıklı Sibirya mersin balıklarında (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) eritrosit, lökosit, lenfosit, monosit, eosinofil, nötrofil, hematokrit gibi bazı hematolojik parametreler ile TNF-α (tümör nekroz faktör alfa), IFN-γ (interferon gama), IL-1β (interlökin 1 beta), IL-6 (interlökin 6) ve IL-8 (interlökin 8) gibi bazı immünolojik parametrelerin referans aralıklarının tespit edilmesi hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma materyali balıklar, Adana da Sibirya mersinbalığı (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) yetiştiriciliği yapan özel bir işletmeden temin edildi ve aynı işletmede denemeye alındı. Çalışmada 2235 ± 193 g ağırlığında ve 79,2 ± 5,9 cm uzunluğunda 100 adet balık, 2×1×1 m ebatlarındaki 10 adet beton havuza 10'ar adet olmak üzere 11,2 ± 0,2 kg/m^2 olarak stoklandı. Balıklar havuzlara alınmadan önce makroskobik olarak çıplak gözle dış inceleme ve mikroskobik olarak ta parazitolojik ve bakteriyolojik incelemeler yapılarak sağlık taramasından geçirildi. Havuzlara yerleştirilen sağlıklı balıklar canlı

ağırlıklarının % 0,5 oranında (Chebanov ve Galich, 2011) sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez mersin balığı yemi ile beslendi. Ayrıca araştırma süresince her gün suyun sıcaklık, oksijen ve pH değerleri YSI 6600 CTD multi-parameter cihazı ile ölçüldü.

Balıklar 2 haftalık besleme periyodundan sonra analize alındı. Kan alımı esnasında çırpınmaya bağlı davranışlardan kaynaklanan stresi en aza indirebilmek amacıyla anestezik madde olarak 20 mL/L quinaldin-sulfate kullanıldı (Şahan ve ark., 2017). Heparinize şırınga kullanılarak her balık için kaudal venden 2 mL kan alındı (Blaxhall ve Daisley, 1973; Trenzado ve ark., 2003). Eritrosit ve lökosit hücreler, Natt-Herrick solüsyonu ve Thoma hemositometre kullanılarak sayıldı (Kocabatmaz & Ekingen, 1984). Hemoglobin ve hematokrit değerleri için ise cyan-methemoglobin ve mikro-hematokrit yöntemleri kullanıldı (Kocabatmaz ve Ekingen, 1984; Stolen ve ark., 1994). Ayrıca lenfosit, monosit, nötrofil ve eozinofil hücre tiplerinin yüzdesi periferik kan yaymaları May-Grünwald ve Giemsa karışımı ile boyanarak bir mikroskop aracılığı ile belirlendi (Blaxhall, 1972; Fujimaki ve Isoda, 1990). Sitokin analizleri için balıklarda TNF-α, IFN-γ, IL-1β, IL-6, IL-8 düzeylerinin belirlenmesinde enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) kitleri kullanıldı ve çift-antikor sandviç tekniği ilkesine göre uygulama yapıldı (Voller ve ark., 1978). Referans aralıklarının belirlenmesi için sonuçların istatistiksel analizinde SPSS istatistik paket programı kullanılarak non-parametric tahmin yönteminden yararlanıldı (Düzgüneş ve ark., 1983).

BULGULAR

Yapılan çalışmada hematolojik parametreler açısından ortalama eritrosit, lökosit, lenfosit, monosit, eozinofil, nötrofil ve hematokrit değerleri sırasıyla $0,87\times10^6/mm^3$, $10,35\times10^3/mm^3$, % 77,21, % 5,11, % 1,56, % 15,72 ve % 28,70 olarak belirlendi. İmmünolojik parametreler açısından ise ortalama IFN-γ, TNF-α, IL-1β, IL-6 ve IL-8 değerleri sırasıyla 63.56 pg/mL, 30,19 pg/mL, 2,35 pg/mL, 12.5 pg/mL ve 40.15 pg/mL olarak tespit edildi. Hematolojik analizlerin referans aralıkları Tablo-1'de, immünolojik analizlerin referans aralıkları Tablo-2'de ve ayrıca ölçülen su parametrelerinin (O_2, pH ve sıcaklık) en düşük ve en yüksek değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 1: Sibirya mersin balığında (*Acipenser baerii*) hematolojik parametrelerin referans aralıkları.

Hematolojik parametreler	**Referans aralıkları**
Eritrosit ($\times10^6/mm^3$)	0,69 – 0,98
Lökosit ($\times10^3/mm^3$)	7,73 – 13,58
Hematokrit (%)	26,42 – 33,19
Lenfosit (%)	71,44 – 86,51
Monosit (%)	3,47 – 7,18
Eozinofil (%)	1,13 – 2,41
Nötrofil (%)	10,25 – 21,37

Tablo 2: Sibirya mersin balığında (*Acipenser baerii*) immünolojik parametrelerin referans aralıkları.

İmmünolojik parametreler	**Referans aralıkları**
TNF-α (pg/mL)	23,68 – 38,46
IFN-γ (pg/mL)	55,73 – 68,25
IL-1β (pg/mL)	1,59 – 2,97
IL-6 (pg/mL)	9,5 –16,3
IL-8 (pg/mL)	35,9 – 42,6

Tablo 3: Ölçülen su parametrelerinin en düşük ve en yüksek O_2, pH ve su sıcaklığı değerleri.

O_2 (mg/L)	**pH**	**Sıcaklık (˚C)**
6,35 – 6,85	8,03 – 8,24	20,5 – 22,3

TARTIŞMA VE SONUÇ

Mersin balığı yetiştiriciliğinde hematolojik ve immünolojik referans aralıklarının bilinmesi hastalıkların tespiti, erken teşhis, hastalıkların tedavisi ve ölümlerin azaltılması açısından oldukça önemlidir (Duman, 2020). Bucur ve ark. (2009) yetiştiriciliği yapılan (200,4±40,28 – 1193,7±57,56 g ağırlığındaki) Kuzey Amerika mersinbalığının (*Polyodon spathula*) hematolojik parametrelerini belirlemek için yaptıkları araştırma sonucunda, hematokrit (Hct) değerini % 24,5 - 41,6 arasında ve eritrosit sayısını ise (RBC) 1,046 - 2,252 × 10^6/µL arasında tespit etmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada, kısa burunlu mersin balığında (*Acipenser brevirostrum*) hematolojik parametrelerin yıllık varyasyonu belirlenmiştir. En düşük

4,8 kg en yüksek 12,2 kg ağırlığında ölçülen balıklardan erkek bireylerde hematokrit seviyesi (%) 28 - 56 arasında, dişi balıklarda ise 23 - 38 arasında tespit edilmiştir. WBC düzeyi (cells μl^{-1}) ortalama 3734 - 6154 arasında belirlenmiştir. Lenfosit (cells μl^{-1}) ortalaması ise en düşük 295 en yüksek ise 979 olarak bildirilmiştir. Nötrofil (cells μl^{-1}) ortalaması 1698 - 3285 arasında tespit edilmiştir. Monosit (cells μl^{-1}) ortalaması en düşük 18 en yüksek ise 312 olarak belirtilmiştir. Eozinofil (cells μl^{-1}) ortalaması 38 - 126 arasında belirlenmiştir (Matsche ve Gibbons, 2012). Ruchin (2007), fotoperiyodun jüvenil Sibirya mersin balığının (*Acipenser baerii*) hematolojik indeksleri üzerindeki etkisini incelemiştir. 0/24, 8/16, 12/12, 16/8 ve 24/0 aydınlık-karanlık fotoperiyod uygulamasında, eritrosit ($\times 10^6/mm^3$) miktarını 0,36 ± 0,03 - 0,57 ± 0,05 arasında, lökosit ($\times 10^3/mm^3$) miktarını ise 30,2 ± 0,01 - 43,7 ± 0,05 arasında olarak bildirmiştir. Ayrıca lenfosit oranını %83 - 90,1 arasında, eozinofil oranı %0,5 - 1 arasında, nötrofil düzeyini %3,4 – 7,3 arasında tespit edilmiştir. Hassani ve ark. (2020), ticari bir probiyotiğin fingerlik *Acipenser baerii* 'de (ortalam ağırlık 10.5 ± 0.14 g) büyüme performansı ve hematolojik ve immün indeksler üzerindeki etkilerini incelediler. Kontrol grubundaki sonuçlara göre hematokrit (%), WBC (mm^3), RBC (mm^3), nötrofil (%), lenfosit (%) ve monosit (%) düzeylerini sırasıyla 27,66 ± 0,33, 10866,66 ± 696,02, 771666,6 ± 19220,93, 15,66 ± 0,2, 74,66 ± 2,96 ve 3,66 ± 0,57 olarak tespit ettiler. Moazenzadeh ve ark. (2020), diyetteki inorganik bakırın jüvenil Sibirya mersin balığının (*Acipenser baerii*) büyüme performansı ve bazı hematolojik parametreler üzerindeki etkisi konusunda araştırma

yapmışlardır. Çalışmada kontrol grubunda eritrosit ($\times 10^4/mm^3$) 41,17 ± 0,01, hematokrit 21,67 ± 0,76, lökosit ($\times 10^3/mm^3$) 8,06 ± 0,02, nötrofil (%) 22,00 ± 1,00, lenfosit (%) 75,00 ± 1,00, monosit (%) 2,67 ± 0,76 ve eozinofil (%) 1,00 ± 0,76 şeklinde belirlenmiştir. Yapılan farklı bir araştırmada ise farklı beslenme stratejilerinin Sibirya mersin balığının (*Acipenser baerii*, 465,75 ± 11,18 g ve 250,40 ± 12 g) büyüme performansı ve hematolojik parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. Kontrol grubundaki sonuçlara göre farklı uygulamalardaki eritrosit ($\times 10^3/mm^3$) düzeyi 682,80 ± 19,52 - 741,10 ± 14,8 arasında, hematokrit (%) düzeyi 33,83 ± 1,13 - 39,88 ± 0,77 arasında, lökosit ($\times 10^3/mm^3$) düzeyi 6,40 ± 0,62 - 8,96 ± 1,36 arasında, lenfosit (%) düzeyi 73,55 ± 1,00 - 77,83 ± 1,49 arasında, nötrofil (%) düzeyi 17,16 ± 1,16 - 19,33 ± 0,84 arasında, monosit (%) düzeyi 4,00 ± 0,44 - 6,11 ± 0,38 arasında ve eozinofil (%) düzeyi ise 0,50 ± 0,22 - 1,22 ± 0,27 arasında tespit edilmiştir. Sitokinler balıkta mikrobiyal etkileşim ve balığın sağlığı ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca sitokinler non-spesifik immün yanıtın önemli göstergelerinden biridir ve antijenik uyarılmada yer alan önemli immün aktivatörler olarak görev yaparlar (Duman, 2020). Özellikle T lenfositleri uyaran bakteriyel antijenler, IL-1, IL-6 ve IL-8 gibi sitokinlerin salınımını artırmanın yanısıra bu sitokinlerin iflamasyon ve diğer bağışıklık fonksiyonlarının anlaşılması ve kontrol edilmesi üzerinde önemli etkileri vardır (Laing ve ark., 2002; Akdoğan ve Yöntem, 2018). TNF-α makrofajları enfeksiyona karşı aktive eder ve ayrıca respiratory aktivitesini, fagositozu ve nitrik oksit üretimini artırır (Mulero ve Meseguer, 1998). Mishima ve ark. (2004) aktive edilmiş

makrofajların, bağışıklık sisteminde önemli bir rol oynayan ve aynı zamanda sitotoksik ve baskılayıcı T hücrelerini uyaran IFN--γ üretimini arttırdığını bildirmiştir. Yapılan bu çalışma ile Sibirya mersin balığı yetiştiriciliğinde hastalık nedeniyle oluşacak kayıpların azaltılması, hastalıkların erken teşhisi, hastalıkların tespit edilmesi ve tedavi edilmesi açısından bazı hematolojik ve immünolojik referans değerlerinin belirlenmesi ile bu konudaki temel verilerin oluşturulması amaçlanmış ve ayrıca bu konuda ileride yapılacak diğer araştırmalara da temel olması açısından da yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: FBA-2019-11947.

KAYNAKLAR

Akdoğan, M. & Yöntem, M. (2018). Sitokinler. *Online Türk Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 36-45.

Anderson, D. P.; Zeeman, M. G., 1995: *Immunotoxicology in fish. In: Fundamentals of Aquatic Toxicology*. G. M. Rand (Ed.) Taylor and Francis: Washington, DC, USA, pp. 317–404.

Bastami, K. D., Moradlou, A. H., Zaragabadi, A. M., Mir, S. S., & Shakiba, M. M. (2009). Measurement of some haematological characteristics of the wild carp. *Comparative Clinical Pathology*, 18(3), 321-323.

Blaxhall, P. C. (1972). The haematological assessment of the health of freshwater fish: a review of selected literature. *J. Fish Biol.*, 4, 593-604.

Blaxhall, P. C. & Daisley, K. W. (1973). Routine haematological methods for use with fish blood. *J. Fish Biol.*, 5, 771-781.

Chebanov, M. S. & Galich, E. V. (2011). *Sturgeon hatchery manual*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Ankara, Turkey.

Duman, S. (2019). Grading the Occurrence of Scoliosis Seen in Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(2), 145-150.

Duman, S. (2020). Determination of Reference Values of Some Hematological and Immunological Parameters in Healthy Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(2), 212-217.

Düzgüneş, D., Kesici, T. & Gürbüz, F. (1983). *İstatistik metodları*-I. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, Turkey.

Fujimaki, Y. & Isoda, M. (1990). Fine-structural study of leucocytes in the goldfish, *Carassius auratus*. *J. Fish Biol*. 36, 821-831.

Hassani, M. H. S., Jourdehi, A. Y., Zelti, A. H., Masouleh, A. S., & Lakani, F. B. (2020). Effects of commercial superzist probiotic on growth performance and hematological and immune indices in fingerlings *Acipenser baerii*. *Aquaculture International*, 28(1), 377-387.

Kaya, H., Çelik, E. Ş., Yılmaz, S., Tulgar, A., Akbulut, M., & Demir, N. (2015). Hematological, serum biochemical, and immunological responses in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to phosalone. *Comparative Clinical Pathology*, 24(3), 497-507.

Kocabatmaz, M. & Ekingen, G. (1984). Standardization of haematological methods and taking blood from various fish species. *J. of Nature Sci*. 2, 149-159.

Laing, K. J., Zou, J. J., Wang, T., Bols, N., Hirono, I., Aoki, T. & Secombes, C. J. (2002). Identification and analysis of an interleukin 8-like molecule in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Developmental & Comparative Immunology*, 26(5), 433-444.

Luskova, V., Svoboda, M., & Kolářová, J. (2002). Effect of diazinon on blood plasma biochemistry in carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno*, 71(1), 117-123.

Matsche, M. A., & Gibbons, J. (2012). Annual variation of hematology and plasma chemistry in shortnose sturgeon, *Acipenser brevirostrum*, during a dam-impeded spawning run. *Fish physiology and biochemistry*, 38(6), 1679-1696.

Mishima, S., Saito, K., Maruyama, H., Inoue, M., Yamashita, T., Ishida, T. & Gu, Y. (2004). Antioxidant and immuno-enhancing effects of *Echinacea purpurea*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(7), 1004-1009.

Moazenzadeh, K., Rajabi Islami, H., Zamini, A., & Soltani, M. (2020). Effect of dietary inorganic copper on growth performance and some hematological indices of Siberian Sturgeon *Acipenser baerii* juveniles. *North American Journal of Aquaculture*, 82(2), 200-207.

Mulero, V. & Meseguer, J. (1998). Functional characterisation of a macrophage-activating factor produced by leucocytes of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 8(2), 143-156.

Pavlidis, M., Futter, W. C., Katharios, P., & Divanach, P. (2007). Blood cell profile of six Mediterranean mariculture fish species. *Journal of Applied Ichthyology*, 23(1), 70-73.

Ruchin, A. B. (2007). Effect of photoperiod on growth, physiologica and hematological indices of juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii*. *Biology Bulletin*, 34(6), 583-589.

Satheeshkumar, P., Ananthan, G., Senthilkumar, D., Khan, A. B., & Jeevanantham, K. (2012). Comparative investigation on haematological and biochemical studies on wild marine teleost fishes from Vellar estuary, southeast coast of India. *Comparative Clinical Pathology*, 21(3), 275-281.

Shasi, R., & Pandey, A. K. (2006). Effects of experimental procamallanus infection on certain haematological and physiological parameters of (*Clarias batrachus*). *J Fishing chimes,* 26, 43-46.

Şahan, A., Duman, S., Çolak, S. Ö., Çinar, E. & Bilgin, R. (2017). Determination of some hematological and non-specific immune defences, oxidative stress and histopathological status in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed rosehip (*Rosa canina*) to *Yersinia ruckeri*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(1), 91-100.

Stolen, S. J., Fletcher, T. C., Rowley, A. F., Zelikoff, J. T., Kaattari, S. L. & Smith, S. A. (1994). *Techniques in fish immunology*. Fish immunology technical communications. 1st ed. Virginia-Maryland, USA.

Trenzado, C. E., Carrick, T. R. & Pottinger, T. G. (2003). Divergence of endocrine and metabolic responses to stress in two rainbow trout lines selected for differing cortisol responsiveness to stress. *General and Comparative Endocrinology*, 133(3), 332-340.

Voller, A., Bartlett, A. & Bidwell, D. E. (1978). Enzyme immunoassays with special reference to ELISA techniques. *Journal of Clinical Pathology*, 31(6), 507-520.

BÖLÜM 6

SU AYAK İZİ NEDİR?

Arş. Gör. R. Gizem ÖZTAŞ KARLI[1]

[1] Bartın Üniversitesi, Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bartın, Türkiye. E posta adresi: roztas@bartin.edu.tr. Orcid ID: 0000-0003-0999-418X

GİRİŞ

Su eski çağlardan beri, ikamesi mümkün olmayan en değerli doğal kaynaklardan biri olarak kabul edilmektedir. Plansız kentleşme, hızla artan nüfus, küreselleşme ve gelişen teknolojinin de etkisiyle içilebilir su kaynaklarının arzında azalma, talebinde ise artma meydana gelmiştir. Diğer taraftan suların kirlenmesinden dolayı doğrudan kullanılabilecek su miktarının azalma göstermesiyle su önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir (Öztaş ve Çelikyay, 2018).

İklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalar ve kanıtlar, ilerleyen zamanlarda yağış miktarının ve düzeninin ciddi oranda değişeceğini ve daha dengesiz hale geleceğini göstermektedir. Bugünkü küresel su ihtiyacının 2030 yılına kadar 4.500 milyar metreküpten 6.900 milyar metreküpe çıkacağı öngörülmektedir. Talepteki bu artış, mevcut güvenilir ve erişilebilir su rezervlerinin %40 üzerindedir (WFN, 2020a).

Su, çok amaçlı kullanımı olan vazgeçilmez bir kaynaktır. Dolayısıyla su kullanımı ve yönetimi de önemlidir. Su kaynakları yönetiminin temel prensiplerinin başında "koruma-kullanma" dengesinin sağlanması gelmektedir. Su kullanımı yeterli nicelik ve nitelik şartlarının sağlanmasıyla sınırlıdır. Bunlar sağlanmak suretiyle, kentsel yerleşimlerde içme ve kullanma başta olmak üzere park ve bahçe sulama, havuz vb. gibi amaçlarla su kullanılmaktadır. Kentsel yerleşimlerin dışında gıda maddelerinin oluşturulması için tarımsal sulama, bitki, hayvan ve su ürünleri yetiştiriciliği gibi faaliyetlerde su tüketilmektedir. Endüstriyel işletmelerde ise proseste, soğutmada,

buhar kazanlarında kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak, su, hidroelektrik enerji üretiminde ve taşımacılıkta da kullanılmaktadır. Bu kullanımlarda (evsel, tarımsal, endüstriye, enerji, taşımacılık vb.) ihtiyaç duyulan su miktarları ve kaliteleri de farklılık göstermektedir (TUSIAD, 2008).

Ancak insanların günlük yaşamlarındaki su tüketimi ve suyun kıt bir kaynak olması konusundaki farkındalık eksikliği nedeniyle günümüzde su kaynakları tehdit altındadır. Allan (1999)'a göre, besin zincirinin en altında yer alan suyun zarar görmesi, besin zincirinin en üstünde yer alan insanoğlunu da olumsuz etkileyecektir (Lee, Tung, Lee ve Lin, 2016). Çünkü su kaynaklarının birincil tüketicisi bireydir. Bir birey su kullanmadan hayatını devam ettiremez. Bu nedenle Allan, bir bireyin tüm ürünlerde etkin bir şekilde tükettiği toplam su miktarı olarak "sanal su" kavramını ortaya koymuştur (Allan, 1999). Daha sonra ise Hoekstra "su ayak izi" terimini önermiştir.

Bu çalışma su ayak izi kavramı konusunda bilgi vermekte olup giriş bölümünü takiben 6 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde sanal su kavramı ve bazı ürünlerin sanal su içerikleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde su ayak izi kavramı ve farklı su ayak izleri arasındaki ilişki yer almaktadır. Dördüncü bölümde su ayak izinin bileşenleri olan mavi, yeşil ve gri su ayak izi ele alınmıştır. Beşinci bölümde dört farklı aşamadan oluşan su ayak izi değerlendirmesi yer almaktadır. Altıncı bölümde ulusal su ayak izi konusu ele alınarak; üretimin ve tüketimin su ayak izi, tüketimin

iç ve dış su ayak izi kavramlarına değinilerek ulusal su ayak izinin ülke ekonomisi açısından önemi üzerinde durulmuştur. Çalışmanın son bölümünde ise genel değerlendirme yapılmıştır. Su ayak izi ve sanal su gibi kavramların üzerinde durularak ve bireylerin bu konuda bilinçlendirilmesi sağlanarak her birimde (insan, şirket, havza, ulus vb.) su tasarrufu sağlanabileceği, yanlış su kullanımının önleneceği, iklimin olumsuz etkilerinin en aza indirileceği gibi çeşitli sorunlar ile mücadele edilebileceği vurgulanmıştır.

1. SANAL SU KAVRAMI

Su arzının sınırlı bir kaynak olduğunun anlaşılması suyun değerini ekonomik anlamda daha da artırmıştır. Bu artan değer su politikaları, su ticareti ve suyun piyasalaştırılmasına yönelik çeşitli ekonomik teorilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Aytemiz ve Diler, 2015). Ticari maliyeti yüksek olan "Sanal su" (virtual water) kavramı doksanlı yılların başında Tony Allan tarafından ortaya atılmıştır (Allan, 1993; 1994). Bölgesel ve küresel su güvenliğini sağlamak için kavramın öneminin küresel olarak tanınması yaklaşık on yıl sürmüştür. Sanal su konusunda ilk uluslararası toplantı 2002 yılında Hollanda'da yapılmış olup, 2003 yılında ise Japonya'daki “Üçüncü Dünya Su Forumu”nda sanal su ticareti konusuna özel bir oturum düzenlenmiştir (Hoekstra, 2003).

Sanal su, bir üründe gerçek anlamda değil, sanal anlamda bulunan “somutlaştırılmış” sudur. Ürünün veya hizmetin üretimi boyunca ihtiyaç duyduğu suyu ifade etmektedir (Chapagain ve Hoekstra, 2004). Sanal su kavramı aynı zamanda "gömülü su" veya "eksojen su"

olarak da kullanılmaktadır. İkinci ifade aslında, sanal suyun bir ülkeye ithal edilmesinin ithalatçı ülke için dışsal olan suyun kullanılması anlamına geldiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla, bir ülkenin "yerli sularına" eksojen su da eklenmelidir (Haddadin, 2003). Bunun yanında sanal su kavramına üretici ve kullanıcı perspektifinden daha nicel tanımlar da getirilmiştir. Üretici perspektifinde sanal su içeriği, gerçekte ürünü üretmek için kullanılan su hacmi olarak tanımlanmaktadır. Bu, ürünün üretim yeri, zamanı ve su kullanım verimliliği dâhil olmak üzere üretim koşullarına bağlıdır. Çünkü kurak bir ülkede bir kg tahıl üretmek, nemli bir ülkede aynı miktarı üretmekten iki veya üç kat daha fazla su gerektirmektedir. Kullanıcı perspektifinden bir ürünün sanal su içeriği ise, ürünün ihtiyaç duyulduğu yerde ürünü üretmek için gerekli olan su miktarı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım özellikle "Bir ürünü kendimiz üretmek yerine ithal edersek ne kadar su tasarrufu yaparız?" sorusuna yanıt aramak için geçerlidir (Hoekstra, 2003).

Ürünlerin üretim biçimleri ve üretim yeri için gerekli koşulların farklı olması sanal su içeriklerini de farklılaştırmaktadır (Şahin, 2016; Avanoz, 2020). Tablo 1'de görüldüğü üzere tüketilen ürünlerin içinde yüksek miktarda sanal su bulunmaktadır.

Tablo 1: Bazı Ürünlerde Bulunan Sanal Su Miktarları(Chapagain ve Hoekstra, 2004; WWF, 2014).

Ürünler	Sanal Su İçeriği (Litre)
1 Adet Küp Şeker	7,5
1 Adet A4 Kâğıdı (80 gr/m2)	10
1 Mikroçip (2 gr)	32
1 Fincan Çay (250 ml)	35
1 Dilim Ekmek (30 gr)	40
1 Adet Yumurta (40 gr)	135
1 Fincan Kahve (125 ml)	140
1 Porsiyon Pilav	150
1 Bardak Portakal Suyu (200 ml)	170
1 Adet Patates Cipsi (200 gr)	185
1 Bardak Süt (200 ml)	200
1 Bardak Kahve (Karton Bardakta)	208
1 Kg Patates	250
1 Porsiyon Peynir (75 gr)	375
1 Kg Portakal	500
1 Kg Elma	700
1 Porsiyon Beyaz Et (200 gr)	780
1 Adet Pamuklu Tişört (250 gr)	2000
1 Adet Hamburger	2400
1 Porsiyon Kırmızı Et (200 gr)	3100
1 Çift Deri Ayakkabı	8000
1 Kg Kahve Çekirdeği	21000

Sanal su kavramının temelde iki ana pratik kullanım türü vardır. Bunlardan birincisi; su güvenliği ve verimli su kullanımını sağlamanın bir aracı olarak sanal su ticaretidir (Hoekstra, 2003).

Net sanal su ithalatı ile su kıtlığı yaşayan bir ülkenin sahip olduğu tatlı su kaynaklarına yapılan baskı hafifletmektedir. Sanal su, alternatif bir su kaynağı olarak görülmektedir. Bu ek kaynağı kullanmak, bölgesel su güvenliğini sağlamak için bir araçtır. Aslında bu kavram sanal su tartışmasının başlangıcından itibaren Tony Allan tarafından ortaya

atılan siyasi bir argümandır. Çünkü Allan'a göre sanal su ticareti jeopolitik sorunları çözmede ve hatta su savaşlarını önlemede bir araç olabilir (Allan, 1998, 2003). Politik boyutun yanında, Allan (2001) ekonomik boyutu da eşit derecede vurgulamaktadır. Sanal su ticaretinin arkasındaki ekonomik argüman, uluslararası ticaret teorisine göre, ülkelerin karşılaştırmalı dezavantaja sahip oldukları ürünleri ithal etmeleri gerekirken, üretimde göreceli veya karşılaştırmalı üstünlüğe sahip oldukları ürünleri ihraç etmeleri gerektiğidir (Wichelns, 2001).

Ekonomik açıdan bakıldığında bu dünyada talep edilen su yoğun ürünleri suyun en bol bulunan yerlerde üretilmesi mantıklıdır. Bu yerlerde su daha ucuzdur. Su kullanımıyla ilgili daha küçük olumsuz dışsallıklar vardır ve genellikle ürün birimi başına daha az suya ihtiyaç duyulmaktadır. Su verimliliğinin nispeten yüksek olduğu bir ülkeden, su verimliliğinin nispeten düşük olduğu bir ülkeye sanal su ticareti, küresel olarak gerçek su tasarruflarının yapıldığını göstermektedir. Ülkeler arasında veya ülke içinde sanal su ticareti, havzalar arası gerçek su transferlerine bir alternatif olarak görülmektedir (Hoekstra, 2003).

Sanal su kavramının diğer pratik kullanım türü ise; Su ayak izleri: tüketim kalıpları ve su üzerindeki etkiler arasında bağlantı kurmaktır (Hoekstra, 2003).

Sanal su kavramının ikinci pratik kullanımı, bir ürünün sanal su içeriğinin, bu ürünü tüketmenin çevresel etkisi hakkında bir şeyler anlatması gerçeğinde yatmaktadır. Ürünlerin sanal su içeriğinin bilinmesi, çeşitli malları üretmek için gereken su hacimleri konusunda farkındalık yaratmaktadır. Böylece hangi malların su sistemini en çok etkilediği ve nerede su tasarrufunun sağlanabileceği konusunda bir fikir vermektedir. Bu bağlamda Hoekstra (2002) tarafından, bir bireyin veya bir ülkenin bireyleri tarafından tüketilen tüm mal ve hizmetlerin kümülatif sanal su içeriği olan "su ayak izi" kavramı ortaya atılmıştır. Su ayak izi ve sanal su kavramları benzer özelliklere sahip olup aynı amaçlar doğrultusunda ortaya konulmuştur. Ürünlerin içindeki dolaylı su miktarını ifade eden sanal su kavramına ek olarak su ayak izi doğrudan ve dolaylı suyun türünü, kullanım yerini ve kullanıldığı zamanı da belirtmektedir (Chapagain ve Hoekstra, 2004). Bu detaylar da su ayak izini çok boyutlu bir parametre haline getirmektedir.

2. SU AYAK İZİ KAVRAMI

Günümüzde kentleşmenin ve riskli alanlarda yapılaşmanın artmasıyla sosyo-ekonomik zararlar da artmakta, bu da çoğu yerleşimlerin potansiyel felaket noktaları haline gelmesine neden olmaktadır (Jha, Brecht ve Stanton-Geddes, 2015; Tarhan, Aydin ve Tecim, 2016). Birleşmiş milletler, eğer ülkeler herhangi bir eylemde bulunmazlar ise dünyada su krizi yaşanacağına ve özellikle kuraklık ile mücadele eden ülkelerin ilk ve en çok etkileneceğini duyurmuştur. Çünkü birçok ülke su kaynaklarını ciddi şekilde boşa harcamaktadır. Eğilimin böyle

devam etmesi demek 2025'te küresel nüfusun üçte ikisinin su kıtlığı çeken ülkelerde yaşıyor olacağı, 2030'a kadar da dünyanın tatlı su kaynaklarında bugüne oranla %40 azalma yaşanacağı anlamına gelmektedir (Lee vd., 2016).

Su talebindeki büyüme oranı, artan kentleşme ve hızlı nüfus artışının da etkisi ile nüfusun iki katına kadar çıkmıştır. Kentsel nüfustaki bu hızlı artış, su kaynaklarının zarar görmesi ve su kıtlığı yaşanmasıyla sonuçlanacaktır. Bu hızla devam ederse küresel nüfusun 2050 yılına kadar dokuz milyara ulaşacağı ve bu nüfusun %69'unun büyükşehir bölgelerinde yaşayacağı tahmin edilmektedir. Küresel su talebi o yıla göre %55 artacak ve bu da su kıtlığına ve çevresel sorunlara neden olacaktır (UN Water, 2020). Bu bağlamda bireylerin su kaynaklarını etkin bir şekilde kullanması da çok önem taşımaktadır.

"Su Ayak İzi" kavramı, Arjen Hoekstra tarafından ilk kez 2002 yılında ortaya koyulmuştur ve "Twente Üniversitesi" ile "Su Ayak İzi Ağı (Water Footprint Network-WFN)" tarafından geliştirilmiştir. Su ayak izi, "*birim zamanda harcanan (buharlaşma dâhil) ve/veya kirletilen su miktarı ile ölçülmektedir. Bir bireyin, toplumun veya iş kolunun su ayak izi; bireyin veya toplumun tükettiği malların ve hizmetlerin üretimi için kullanılan veya üreticinin mal ve hizmet üretimi için kullandığı toplam temiz su kaynaklarının miktarıdır"* (Hoekstra, Chapagain, Mekonnen, ve Aldaya, 2011). Su ayak izi, tüketicinin ya da üreticinin doğrudan ve dolaylı su kullanımına bakan tatlı su kullanımının bir göstergesidir.

Tablo 2: Farklı Su Ayak İzleri Arasındaki İlişki (Hoekstra, 2009)

Su Ayak İzi	**Tanım**
Bir ürünün (mal veya hizmet) su ayak izi	Ürünü üretmek için atılan işlem adımlarının su ayak izlerinin toplamına eşittir (tüm üretim ve tedarik zinciri dikkate alınmaktadır).
Bireysel bir tüketicinin su ayak izi	Tüketici tarafından tüketilen tüm ürünlerin su ayak izlerinin toplamına eşittir.
Bir topluluğunun su ayak izi	Üyelerinin su ayak izlerinin toplamına eşittir.
Ulusal tüketimin su ayak izi	Sakinlerinin su ayak izlerinin toplamına eşittir.
Bir üreticinin veya herhangi bir işletmenin su ayak izi	Üreticinin veya işletmenin ürettiği nihai ürünlerin su ayak izlerinin toplamına eşittir.
Coğrafi olarak belirlenmiş bir alandaki su ayak izi	İl, ülke, su toplama alanı veya nehir havzası - o bölgede meydana gelen tüm süreçlerin su ayak izlerinin toplamına eşittir.
İnsanlığın toplam su ayak izi	Dünyadaki tüm tüketicilerin su ayak izlerinin toplamına eşittir.

Chapagain ve Hoekstra (2004), yalnızca üretim sürecinde doğrudan kullanılan su miktarının değil, aynı zamanda dolaylı olarak kullanılan su miktarının da belirli bir bölgedeki bir nüfusun faaliyetleriyle ilişkili toplam su tüketiminin hesaplanmasına dâhil edilmesi gerektiğini savunmuştur. Başka bir ifade ile su kullanımının çevre üzerindeki etkisi, kullanılan sanal su miktarı; doğrudan hesaplanan su miktarının ve dolaylı olarak kullanılan su miktarının toplamı olarak hesaplanarak açıklanabilir. Bu hesaplama, su ayak izi kavramıyla ilgilidir. Su ayak izi, her bir ürünü imal etmek ve her bir faaliyeti gerçekleştirmek için kullanılan doğrudan ve dolaylı suyun toplandığı "aşağıdan yukarıya" yöntemi ile hesaplanmaktadır (Lee vd., 2016).

Su kullanımının bir göstergesi olarak su ayak izi, klasik "su çekilmesi" ölçüsünden üç açıdan farklıdır (Hoekstra, Chapagain, Martinez-Aldaya ve Mekonnen, 2009):

• Mavi su kullanımıyla sınırlı olmayıp yeşil ve gri suyu da içermektedir.

• Doğrudan su kullanımıyla sınırlı olmayıp dolaylı su kullanımını da içermektedir.

• Bu su geldiği yere geri döndükçe mavi su kullanımını içermemektedir.

Böylece su ayak izi bir tüketicinin veya üreticinin tatlı su sistemlerinin kullanımıyla nasıl ilişkili olduğuna dair daha geniş bir perspektif sunmaktadır. Su ayak izi, su tüketiminin ve su kirliliğinin hacimsel bir ölçüsüdür. Su tüketimi ve kirliliğin yerel çevresel etkisinin ciddiyetinin bir ölçüsü değildir. Belli bir miktar su tüketimi ve kirliliğinin yerel çevresel etkisi, yerel su sisteminin savunmasızlığına ve aynı sistemi kullanan su tüketicileri ve kirletenlerin sayısına bağlıdır. Su ayak izi hesapları, suyun çeşitli insan amaçları için nasıl tahsis edildiğine dair mekânsal ve zamansal olarak bilgi vermektedir. Bu nedenle su ayak izi, sürdürülebilir ve adil su kullanımı ve tahsisi konusuna katkı sağlamakta ve çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerin yerel bir değerlendirmesi için iyi bir temel oluşturmaktadır (Hoekstra, vd. 2009).

Daha öncede ifade edildiği gibi sanal su kavramı, sadece ürünün içerisindeki saklı suyu yani doğrudan kullanılan suyu ifade etmektedir. Örneğin, bir bardak süt için 200 lt su harcanmaktadır.

Fakat harcanan bu su miktarı, su kullanımının sadece bir boyutudur. Suyun türü, kullanım zamanı ve yeri de oldukça önemlidir. Bu bağlamda çok boyutlu bir gösterge olan su ayak izi, kullanılan suyun türünü (mavi, yeşil, gri), nerede ve en zaman kullanıldığını da göstermektedir. Su ayak izi kavramı tatlı su kaynaklarının hangi amaçlar için tüketildiğini ve nasıl kirletildiğini anlamamızı sağlamaktadır (Hoekstra vd., 2011).

3. SU AYAK İZİ BİLEŞENLERİ

Su kullanımına yönelik alternatif bir gösterge olan su ayak izi; mavi, yeşil ve gri su ayak izi olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler de su ayak izinde su kullanımını ve kalitesini temsil etmektedir (Mekonnen ve Hoekstra, 2011). Geleneksel su kullanımında sadece mavi su miktarı değerlendirilirken, su ayak izi yönteminde mavi suyun yanında yeşil ve gri su miktarları da hesaba katılmaktadır (Zeng, Liu, Koeneman, Zarate ve Hoekstra, 2012).

Talo 3: Su Ayak İzi Bileşenleri (Mekonnen ve Hoekstra, 2011).

Mavi Su Ayak İzi	Yeşil Su Ayak İzi	Gri Su Ayak İzi
Bir mal veya hizmetin üretiminde tüketilen yeraltı ve yüzey suyu kaynaklarının miktarını ifade etmektedir.	Üretim süreçlerinde tüketilen yağmur suyu miktarını ifade etmektedir.	Mevcut su kalitesi standartlarını sağlayabilmek için kirlilik yükünün bertaraf edilmesi ya da azaltılması amacıyla kullanılan tatlı su miktarıdır.

3.1. Mavi Su Ayak İzi

Mavi su ayak izi kavramı, bir malı veya hizmeti üretmek için ihtiyaç duyulan yeraltı ve yüzey tatlı su kaynaklarının toplam miktarını ifade etmektedir. Mavi su ayak izi, yeraltı su kaynaklarından veya yüzeysel su kaynaklarından çekilmiş suyun buharlaşmasıyla, üretimde kullanılmasıyla veya çekildiği su kaynağına geri dönmeme durumuyla oluşan tüketim miktarıdır. Mavi su ayak izi; tarımsal üretimde, endüstriyel süreçlerde ve evsel faaliyetlerde kullanılmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; WWF, 2014; WFN, 2020a).

3.2. Yeşil Su Ayak İzi

Yeşil su (yağmur suyu), karada akmayan veya yeraltı suyunu yeniden doldurmayan ancak toprakta depolanan veya geçici olarak toprak veya bitki örtüsü üzerinde kalan yağış anlamına gelmektedir. Yeşil su ayak izi ise, bir malın veya hizmetin üretiminde kullanılan toplam yağmur suyunun hacmini ifade etmektedir. Bu kaynaklar özellikle bahçe, tarım ve ormancılık faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Yeşil su ayak izi tarımsal ürün yetiştirme süreçlerinde daha çok meydana gelmektedir. Bir bölgenin yeşil su miktarı değerlendirilirken iklim değişikliği ve değişkenliği o bölgenin yağış miktarıyla bağlantılı olduğundan mutlaka göz önünde bulundurulmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; WWF, 2014; WFN, 2020a).

3.3. Gri Su Ayak İzi

Gri su ayak izi, kirliliğe yönelik bir göstergedir. Bir sürecin gri su ayak izi, sürecin her adımıyla ilişkilendirilebilecek tatlı su kirliliği

derecesinin bir göstergesidir. Mevcut ortam suyunun kalite standartlarına göre kirletici yükünü asimile etmek için gerekli olan tatlı su hacmini ifade etmektedir. Gri suyun kirlilik ile doğrudan ilişkisi olduğu için, nüfus artması ve endüstriyel büyüme gri su ayak izini artırmaktadır (Mekonnen ve Hoekstra, 2011; WWF, 2014; WFN, 2020a).

4. SU AYAK İZİ DEĞERLENDİRMESİ

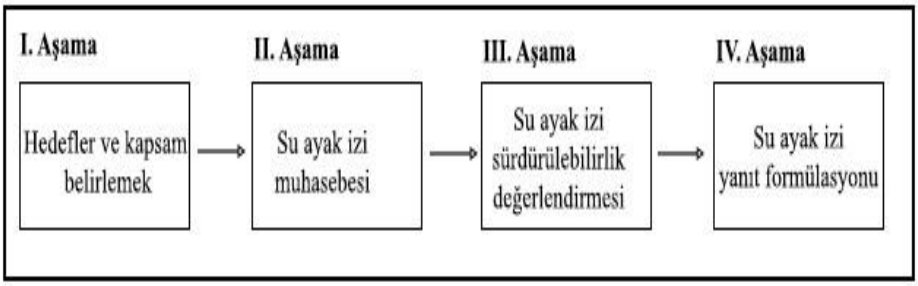
Su ayak izi değerlendirmesi; yeşil, mavi ve gri su ayak izlerini ölçen ve haritalayan, su kullanımının sürdürülebilirliğini, verimliliğini ve hakkaniyetini değerlendiren ve ayak izini sürdürülebilir kılmak için hangi stratejik eylemlere öncelik verilmesi gerektiğini belirleyen dört aşamalı bir süreçtir (WFN, 2020b).

Genel olarak, su ayak izlerini değerlendirmenin amacı, insan faaliyetlerinin veya belirli ürünlerin su kıtlığı ve kirliliği meseleleriyle nasıl ilişkili olduğunu analiz etmek ve faaliyetlerin ve ürünlerin su açısından nasıl daha sürdürülebilir hale gelebileceğini görmektir. Su ayak izi değerlendirmesi analitik bir araçtır. Faaliyetlerin ve ürünlerin su kıtlığı, kirliliği ve ilgili etkilerle nasıl ilişkili olduğunu ve faaliyetlerin ve ürünlerin sürdürülebilir su kullanımını sağlamak için neler yapılabileceğini anlamaya yardımcı olabilir.
Su ayak izi değerlendirmesi dört farklı aşamadan oluşmaktadır (Hoekstra vd., 2009):

- hedefler ve kapsam belirlemek
- su ayak izi muhasebesi

• su ayak izi sürdürülebilirlik değerlendirmesi

• su ayak izi yanıt formülasyonu.



Resim 1: Su Ayak İzi Değerlendirmesi Aşamaları (Hoekstra vd., 2009)

Bir su ayak izi değerlendirme çalışması yürütürken yapılan seçimler konusunda şeffaf olmak için, çalışmanın amaçlarını ve kapsamını net bir şekilde belirlemek gerekmektedir. Çeşitli sebepler araştırmacıları, politikacıları ya da ilgilileri su ayak izi çalışmalarına yönlendirebilir. Örneğin, ulusal bir hükümet, yabancı su kaynaklarına bağımlılığını bilmekle veya su yoğun ithal ürünlerin geldiği alanlarda su kullanımının sürdürülebilirliğini bilmekle ilgilenebilir. Bir nehir havzası yetkilisi, havza içindeki insan faaliyetlerinin toplam su ayak izinin herhangi bir zamanda çevresel akış gerekliliklerini veya su kalitesi standartlarını ihlal edip etmediğini bilmekle ilgilenebilir. Nehir havzası otoritesi, havzadaki kıt su kaynaklarının düşük değerli ihraç mahsullerine ne ölçüde tahsis edildiğini de bilmek isteyebilir. Ya da bir şirket, tedarik zincirindeki kıt su kaynaklarına bağımlılığını veya tedarik zinciri ve kendi operasyonları dâhilinde su sistemlerini nasıl daha az etkileyebileceğini bilmekle ilgilenebilir. Bu nedenle bu

aşamada çalışmayı net bir şekilde tanımlamak oldukça önemlidir (Hoekstra vd., 2009).

Su ayak izi muhasebesi aşaması ise, verilerin toplandığı ve hesapların geliştirildiği aşamadır. Muhasebedeki ayrıntı kapsamı ve düzeyi, önceki aşamada alınan kararlara bağlıdır. Muhasebe aşamasını daha sonra, su ayak izinin hem çevresel hem de sosyal ve ekonomik açıdan değerlendirildiği sürdürülebilirlik değerlendirme aşaması takip etmektedir. Son aşamada ise, müdahale seçenekleri, stratejiler veya politikalar formüle edilmektedir. Tüm adımları tek bir çalışmaya dâhil etmek gerekli değildir. Hedeflerin ve kapsamın belirlenmesinin ilk aşamasında, yalnızca muhasebeye odaklanmaya karar verilebilir veya sürdürülebilirlik değerlendirme aşamasından sonra durdurulabilir ve yanıtla ilgili tartışmalar daha sonraya bırakılabilir. Su ayak izi çalışmalarının çeşitli amaçları olabilir ve farklı bağlamlarda uygulanabilir. Ancak en önemli soru, kişinin ne tür ayrıntılar aradığıdır. Amaç bilinçlendirme ise, ürünlerin su ayak izleri için ulusal veya küresel ortalama tahminler muhtemelen yeterlidir. Hedef sıcak nokta tanımlama olduğunda, su ayak izinin çevresel, sosyal veya ekonomik etkilerin en çok nerede ve ne zaman olduğunu tam olarak saptamak için, kapsama ve sonraki muhasebe ve değerlendirmeye daha fazla ayrıntı dâhil edilmesi gerekecektir. Amaç, niceleyici su ayak izinin azaltılmasına yönelik politika oluşturmak ve hedefler oluşturmaksa, daha da yüksek bir mekânsal ve zamansal ayrıntıya ihtiyaç vardır. Ayrıca, su ayak izi değerlendirmesinin, tek başına

sudan başka faktörleri de içeren daha geniş bir tartışmaya dâhil edilmesi gerekecektir (Hoekstra vd., 2009).

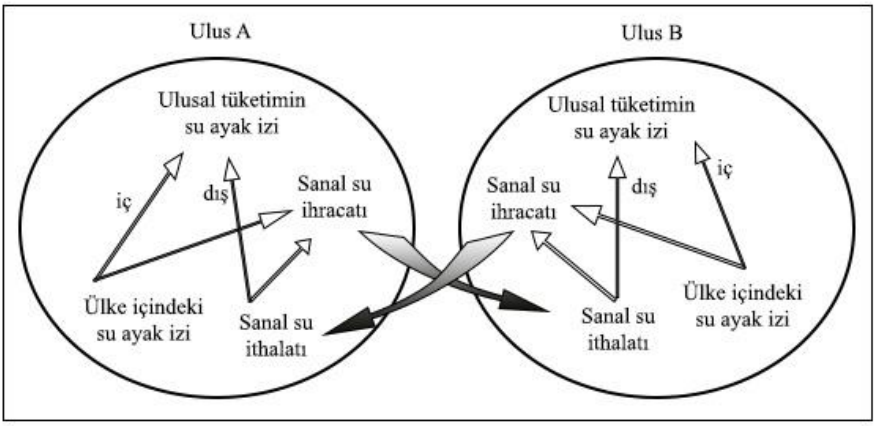
5. ULUSAL SU AYAK İZİ

Bir ulusun su ayak izi, bireylerin ya da ulusun ürünleri veya hizmetleri kullanmak için ihtiyaç duyduğu toplam tatlı su miktarını ifade etmektedir. Bir ülkenin ulusal su ayak izi hesabı, ulusal üretimin ve ulusal tüketimin su ayak izi olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır (WWF, 2014).

Bir ülke üretiminin su ayak izi, sadece o ülkenin sahip olduğu su kaynaklarının kullanımını ifade etmektedir. Bir ülkede üretilen tüm ürünler için kullanılan su miktarıdır. **Ülkedeki tüketimin su ayak izi** ise o ülke içerisinde tüketilmiş mal ve hizmetlerin üretimi amacıyla kullanılan toplam su miktarıdır. Ancak, ülkenin tüketim su ayak izi, iç ve dış bölümlerden oluşmaktadır. **Bir ülkenin tüketim iç su ayak izi**, ülkedeki su kaynaklarının mal ve hizmet üretimi için kullanılan bölümünü belirtmektedir. Diğer bir ifade ile sanal su ihracatı ihraç edilen mal ve hizmetlerin üretiminde gereken su miktarıdır. **Tüketimin dış su ayak izi** ya da sanal su ithalatı, başka bir ülkede üretilmiş ve ithal edilmiş mal ve hizmetler için tüketilen suyun miktarını ifade etmektedir (Mekonnen ve Hoekstra, 2011).

İç su ayak izi, evsel su kaynaklarından tüketilen su miktarıdır; dışsu ayak izi, diğer ülkelerde ülkenin sakinleri tarafından ithal edilen ve kullanılan mal ve hizmetleri üretmek için tüketilen su miktarıdır. Bir ulusun su ayak izini değerlendirirken, ülkeden ayrılan ve ülkeye giren

uluslararası sanal su akışlarını dikkate almak çok önemlidir. Bir ülkenin su ayak izini hesaplamak için bir başlangıç noktası olarak evsel su kaynakları kullanırken, ülkeyi terk eden sanal su akışları çıkarılmakta ve ülkeye giren sanal su akışları eklenmektedir (WFN, 2018). Su ayak izinin dışsallaştırılması ile ülkedeki su kaynaklarına yapılan baskı azalacağı için su tasarrufu sağlanabilmekte ve su zengini ülkelerden su yoğunluğu fazla olan mal ve hizmetleri ihraç ederek kar elde edilebilmektedir (Allafi Omar, 2019).



Resim 2: İki ticaret ülkesi için basitleştirilmiş bir örnekte, ulusal tüketimin su ayak izi ile bir ülke içindeki su ayak izi arasındaki ilişki (Hoekstra vd., 2009)

Üretim ve tüketimin su ayak izi, bir ülkenin su kullanımı ve dış su kaynaklarına bağımlılığı hakkında önemli bilgi vermektedir ve bu da hükümetlerin su kaynaklarını yönetmelerine yardımcı olmaktadır (Tablo 2.2). Üretimin su ayak izi, yerel su kaynaklarına uygulanan baskı miktarını ölçmektedir ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılıp kullanılmadığını belirlemek için temel oluşturur. Tüketimin su ayak

izi, ülke sakinlerinin yaşam ve yaşam tarzı seçimlerini yansıtmaktadır. Bu, su ayak izinin ne kadarının sınırları içinde olduğunu ve başka bir yerdeki su ayak izinin miktarını ve yerini anlamak, ülkenin dış su bağımlılığını ve bunun gıda ve diğer güvenlik biçimleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için ilk adımı oluşturmaktadır (Sütırmak, 2020).

Tüketilen ürünlerin su ayak izleri menşe yerlerindeki koşullara bağlıdır. Örneğin, bazı gelişmekte olan ülkelerde çok düşük tarımsal verimler ve hasat edilen mahsullerin birim başına büyük su ayak izlerine sahip olması, ulusal tüketimin nispeten büyük bir su ayak izine sahip olmasının nedenini açıklamaktadır (WFN, 2020c).

Su sıkıntısı yaşamakta olan ülkeler yoğun miktarda su içeren ürünlerini ithal ederek, sahip oldukları su kaynakları üzerindeki baskıları azaltmayı hedeflemektedirler. Ülkelerin, bu ürünlerinin ticaretini yapmalarıyla su tasarrufunun bir oranda sağlanabileceği düşünülmektedir (Hoekstra, 2003).

Bir ülkenin su ayak izi, nüfusu, tarımı ve endüstrisi tarafından kullanılan su miktarını yansıtmaktadır. Ayrıca ithal edilen malların üretiminde kullanılan suyu da içermektedir.

Bir ulusun ihraç ettiği veya ülke içinde tükettiği ürünlerin ve hizmetlerin üretiminde kullanılan su miktarının belirlenmesi için su ayak izi metodu oldukça önemlidir. Ulusal üretimin su ayak izi, su kaynaklarının uluslar tarafından nasıl kullanıldığını göstermek ve bu

kullanımın sürdürülebilirliğini ortaya koymak için gerekli bir hesaplamadır (Chapagain ve Hoekstra, 2004).

Bir ülkedeki tüketim hacmi, tüketim biçimi, iklim yapısı ve tarım uygulamaları su ayak izini doğrudan etkilemektedir. Gelişmiş ülkelerde ürünlerin ve hizmetlerin daha fazla tüketilmesi tüketim hacmi artırmaktadır. Artan tüketim hacmi de daha yüksek miktardaki su ayak izine dönüşmektedir. Fakat su gereksinimini sadece tüketim hacmi etkilememekte olup tüketim şekli de çok önemlidir. Gelişmemiş yoksul ülkeler iklimin olumsuz etkilerinden, etkin bir su yönetiminin olmamasından ve suyun tarım uygulamalarında yanlış kullanımından dolayı su ayak izini daha fazla etkilemektedir (Chapagain ve Hoekstra, 2004).

SONUÇ

Dünyada yaklaşık üç milyar civarında insan su kıtlığı olan bölgelerde yaşamaktadır. Diğer yandan da dünya üzerinde nehir havzalarında su kalitesi düşmektedir. Gezegendeki tüm insanların beslenebilmesi, giyinebilmesi ve barınabilmesi için su kaynakları daha verimli kullanılmalıdır.

Su kullanımını etkileyen stratejik kararlar alınırken suyun sürdürülebilirliği ve su ticaretinin ekonomik kalkınmaya etkisi göz ardı edilmemelidir. Su ayak izi bu süreçlerde araç olarak kullanılmalıdır. Çünkü su ayak izi değerlendirmeleri ile analiz yapılarak daha doğru ve sürdürülebilir sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu sonuçlar çeşitli alanlarda girdi olarak kullanılabilmektedir. Özellikle

üretilen ve tüketilen ürünlerin, malların veya süreçlerin su ayak izlerini bilmek bireylere, işletmelere ve hükümetlere çeşitli faydalar sağlamaktadır.

Bireylerin günlük faaliyetlerini (gıda, ulaşım, alışveriş vb.) gerçekleştirirken ne kadar su tükettiklerini bilmeleri ve ona göre su tüketim tercihlerini değiştirmeleri sadece yaşadıkları yerdeki değil tüm dünyadaki su kaynaklarının sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

İşletmeler, ürünlerin üretimindeki kaynak verimliliğini ölçerek ve su ayak izini azaltma hedeflerini belirlemek için su ayak izi kıyaslamalarını kullanarak kurumsal su stratejilerini düzenleyebilir. Bunun yanında ürünlerinin sürdürülebilir olup olmadığını değerlendirebilir ve ürünlerinin su ayak izi değerlendirmesini yaparak ele edilen bilgileri diğer paydaşlar ile paylaşabilir. Böylece daha çok insan su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı konusunda bilgi sahibi olacaktır.

Hükümetler ise suyun ekonomideki rolünü istihdam yaratma, ticari ilişkiler veya GSYİH açısından değerlendirebilir veya politika oluşturmada kullanabilir. Farklı su kullanıcılarının kaynak verimliliğini değerlendirmek için su ayak izi karşılaştırmaları kullanılabilir. Hükümet politikalarına ürünlerin su ayak izi entegre edilerek toplumun su üzerindeki olumsuz etkisi azaltılabilir. Bütün bunlar hükümetleri küresel ölçekte adil ve akıllı su dağıtımı konusunda teşvik edecek ve bunu başarmak için gerekli politikaları uygulamada destekleyecektir.

KAYNAKÇA

Ali, A. O. (2019). Examining the water footprint concept in relation to sustainable water management, Doctoral dissertation, Sheffield Hallam University, Libya.

Allan, J. A. (1998). Watersheds and problemsheds: Explaining the absence of armed conflict over water in the Middle East. Middle East Review of International Affairs, 2(1), 49-51.

Allan, J. A. (1999). A convenient solution. The UNESCO Courier, 52(2), 29-31.

Allan, J.A. (2001). The Middle East water question: Hydropolitics and the global economy. I.B. Tauris, London.

Allan, J. A. (2003). Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. this volume.

Avanoz, Z. (2020). Türkiye'de tarımsal üretimin su ayak izinin hesaplanması. Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Batman.

Aytemiz, L. & Diler, Ö. (2015). Sanal su ekonomisi. Itobiad: Journal of the Human & Social Science Researches, 4(2).

Chapagain, A. K. & Hoekstra, A. Y. (2004). Water footprint of nations Volume 1: Main Report. In Value of Water Research Report Series No.16. Erişim adresi: http://waterfootprint.org/media/downloads/Report16Vol1.pdf Erişim tarihi: 09.09.2020

Chapagain, A. K. & Hoekstra, A. Y. (2004). Water footprint of nations volume 1: Main Report. In Value of Water Research Report Series No.16. Erişim adresi: http://waterfootprint.org/media/downloads/Report16Vol1.pdf Erişim tarihi: 28.08.2020

Haddadin, M. J. (2003). Exogenous water: A conduit to globalization of water resources. In Virtual water trade: proceedings of the International expert meeting on virtual water trade. Value of water research report series (No. 12, pp. 159-169).

Hoekstra, A. Y. (2003). Virtual water: An introduction. Virtual water trade, 13.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M. & Aldaya, M. M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard. Routledge.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A., Martinez-Aldaya, M. & Mekonnen, M. (2009). Water footprint manual: state of the art 2009. Enschede, the Netherlands: Water Footprint Network.

Hoekstra, A.Y. & Hung, P. Q. (2002). Virtual WATER TRADE: A quantification of virtual water flows between natıons in relation to Internatıonal Crop Trade. In Value of Water Research Report Series No.11. Erişim adresi: https://doi.org/10.4324/9780203867785 Erişim tarihi: 09.09.2020

Hoekstra, A.Y. (2013). The water footprint of modern consumer society, First edition. ISBN13: 978-1-84971-303-0

Jha, A., Brecht, H. & Stanton-Geddes, Z. (2015). Building resilience to disasters and climate change in the age of urbanization. Disaster Risk Growth and Livelihood: Investing in Resilience and Development; Davis, I., Yanagisawa, K., Georgieva, K., Eds, 7-27.

Lee, Y. J., Tung, C. M., Lee, P. R. & Lin, S. C. (2016). Personal water footprint in Taiwan: A case study of Yunlin County. Sustainability, 8(11), 1112.

Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2011). The relation between national water management and international trade: A case study for Kenya. Value of Water Research Report Series No, 15(5), 1577–1600.

Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products.

Öztaş, R.G. & Çelikyay, H.S. (2018). Alternative ındicator on water management ın planning: water footprint, V. Internatıonal Multıdıscıplınary Congress Of Eurasıa, 24.07.2018 26.07.2018, Barcelona, İspanya, 2018

Sütırmak, T. (2020). İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü su ayak izi profili. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Şahin, B. (2016). Küresel bir sorun: Su kıtlığı ve sanal su ticareti, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Tarhan, C., Aydin, C. & Tecim, V. (2016). How can be disaster resilience built with using sustainable development. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 216, 452-459.

TUSIAD. (2008). Türkiye'de su yönetimi sorunlar ve öneriler, Birinci Basım, Ersis: İstanbul, Türkiye, ISBN Numarası: 978-9944-405-42-3.

UN Water. (2020). Water footprint of food. Erişim adresi: http://waterday.e-info.org.tw/2014-06-06-08-33-03/ waterfootprint/2249-food-wfp.html Erişim tairihi: 01.08.2020

WFN. (2018). National water footprint statics. Erişim adresi: https://waterfootprint.org/en/ Erişim tarihi: 07.09.2020

WFN. (2020a). What is a water footprint? Erişim adresi: https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/ Erişim tarihi: 14.09.2020

WFN. (2020b). Water-footprint-assessment. Erişim adresi: https://waterfootprint.org/en/water-footprint/water-footprint-assessment/ Erişim tarihi: 14.09.2020

WFN. (2020c). National-water-footprint. Erişim adresi: https://waterfootprint.org/en/water-footprint/national-water-footprint/ Erişim tarihi: 19.08.2020

Wichelns, D. (2001). The role of "virtual water" in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt, Agricultural Water Management, 49,131-151.

WWF. (2014). Türkiye'nin su ayak izi raporu: Su, üretim ve uluslararası ticaret ilişkisi. Erişim adresi: http://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/su_ayak_izi_raporweb.pdf Erişim tarihi: 13.09.2020

Zeng, Z., Liu, J., Koeneman, P. H., Zarate, E. & Hoekstra, A. Y. (2012). Assessing water footprint at river basin level: A case study for the Heihe River Basin in northwest China. Hydrology and Earth System Sciences, 16(8), 2771–2781.

İKSAD
Publishing House

ISBN: 978-625-7279-77-2