

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

www.egejfas.org

ISSN 1300 - 1590

EgeJFAS

Su Ürünleri Dergisi

Volume 32 Number 1

2015



Ege University Faculty of Fisheries



Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Scope of the Journal

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS) is an open access, international, peer-reviewed journal publishing original research articles, short communications, technical notes, reports and reviews in all aspects of fisheries and aquatic sciences including biology, ecology, biogeography, inland, marine and crustacean aquaculture, fish nutrition, disease and treatment, capture fisheries, fishing technology, management and economics, seafood processing, chemistry, microbiology, algal biotechnology, protection of organisms living in marine, brackish and freshwater habitats, pollution studies.

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS) is published quarterly by Ege University Faculty of Fisheries since 1984.

Submission of Manuscripts

Please read these instructions carefully and follow them strictly to ensure that the review and publication of your paper is as efficient and quick as possible. The Editors reserve the right to return manuscripts that are not in accordance with these instructions. All manuscripts will be peer-reviewed by at least two referees.

Submission of manuscripts to this journal should be presented in electronic form via online submission system at <http://www.egejfas.org>. If your submission is not successful via online system, you can send the file via e-mail. The correspondence regarding editorial matters should be sent to editor@egejfas.org.

Please prepare your manuscript according to the instructions below. Work submitted for publication must be previously unpublished, not under consideration for publication elsewhere and, if accepted, it should not then be published elsewhere.

Preparation of Manuscripts

Papers must be clearly written in Turkish or English. Manuscripts should be typed double spaced on A4 size paper in 12-point Times New Roman font including the references, table headings and figure captions with standard margins (25 mm) all around. The author's name should appear centred under the title. Numbered (1) note should give the author's institutional address and an asterisked (*) note should indicate the correspondence author's e-mail address. Degrees and qualifications should not be included. Please prepare your typescript text using a word-processing package (save in .doc or .docx).

The complete manuscript should be in a single file containing full text, references, figures and tables. Figures and tables should be at the end of the manuscript file and the locations should be indicated in the text.

- Research papers and reviews must not exceed 25 manuscript pages including tables and figures.
- Short communications, technical notes and reports which are results of brief but significant work, must not exceed 10 manuscript pages including tables and figures.

Title page

The title must be short and concise. The first name and surname of each author should be followed by department, institution, city with postcode, and country. The e-mail address of the corresponding author should also be provided. It is editorial policy to list only one author for correspondence.

It is important that authors ensure the following: (i) all names have the correct spelling and are in the correct order (first name and family name). Occasionally, the distinction between surnames and forenames can be ambiguous, and this is to ensure that the authors' full surnames and forenames are tagged correctly, for accurate indexing online.

Abstract

English and Turkish abstracts (contributors who are not native Turkish speakers may submit their manuscripts with an English abstract only) of maximum of 300 words should be included in all submissions. The Abstract should be comprehensible to readers before they have read the paper, and reference citations must be avoided. It is essential that the Abstract clearly states the legal importance of the work described in the paper. A list of keywords (maximum six) must be proposed.

Following pages

These should contain the rest of the paper and should be organized into an Introduction, Material and methods, Results, Discussion, Acknowledgements and References. Short communication and technical notes both should follow the same layout, without the abstract. In writing of systematic papers, the International Codes of Zoological and Botanical Nomenclature must be strictly followed. The first mention in the text of any taxon must be followed by its authority including the year. The names of genera and species should be given in *italics*.

Acknowledgements

Acknowledgements should be kept brief and placed before the reference section.

References

Full references should be provided in accordance with the style of *EgeJFAS*.

The in-text citation to the references should be formatted as name(s) of the author(s) and the year of publication: (Kocataş, 1978 or Geldiay and Ergen, 1972-in Turkish article 'Geldiay ve Ergen, 1972'). For citations with more than two authors, only the first author's name should be given, followed by "et al." -in Turkish article 'vd.'- and the date. If the cited reference is the subject of a sentence, only the date should be given in parentheses, i.e., Kocataş (1978), Geldiay et al. (1971). References should be listed alphabetically at the end of the text, and journal names should be written in full and in italics.

The citation of journals, books, multi-author books and articles published online should conform to the following examples:

Journal Articles

Öztürk, B., 2010. Scaphopod species (Mollusca) of the Turkish Levantine and Aegean seas. *Turkish Journal of Zoology*, 35(2):199-211. doi:10.3906/zoo-0904-23

Gürkan, Ş., Taşkavak, E., 2011. Seasonal condition factors of Syngnathid species from Aegean Sea coasts (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 28(1):21-24.

Books

Parsons, T.R., Matia, Y., Lalli, C.M., 1984. *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press, New York.

Chapter in Books

Gollasch, S., 2007. Is ballast water a major dispersal mechanism for marine organisms? In: *Biological Invasions*, W. Nentwig (Ed.), Springer, Berlin, pp 29-57.

Proceedings

Soultsos, N., Lossilidou, E., Lazou, T., Sergedilis, D., 2010. Prevalence and antibiotic susceptibility of *Listeria monocytogenes* isolated from RTE seafoods in Thessaloniki (Northern Greece). In: *West European Fish Technologists Association Annual Meeting 2010, İzmir, Proceedings Book*, Ş. Çaklı, U. Çelik, C. Altınelataman (Eds.), pp 94-98.

Online Articles

Andrews, T., 2010. What vitamins are found in fish? <<http://www.livestrong.com/article/292999-what-vitamins-are-found-in-fish/>> (27.11.2012).

Tables and Figures

All illustrations, except tables, should be labeled 'Figure' and numbered in consecutive Arabic numbers, and referred to as Table 1, Figure 1...in the text, unless there is only one table or one figure. Each table and figure, with a concise heading or with a descriptive statement written in English -and Turkish- (only contributors who are native Turkish speakers) should be given at the end of the manuscript. Tables need not to exceed 175 x 227 mm. Figures, which are recommended for electronic formats such as JPEG, TIFF (min. 300 dpi) should be also arranged in available dimensions. When it is necessary, the original copies of the figures will be asked from author(s) as separate files, after the reviewing process being concluded.

Copyright and License

Upon receipt of accepted manuscripts at EgeJFAS, authors will be invited to complete a copyright license to publish form.

Please note that by submitting an article for publication you confirm that you are the corresponding/submitting author and that EgeJFAS may retain your email address for the purpose of communicating with you about the article. If your article is accepted for publication, EgeJFAS will contact you using the email address you have used in the registration process.

Proof Sheets and Offprints

Page proofs will be sent to the corresponding authors. These should be checked immediately and corrections, as well as answers to any queries, returned to the Editorial Office via e-mail within 3 working days (further details are supplied with the proof). It is the author's responsibility to check proofs thoroughly. No changes or additions to the edited manuscript will be allowed at this stage. The journal provides free access to the papers.

Page Charges and Reprints

No page charges are collected. Corresponding authors will receive one hardcopy of the journal. All authors/readers have free access to all papers.

Indexes

EgeJFAS is indexed in TUBITAK ULAKBIM TR Dizin, THOMSON REUTERS (Zoological Records), ASFA, CABI, GOOGLE SCHOLAR

Corresponding Address

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Ege University Faculty of Fisheries
35100 Bornova-Izmir, Turkey
Phone: +90 232 311 3838
Fax: +90 232 388 3685
E-mail: editor@egejfas.org

ISSN

1300-1590 (Print)
2148-3140 (Online)

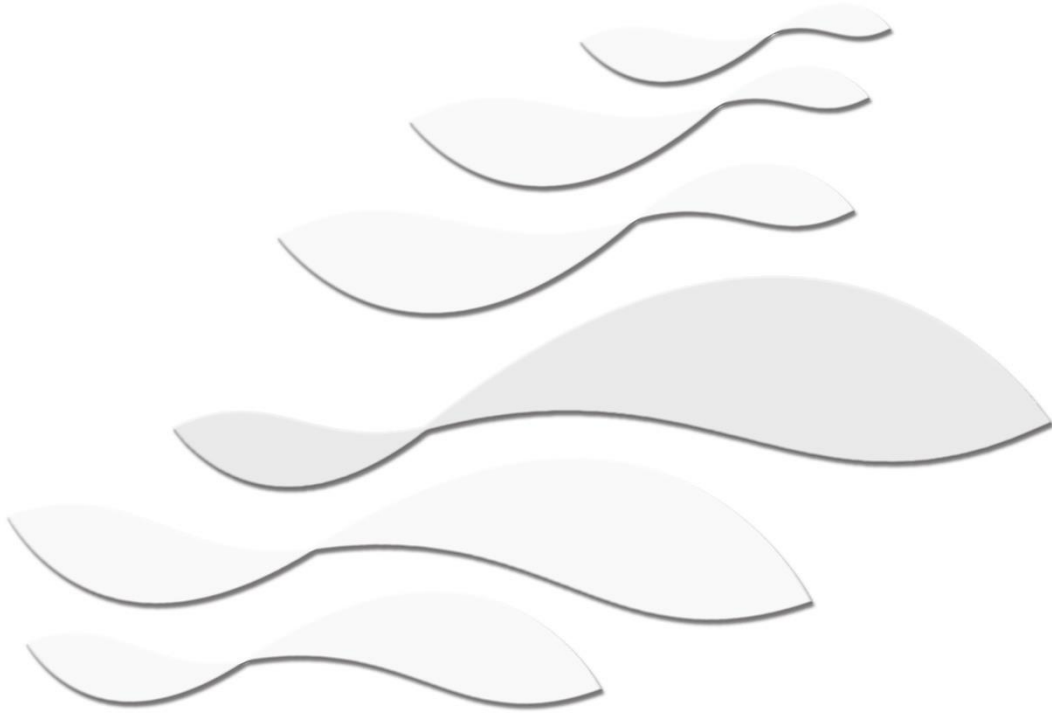
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Volume 32 Number 1

ISSN 1300 - 1590

EgeJFAS

www.egejfas.org



Published by

Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey



Su Ürünleri Dergisi
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Sahibi Director

Ertan TAŞKAVAK **Dekan Dean**
Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ege University Faculty of Fisheries

Yazı İşleri Müdürü Editor-in-Chief

Ufuk ÇELİK

Yazı İşleri Müdür Yardımcıları Co-Editors-in-Chief

Gürel TÜRKMEN Hasan M. SARI

Yardımcı Editörler Associate Editors

Okan AKYOL Osman ÖZDEN
Bilal ÖZTÜRK Haşmet ÇAĞIRGAN
Tufan KORAY Zafer TOSUNOĞLU
Vahdet ÜNAL

Yayın Kurulu Editorial Board

Meriç ALBAY İstanbul University, Turkey
M.Lütfi AVSEVER İzmir Vet. Cont. Inst., Turkey
Serap BİRİNCİOĞLU Adnan Menderes University, Turkey
Javier BORDERÍAS ICTAN-CSIC, Spain
Kurt BUCHMANN University of Copenhagen, Denmark
İbrahim CENGİZLER Çukurova University, Turkey
Semra CİRİK Ege University, Turkey
Şükran ÇAKLI Ege University, Turkey
Melih Ertan ÇINAR Ege University, Turkey
Yılmaz ÇİFTÇİ Ordu University, Turkey
M.Cengiz DEVAL Akdeniz University, Turkey
Mark DIMECH FAO Fish. Aqua. Dept., Greece
Özdemir EGEMEN Ege University, Turkey
Bella GALİL Nat. Inst. Ocean., Israel
Ercüment GENÇ Ankara University, Turkey
Ana GORDOA CEAB-CSIC, Spain
Mustafa ÜNLÜSAYIN Akdeniz University, Turkey
Arif GÖNÜLÖL Ondokuz Mayıs University, Turkey
Gertrud HAIDVOGL Uni. Nat. Res. Life Sci., Austria
Chiaki IMADA Tokyo Uni. Marine Sci. Tech., Japan
F.Saadet KARAKULAK İstanbul University, Turkey
Süphan KARAYTUĞ Mersin University, Turkey
Tuncer KATAĞAN Ege University, Turkey
Murat KAYA Ege University, Turkey
Nilgün KAZANCI Hacettepe University, Turkey
Ferah KOÇAK Dokuz Eylül University, Turkey
Metin KURLU Çukurova University, Turkey
Okan KÜLKÖYLÜOĞLU Abant İzzet Baysal University, Turkey
Marcelo de Castro LEAL University of Lavras, Brazil
Aynur LÖK Ege University, Turkey
K.Karal MARX Fisheries College and Research Institute, India
Jörg OEHLenschLÄGER Seafood Consultant, Germany
Hüseyin ÖZBİLGİN Mersin University, Turkey
Müfit ÖZULUĞ İstanbul University, Turkey
Giuliana PARISI University of Florence, Italy
Şahin SAKA Ege University, Turkey
Hülya SAYGI Ege University, Turkey
Radu SUCIU Danube Delta National Institute, Romania
Cüneyt SÜZER Ege University, Turkey
Tamás SZABÓ Szent István University, Hungary
William W. TAYLOR Michigan State University, USA
Mümtaz TIRAŞIN Dokuz Eylül University, Turkey
Adnan TOKAÇ Ege University, Turkey
Sühendan Mol TOKAY İstanbul University, Turkey
M. Ruşen USTAOĞLU Ege University, Turkey
Hijran YAVUZCAN Ankara University, Turkey
Argyro ZENETOS Hellenic Centre for Marine Research, Greece

Yayın Ofisi Editorial Office

Halise KUŞÇU M. Tolga TOLON

Tarandığı indeksler Indexed by TUBITAK-ULAKBIM TR Dizin, THOMSON REUTERS (Zoological Records), ASFA, CABI

Su Ürünleri Dergisi yılda dört sayı olarak yayınlanır. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences is published in four issues annually.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 18679
Ministry of Culture and Tourism Sertificate No: 18679

Basım Printing

Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. Ege University Press, Bornova, İzmir.

Basım Tarihi Printing Date

2015

İletişim Contact

Ege Uni. Su Ürünleri Fakültesi, 35100, Bornova, İzmir Ege Uni. Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, Izmir, Turkey
Tel: +90 232 311 3838 Fax: +90 232 388 3685 <http://www.egejfas.org> info@egejfas.org

Homa Dalyanı'nda (İzmir Körfezi) dağılım gösteren *Mytilus galloprovincialis* ve *Tapes decussatus* (Bivalvia) türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi

Assessment of heavy metal accumulation in *Mytilus galloprovincialis* and *Tapes decussatus* (Bivalvia) distributed in the Homa Lagoon (Izmir Bay)

Mustafa Bilgin • Esin Uluturhan Suzer*

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 Inciraltı-İzmir
*Corresponding author: esin.uluturhan@deu.edu.tr

How to cite this paper:

Bilgin, M., Uluturhan-Suzer, E., 2015. Assessment of heavy metal accumulation in *Mytilus galloprovincialis* and *Tapes decussatus* (Bivalvia) distributed in the Homa Lagoon (Izmir Bay). *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 1-8. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.01

Abstract: In this study; the concentrations of nickel, manganese, cobalt, iron and aluminum (Ni, Mn, Co, Fe, and Al) were determined seasonally in soft tissues and hepatopancreas of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and clam (*Tapes decussatus*) from the Homa Lagoon (May 2013-February 2014). According to interspecies comparison, metal concentrations were found higher in soft tissues of clams. The highest levels of metal were detected in hepatopancreas at both species. Also, the highest metal concentrations were found in February for mussel and July for clam. Detected metal levels in the bivalve species were compared with provisional tolerable weekly intake (PTWI) values and the maximum metal concentrations (except Al in clams) were found below these values.

Keywords: *Mytilus galloprovincialis*, *Tapes decussatus*, heavy metal, aquatic pollution, Homa Lagoon

Özet Bu çalışmada, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren Bivalv türlerinden olan kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) ve akivadesin (*Tapes decussatus*) yumuşak doku ve hepatopankreaslarında mevsimsel olarak (Mayıs 2013-Şubat 2014) nikel, mangan, kobalt, demir ve alüminyum (Ni, Mn, Co, Fe ve Al) yoğunlukları araştırılmıştır. Her iki türde de en yüksek ağır metal birikimleri hepatopankreasta saptanmıştır. Türler arası karşılaştırmaya bakıldığında, akivadesin yumuşak dokusundaki ağır metal seviyeleri daha yüksek bulunmuştur. Mevsimsel açıdan en yüksek ağır metal konsantrasyonları; kara midyede Şubat ayında, akivadeste ise Temmuz ayında tespit edilmiştir. Bu iki türde saptanan ağır metal seviyeleri, uluslararası alanda kabul edilen haftalık tüketim miktarı (PTWI) ile karşılaştırılarak sadece akivadeste Al seviyesinin limit değerini aştığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Mytilus galloprovincialis*, *Tapes decussatus*, ağır metal, sucul kirlilik, Homa Dalyanı.

GİRİŞ

Teknolojinin hızla ilerlemesi ve buna bağlı olarak da endüstrinin gelişmesiyle birçok ağır metal doğaya atık olarak bırakılır. Ağır metaller, deniz ortamında oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır ve sucul ortamlara girişleri, doğal veya insan kaynaklı olabilmektedir. Denizlere, nehirlere ve göllere ulaşan en önemli metal girdileri ise endüstriyel deşarjlar sonucu olmaktadır. Deniz ortamında yaşayan bitki ve hayvanlar kendilerine zarar vermeksizin bu metalleri biriktirirler (Phillips, 1995; Uluturhan ve Küçüksezgin, 2007). Sucul ortamdan besin ve solunum yoluyla canlı bünyesine alınan metaller her organ ve dokuda farklı oranda birikmektedir. Canlı organizmada çeşitli metabolik faaliyetlere katıldıktan sonra fizyolojik öneme sahip olan metallerin bir kısmı depolanırken bir kısmı da vücut dışına atılır (Widdows, 1985; Kayhan vd., 2009). Hg, Cd, Pb gibi ağır metallerin belli konsantrasyonların üstünde toksik etki yaptıkları ve bir

organizmadan değerine geçişleri sırasında konsantrasyonlarının arttığı bilinmektedir (Phillips, 1995; Uluturhan ve Küçüksezgin, 2007). Buna bağlı olarak deniz ortamına giren ağır metal miktarlarının tespiti, çevre kalitesinin izlenmesi açısından gereklidir.

Sucul ortamdaki kirlilik derecesi, su veya sedimentteki madde konsantrasyonları saptanarak belirlenebilir. Bir ortamdaki kirliliğin kaynağı ne olursa olsun kirliliğin en büyük etkisi bentik organizmalar üzerinde meydana gelir. Bu nedenle sucul organizmalardaki kirlilik madde miktarını saptamak çok önemlidir. Bivalvia ve Gastropoda sınıfına ait bentik canlılar sucul ekosistemdeki kirliliğin izlenmesi çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bivalvia sınıfında yer alan midyeler süzerek beslendikleri için çözünmüş ve partikül haldeki kirliticileri bünyelerine alırlar. Midyeler, ağır metal ve

pestisit gibi kirlenici maddeleri yüksek yoğunluklarda biriktirip, bunları uzun süre bünyelerinde tuttuklarından dolayı kirliliği yansıtan biyolojik indikatörlerin başında gelir (Viarengo ve Canesi, 1991; Viarengo vd., 2007).

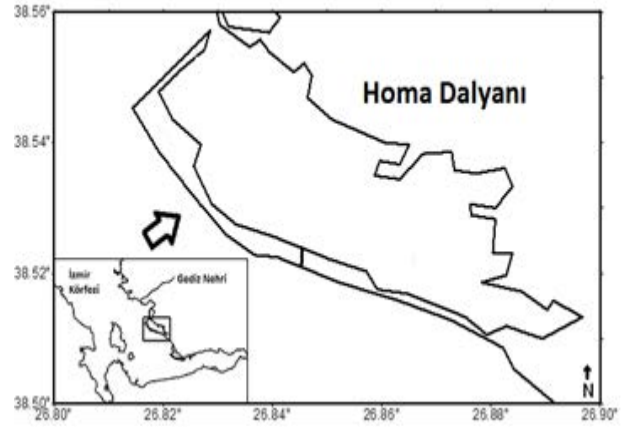
Dalyanlar, su ürünleri avcılık ve yetiştiricilik faaliyetlerinin sürdürüldüğü, ekolojik ve ekonomik yönden önemli ekosistemlerdir. Bu bölgeler; nehir ve akarsuların taşıdığı besin elementleri nedeniyle yüksek birincil üretime sahip olup, ekonomik değeri yüksek olan balık türleri ile midye gibi omurgasız hayvanların beslenmesine ve olgunlaşmasına uygun yerlerdir. Ülkemiz sahillerinde 76'dan fazla dalyan alanı bulunmakta olup bunlardan bir tanesi de İzmir Körfezi'ndeki Gediz Deltası'nda yer alan ve Gediz Nehri'nin etkisindeki Homa Dalyanı'dır. Homa Dalyanı büyük ve küçük dalyan olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Dalyanda farklı genişlikteki kanallar yardımıyla dalyan ve deniz arasında doğal su dolaşımı sağlanmaktadır. Küçük dalyan alanı Gediz Nehri'nin taşıdığı alüvyonlardan dolayı sığlaşmış olup dalyan özelliğini kaybetmiştir. Bu çalışmada, örnekleme yapıldığı büyük dalyan bölümünde maksimum derinlik 80 cm olup, ortalama derinlik 40-45 cm'dir. Menemen Ovası'nın tarımsal su atıklarını bünyesinde toplayan drenaj kanalı, dalyan alanına açılmakta olup gübre ve tarım ilaçları gibi kirlenicilerin dalyana taşınmasını sağlamakta ve dalyan için ayrı bir sorun yaratmaktadır (Atılğan ve Egemen, 2001; Sapancı, 2013).

Çalışma alanı olarak seçilen Homa Dalyanı'nda yürütülen önceki çalışmalarda sediment, balık, midye ve poliket türlerinde ağır metal ve pestisit seviyeleri incelenmiştir (Mordoğan vd., 1990; Egemen vd., 1998; Sunlu ve Egemen, 1998; Atılğan ve Egemen, 2001; Uluocak ve Egemen 2005; Dora vd., 2007; Uluturhan vd., 2011). Ekonomik değere sahip olan, severek tüketilen ve dalyan alanında dağılım gösteren biyoindikatör türlerden *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus*'ta ağır metal kirliliği ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır. Bu çalışmada, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* türlerinin yumuşak doku ve hepatopankreasında saptanan ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimlerin tür, doku ve mevsimsel etkileri incelenmiştir. Midyelerin yaygın olarak tüketildiği düşünülerek, dalyanda saptanan ağır metal seviyeleri, uluslararası alanda kabul edilen haftalık tüketim miktarı (PTWI) ile karşılaştırılarak insan sağlığı için risk taşıyıp taşımadığı saptanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* örnekleri büyük dalyanın sığ bölgelerinden mevsimsel olarak Mayıs 2013, Temmuz 2013, Ekim 2013 ve Şubat 2014 aylarında elle toplanmıştır (Şekil 1). Toplanan örnekler, su

dolu küvetlerin içinde Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü Kimya Laboratuvarı'na taşınmıştır. Midye örneklerinin boyları ölçülerek üç gruba ayrılmış (Tablo 1), yumuşak doku ve hepatopankreasları disekte edilerek, analize kadar, derin dondurucuda (-20 °C) saklanmıştır. Ağır metal analizleri için doku örnekleri LABCONCO freeze dryer'da dondurularak kurutulmuş ve homojenize edilmiştir. Kuru doku örneklerinden yaklaşık 0.50 g örnek, üç tekrarlı olarak tartılarak nitrik asit ve perklorik asit karışımında MILESTONE mikrodalga sisteminde çözünürleştirilmiştir (Bernhard, 1976; UNEP, 1982).



Şekil 1. Homa Dalyanı.
Figure 1. Homa Lagoon.

Mn, Fe ve Al analizleri VARIAN SpectrAA AA280FS Atomik Absorbsiyon Spektrometre (AAS) cihazında alevli tekniği ve Ni ve Co analizleri ise ICP-MS cihazı ile yapılmıştır. Ağır metallerin saptanma limitleri Mn: 0.02; Ni:0.10; Co: 0.05; Fe:0.06; ve Al:0.30 mg/kg'dır. Metal analizlerinin doğruluğu ve geçerliliği, NIST (National Institute of Standard and Technology) SRM 2976 Midye Standart Referans Materyali ile test edilmiştir. Metaller için üç tekrarlı analizlerden elde edilen değerler (sertifika edilen değer: ± standard hata; bulunan değer: ± standard hata mg/kg kuru ağırlık), Mn:33.0±2.0; 34±0.16, Ni:0.93±0.12; 0.914±10.3, Co:0.610±0.02; 0.555±0.22 Fe:171±4.90; 171±1.65, Al:134±34; 132±1.25 şeklinde bulunmuştur.

İstatistiksel analizler Statistica® 8,0 yazılım programı ile yapılmıştır. Elde edilen ağır metal analizlerine bağlı olarak mevsim, tür ve dokular arasındaki farklılıkları belirlemek için ANOVA testleri kullanılmıştır (p< 0.05). Dokulardaki ağır metal konsantrasyonları ile boy arasındaki ilişkiler araştırılmıştır (R> |0.50|).

Tablo 1. Homa Dalyanı'ndan toplanan iki Bivalvia türünün örnek sayıları (n) ve boy grupları (mm).**Table 1.** Grouping intervals and sample numbers (n) of two Bivalvia species sampled in the Homa Lagoon.

Mevsim	<i>M. galloprovincialis</i>		<i>T. decussatus</i>	
	n	boy aralığı (mm)	n	boy aralığı (mm)
Mayıs 2013	20	51-58	12	44-50
	20	45-53	11	35-48
	20	38-46	13	41-44
Temmuz 2013	20	61-82	18	44-51
	20	54-62	18	42-46
	20	44-55	18	36-43
Ekim 2013	30	51-68	15	38-49
	25	62-70	20	32-38
	30	51-57		
Şubat 2014	13	43-55	22	42-53
	21	39-43	18	30-39

BULGULAR

Homa Dalyanı'ndan mevsimsel olarak örneklenen *M. galloprovincialis* ile *T. decussatus*'un yumuşak doku ve hepatopankreaslarındaki minimum ve maksimum Mn, Ni, Co,

Fe ve Al konsantrasyonları [Tablo 2](#)'de ve ortalama metal değerleri ise [Şekil 2-3](#)'de verilmiştir.

Tablo 2. *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus*'un yumuşak doku ve hepatopankreaslarındaki minimum ve maksimum metal konsantrasyonları (mg/kg kuru ağırlık).**Table 2.** Minimum and maximum concentrations of metal in soft tissues and hepatopancreas from *M. galloprovincialis* and *T. decussatus* (mg/kg dry weight).

	Ni	Mn	Co	Fe	Al
<i>M. galloprovincialis</i>					
<i>Yumuşak doku</i>					
Bahar	1.17-1.48	7.02-7.48	0.30-0.38	126-145	94.7-131
Yaz	0.91-1.39	4.10-6.48	0.48-0.74	81.9-120	16.8-66.9
Güz	1.20-2.11	6.90-8.80	0.56-0.89	194-286	117-235
Kış	1.88-2.44	10.6-13.6	0.65-1.09	261-477	218-416
<i>Hepatopankreas</i>					
Bahar	7.00-9.16	14.9-17.22	1.46-1.67	555-675	610-773
Yaz	5.56-7.10	11.5-16.2	1.37-1.98	298-444	345-517
Güz	9.31-13.5	20.8-35.4	1.93-2.65	648-1449	730-1527
Kış	15.2-18.2	23.9-32.1	3.34-3.66	972-1647	936-1520
<i>T. decussatus</i>					
<i>Yumuşak doku</i>					
Bahar	2.59-4.13	7.60-11.0	0.50-1.10	268-510	260-438
Yaz	5.49-6.28	14.2-18.2	1.12-1.39	633-806	790-1009
Güz	4.18-4.53	11.9-18.0	0.81-1.13	494-769	473-786
Kış	4.25-4.66	11.9-14.0	0.70-1.22	500-614	421-619
<i>Hepatopankreas</i>					
Bahar	6.39-10.2	13.5-25.8	1.32-1.68	504-1580	279-1293
Yaz	6.28-9.03	27.8-40.8	1.14-1.94	1090-2341	1081-2170
Güz	6.24-6.36	23.0-23.5	1.19-1.68	964-999	816-880
Kış	6.95-10.3	22.3-24.6	1.28-1.42	982-1133	862-1040

Mytilus galloprovincialis'in yumuşak dokularında saptanan en düşük metal konsantrasyonları Co için 0.30 mg/kg olarak Mayıs ayında saptanırken, Mn (4.10 mg/kg), Ni (0,91 mg/kg), Fe (81.9 mg/kg), ve Al (16.8 mg/kg) için en düşük seviyeler Temmuz ayında bulunmuştur. Yumuşak dokudaki en yüksek Mn (13.6 mg/kg), Ni (2.44 mg/kg), Co (1.09 mg/kg), Fe (477 mg/kg), ve Al (416 mg/kg) konsantrasyonları ise Şubat ayında saptanmıştır. Hepatopankreas dokularında ise minimum Mn (11.5 mg/kg), Ni (5.56 mg/kg), Co (1.37 mg/kg), Fe (298 mg/kg), ve Al (345 mg/kg) Temmuz ayında bulunmuştur. Hepatopankreastaki en yüksek Mn değeri 35.4 mg/kg ve Al seviyesi 1527 mg/kg olarak Ekim ayında bulunurken, Ni (18.2 mg/kg), Co (3.66 mg/kg) ve Fe (1647 mg/kg) en yüksek

seviyeye Şubat ayında ulaşmıştır ([Tablo 2](#)).

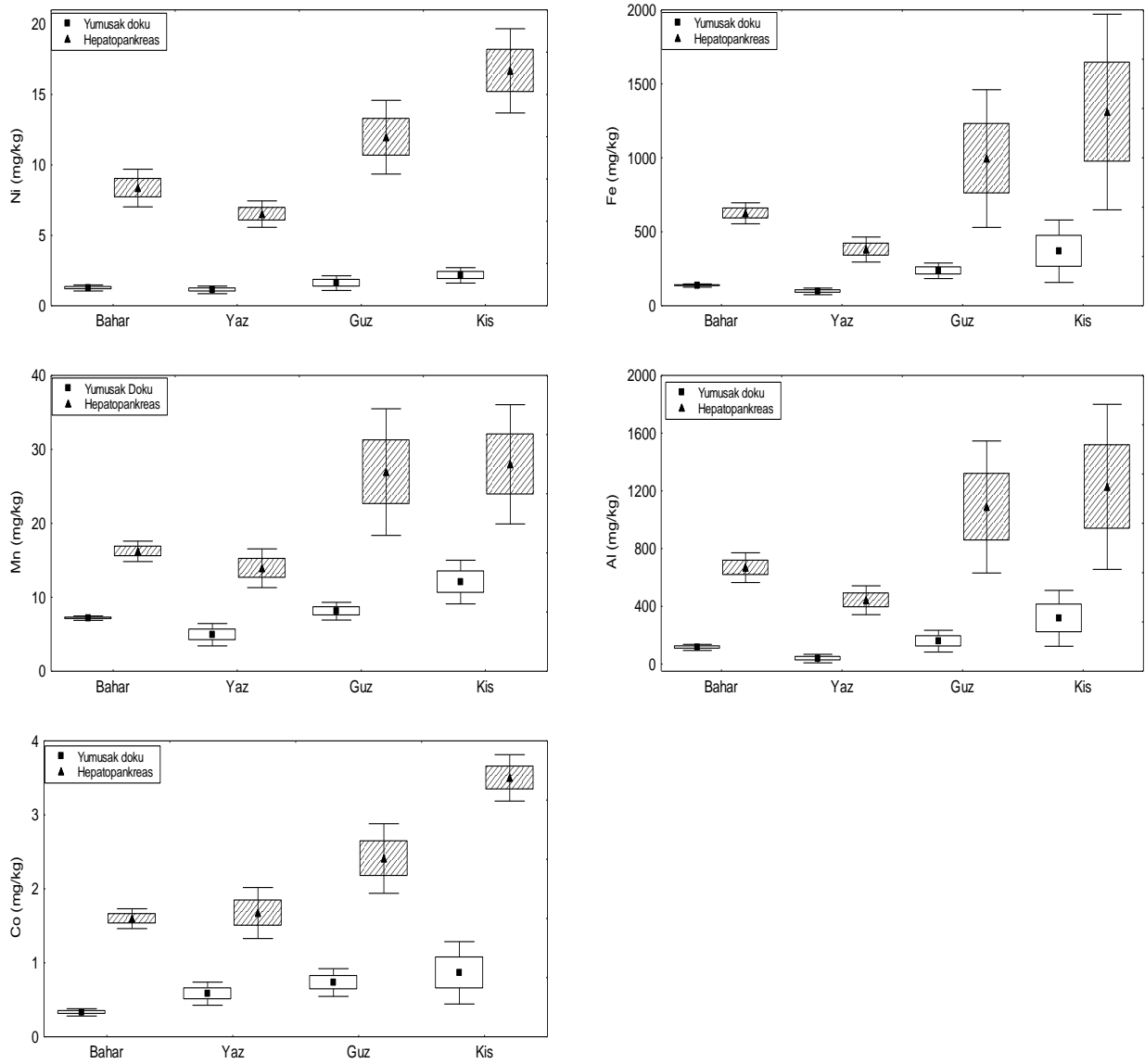
Tapes decussatus türünün yumuşak dokusunda minimum Mn (7.60 mg/kg), Ni (2.59 mg/kg), Co (0.50 mg/kg), Fe (268 mg/kg), ve Al (260 mg/kg) konsantrasyonları Mayıs ayında saptanmıştır. Buna karşılık, yumuşak dokudaki saptanan en yüksek Mn (18.2 mg/kg), Ni (6.28 mg/kg), Co (1.39 mg/kg), Fe (806 mg/kg) ve Al (1009 mg/kg) seviyeleri Temmuz ayında bulunmuştur. Hepatopankreaslarındaki en düşük Mn, Fe ve Al konsantrasyonları için sırasıyla 13.5, 504 ve 279 mg/kg olarak Mayıs ayında saptanmıştır. Co konsantrasyonunun (1.14 mg/kg) minimum değeri Temmuz ayında, Ni

konsantrasyonunun ise Ekim ayında (6.24 mg/kg) bulunmuştur. Saptanan metal seviyelerine göre; maksimum Mn (40.8 mg/kg), Fe (2341 mg/kg), Co (1.94 mg/kg), ve Al (2170 mg/kg) düzeyleri Temmuz ayında saptanırken, Ni 10.3 mg/kg olarak Şubat ayında en yüksek seviyede bulunmuştur. Her iki tür de ayrı ayrı ele alındığında, en yüksek metal birikimlerinin hepatopankreas dokusunda olduğu gözlenmiştir (Tablo 2).

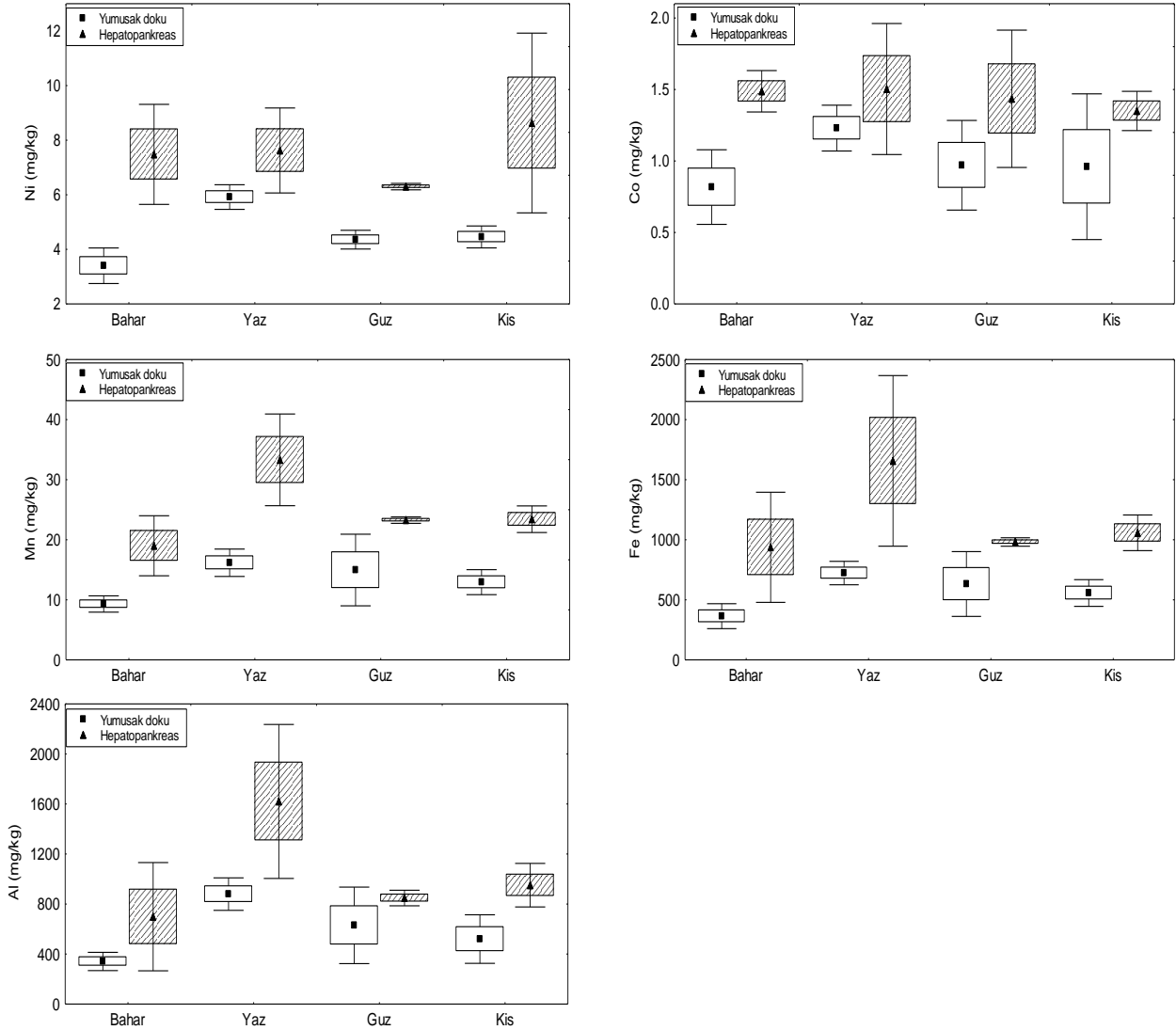
Saptanan ortalama ağır metal konsantrasyonlarına göre; *T. decussatus*'un her iki dokusunda da Mn, Co, Fe ve Al seviyeleri daha yüksek iken; Ni konsantrasyonu ise bu türün

sadece yumuşak dokusunda daha yüksek saptanmıştır. *M. galloprovincialis*'de ise hepatopankreas dokusunun daha fazla Ni biriktirdiği bulunmuştur (Şekil 2-3).

Ortalama ağır metal konsantrasyonlarına göre, *M. galloprovincialis*'in yumuşak dokularındaki metal birikim sırası Fe>Al>Mn>Ni>Co şeklinde sıralanırken, hepatopankreasdaki metaller Al>Fe>Mn>Ni>Co sırasında bulunmuştur. *T. decussatus*'un yumuşak dokusundaki metallerin sıralaması Al>Fe>Mn>Ni>Co şeklinde olurken, hepatopankreasında Fe>Al>Mn>Ni>Co şeklinde bir sıralama saptanmıştır. (Şekil 2-3)



Şekil 2. *M. galloprovincialis* dokularındaki ağır metal konsantrasyonları (ortalama \pm standart sapma mg/kg kuru ağırlık).
Figure 2. Heavy metal concentrations in tissues from mussel (*M. galloprovincialis*) (mean \pm S.D. mg/kg dry weight).



Şekil 3. *T. decussatus* dokularındaki ağır metal konsantrasyonları (ortalama±standart sapma mg/kg kuru ağırlık).
Figure 3. Heavy metal concentrations in tissues from clam (*T. decussatus*) (mean ± S.D. mg/kg dry weight).

İstatistiksel açıdan iki tür karşılaştırıldığında, Fe ve Al birikiminde *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* arasında önemli bir farkın olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

M. galloprovincialis'te ölçülen metal seviyeleri istatistiksel olarak incelendiğinde, dokular arasındaki farkın anlamlı olduğu görülmüştür. Metal konsantrasyonlarının mevsimsel değişiminde ise önemli bir fark bulunmamıştır ($p < 0.05$).

T. decussatus'un dokularındaki ağır metal birikimi istatistiksel olarak incelendiğinde, tüm metaller için dokular arasında anlamlı farklılıklar tespit edilirken, mevsimsel olarak sadece Al için önemli bir farklılık bulunmuştur ($p < 0.05$).

Boy ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi bakıldığında; *M. galloprovincialis* için sadece Mn'da boyla bir negatif korelasyon ($R = -0.57$) bulunurken, *T. decussatus*'ta Co için boyla doğru bir artış ($R = 0.84$) tespit edilmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada ağır metal kirliliğinin tespiti için Homa Dalyanı'ndan toplanan ve indikatör türler arasında yer alan *M. galloprovincialis* ile *T. decussatus*'un yumuşak dokularında ve hepatopankreaslarında Ni, Mn, Co, Fe ve Al konsantrasyonları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, genel olarak *T. decussatus*'un yumuşak dokusunda ağır metal birikiminin, *M. galloprovincialis*'e göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Türler arasındaki bu birikim farkı; türün morfoloji ve fizyolojisiyle ilişkili olan biyoakümülyasyon kapasitelerine bağlıdır (Usero vd., 1997). Bu bağlamda; *T. decussatus*'un, *M. galloprovincialis*'e göre, daha fazla miktarda metali vücuduna alma ve depolayabilme özelliğinin olabileceği düşünülmektedir.

Ağır metaller, sucul organizmaların detoksifikasyonla ilgili olan karaciğer, böbrek ve dalak gibi organlarında yüksek

seviyelerde birikebilmektedir. Midye türlerinde de hepatopankreas metal birikiminde hedef organdır. Hepatopankreas, ksenobiyotik metabolizmasında, bağışıklıkta ve detoksifikasyonda büyük rol oynamaktadır. Bu nedenle detoksifikasyonun yapıldığı, metalleri bağlayarak toksik etkilerinin azaltılmasında işlev gören metallothioninlerin sentezlendiği hepatopankreasta metal seviyeleri daha yüksektir (Raspor vd., 2004; Ivanković vd., 2005; Rajalakshmi ve Mohandas, 2005). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar da, bu tespitler ile paralellik göstermiş ve ağır metal konsantrasyonları örneklenen her iki türde de, yumuşak dokuya göre, hepatopankreasta daha yüksek seviyede bulunmuştur.

Homa Dalyanı bivalvlerinin dokularındaki ağır metaller $Fe \geq Al > Mn > Ni > Co$ şeklinde sıralanmış olup, Mısır kıyılarındaki Bivalv türlerinde daha önce saptanan sonuçlara benzer bir profil gösterdiği tespit edilmiştir (El-Sikaily vd., 2004).

Dokulardaki ağır metal seviyelerine mevsimsel olarak bakıldığında; *M. galloprovincialis*'te en yüksek seviye kış mevsiminde saptanırken, *T. decussatus*'ta yaz mevsiminde bulunmuştur. Metal konsantrasyonundaki mevsimsel değişimler, metallere maruz kalma durumundan çok, organizma fizyolojisindeki değişimler nedeniyle meydana gelebilir (Mubiana vd., 2005). Birçok çalışmada, midye

dokularındaki metal konsantrasyonlarındaki değişimlerin; mevsimsel olarak su sıcaklığına, besin miktarına ve aynı zamanda da üremeye bağlı olduğu bilinmektedir (Mubiana vd., 2005). Fitoplankton patlamaları, midyeler gibi süzerek beslenen organizmalar için metal konsantrasyonunun artışına katkıda bulunmasıyla, sudaki ağır metallerin transferinde çok önemli rol oynarlar (Regoli, 1998). Bilindiği üzere, Bivalvlerin üreme öncesi dönemde gonad dokuları gelişmeye başlar. Gonad gelişimi için beslenme ile birlikte, organizmanın biyoakümüülasyon hızına bağlı olarak, kirletici konsantrasyonu da artar. Yumurta ve spermilerin dışarı atılmasıyla üreme dönemi sonunda vücuttaki toplam metal yükleri azalarak; organizmadaki metal konsantrasyonları düşmektedir (Regoli, 1998; Ivanković vd., 2005; Fattorini vd., 2008).

Farklı bölgelerdeki benzer çalışmalar ile karşılaştırma yapıldığında, Homa Dalyanı'ndan örneklenen her iki türdeki Ni ve Mn konsantrasyonları, genel olarak, Hollanda, Mısır, Yunanistan, Cezayir ve Adriyatik'teki çalışmalarda ölçülen seviyelerden daha düşük olarak saptanmıştır. Ayrıca, Co konsantrasyonları açısından Homa Dalyanı'ndan elde edilen seviyeler, Adriyatik ve Hollanda'da yapılan çalışmalardan daha düşüktür. Fe değerleri, diğer çalışmalar ile genelde (Cezayir hariç) benzerlik göstermiştir. Al seviyeleri karşılaştırıldığında ise, Homa Dalyanı'ndaki saptanan değerler, Mısır'daki çalışmadan yüksek bulunmuştur (Tablo 3).

Tablo 3. Homa Dalyanı ve Akdeniz'in farklı bölgelerindeki midye türlerinde ağır metal konsantrasyonları (mg/kg, kuru ağırlık) ve PTWI değerleri (haftalık mg/kg kuru ağırlık).

Table 3. Heavy metal concentrations in various bivalve samples from different areas of Mediterranean and the Homa Lagoon (mg/kg dry weight) and PTWI values (weekly mg/kg dry weight).

Bölge	Tür	Ni	Mn	Co	Fe	Al	Kaynakça
Adriyatik	<i>M. galloprovincialis</i>	1.43-4.78	4.38-16.4	-	92.0-469	-	(Fattorini vd., 2008)
Adriyatik	<i>M. galloprovincialis</i>	3.4-18.9	7.3-85.0	1.1-9.1	128-603	-	(Joksimovic vd., 2011)
Cezayir	<i>Perna perna</i>	3.31-10.36	5.17-22.95	-	369-938	-	(Belabed vd., 2013)
Venedik	<i>M. galloprovincialis</i>	-	4.68-11.89	-	3.81-306	-	(Nesto vd., 2007)
Yunanistan	<i>M. galloprovincialis</i>	1.2-7.5	7.2-25	-	81-715	-	(Catsiki ve Florou 2006)
Mısır	<i>T. decussatus</i>	9.0-10	-	1.1-2.5	-	24-53	(El Nemr vd., 2012)
Homa Dalyanı	<i>M. galloprovincialis</i>	0.91-2.44	4.10-13.6	0.30-1.09	81.9-477	16.8-416	Bu çalışma
Homa Dalyanı	<i>T. decussatus</i>	2.59-6.28	7.60-18.2	0.50-1.39	268-806	260-1009	Bu çalışma
		13.61 ^a	163.3 ^a	4.36 ^a	2177 ^b	777.8 ^c	PTWI*

*PTWI değerleri ile ilgili referanslar; a: Jovic ve Stankovic, (2014) b: Jovic vd, (2012); c: FAO/WHO, (2011).

Söz konusu türlerin severek tüketildiği düşünüldüğünde, insan sağlığı ile ilişkili olarak, bu çalışmada saptanan Ni, Mn, Co, Fe ve Al seviyeleri, uluslararası alanda kabul edilen haftalık tüketim miktarı (PTWI) ile karşılaştırılmıştır (Tablo 3). Buna göre Homa Dalyanı'ndaki *M. galloprovincialis* ve *T. decussatus* türlerinde alüminyum dışında saptanan maksimum metal konsantrasyonları PTWI değerlerinin altında bulunmuştur. Sadece *T. decussatus*'ta tespit edilen Al seviyelerinin izin verilen değerleri aştığı görülmüştür. Bu bağlamda, her iki türde ölçülen Ni, Mn, Fe ve Co seviyelerinin insan sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturmadığı görülmektedir.

Alüminyum, yer kabuğunun ve sedimentin temel bileşenlerinden olması nedeniyle çalışma alanı olarak seçilen Homa Dalyanı'nın sediment yapısında oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Uluturhan vd., 2011). Madencilik, üretim ve işleme tesislerinde, alüminyumun yoğun olarak kullanılması sonucu sucul ortamdaki konsantrasyonunun arttığı bilinmektedir (Gad, 2014). Tüm bu faktörler düşünüldüğünde Gediz Nehri; tarımsal, endüstriyel birçok atıkları İzmir Körfezi'ne kadar ulaştırmakta ve deltasında yer alan Homa Dalyanı'nı da etkilemektedir. Bu bağlamda Homa Dalyanı'ndaki Al kirliliğine Gediz Nehri'nin de etkisi olduğu düşünülmektedir.

SONUÇ

Dalyanlar gibi su ürünleri yetiştiriciliği yapılan bölgelerde, organizmalara zarar verecek organik ve inorganik tüm kirleticilerin, bu bölgelere ulaşımının engellenmesi; sucul organizmalar ile besin zincirinin en son halkasındaki insan sağlığı açısından ve ekonomik yönden büyük önem taşımaktadır. Bu bakımdan kirliliğin göstergesi olan midye gibi organizmalarla, sucul ekosistemdeki organik ve inorganik kirleticiler kolaylıkla izlenebilir. Yapılan bu çalışmada da görüldüğü gibi, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren ve biyoidikatör türler arasında yer alan *T. decussatus*'un, *M. galloprovincialis*'e göre yumuşak dokusunda daha fazla metal biriktirdiği bulunmuştur. Her iki türde de yumuşak dokuya göre hepatopankreastaki metal konsantrasyonları daha yüksek olarak saptanmıştır. Mevsimsel en yüksek metal konsantrasyonları; *M. galloprovincialis*'te Şubat ayında, *T.*

decussatus'ta ise Temmuz ayında bulunmuştur.

Midyelerde saptanan ağır metal seviyelerine göre, Al birikimi dışında diğer metal konsantrasyonlarının PTWI değerlerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, Homa Dalyanı'nda dağılım gösteren *Bivalvia* türlerinde Al birikiminin izlenmesinin önemli olduğu görülmektedir. Buna benzer çalışmalarla, dalyanlar gibi ekolojik ve ekonomik değeri sahip sucul ekosistemlerin kirlilik boyutları, belirli aralıklarla, biyoidikatör organizmalar üzerinden araştırılmalı ve insana kadar ulaşabilecek etkileri konusunda bilgi sahibi olunmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje no:2014.KB.FEN.004).

KAYNAKLAR

- Atılgan İ., Egemen Ö., 2001. Güllük ve Homa Lagünü sedimentlerinde karbon, yanabilen madde ve bazı ağır metal (Cu, Zn) düzeylerinin karşılaştırmalı olarak araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 18(1-2): 225-232.
- Belabed, B., Laffray, X., Dhib, A., Fertouna-Belakhal, M., Turki, S., Aleya, L., 2013. Factors contributing to heavy metal accumulation in sediments and in the intertidal mussel *Perna perna* in the Gulf of Annaba (Algeria). *Marine Pollution Bulletin* 74:477-489. doi:10.1016/j.marpolbul.2013.06.004
- Bernhard, M., 1976. Manual methods in the aquatic environment (Part 3). Sampling and analyses of biological material. FAO Fisheries Technical Paper No. 158.
- Catsiki, V. A., Florou, H., 2006. Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and 137Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 86(1):31-44. doi:10.1016/j.jenvrad.2005.07.005
- Dora, E.Ç., Sunlu, U., Ergen, Z., 2007. Heavy metal concentrations in *Hediste diversicolor* (Polychaeta) and sediments from Homa Lagoon (Izmir Bay-Turkey). 38. CIESM kongresi, 38:253.
- Egemen, Ö., Sunlu, U., Kaymakçı, A., 1998. Heavy metal concentrations in some molluscs and in surficial sediments from Izmir Bay/Turkey. 35. CIESM kongresi, 35:250-251.
- El Nemr, A., Khaled, A., Moneer, A. A., & El Sikaily, A., 2012. Risk probability due to heavy metals in bivalve from Egyptian Mediterranean coast. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(2):67-75. doi: 10.1016/j.ejar.2012.11.001
- El-Sikaily, A., Khaled, A., El Nemr, A., 2004. Heavy metals monitoring using bivalves from Mediterranean Sea and Red Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, 98:41-58. doi:10.1023/B:EMAS.0000038178.98985.5d
- FAO/ WHO, 2011. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Seventy-fourth meeting, Rome, 14-23 June 2011.
- Fattorini, D., Notti, A., Di Mento, R., Cicero, A.M., Gabellini, M., Russo, A., Regoli, F., 2008. Seasonal, spatial and inter-annual variations of trace metals in mussels from Adriatic Sea: a regional gradient for arsenic and implications for monitoring the impact of off-shore activities. *Chemosphere*, 72:1524-1533. doi: 10.1016/j.chemosphere.2008.04.071
- Gad, S.C., 2014. Aluminum. *Encyclopedia of Toxicology*, 1:161.
- Ivanković, D., Pavčić, J., Erk, M., Filipović-Marjić, V., Raspor, B., 2005. Evaluation of the *Mytilus galloprovincialis* Lam. Digestive gland metallothionein as a biomarker in a long-term field study: seasonal and spatial variability. *Marine Pollution Bulletin*, 50:1303-1313. doi: 10.1016/j.marpolbul.2005.04.039
- Joksimovic, D., Tomic, I., Stankovic, A.R., Jovic, M., Stankovic, S., 2011. Trace metal concentrations in Mediterranean blue mussel and surface sediments and evaluation of the mussels quality and possible risks of high human consumption. *Food Chemistry*, 127:632-637. doi:10.1016/j.foodchem.2011.01.057
- Jović, M., Onjia, A., Stanković, S., 2012. Toxic metal health risk by mussel consumption. *Environmental Chemistry Letters*, 10(1):69-77. doi: 10.1007/s10311-011-0330-6
- Jović, M., Stanković, S., 2014. Human exposure to trace metals and possible public health risks via consumption of mussels *Mytilus galloprovincialis* from the Adriatic coastal area. *Food and Chemical Toxicology*, 70:241-251. doi: 10.1016/j.fct.2014.05.012
- Kayhan, F.E., Muşlu, M.N., Koç, N.D., 2009. Bazı ağır metallerin sucul organizmalar üzerinde yarattığı stres ve biyolojik yanıt. *Journal of FisheriesSciences.com*, 3(2):153-162. doi: 10.3153/jfsc.2009019
- Mordoğan, H., Yaramaz, Ö., Alpbaz, A., 1990. Homa Dalyanı sedimentlerinde bazı ağır metallerin (Fe, Ni, Co, Mn, Sb) derişimlerinin araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 8(29-30): 44-50.
- Mubiana, V.K., Qadah, D., Meys, J., Blust, R., 2005. Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from Western Schelt estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 540:169-180. doi: 10.1007/s10750-004-7134-7
- Nesto, N., Romano, S., Moschino, V., Mauri, M., Da Ros, L., 2007. Bioaccumulation and biomarker responses of trace metals and micro-organic pollutants in mussels and fish from the Lagoon of Venice, Italy. *Marine Pollution Bulletin*, 55:469-484. doi: 10.1016/j.marpolbul.2007.09.009
- Phillips, D.J.H., 1995. The chemistries and environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 31:193-200. doi: 10.1016/0025-326X(95)00194-R
- Rajalakshmi, S., Mohandas, A., 2005. Copper-induced changes in tissue enzyme activity in a freshwater mussel. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 62:140-143. doi:10.1016/j.ecoenv.2005.01.003
- Raspor, B., Dragun, Z., Erk, M., Ivankovic, D., Pavicic, J., 2004. Is the digestive gland of *Mytilus galloprovincialis* a tissue of choice for estimating cadmium exposure by means of metallothioneins. *Science of The Total Environment*, 333:99-108. doi: 10.1016/j.scitotenv.2004.05.008

- Regoli, F., 1998. Trace metals and antioxidant enzymes in gills and digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 34:48-63. doi: [10.1007/s002449900285](https://doi.org/10.1007/s002449900285)
- Sapancı, M., 2013. Homa Dalyanı sedimentlerinde bulunan çeşitli fosfor formlarının zamana bağlı değişimlerinin incelenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi.
- Sunlu, U., Egemen, Ö., 1998. Homa Dalyanı ve İzmir Körfezinin (Ege Denizi) farklı bölgelerindeki kirlenme durumu ile bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 15(3-4): 241-261.
- Uluocak, B.H., Egemen, Ö., 2005. İzmir ve Aliağa Körfezi'nde mevsimsel olarak avlanan bazı ekonomik balık türlerinde organik klorlu pestisit kalıntılarının araştırılması. *Ege J Fish Aqua Sci*, 22 (1-2): 149-160.
- Uluturhan, E., Kucuksezgin, F., 2007. Heavy metal contaminants in Red Pandora (*Pagellus erythrinus*) tissues from the Eastern Aegean Sea, Turkey. *Water Research*, 41:1185-1192. doi: [10.1016/j.watres.2006.11.044](https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.11.044)
- Uluturhan, E., Kontas, A., Can, E., 2011. Sediment concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*, 62(9):1989-1997. doi: [10.1016/j.marpolbul.2011.06.019](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.019)
- UNEP (1982): Reference Methods for Marine Pollution Studies 14.
- Usero, J., Gonzalez-Regalado, E., Gracia, I., 1997. Trace metals in the bivalve molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the atlantic coast of Southern Spain. *Environment International*, 23(3):291-298. doi: [10.1016/S0160-4120\(97\)00030-5](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(97)00030-5)
- Viarengo, A., Canesi, L. 1991. Mussels as biological indicators of pollution. *Aquaculture*, 94: 225-243. doi: [10.1016/0044-8486\(91\)90120-V](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90120-V)
- Viarengo, A., Lowe, D., Bolognesi, C., Fabbri, E., Koehler, A., 2007. The use of biomarkers in monitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 146:281-300. doi: [10.1016/j.cbpc.2007.04.011](https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2007.04.011)
- Widdows, J., 1985. Physiological responses to pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 16:129-134. doi: [10.1016/0025-326X\(85\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0025-326X(85)90002-5)

Karadeniz’de yaşayan Pisi Balığı’nın *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814) (Pisces, Pleuronectiformes) ilk karyolojik tanımlaması

The first caryological description of European Flounder, *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814) (Pisces, Pleuronectiformes) living in the Black Sea

Serkan Saygun^{1*} • Recep Bircan²

¹Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü 52400 Fatsa Ordu

²Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 57000 Sinop

*Corresponding author: serkan_saygun@hotmail.com

How to cite this paper:

Saygun, S., Bircan, R., 2015. The first caryological description of European Flounder, *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814) (Pisces, Pleuronectiformes) living in the Black Sea. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 9-14. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.02

Abstract: In this study, the chromosome structures, numbers and other cytogenetic features of flounder, *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814), which is one of the flatfish species in the Black Sea, were examined with using different banding methods. Fish samples were obtained from fishermen in 5 localities between Zonguldak and Ordu of the West and Middle Black Sea coasts. A total of 0.05 % of colchicine solution (25-50 µg / g body) weight was injected from intramuscular to dorsal and from intraperitoneal to ventral for big fish (body weight 250 to 1500 g). However, small fish (body weight 50 to 250 g) were maintained in 0.005 % of colchicine solution for 6 hours. Gill and fin epithelia tissues derived by dissecting were incubated in 0.4 % of KCl solution for 30 mins and treated with Carnoy’s fixative. Dried slides were stained with giemsa (pH 6.8) solution for 15 mins.

It was determined that the chromosome number of *P. f. luscus* were $2n=48$ and all chromosomes were acrocentrics(number of fundamental was $NF=48$).In all examined species, there were no anomalies and evidences of sex chromosomes by G-bandings.

Keywords: *Platichthys flesus luscus*, chromosome, karyotype, giemsa staining.

Özet: Bu çalışmada, Karadeniz’de yaşayan yassı balık türlerinden (Pleuronectiformes) birisi olan *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814) (Pisi Balığı)’un kromozom yapıları, sayıları ve sitogenetik özellikleri çeşitli bantlama yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. İncelenen balık örnekleri Batı ve Orta Karadeniz sahili boyunca (Zonguldak ve Ordu illeri arası) 5 bölgeden avcılıkla elde edilmiştir. Büyük balıklara (250-1500 g) % 0,05 kolşisin solüsyonu (25-50 µg/g vücut ağırlığı) dorsalden kas arasına, ventralden karın boşluğuna enjekte edilmiştir. Küçük balıklar (50-250 g) ise % 0,005 kolşisin solüsyonunda 6 saat süre ile canlı bekletilmişlerdir. Diseksiyonla çıkarılan solungaç ve yüzgeç epitel dokuları % 0,4 KCl solüsyonunda 30 dk. bekletilip, Carnoy fiksatif ile muamele edilmiştir. Kuruyan preparatlar en az 15 dakikalık süreyle giemsa (pH 6,8) solüsyonunda boyanmıştır.

Yapılan karyolojik incelemeler sonucunda *P. f. luscus* balığının kromozom sayısının $2n=48$ ve tüm kromozomlarının akrosentrik (kromozom kol sayısı, $NF=48$) olduğu tespit edilmiştir. İncelenen tüm türlerin kromozomlarında G-bantlama ile herhangi bir anomali ve cinsiyet kromozomu tespit edilememiştir.

Anahtar kelimeler: Pisi Balığı, *Platichthys flesus luscus*, kromozom, karyotip, giemsa boyama

GİRİŞ

Bugün dünyada, alt türler de dâhil, yaşayan balık türü sayısının 33.000 civarında olduğu tahmin edilmektedir (Froese ve Pauly, 2015). Her canlı grubu gibi balıklarında çeşitliliği ve farklılıkları nedeniyle bir düzenlemeye ihtiyaçları olmuştur. Bu düzenleme taksonomi kuralları çerçevesinde yapılmıştır.

Balıkların sınıflandırılmasında; morfometrik ölçümler ve oranlar, meristik sayımlar, anatomik karakteristikler, renk, PCR, üreme izolasyonu testleri, karyotipi, FISH boyamaları (mFISH, dFISH, ISH), mtDNA analizleri kullanılmaktadır. Geleneksel ve moleküler karyotip analizleri son zamanlarda ihtiyolojide kullanılmaya başlanan ve özellikle problem teşkil eden taksonların ayırımında başvurulan, diğerlerine göre,

kolay yollardan birisidir. Bir türün karyotipi, o türün genetik sisteminin fiziksel olarak gösterimidir. Değişebilen dış morfolojik karakterlere göre yapılan sistematik ve taksonomik çalışmalarda zaman zaman problemler ortaya çıkmaktadır. Kromozom sayısı ve morfolojisi, çevresel faktörlerin etkisiyle değişime uğrayan diğer karakterlere oranla daha iyi muhafaza edilir. Karyotip analizi, özellikle popülasyonların karakterize edilmelerinde önemlidir.

1970’lerin ilk yarısına kadar çok sayıda tür ve alttürün karyotipi belirlenmiş olup, bu sayı, günümüze kadar hızlı bir şekilde artarak devam etmiştir. 1973’de 481 tür/alttür’ün kromozomları belirlenirken; 1985’de 1.318 tür/alttür’ün

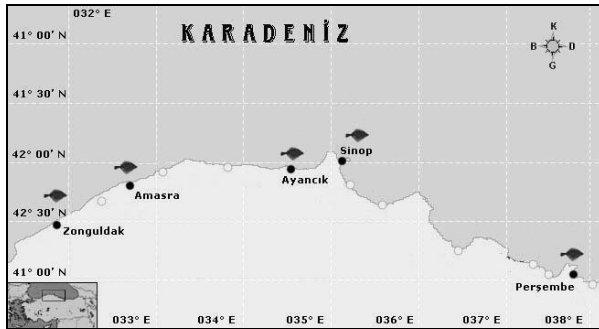
karyotipi çıkarılmıştır. Şu ana kadar da 3.425 tür/alttürün kromozom sayısı belirlenmiştir (Klinkhardt vd., 1995; Arai, 2011).

Dünyada yaşayan Pleuronectiformes takımına bağlı 14 familyada 122 cins (genus) ve 570 tür (species) bulunduğu bilinmektedir (Chapleau, 1993; Nelson, 2006). Balıklarla ilgili sitogenetik çalışmalarında, kısmen de olsa, yassı balıkların 14 familyasından yedisi üzerinde durulmuştur. Pleuronectidae familyası kapsamında yer alan 40 cins ve 103 türden, 13 cinsine ait 21 türün sitogenetiksel incelemesi yapılmıştır (Arai, 2011; Froese ve Pauly, 2015). Yapılan bu çalışmaların neticesinde Pisi Balıkları familyasının 2n kromozom sayısının 44 ile 48 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Bu çalışmada, Karadeniz'de yaygın olarak bulunan, su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığı bakımından önemli türler arasında yer alan Pisi Balıklarının (Pleuronectidae) alttürü olan *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814)'un karyotipinin tespit edilmesi ve kromozom yapılarındaki türlere özgü farklılıkların, çeşitli boyama ve bantlama yöntemleriyle ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma, doğuda Ordu ili Çam Burnu mevkiinden (41°06'998N – 37°47'169E) batıda Zonguldak ili Ölüce Burnu'na (41°18'826N – 31°23'833E) kadar olan kıyı şeridinde yürütülmüştür (Şekil 1). Bu sahil şeridi boyunca, balık örnekleri, Zonguldak, Amasra, Ayancık, Sinop ve Perşembe'den çeşitli av araçlarıyla (dip trolü ve çeşitli tiplerde uzatma ağları) avcılık yapan balıkçılardan canlı olarak temin edilmiştir.



Şekil 1. Araştırmada pisi balıklarının örneklendiği istasyonlar.
Figure 1. Stations from where the flounders were sampled.

Çalışmada, çeşitli büyüklükte 15 pisi balığı kullanılmıştır. Bunlardan elde edilen doku preparatlarından kromozomlar analiz edilmiştir. Örneklenen balıklar, canlı kalacak şekilde bol havalandırma yapılan kaplarda, doku preparasyonu yapılabilecek uygun bir çalışma ortamına getirilmiştir.

Yapılan taksonomik ve morfolojik analizler sonucunda elde edilen pisi balıklarına (*P. f. luscus*) ait bir örnek Şekil 2'de

gösterilmiştir (Borsa ve Quignard, 2001; Froese ve Pauly, 2015).



Şekil 2. Araştırmada kullanılan bir pisi balığının genel görünümü
Figure 2. General view of a studied flounder

Çalışmada kullanılan kimyasal maddelerin ve solüsyonların hazırlanmasında Welcher (1966), Dutrillaux ve Coutourier (1981) ve Macgregor ve Varley (1983)'den yararlanılmıştır.

Araştırmada ön denemeler sonucunda değiştirilerek elde edilen Denton (1973)'ün belirttiği yöntem uygulanmıştır. Yukarıda belirtilen 5 bölgeden örneklenen balıkların Kligerman ve Bloom (1977)'ün yöntemine göre her birinden en az 10 adet preparat (Denton, 1973) hazırlanmıştır. %50 asetik asitte iyice ezilen küçük doku parçaları 40-50 °C'ye kadar ısıtılmış temiz mikroskop lamaları üzerine damlatılmıştır. Kuruyan preparatlar %6 Giemsa (pH 6.8 Sorenson fosfat tamponlu) solüsyonu bulunan dik şalelerde 15 dakika boyanmıştır. Araştırmada cinsiyet kromozomu ve kromozom anomalilerinin belirlenmesinde G-bantlama metodu, Seabright (1971), Franke ve Oliver (1978) ve Gold vd. (1990)'in belirttiği esaslara göre uygulanmıştır.

Kromozomların tespit edilmesinde trinoküler faz kontrast mikroskobu kullanılmıştır. İncelemeler esnasında her bir örnek için belirlenen en az 100 metafaz, (Thorgaard ve Disney, 1990; Rossi vd., 1996), mikroskoba bağlı CCD bir kamera aracılığı ile fotoğrafı çekilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Metafaz görüntülerinden kromozomlar sayılmış ve bu veriler grafiksel ifadelere dönüştürülerek, her örnekleme noktasından elde edilmiş olan yassı balık türlerine ait diploit kromozom sayıları belirlenmiştir (Denton, 1973; Thorgaard ve Disney, 1990).

Mikroskopta çekilen fotoğraflardan, en uygun metafaz kromozomlarının nispi boyları (μ) ve kol uzunlukları (μ) MicroMeasure® (Version 3.3 PC Software) programı ile ölçülmüştür (Reeves, 2001; Jankun vd., 2003). Bununla beraber, Levan vd. (1964)'nin belirttiği esaslara uygun olarak ölçülmüş olan homolog kromozomlar sentromerik düzlemde sıralanarak karyotipleri çıkartılmıştır. Karyogramların hazırlanmasında Adobe Photoshop® programı

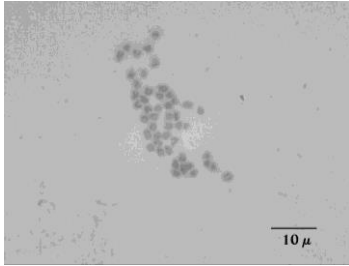
kullanılmıştır. Sınıflandırılan kromozomların kol oranları (q/p) uzun kolun (q) kısa kol (p) uzunluğuna bölünmesiyle elde edilmiştir (Levan vd., 1964; Duran-Gonzalez vd., 1990). Kromozomların kol sayısı (NF= Number of Fundamental) çift kollu (p ve q kolu olan metasentrik ve submetasentrik) ve akrosentrik kromozomların kollarının tamamının sayılması ile belirlenmiştir (Levan vd., 1964; Denton, 1973; Thorgaard ve Disney, 1990).

Haploit sayıdaki kromozomların sınıflarına (metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik) göre sentromerik eksen üzerinde (p ve q kolu uzunluklarına göre) büyükten küçüğe doğru sıralanarak idiyogramlar çizilmiştir (Denton, 1973; Duran-Gonzalez vd., 1990). İdiyogramların hazırlanmasında Adobe Photoshop® kullanılmıştır.

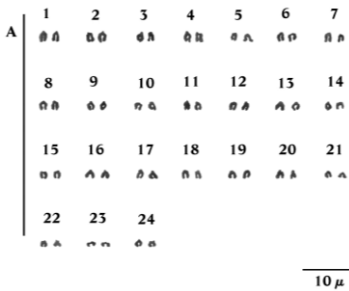
BULGULAR

Çalışmada Zonguldak ($\Sigma n=136$, n-metafaz sayısı), Amasra ($\Sigma n=94$), Ayancık ($\Sigma n=128$), Sinop ($\Sigma n=84$) ve Perşembe'den ($\Sigma n=85$) elde edilen 15 pisi balığı (*P. f. luscus*) örneğinden hazırlanan preparatlardan iyi kalitede olan toplam 527 (ΣN) metafaz incelenmiştir. İncelenen metafazlardan bu türe ait kromozom sayısının 29 ile 48 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kromozom sayımları neticesinde 156 metafazda diploit kromozom sayısı 48 olup toplam metafaz sayısının %30'unu oluşturduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada yapılan incelemeler sonucunda *P. f. luscus* balığının kromozomlarının tamamının akrosentrik (karyotip, K=48a) ve kol sayısının da 48 (NF) olup $2n=48$ diploit kromozom sayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Şekil 3 ve 4'de metafaz ve buna bağlı karyogramı gösterilmiştir.



Şekil 3. *P. f. luscus*'a ait metafaz, Bar-10 μ
Figure 3. Metaphase plate in *P. f. luscus*, Bar-10 μ



Şekil 4. *P. f. luscus*'un karyotipi, Bar-10 μ
Figure 4. The karyotype of *P. f. luscus*, Bar-10 μ

Tablo 1'de, Micromeasure programı ile yapılan mikrometrik ölçümler sonucunda *P. f. luscus* balığına ait kromozom çiftlerinin nispi kol uzunlukları, kol oranları ve tipleri verilmiştir. Tabloda pisi balığının homolog kromozomların kol uzunlukları büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Tablodaki veriler Şekil 4'te gösterilen karyogramın hazırlanmasında kullanılmıştır.

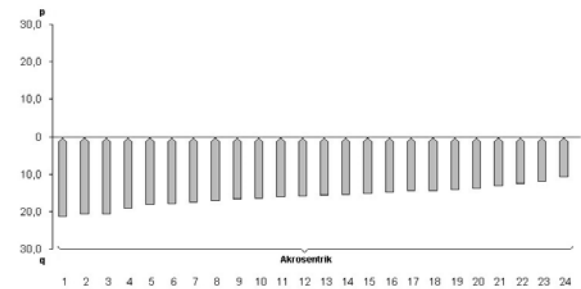
Tablo1. *P. f. luscus*'un kromozomlarının nispi kol uzunlukları (μ), toplam kol uzunlukları (μ), kol oranları (q/p) ve sınıflandırılması

Table 1. The relative arm lengths(μ), total arm lengths (μ), the arm ratios (q/p) and classification of the chromosomes of *P. f. luscus*

Kromozom Çifti	Nispi Uzunluk		Toplam Uzunluk p+q	Kol Oranı q/p	Kromozom Tipi
	Kısa Kol p	Uzun Kol q			
1	0	21.3	21.3	∞	a
2	0	20.7	20.7	∞	a
3	0	20.6	20.6	∞	a
4	0	19.1	19.1	∞	a
5	0	18.0	18.0	∞	a
6	0	17.8	17.8	∞	a
7	0	17.4	17.4	∞	a
8	0	16.9	16.9	∞	a
9	0	16.5	16.5	∞	a
10	0	16.3	16.3	∞	a
11	0	15.9	15.9	∞	a
12	0	15.8	15.8	∞	a
13	0	15.6	15.6	∞	a
14	0	15.4	15.4	∞	a
15	0	15.2	15.2	∞	a
16	0	14.7	14.7	∞	a
17	0	14.4	14.4	∞	a
18	0	14.3	14.3	∞	a
19	0	14.1	14.1	∞	a
20	0	13.8	13.8	∞	a
21	0	13.1	13.1	∞	a
22	0	12.6	12.6	∞	a
23	0	11.8	11.8	∞	a
24	0	10.7	10.7	∞	a

Bir karyotipteki homolog (haploit sayıda) kromozomların boyları, uzun ve kısa kolların birbirine oranı sentromerin yeri göz önüne alınarak farklı karyotiplerin karşılaştırılmasında kolaylık sağlaması amacıyla şematik olarak gösterilmesi, kromozom çalışmalarında göz önüne alınan bir gösterim şeklidir. Şekil 5'te de Tablo1'de belirlenen kromozomların nispi kısa kol (p) ve uzun kol (q) uzunluklarına göre hazırlanan idiyogram verilmiştir. İdiyogramda akrosentrik kromozomların sentromerlerinden hizalanarak kol boylarına göre küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır.

İncelenen tüm türlerin kromozomlarında G-bantlama ile herhangi bir anomali ve cinsiyet kromozomu tespit edilememiştir.



Şekil 5. *P. f. luscus*'a ait idiyogram
Figure 5. The ideogram of *P. f. luscus*

TARTIŞMA VE SONUÇ

Geleneksel olarak yassı balıklar, sağ ve sol gözlü pisi ve dil balıkları olarak sınıflandırılırlar. Pisi ve dil balıklarının psettolara benzer atalardan ortaya çıktığı, sağ ve sol gözlü formun her bir grubu kendi içinde ilkel bir atadan doğduğu hipotezi öne sürülmektedir (Berendzen ve Dimmick, 2002). Konu hakkında daha fazla bilgi sahibi olundukça yassı balıklar arasındaki ilişkiyi anlamak daha da karmaşık hale gelmektedir. Bununla birlikte, gözün bulunduğu taraf sınıflandırmada önemli bir özelliktir. Chappleau (1993), buna alternatif olarak, gözün bulunduğu tarafın yassı balıklar için çoğu kez belirleyici olduğunu, fakat göz durumunun grup içindeki ilişkilerin tam bir belirleyicisi olmadığı hipotezini ileri süren ilk bilim adamıdır. Berendzen ve Dimmick (2002), yaptıkları moleküler çalışmada, filogenetik bilgi için gözün bulunduğu tarafı bilmenin veya belirlemenin yeterli olmadığını sonucuna varmışlardır. Pleuronectiformes takımının

akrabalıklarını çözmede ve akrabalarını yansıtan sınıflandırma yapmada bazı problemlerin olduğu bilinmektedir. Yassı balıklar morfolojik olarak çalışmayı zorlaştıran bir yapıya sahiptirler (Berendzen ve Dimmick, 2002). Bununla birlikte, Pleuronectidae ailesinin bu genetiksel bilgileri yanında, sitotaksonomik bilgilerin de belirlenmesini sağlayan çalışmalarla taksonomiye önemli katkı sağlanacağı anlaşılmıştır.

Tablo 2'de gösterildiği gibi Pleuronectidae familyasından 21 türün kromozom sayıları ve karyotipleri ortaya çıkarılmıştır. Yapılan bu çalışmada da Karadeniz'de yaşayan Pleuronectidae (Pisi Balıkları) familyası üyesi *P. f. Luscu* salt türünün kromozomları tespit edilmiştir. Tablo 2'de görülen sitogenetiksel araştırmaların sonuçlarına göre bu familya üyeleri arasında çok önemli olmayan farklılıklar olduğu söylenebilir.

Tablo2. Bu çalışmada *P. f. luscus*'tan elde edilen veriler ile Pisi balıkları (Pleuronectidae) familyasından türler üzerine bugüne kadar yapılmış sitogenetik çalışmalardan elde edilen sonuçlar

Table 2. The data obtained from *P. f. luscus* in this study and the results obtained from cytogenetic studies conducted on species of flounder family (Pleuronectidae) so far

Tür	2n	NF	Karyotip	Yer	Kaynak
<i>Cleisthenes pinetorum</i>	44	48	4m+40a		Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	46	46	46a		Yabu ve Ishii, 1980
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	48		48st-a	İskoçya	Brown vd., 1997
<i>Kareius bicoloratus</i>	48	48	48a		Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Kareius bicoloratus</i>	48	48	48a	Japonya	Nogusa, 1960
<i>Limanda herzensteini</i>	48	48	48a		Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Limanda limanda</i>	46	46	46st-a	İrlanda Denizi, İngiltere	Di ve Knowles, 1994
<i>Limanda limanda</i>	46	54	4m+4sm+8st+30a	Beyaz Deniz, Rusya	Klinkhardt, 1993
<i>Limanda punctatissima</i>	48	48	48a		Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Limanda schrenki</i>	48	48	48a		Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Limanda yokohamae</i>	48	48	48a		Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Limanda yokohamae</i>	48	48	48a		Nogusa, 1960
<i>Liopsetta glacialis</i>	48	48	48a	Beyaz Deniz, Rusya	Klinkhardt vd., 1995
<i>Liopsetta putnami</i>	48				Klinkhardt vd., 1995
<i>Microstomus achne</i>	48	48	48a		Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Paralichthys olivaceus</i>	48	48	48a	Japonya ve Kore	Sakamoto ve Nishikawa, 1980
<i>Paralichthys olivaceus</i>	46	46	46a	Yamaguchi Pref.	Fujiwara vd., 2001
<i>Platichthys flesus</i>	48	48	48a	Batlık Denizi, Almanya	Fujiwara vd., 2007
<i>Platichthys flesus</i>	48	48	48a	İspanya	Kikuno vd., 1986
<i>Platichthys flesus luscus</i>	48	48	48a	Karadeniz	Kim vd., 1988
<i>Platichthys stellatus</i>	48	48	48a		Pardo vd., 2001
<i>Pleuronectes flesus</i>	48	48	48a	Rusya (Beyaz Deniz)	Klinkhardt, 1993
<i>Pleuronectes platessa</i>	48	48	48a	İngiltere	Fukuoka ve Niiyama, 1970
<i>Pleuronectes platessa</i>	47-48	48	1m+46a	Aberdeen, İskoçya	Barker, 1972
<i>Pleuronectes platessa</i>	48	48	48a	Aberdeen, İskoçya	Fan ve Fox, 1990
<i>Pleuronectes ferrugineus</i>	48	48	48a	Kanada	Fan ve Fox, 1991
<i>Pleuronectes americanus</i>	48	50	2st-46a	Kanada	Park vd., 2003
<i>Pleuronichthys verticalis</i>	48	48	48a	Duarte, Porto Riko	Park vd., 2003
<i>Pseudopleuronectes americanus</i>	48				Ohno ve Atkin, 1966
<i>Verasper moseri</i>	46	48	2m+44a		Klinkhardt vd., 1995
					Fukuoka ve Niiyama, 1970

Bu çalışmada, Karadeniz'de yaşayan pisi balığının kromozom sayısı $2n=48$, karyotipi 48 akrosentrik kromozom ve kol sayısı $NF=48$ olarak tespit edilmiştir. Pleuronectidae ailesinden *Platichthys flesus* (Klinkhardt, 1993; Pardo vd., 2001), *P. stellatus* (Fukuoka ve Niiyama, 1970) ve *Pleuronectes flesus* türünün (Klinkhardt vd., 1995) diploid kromozom sayısının 48 ve karyotipinin 48 akrosentrik kromozoma ($NF=48$) sahip olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda türün kromozom sayısı, morfolojisi ve kol sayısına ait elde ettiğimiz bulgular diğer çalışmalara ait bulgularla benzerlik göstermiştir.

Çalışmamızda karyolojik incelemesi yapılan pisi balığına yakın akraba olan diğer pleuronectidlerden Avrupa deniz pisi olarak adlandırılan *Pleuronectes platessa* balığında $2n=48$ kromozom ve tamamı akrosentrik kromozomu olduğu (Barker, 1972; Fan ve Fox, 1991) bulunurken diğer bir çalışmada $2n=46$ ve karyotipi 1 metasentrik ve 46 akrosentrik kromozoma sahip olduğu bildirilmiştir (Fan ve Fox, 1990). *P. ferrugineus* ve *P. americanus* balığının kromozom sayıları eşit iken ($2n=48$) karyotipleri sırasıyla 48a ($NF=48$) ve 2st+46a ($NF=50$) olduğu ve dolayısıyla kromozom tipleri açısından farklılık gözlenmiştir (Park vd., 2003). Bu sonuçlara göre araştırmamızda alınan sonuçlar kromozom sayısı, karyotip ve NF bakımından *P. platessa* ve *P. ferrugineus* balığı ile aynı iken, *P. americanus* ile karyotip ve NF bakımından farklılık olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, *Platichthys* ve *Pleuronectes* genuslarının taksonomik bakımından da benzerlik gösterdikleri bu çalışmalarla da doğrulanmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Tablo2'de de belirtilen diğer Pleuronectidae familyası üyelerinden *Kareius bicoloratus* (Nogusa, 1960; Fukuoka ve Niiyama, 1970); *Limanda herzensteini*; *L. punctatissima*, *L. schrenki* (Fukuoka ve Niiyama, 1970); *L. yokohamae* (Nogusa, 1960; Fukuoka ve Niiyama, 1970); *Liopsetta glacialis* (Klinkhardt vd., 1995); *Microstomus achne* (Fukuoka ve Niiyama, 1970); *Pleuronichthys verticalis* (Ohno ve Atkin, 1966); *Liopsetta putnami*, *Pseudopleuronectes americanus* (Klinkhardt vd., 1995) ve *Hippoglossus hippoglossus* (Brown vd., 1997) üzerinde yapılan karyolojik çalışmalarda bildirilen sonuçlar ile kromozom sayısı, şekli ve kol sayısı bakımından aynı çıkarken, *Verasper moseri* ($2n=46$, $K=2m+44a$ ve $NF=48$) ile *Cleisthenes pinetorum* balığında ($2n=44$, $K=4m+40a$ ve $NF=48$) (Fukuoka ve Niiyama, 1970) kromozom kol sayısı hariç diğer özellikler bakımından farklılık bulunmuştur. Bununla birlikte, *Glyptocephalus stelleri* ($2n=46$, $K=46a$ ve $NF=46a$) (Yabu ve Ishii, 1980) ve *Limanda limanda* balığında alınan 2 farklı çalışmanın sonucuyla da [$2n=46$, $K=46st-a$ ve

$NF=46$ (Di ve Knowles, 1994) ve $K=4m+4sm+8st+30a$ ve $NF=50$ (Klinkhardt, 1993)] hiçbir benzerlik gözlenmemiştir.

Bu çalışmada elde edilen verilerle, Fujiwara vd. (2007)'nin bildirdiği gibi Japonya'da (Yamaguchi Pref.) Japon pisi balığında (*Paralichthys olivaceus*) Kikuno vd. (1986) ve Kim vd. (1988)'nin bulunduğu $2n=46$ sonucundan farklı olmasına rağmen, Sakamoto ve Nishikawa (1980) ve Fujiwara vd. (2001) Japonya ve Kore menşei örneklerden elde ettikleri kromozom sayısı ($2n=48$) ile benzerlik göstermiştir. Ülkemiz denizlerinde yaygın olarak bulunan pisi balıklarıyla (*P.f. luscus*) Japon pisi balıkları da Pleuronectiformes takımında yer almaktadır. Sonuçların bu kadar benzer olması akraba türler olmasından kaynaklanabilir.

Karadeniz, Akdeniz ve buna bağlı denizlerde yaşayan *Platichthys* genusunun tür ve alttürleri ile ilgili sitogenetik çalışmalara ilave olarak yassı balıklar (Pleuronectiformes) üzerine yapılmış olan bazı filogenetik ve genetik araştırmalar da vardır.

Galleguillos ve Ward (1982) ile Berrebi vd.(1983), yaptıkları elektroforetik çalışmalarla özellikle deniz ve dere pisi gibi pleuronectidlerin çözülmez bir esrar perdesi olan alt tür karmaşasını aydınlatmaya çalışmışlardır. Araştırmacılara göre Adriatik'te *Pleuronectes (Platichthys) flesus italicus* ile Ege ve Karadeniz'de bulunan *P. f. luscus* balığının birbirinden ayrı iki alt tür olduğunu bildirmişlerdir. Exadactylos ve Thorpe (2001), yaptıkları çalışmada da *P. flesus luscus* balığının *P. flesus* balığının alt türü olduğunu ve bu iki tür arasındaki genetik farklılığın diğer alt tür *P. f. italicus* balığına oranla daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Sonuç olarak, yukarıda bildirilen çalışmalardan da anlaşılacağı üzere Karadeniz'de bulunan *P.f. luscus* Kuzey Atlantik ve Akdeniz'de yaygın olarak bulunan *P. flesus* balığının alt türüdür. Türkiye'nin Karadeniz kıyılarında ve Karadeniz'e dökülen iç sularında yaygın olarak görülmekte olan bu türün, ilk defa bu çalışmayla diploid kromozom sayısının $2n=48$ ve karyotipinin de akrosentrik kromozomlardan ($NF=48$) oluştuğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bu tür üzerine daha ayrıntılı olarak moleküler sitogenetik açıdan incelemelerin (FISH, mFISH, ISH, DAPI vd.) yapılması ve kromozom yapılarının ortaya çıkarılması yararlı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: S068).

KAYNAKLAR

- Arai, R., 2011. *Fish Karyotypes A Check List*. Springer Publication, Japan, 347p.
- Barker, C.J., 1972. A method for the display of chromosomes of plaice, *Pleuronectes platessa*, and other marine fishes. *Copeia*, 2: 365-368.

doi: 10.2307/1442503

- Berendzen, P.B., Dimmick, W.W., 2002. Phylogenetic relationships of Pleuronectiformes based on molecular evidence. *Copeia*, 3: 642-652. Stable URL: [http://www.jstor.org/stable/1448146\(10.02.2005\)](http://www.jstor.org/stable/1448146(10.02.2005)).

- Berrebi, P., Agnese, J.F., Vianet, R., 1983. Esterases of flounder (*Platichthys flesus*, Pleuronectidae, Teleostei): Development of an identification protocol using starch gel electrophoresis and characterization of loci. *Experientia*, 46: 863-867. doi: [10.1007/BF01935540](https://doi.org/10.1007/BF01935540)
- Borsa, P., Quignard, J.-P., 2001. Systematics of the Atlantic-Mediterranean soles *Pegusa impar*, *P. lascaris*, *Solea aegyptiaca*, *S. senegalensis*, and *S. solea* (Pleuronectiformes: Soleidae). *Canadian Journal of Zoology*, 79: 2297-2302. doi: [10.1139/z01-176](https://doi.org/10.1139/z01-176)
- Brown, N.P., Bromage, N.R., Penman, D.J., Shields, R.J., 1997. The karyotype of the Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (Linnaeus). *Aquaculture Research*, 28: 489-491. doi: [10.1046/j.1365-2109.1997.00871.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1997.00871.x)
- Chapleau, F., 1993. Pleuronectiform relationships: a cladistic reassessment. *Bulletin of Marine Science* 52, 516-540. <http://www.ingentaconnect.com/content/umrsmas/bullmar/1993/00000052/00000001/art00019#expand/collapse> (24.04.2014)
- Denton, T.E., 1973. *Fish Chromosome Methodology*, Charles C. Thomas Publisher, New York, 166 p.
- Di, S., Knowles, J.F., 1994. The karyotype of the dab (*Limanda limanda* L.). *Journal of Fish Biology*, 44(2): 354-356. doi: [10.1111/j.1095-8649.1994.tb01213.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1994.tb01213.x)
- Duran-Gonzalez, A., Garcia-Rucias, C.E., Laguarda-Figueras, A., 1990. The karyotype and G-bands of *Haemulon aurolineatum* Cuvier 1829 (Pisces: Haemulidae). *Anales Del Instituto de Ciencias Del Mary Limnologia*, 1-10. <http://www.biblioweb.tic.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1990-2/articulo373.html> (06.08.2004)
- Dutrillaux, B., Coutourier, J., 1981. *La pratique de l'analyse chromosomique techniques de laboratoire*. No 12, Masson, Paris, 86 p.
- Exadactylos, A., Thorpe, J.P., 2001. Allozyme variation and genetic interrelationships between seven flatfish species (Pleuronectiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 132: 487-499. doi: [10.1111/j.1096-3642.2001.tb02472.x](https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2001.tb02472.x)
- Fan, Z., Fox, D.P., 1990. A new method for fish chromosome preparation. *Journal of Fish Biology*, 37: 553-561. doi: [10.1111/j.1095-8649.1990.tb05888.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05888.x)
- Fan, Z., Fox, D.P., 1991. Robertsonian polymorphism in plaice, *Pleuronectes platessa* L. and cod, *Gadus morhua* L. (Pisces, Pleuronectiformes and Gadiformes). *Journal of Fish Biology*, 38: 635-640. doi: [10.1111/j.1095-8649.1991.tb03152.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1991.tb03152.x)
- Franke, U., Oliver, N., 1978. Quantitative analysis of high-resolution trypsin-Giemsa bands on human prometaphase chromosomes. *Human Genetics*, 45: 137-165. doi: [10.1007/BF00286957](https://doi.org/10.1007/BF00286957)
- Froese, R., Pauly, D., 2015. Fishbase World Wide Web Electronic Publication, <http://www.fishbase.org>, version (01.03.2015)
- Fukuoka, H., Niiyama, H., 1970. Notes on the somatic chromosomes of the species of pleuronectid fishes. *Chromosome Information Service*, 11: 18-19.
- Fujiwara, A., Fujiwara, M., Nishida-Umehara, C., Abe, S., Masaoka, T., 2007. Characterization of Japanese flounder karyotype by chromosome bandings and fluorescence *in situ* hybridization with DNAMarkers. *Genetica*, 131: 267-274. doi: [10.1007/s10709-006-9136-z](https://doi.org/10.1007/s10709-006-9136-z)
- Fujiwara, A., Nishida-Umehara, C., Sakamoto, T., Okamoto, N., Nakayama, I., Abe, S., 2001. Improved fish lymphocyte culture for chromosome preparation. *Genetica*, 111: 77-89. doi: [10.1023/A:1013788626712](https://doi.org/10.1023/A:1013788626712)
- Galleguillos, R.A., Ward, R.D., 1982. Genetic and morphological divergence between populations of the flatfish *Platichthys flesus* (L.) (Pleuronectidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 17: 395-408. doi: [10.1111/j.1095-8312.1982.tb02029.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1982.tb02029.x)
- Gold, J.R., Li, Y.C., Shipley, N.S., Powers, P.K., 1990. Improved methods for working with fish chromosomes with a review of metaphase chromosome banding. *Journal of Fish Biology*, 37: 563-575. doi: [10.1111/j.1095-8649.1990.tb05889.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1990.tb05889.x)
- Jankun, M., Ocalewicz, K., Pardo, B.G., Martinez, P., Woznicki, P., Sanchez, L., 2003. Chromosomal characteristics of rDNA in European grayling *Thymallus thymallus* (Salmonidae). *Genetica*, 119: 219-224. doi: [10.1023/A:1026022415908](https://doi.org/10.1023/A:1026022415908)
- Kikuno, T., Ojima, Y., Yamashita, N., 1986. Chromosomes of flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Proceedings of the Japan Academy*, 62: 194-196. doi: [10.2183/pjab.62.194](https://doi.org/10.2183/pjab.62.194)
- Kim, D.S., Cheong, S.C., Park, S.R., Lee, J.K., 1988. Cytogenetic and biochemical studies on the flatfish, *Paralichthys olivaceus*. *Bulletin of National Fisheries Research and Development Agency*, 42:135-142.
- Kligerman, A.D., Bloom, S.E., 1977. Rapid chromosome preparations from solid tissues of fishes. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 34: 266-269. doi: [10.1139/f77-039](https://doi.org/10.1139/f77-039)
- Klinkhardt, M.B., 1993. Zur zytogenetik von *Platichthys flesus* und *Limanda limanda* (Pleuronectidae, Teleostei) und karyoevolution der Pleuronectiformes. *Zeitschrift für Fischkunde*, 2: 65-75.
- Klinkhardt, M.B., Tesche, M., Greven, H., 1995. *Database of Fish Chromosomes*, Westarp Wissenschaften Verlag Wolf Graf von Westarp, Uhlischstraße 6, 39108 Magdeburg, Germany, 237 p.
- Levan, A., Fredga, K., Sandberg, A.A., 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220. doi: [10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x](https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x)
- Macgregor, H.C., Varley, J.M., 1983. Chapter 4. Chromosome banding. In: *Working with animal chromosomes*. John Wiley and Son Ltd., Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore. p 70-96.
- Nelson, J.S., 2006. *Fishes of the World*, IV. Edition. John Wiley and Sons Inc., New York, USA, 622 p.
- Nogusa, S., 1960. A comparative study of the chromosomes in fishes with particular considerations on taxonomy and evolution. *Memoirs of the Hyogo University of Agriculture*, 3: 1-62.
- Ohno, S., Atkin, N.B., 1966. Comparative DNA values and chromosome complements of eight species of fishes. *Chromosoma*, 18: 455-466. doi: [10.1007/BF00332549](https://doi.org/10.1007/BF00332549)
- Pardo, B.G., Bouza, C., Castro, J., Martinez, P., Sanchez, L., 2001. Localization of ribosomal genes in Pleuronectiformes using Ag-, CMA₃-banding and *in situ* hybridization. *Heredity* 86, 531-536. doi: [10.1046/j.1365-2540.2001.00802.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2540.2001.00802.x)
- Park, I.S., Nam, Y.K., Douglas, S.E., Johnson, S.C., Kim, D.S., 2003. Genetic characterization, morphometric and gonad development of induced interspecific hybrids between yellowtail flounder, *Pleuronectes ferrugineus* (Storer) and winter flounder, *Pleuronectes americanus* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 34: 389-396. doi: [10.1046/j.1365-2109.2003.00816.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00816.x)
- Reeves, A., 2001. MicroMeasure: A new computer program for the collection and analysis of cytogenetic data. *Genome*, 44: 439-443. doi: [10.1139/g01-037](https://doi.org/10.1139/g01-037)
- Rossi, A.R., Crosetti, D., Gornung, E., Sola, L., 1996. Cytogenetic analysis of global populations of *Mugil cephalus* (Striped mullet) by different staining techniques and fluorescent *in situ* hybridization. *Heredity*, 76: 77-82. doi: [10.1038/hdy.1996.10](https://doi.org/10.1038/hdy.1996.10)
- Sakamoto, K., Nishikawa, S., 1980. Chromosomes of three flatfishes (Pleuronectiformes). *Japanese Journal of Ichthyology*, 27:268-272. doi: [10.11369/jji1950.27.268](https://doi.org/10.11369/jji1950.27.268)
- Seabright, M., 1971. Rapid banding techniques for human chromosomes. *The Lancet*, 2: 971-972. doi: [10.1016/S0140-6736\(71\)90287-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(71)90287-X)
- Thorgaard, G.H., Disney, J.E., 1990. Chapter 6. Chromosome Preparation and Analysis. In: *Methods for Fish Biology*, Edit. by Schreck, C. B. Moyle, P. B. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 171-190.
- Welcher, F., 1966. *Chemical solutions*. D.Van Nostrand Company Ltd., Canada, 404 p.
- Yabu, H., Ishii, K., 1980. Chromosomes of flatfish *Glyptocephalus stelleri* (Schmidt). *Chromosome Information Service*, 29:16.

Akdeniz'in yeni toksini: Tetrodotoksin

The new toxin of Mediterranean: Tetrodotoxin

Ali Rıza Köşker^{1*} • Fatih Özoğul¹ • Deniz Ayas² • Mustafa Durmuş¹ • Yılmaz Uçar¹

¹ Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Adana, Türkiye

² Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Mersin, Türkiye

*Corresponding author: alirzakosker@gmail.com

How to cite this paper:

Köşker, A. R., Özoğul, F., Ayas, D., Durmuş, M., Uçar, Y., 2015. The new toxin of Mediterranean: Tetrodotoxin. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 15-24. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.03

Abstract: Mediterranean is exposed to intense impact of new lessepsian migrant species. The effects alien species are observed on native species, marine ecosystems and fisheries. However, the effects of pufferfish belongs family of Tetraodontidae is gaining more importance among alien species. Pufferfish contained one of the strongest marine toxins called tetrodotoxin (TTX), which becomes a threat to public health due to their TTX content. TTX is organic, non-protein structure, colorless and odorless toxin. The toxin is thermally stable and cannot be destroyed by temperature changes. In this review, the chemical structure of the toxin, features, history, biological origin, mechanism of action, poisoning and treatment methods, application fields of TTX, TTX levels of pufferfish species living in the Mediterranean are given.

Keywords: Tetrodotoxin, Pufferfish, Marine Toxins, Symptoms of TTX poisoning

Özet Akdeniz, lesepsiyen göçü ile gelen yeni türlerin yoğun etkilerine maruz kalmaktadır. Yabancı türlerin yerli türler, deniz ekosistemi ve balıkçılık üzerinde etkileri gözlenmekte, ancak yabancı türler arasında yer alan Tetraodontidae familyasından balon balıklarının etkileri bunlarla sınırlı kalmamaktadır. Balon balıkları dünyanın bilinen en güçlü denizel toksini olan tetrodotoksin (TTX) içermektedir. TTX içeriği nedeniyle balon balıkları toplum sağlığı üzerine de tehdit oluşturmaktadır. TTX; protein yapıda olmayan, organik, renksiz, kokusuz ve ısı değişiklikleri ile yapısı bozulmayan termostabil bir toksindir. Bu bağlamda bu derlemede, toksinin kimyasal yapısı, özellikleri, tarihçesi, biyolojik kökeni, etki mekanizması, zehirlenme vakaları ve tedavi yöntemleri, TTX molekülünün kullanım alanları ve Akdeniz'de yaşayan balon balığı türlerinin TTX düzeyleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tetrodotoksin, Balon balıkları, Denizel Toksinler, TTX Zehirlenmesi Semptomları

GİRİŞ

Doğal toksinlerle kontamine olmuş besinler ile toksisite ilişkisi yüzyıllardır insanoğlu tarafından neden sonuç ve deneme yanılma ilişkileri kurularak belirlenmiştir (Iverson ve Truelove, 1994). Zehirli balıklar da antik zamanlardan bu yana insanoğlu tarafından deneme yanılma yöntemiyle tanınmış, 20. yy'dan itibaren özellikle zehirli balıkların yaygın olduğu okyanus kıyısı ülkelerde bilimsel araştırmalar yoğun olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak toksik balık türlerine okyanus kıyısı ülkeler kadar aşına olmayan Akdeniz, son yıllarda artan yabancı tür göçleri ile toksik olduğu bilinen türlerin de göçüne sahne olmaktadır. Akdeniz'e giren ve yerleşen türler, ekosistemin, yerli türlerin ve balıkçılığın üzerine etkileri olduğu gibi, insan sağlığı üzerine olumsuz etki potansiyeli taşıyan türleri de içermektedir. Bu türlerin tüketiminden kaynaklanan zehirlenme vakaları rapor edilmeye başlamıştır (Eisenman vd., 2008; Bentur vd., 2008; Chamandi vd., 2009; Kheifets vd., 2012).

Akdeniz'e yabancı tür girişleri çoğunlukla Süveyş Kanalı aracılığıyla gerçekleşmektedir. Kızıldeniz'den Akdeniz'e doğru gerçekleşen göç, ilk olarak Por (1964) tarafından; Süveyş

kanalının tamamlanmasında önemli rol oynayan Fransız diplomat Ferdinand Marie Vicomte de Lesseps'e ithafen "Lessepsiyen göçü", bu yol ile göç eden türler ise "Lessepsiyen türler" olarak adlandırılmıştır. Lessepsiyen türlerin bazıları ekonomik değere sahip iken, bazıları da özellikle yerli türler üzerine etkilerinden dolayı zararlı, istilacı türler olarak adlandırılırlar (Galil, 2000; Galil ve Zenetos, 2002; Streftaris ve Zenetos, 2006; Zenetos vd., 2012). Son yıllarda Akdenizde sayıları artan yabancı türlerin, özellikle Doğu Akdeniz üzerine önemli ekolojik ve ekonomik etkileri olmaktadır (Galil ve Zenetos, 2002). Ancak Akdeniz üzerine etkileri sadece ekonomik ve ekolojik alanlarda sınırlı kalmamakta, Akdeniz'de yaşayan balon balıklarının çoğunluğunu içeren (Bilecenoğlu, 2010) Tetraodontidae familyası üyesi balon balıkları gibi, içerdikleri toksinden kaynaklı insan sağlığı üzerine de olumsuz etkileri gözlenebilmektedir.

Yapılan bilimsel araştırmalar balon balıklarının tetrodotoksin (TTX) adı verilen bir nörotoksin içerdiğini göstermiştir (Iverson ve Truelove, 1994). TTX bilinen en güçlü deniz kökenli organik zehirdir (Fernández-Ortega vd., 2010).

Protein yapıda olmamasından dolayı ısı değişimlerine karşı duyarsız olan TTX siyanüre oranla 1200 kat (Nader vd., 2012) morfine oranla 3000 kat (Anonim, 2014) daha etkilidir. Akdeniz'deki TTX içeren canlı türlerinin toksin düzeylerine yönelik çalışmalar kısıtlıdır.

Bu makale; TTX molekülünün kimyasal ve biyolojik özelliklerinin, TTX zehirlenmeleri ve zehirlenme semptomlarının, TTX molekülünün kullanım alanlarını Akdeniz'deki balon balığı türleri ile ilgili toksisite çalışmalarını derlemeyi amaçlamaktadır.

Tetrodotoksin (TTX)

TTX; bilinen en güçlü denizel toksindir (Hwang ve Noguchi, 2001; Fernández-Ortega vd., 2010). Toksin ilk olarak Tetraodontia familyası üyeleri olan balon balıklarında bulunmasından dolayı; Japon bilim insanı Tahara tarafından 1909 yılında bu familyadan türetilmiş bir isim olan "tetrodotoksin" olarak adlandırılmıştır (Miyazawa ve Noguchi, 2001; Hwang ve Noguchi, 2007). Sonraki yıllarda toksin için; tetrodotoksin, spherodin, fugu toksini, puffer toksini gibi adlandırmalar kullanılmışsa da 1964'te toplanan "IV. Chemistry of Natural Products" sempozyumunda toksinin kimyasal formülü C₁₁H₁₇N₃O₈ ve evrensel adlandırılması TTX olarak kabul edilmiştir (Miyazawa ve Noguchi, 2001; Hwang ve Noguchi, 2007).

TTX; protein yapıda olmayan, organik, kristal halde, zayıf bazik, renksiz ve kokusuz bir toksindir (Woodward, 1964). Molekül ağırlığı (MA) 319.2706 ve CAS numarası 4368-28-9'dır. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) adlandırması "Octahydro-12-(hydroxymethyl)-2-imino-5,9:7,10a-dimethano-10aH[1,3]dioxocino [6,5-d]pyrimidine-4,7,10,11,12-pentol" şeklindedir (Yu, 2008).

TTX adlandırılmasının üzerinden yüz yıldan fazla bir süre geçmiş olmasına rağmen hala üzerinde yoğun ve geniş çaplı araştırmaların yapıldığı bir moleküldür (Hanifin, 2010). Geleneksel beslenme alışkanlıkları içerisinde TTX içeren balon balıklarının önemli bir yer tuttuğu Japonya aynı zamanda TTX ile ilgili ilk bilimsel çalışmaların da yapıldığı ülkedir. Hwang ve Noguchi (2007)'nin bildirdiğine göre; Takahashi ve Inoko 1889'da yaptıkları çalışmalarda toksinin kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine yoğunlaşmışlar ve kısmen saflaştırmışlardır. Miyazawa ve Noguchi (2001) tarafından bildirildiğine göre, 1909 yılında Tahara toksini balon balıklarından tam olarak ayırıştırabildiğini iddia etmiş ve TTX ismini kullanmıştır. Ancak, başarılı izolasyon çalışmaları ve toksinin saf kristal olarak elde edilmesi; Tsuda ve Kawamura tarafından *Spheroides rubripes* türü balon balığından 1950 yılında yapılabilmıştır (Goto vd., 1965; Miyazawa ve Noguchi, 2001).

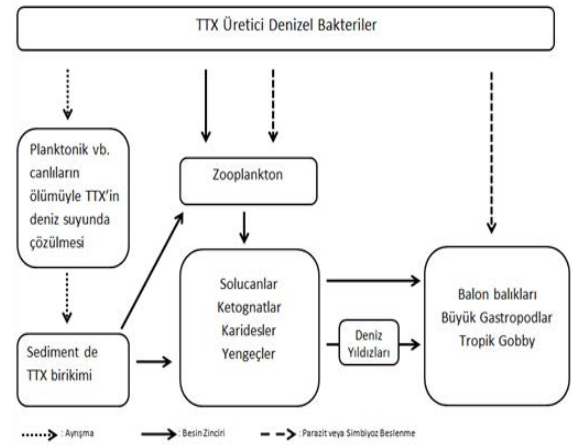
TTX protein yapıda olmamasından dolayı, ısıya dirençli termostabl bir toksindir ve yıkama, ısıtma, dondurma gibi işlemlerle balık etinden uzaklaştırılamamaktadır (Kao, 1972; Noguchi ve Ebesu, 2001; Hwang ve Noguchi, 2007; Chua ve Chew, 2009). Ancak TTX kristalleri 220 °C üzerinde erimeden

koyulaşabilmektedirler (Goto vd., 1965).

Tetrodotoksinin Kökeni

TTX'in kendine has bir kimyasal yapısı vardır. Yapılan çalışmalarla TTX molekülü ile ilgili birçok husus aydınlatılmış olmasına rağmen TTX molekülünün hücrel üretimi, biosentez mekanizması ve taksonomik dağılım mekanizması hala tam olarak aydınlatılamamıştır (Hanifin 2010; Chau vd., 2011). Hayvanlar toksinleri metabolik olarak sentezleyebildikleri gibi, mikroorganizmalar, bitkiler ve başka hayvanlar tarafından üretilen toksinleri de içerebilirler (Mebs, 2001). Bu doğrultuda balon balıklarındaki TTX'in olası kökeni üretim mekanizmaları; endojen olarak metabolik üretim, eksojen olarak besin zinciri ile vücuda alınması; belirli organlarda yaşayan simbiyotik bakteriler tarafından üretilmesi, ya da bu üçünün birlikte etkisi olabilir (Mosher ve Fuhrman, 1984)

Birçok araştırmacı toksinin bakteriler tarafından üretildiği ve besin zinciri aracılığıyla balon balıklarına ulaştığı ve balon balıklarının vücutlarında biriktirildiği (Şekil 1) görüşünü savunmaktadır (Yasumoto vd., 1986; Do vd., 1990; Matsumura, 1996; Lee vd., 2000; Matsumura, 2001; Miyazawa ve Noguchi, 2001; Hwang ve Noguchi, 2007; Noguchi ve Arakawa, 2008; Abbott vd., 2009; Matsumoto vd., 2008; Narahashi, 2001).



Şekil 1: Denizel türlerde TTX birikim mekanizması (Hwang ve Noguchi, 2007)

Figure 1: Mechanism of TTX accumulation in marine animals (Hwang ve Noguchi, 2007)

Yaygın olarak kabul gören bir diğer görüş ise TTX molekülünün TTX içeren canlıların vücutlarında yaşayan simbiyotik bakterilerce üretiliğidir (Chau vd., 2011; Simidu vd., 1987; Thuesen ve Kogure, 1989; Lee vd., 2000; Campell vd., 2009; Wu vd., 2005; Yotsu vd., 1987).

TTX molekülünün kökeni hakkında ileri sürülen simbiyotik bakteriler tarafından üretiliyor olması hipotezi; birbiryle taksonomik yakınlığı olmayan türlerde de TTX bulunması ve farklı canlılardan izole edilen TTX moleküllerinin tek tip olmaması gibi olgular hipotezi metabolik açıdan desteklemektedir (Miyazawa ve Noguchi, 2001). Ancak balon

balıkları, TTX içeren diğer canlıların bulunmadığı ortamlarda, TTX içermeyen yemlerle yetiştirildiklerinde toksik olmaması (Noguchi vd., 2011) simbiyotik bakteriler hipotezinin doğrulanması önünde bir engeldir. Özellikle Japonya, Çin ve Tayland gibi Uzakdoğu ülkelerinde yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan kültür balon balıklarının toksik olmadıklarını ya da TTX içeriklerinin tespit edilebilir düzeylerin altında olduğunu rapor eden çalışmalar bulunmaktadır (Noguchi vd., 2006a; Ji vd., 2011; Kono vd., 2008)

Kono vd. (2008) yaptıkları çalışmada balon balıklarının TTX molekülünü besin zinciri ile vücutlarına aldıklarını ve karaciğerde birikim sağlandığını bildirmişlerdir. Çalışmada kültürü yapılan non-toksik *Fugu niphobles* türü juvenil bireylere 30 gün boyunca; non-toksik diyetin yanı sıra doğal ortamda yaşayan ve toksik olan *Fugu poecilonotus* türü balon balıklarının karaciğeri verilmiştir. Sonraki 210 gün boyunca sadece non-toksik diet verilerek TTX düzeyleri takip edilmiştir. Verilen toksinin %70'nin vücutta tutulduğu tespit edilmiştir.

Kültür ortamında yetiştirilen balon balıkları ile yapılmış toksin araştırmaları toksin biyolojik aktarımla balığın vücuduna ulaştığı ve biriktirildiği hipotezini önemli ölçüde desteklemektedir.

Tetrodotoksin İçeren Diğer Canlılar

TTX ilk olarak balon balığı türlerinden izole edilmesinden dolayı sadece balon balığı türlerine özgü bir toksin olduğu düşünülmüştür. Ancak daha sonra yapılan çalışmalarla balon balıkları dışındaki denizel türler ve bazı karasal türlerin de TTX içerdiği tespit edilmiştir. Yapılmış olan bilimsel araştırmalarla; bazı kurbağa ve semender türleri (Mebs vd., 2010), ketognatlar (Thuesen ve Kogure, 1989), arthropodlar, nematodlar, derisidikenliler, yumuşakçalarda (Hwang ve Noguchi, 2007; Silva vd., 2012), bazı yengeç türlerinde (Tsai vd., 2006) TTX bulunduğu tespit edilmiş; ayrıca bu canlıların mikroorganizma floralarında yaşayan bakterilerde (Mosher ve Fuhrman, 1984; Yasumoto vd., 1986; Kogure vd., 1988; Lin vd., 1998; Miyazawa ve Noguchi, 2001; Yotsu-Yamashita,

2001; Chen ve Chou, 2002; Noguchi vd., 2006b; Mebs vd., 2010; Hanifin 2010) ve TTX içeren hayvanların yaşadıkları sucul ekosistemlerin sedimanından izole edilen bakterilerde de (Do vd., 1990; Do vd., 1991; Do vd., 1993) TTX tespit edilmiştir. Yapılan bu araştırmalar toksinin sadece balon balıklarına özgü olmadığını, birçok farklı denizel tür, karasal kurbağa ve semender türlerinde bulunabildiğini göstermiştir.

Tetrodotoksin Zehirlenmeleri Semptomları ve Tedavi

Bilinen en güçlü denizel toksin olan TTX (Fernández-Ortega vd., 2010), kendine has kimyasal yapısıyla sinir hücrelerinin hücre zarlarından sodyum iyonu geçişini bloke ederek nöronlar arasında impuls iletimini engellemektedir (Kao, 1972; Nakamuro ve Yasumoto., 1985).

İnsan genomunda dokuz farklı fonksiyonel voltaj kapılı Na kanalı kodlanmaktadır. Dokuz kanaldan üç tanesi TTX'e karşı dirençlidir ancak ağırlıklı olarak sinir sistemi ve iskelet kaslarında bulunan Na kanalları TTX'in nanomolar konsantrasyonlarına karşı hassastırlar (Zimmer, 2010). TTX molekülünün etki mekanizması sıklıkla iskelet kasları üzerinde gözlenmektedir. İnsanlar için minimum öldürücü TTX doz (MLD50– Minimum Lethal Dosage) yaklaşık olarak 10.000 MU yani yaklaşık 2 mg düzeyindedir (Hwang ve Noguchi, 2007).

Hwang ve Noguchi (2007)'nin bildirdiğine göre TTX zehirlenme semptomlarını ilk olarak kategorize edenler Japon bilim insanları; Fukuda ve Tani (1945)'dir. TTX zehirlenmesi teşhisi klinik semptomlara ve balon balığı tüketiminin geleneksel olduğu ülkelerdeki deneyimlere dayanmaktadır. Vücuda alınan toksin miktarına bağlı olmakla birlikte, semptomlar genellikle 10-45 dk içerisinde görülmeye başlamaktadır. Ancak bazı vaka raporlarında bu sürenin 3-6 saat aralığına uzayabildiği belirtilmiştir (Noguchi ve Ebesu., 2001). TTX zehirlenmesi semptomları (Tablo 1) Fukuda ve Tani (1941) tarafından yapılmış çalışmaya göre dört aşamada ortaya çıkmaktadır (Noguchi ve Ebesu, 2001).

Tablo 1. TTX zehirlenme semptomları (Hwang ve Noguchi, 2007)

Table 1. Symptoms of TTX poisoning (Hwang ve Noguchi, 2007)

AŞAMA	KARAKTERİSTİK SEMPTOMLAR
I.	Dudak, dil ve yutakta uyuşma, tat algılama bozukluğu, baş ağrısı, baş dönmesi, terleme, gözbebeği daralması gibi nörolojik semptomlar. Tükrük salgısı artışı, bulantı, ishal, karın ağrısı, kusma ve bazen kan kusma şeklinde sindirim sistemi semptomları.
II.	Uyuşmanın yayılması, kollar-bacaklar ve parmaklarda felç, gözbebeği genişlemesi, refleks bozuklukları.
III.	Konuşma ve yutma bozukluğu, kas koordinasyon bozukluğu, baş dönmesi, denge kaybı, kranial sinir felci, kas titremeleri gibi nörolojik ve hipotansiyon ya da nadiren hipertansiyon, kan damarlarının genişliğini ayarlayan (vasomotor) sinirlerde blokaj (sinirsel iletimin kesilmesi), kalp aritmileri, solunum sistemi anormallikleri (Soluk alamama, nefes darlığı vs.) gibi akciğer-kalp(solunum) sistemi semptomları. Deride dökülmeler, kabarmalar gibi dermatolojik semptomlar.
IV.	Şuur kaybı, zihinsel yeti kaybı, aşırı hipotansiyon, kasılma nöbetleri, spinal refleks ve tendon kayıpları gibi semptomlar gözlenir.

İlk aşama; dilde ve dudaklarda uyuşma, konuşma bozuklukları genelde zehirlenmenin ilk belirtileridir. Bunu tat alamama, baş dönmesi, baş ağrısı, terleme, gözbebeği daralması takip eder. Bu semptomlara tükürük salgısı artışı, bulantı kusma, kanlı kusma, ishal, karın ağrısı gibi sindirim sistemi rahatsızlıkları her zaman olmasa da eşlik eder. İkinci aşamada; felç tüm vücuda yayılmaya başlar. El, ayak ve bacaklarda felç görülür. Üçüncü aşamada; felç daha da artar ve yutaktaki felç yutmayı engeller. Kas koordinasyon bozukluğu, aşırı halsizlik, konuşamama, aşırı baş dönmesi, denge kaybı, kas titremesi ve kafatasında sinir felci gibi kas ve sinir sistemi semptomlarını kardiyovasküler semptomlar takip eder. Damarların genişliğini düzenleyen vasomotor sinirlerin felci, hipotansiyon, nadiren hipertansiyonla sonuçlanabilir. Kardiyak aritmi, kalp atışının yavaşlaması, taşikardi, kalp kulakçıklarının normal çalışmaması, morarma, nefes darlığı semptomları da görülebilmektedir. Ayrıca deride kızarma, pul pul dökülmeler ya da kabarma gibi dermatolojik semptomlar da TTX zehirlenmelerinde görülebilmektedir. Son aşamada solunum yetmezliği, aşırı hipotansiyon ve refleks kayıpları gözlenir. Bazı hastalarda bilinç kaybı olabilir ancak çoğu hastada koma halinde dahi olsa ölüm anına kadar bilinç açık kalmaktadır (Noguchi ve Ebesu., 2001).

Ölüm genelde 6 ila 24 saat içerisinde gerçekleşmektedir (Noguchi ve Ebesu., 2001). Hasta eğer 24 saat içerisinde solunum yetmezliğinden ölmezse herhangi bir kalıntı olmaksızın iyileşmektedir (Noguchi ve Ebesu., 2001; Hwang ve Noguchi, 2007).

TTX zehirlenmelerinde bilinen bir antidot ya da antitoksin olmaması ve tedavi prosedürü olmadığı için zehirlenme vakaları genellikle ölümlü sonuçlanmaktadır (Hwang ve Noguchi, 2007). Hiçbir panzehiri olmayan TTX tüketiminden kaynaklı zehirlenmelerde, hastaya tek yapılabilecek destekleyici tedavidir (Narahashi., 2001; Noguchi ve Ebesu. 2001; How, 2003; Chamandi vd, 2009; Kheifets vd., 2012).

Sağlık personelinin balon balığı (TTX) zehirlenmelerinin klinik bulguları ve komplikasyonları ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmaları, tedaviyi doğru yönetebilmeleri için oldukça önemlidir. (Ahasan vd., 2004) TTX zehirlenmelerinde erken tanı ve destekleyici tedavi ile olumlu sonuçlar alınabilmektedir (Haque vd., 2008).

Tetrodotoksin Zehirlenmesi Vakaları

TTX içeren balon balıklarının tüketilmesinden kaynaklanan TTX zehirlenme kayıtları çok eski tarihlere dayanmaktadır. Japonya'daki en eski balon balığı zehirlenme kaydı MS 200 yılına tarihlenmektedir, Çin'de ise yaklaşık 2000 yıl öncesinde balon balığı tüketiminden kaynaklı zehirlenme vakalarının olduğu kayıtlarda mevcuttur (Miyazawa ve Noguchi, 2001). Fransız arkeolog Claude Gaillard 1923 yılında, antik Mısır mezarlarında bir tür balon balığı olan *Tetraodon lineatus* türünü betimleyen hiyeroglifler bulduklarını rapor etmiştir (Halstead, 1958).

Balon balığı zehirlenmesi Japonya'da oldukça yaygın bir durumdur. Japon devletinin resmi makamlarına göre 1954-1963 yılları arasında Japonya'da 1153 kişinin balon balığından kaynaklanan zehirlenmeler sonucu hayatını kaybettiği belirtilmektedir. Japon hükümetinin uyguladığı "balon balığının satışı ve hazırlanması-tüketilmesi" ilgili yasal kontrol ile ölüm vakaları 1967-1976 yılları arasında 372 kişiye düşmüştür (Tsunenari vd., 1980). Japonya'da toplumun geneline en lezzetli deniz ürünü olarak kabul edilen balon balıkları, bu ülkede sadece lisanslı şefler tarafından hazırlanabilmekte ve yine sadece lisanslı restoranlarda satılabilmektedir. Lisanslı Fugu restoranlarda ölüm vakası neredeyse görülmeyen bir durumdur (Narahashi, 2001). Bu ülkede gerçekleşen zehirlenme genelde lisanslı fugu restoranlar'da değil, genellikle evlerde pişirilerek tüketilen balon balıklarından kaynaklanmaktadır (Noguchi ve Ebesu., 2001). Japon mutfağında balon balıklarının geleneksel konumundan dolayı, güvenli tüketimi sağlamak amacıyla toksik olan ve toksik olmayan türlerin tespitine yönelik bilimsel çalışmaların artması, ayrıca kültür yetiştiriciliğinin yaygınlaşması ile paralel yürütülen bilinçlendirme çalışmaları ile Japonya'da ölüm oranları düşmüştür (Hwang ve Noguchi, 2007).

Japonya dışında, Çin, Malezya, Singapur, Bangladeş, Tayland, Avustralya, Yeni Zelanda, Meksika, Brezilya, Güney Afrika, gibi ülkelerden bildirilmiş balon balığı tüketiminden kaynaklı TTX zehirlenmeleri mevcuttur (Popkiss vd., 1979; Chew vd., 1983; Laobhrapatr vd.,1990; Field, 1998; Nuñez-Vazquez vd., 2000; Isbister vd., 2002; How, 2003; Hwang ve Noguchi, 2007; Chowdhury vd., 2007; Chua ve Chew, 2009). Balon balıklarının en lezzetli deniz ürünleri arasında görüldüğü Mısır'da, özellikle Süveyş körfezinde, Süveyş şehrinde tüm yasaklamalara rağmen balon balığı tüketilmekte ve bir çok zehirlenme olayına neden olmaktadır (El-Sayed vd., 2003).

Son yıllarda denizel toksin içeren deniz canlılarının arttığı Akdeniz'de *Lagocephalus sceleratus* tüketiminden kaynaklı TTX zehirlenme vakaları görülmesi, devletlerin önleyici yasaklar getirmesine neden olmuştur. Avrupa Birliği Tetraodontidae ve Diodontidae familyalarında yer alan balon balıklarının satışını yasaklamıştır (EC,2004a, EC,2004b). Benzer şekilde Türkiye Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından *Lagocephalus sceleratus* ve *Lagocephalus spadiceus* türlerinin karaya çıkarılması ve satılmasını yasaklanmıştır (Anonim,2012).

Tetrodotoksin Düzeyi Analiz Yöntemleri

İnsan sağlığı üzerine etkileri ve ölümlü zehirlenme vakalarının sıklığı nedeniyle besinlerde ve insan vücudundaki TTX düzeylerinin tespiti amacıyla çok sayıda bilimsel tespit yöntemleri geliştirilmiştir. TTX analizi için kullanılan en eski ve en yaygın yöntem Japon hükümetinin resmi analiz yöntemi de olan Mouse Bioassay/fare biyodeneği (Kawabata1978) metodudur (Noguchi ve Arakawa, 2008). Fare biyodeneğinde TTX içerdiği düşünülen doku örneğinin

ekstrakte edilerek 20g ağırlığındaki 4 haftalık erkek farelere intra-peritoneal olarak enjekte edildikten sonra farelerin 30 dk içerisinde ölmesini sağlayan toksin miktarı 1 Mouse Unit (MU) olarak adlandırılır (Kawabata 1978). 1 MU yaklaşık olarak 0,22µg'dır (Yasumoto ve Michishita, 1985, Nuñez-Vazquez vd., 2000).

Fare biyo deneyleri çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Toksin ekstraktının elde edildiği canlıda TTX varlığının yanı sıra ölümcül etkisinin olup olmadığını belirlemede de yaygın olarak kullanılan bir metottur, ancak fare biyo deneyleri canlı hayvanlar üzerinde yapılması nedeniyle son yıllarda tepkiler almaktadır (Campora ve Hakoma, 2010). Ayrıca fare biyo deneyleri, yapısal ve toksik etkiler açısından benzerlikler gösteren saksitoksin (STX) ve TTX moleküllerinin ayırımı yapmakta yetersiz kalmaktadır (Landsberg vd., 2006; Campas vd., 2007; Yakes vd., 2010). Dünya genelinde çok sayıda araştırmada kullanılmış olan bu yöntem basit ve hızlı olmasına rağmen nicel ölçüm açısından ve tekrarlanabilirlik açısından yetersiz kalmaktadır (Yu vd., 2010).

Toksin içeren besinlerden korunabilmek için hızlı, hassas ve spesifik tanı metotları gerekmektedir (Yakes vd., 2010). Zehirlenme vakalarının ve ölümlerin sıklığı, hızlı ve güvenilir tespit yöntemleri arayışlarına yönelmiştir. Bu amaç doğrultusunda son yıllarda HPLC (High-Performance Liquid Chromatography), LC/MS (Liquid Chromatography Tandem-Mass Spectrometry), GC/MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) ve H-NMR (Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy) gibi enstrümental cihazlar/analitik yöntemler, enzimlere bağlı bağışıklık deneyi (ELISA) gibi immünolojik yöntemler, enzim inhibasyonuna dayalı yöntemler ve biosensörler kullanılmaktadır (Campas vd., 2007).

TTX düzeyinin tespitinde son yıllarda en yaygın kullanılan yöntem TTX ve TTX analoglarının düzeylerinin tespitini sağlayan LC/MS ve LC/MS/MS cihazları ile yapılan araştırmalardır (Kono vd., 2008; Campell vd., 2009; Chulanetra vd., 2011; Chen vd., 2011; Silva vd., 2012; Rodriguez ve diğ., 2012). Bir başka enstrümental analiz yöntemi olarak GC/MS metotlarıyla TTX üretebilen bakteri türlerinde toksin düzeyleri araştırılmıştır (Do vd., 1991; Do vd., 1993). Ancak, LC/MS pahalı ve komplike ekipmanlar gerektiren, GC/MS ise uzun süreç gerektiren metotlardır. Bu nedenle HPLC metotları (HPLC, HPLC/UV, HPLC/FLD) nispeten hızlı ve basit olması nedeniyle yaygın olarak tercih edilen bir diğer yöntemdir. Balon balığı zehirlenmelerini, hastanın kan ve idrar örneklerinde kolay olarak HPLC ile tespit edebilmek için ticari amaçla hazır katı faz ekstraksiyon (SPE) kartuşları geliştirilmiştir (Yu vd., 2010). Bu nedenle TTX analizlerinde HPLC cihazlarının kullanımı günümüzde yaygın tercih edilen yöntemler arasındadır (Yasumoto ve Michishita, 1985; Yasumoto vd., 1986; Do vd., 1991; Do vd., 1993; Hanifin vd., 2002; Simon vd., 2009).

Enstrümental yöntemlerin dışında enzimlere bağlı bağışıklık deneyi (ELISA) gibi immünolojik teknikleri

kullanarak TTX düzeyini araştıran çalışmalar mevcuttur (Watabe vd., 1989; Jianwei vd., 1997; Katikou vd., 2009; Zhou vd., 2007). Bağışıklık sistemine dayalı ve altın nano partikül prob kullanılarak 10 dk içerisinde TTX ölçümü yapılabilen yeni bir analiz yöntemi de geliştirilmiştir (Zhou vd., 2010). Son yıllarda geliştirilen TTX tespit metotlarında öncelikli amaç toksinin olabildiğince hızlı tespit edilebilmesidir.

Tetrodotoksinin Kullanım Alanları

Balıklarda bulunan biyotoksinler balığın yaşadığı ekosisteme ve diğer canlılara etkilerinin yanı sıra, farmakolojik öneme sahiptirler ve ilaç olarak kullanılabilirler (Kumar ve Kurchetti, 2013). Balon balıklarının Japonlar tarafından lezzetli bir yiyecek olarak kabul edilmesi ve geleneksel beslenme alışkanlıklarında önemli bir yeri olmasından dolayı Japonya'da Balon balıkları ve TTX ile ilgili çok uzun yıllardır bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. 1960'ların başında sodyum kanalı engelleyici özelliği keşfedildiğinden bu güne TTX birçok laboratuvarında fizyolojik ve nörolojik çalışmalarda oldukça yaygın bir şekilde kanal engelleyici olarak kullanılmaktadır (Narahashi., 2008; Saoudi vd., 2010). TTX molekülünün sinir hücrelerindeki Na kanallarını bloke edici özelliği keşfedildikten sonra çalışmalar daha çok TTX'in hücrel ve moleküler mekanizmalarına kaymıştır (Narahashi., 2001; Noguchi ve Arakawa, 2008).

Son yıllarda araştırmalar TTX molekülünün insan sağlığı üzerine üç farklı etkisi üzerine yoğunlaşmış durumdadır. TTX'in ileri düzey hastalarda ağrı kesici etkisi olduğu, anti-tümör etki gösterdiği ve uyuşturucu bağımlılığı tedavisinde diğer opioidlere alternatif bağımlılık yapmayan etki mekanizması üzerinde çalışılan özelliklerdir (Schwartz vd., 1998; Hagen vd., 2008; Yu, 2008; Saoudi vd., 2010; Bragadeeswaran vd., 2010).

TTX molekülünün Japonya'da 20. yy başlarında klinik kullanımı romatizma tedavilerinde uygulanmıştır (Noguchi ve Arakawa, 2008). Çin Halk Cumhuriyeti'nde terminal kanser hastalarında ağrı kesici olarak medikal kullanımı mevcuttur (Saoudi vd., 2010). TTX'in sinirsel iletim üzerine olası engelleyici etkisi nedeniyle özellikle anestezi alanında yeni ilaçlar için olası bir kaynak durumundadır (Schwartz vd., 1998). Hagen vd., (2008) tarafından yapılan çalışmada TTX'in aneljezik etkisinden yararlanarak orta ve ileri düzey kanserli hastalarda ağrıları azaltmak için kullanılmış, kanserli hastalarda ağrıları azalttığını tespit etmişlerdir. Tavşanlar üzerine yaptıkları çalışmalarda TTX kullanarak korneada uzun süreli lokal anestezi etkisi oluşturmayı başarmışlardır. Biyolojik önemi ve nörofizyolojik etkisi hususunda hala çok sayıda çalışma yapılan TTX, gelecekte önemli bir anestezi ilaç olarak kullanılabilir (Hwang ve Noguchi, 2007).

Bragadeeswaran vd., (2010) Hindistan'ın güneydoğu kıyılarından yakalanan *Arothron hispidus* türü balon balıklarından izole edilen TTX üretici 3 bakteri türü (*Bacillus* sp., *Kytococcus sedentarius* ve *Cellulomonas fimi*) filtre edilip özütleri elde edildikten sonra lösemili farelere intraperitoneal olarak enjekte edilmiş ve uygulama sonucunda kas hücre

dizisi ve lösemi hücre dizisi üzerinde büyümeyi inhibe edici etkileri gözlenmiştir. TTX kanserli hücre sayısını azaltmıştır. Balon balıklarından izole edilen TTX üretici bakteriler anti-tümör bileşiklerin geliştirilmesi için kullanılabilir (Bragadeeswaran vd., 2010). Benzer şekilde (Fouda, 2005) Kızıldeniz'de yaşayan maskeli balon balığından (*Arothron diadematus*) derisinden elde edilen TTX kanserli farelere uygulanmış, sonuçta yaşam süresinde %46 artış ve tümör hücrelerinin sayısında azalma gözlenmiştir.

TTX molekülünün insan sağlığı üzerindeki etkilerini araştıran bazı çalışmalarda, olumlu etkilerin yanı sıra olumsuz etkilerde gözlenmiştir. Fouda (2005); TTX'in hücreler üzerine sitotoksik etkisinin, periton sıvısında azalmaya neden olduğu ve karaciğer biyokimyasal faaliyetlerini olumsuz etkilediğini bildirmiştir. Gershon (1967); domuz, tavşan ve farelerde TTX'in düz kaslar ve ilaçlar üzerine etkilerini in vitro olarak incelemiş ve TTX varlığında nöronlarda impuls oluşumu ve aksiyon potansiyelinin engellendiği ve sinir sisteminin TTX tarafından engellenmesi nedeniyle vücuda alınan birçok ilaçtan olası cevapların alınmadığını tespit etmiştir.

Tüm bu bilimsel çalışmalar uluslararası ilaç firmalarının TTX içerikli ilaçlar üzerine çalışmalara yönelmiştir. Kanadalı bir nörobiyolojik araştırma şirketi WEX Pharmaceuticals Inc. ve ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü tarafından ortak yürütülen çalışmada ileri düzey kanser hastalarının kemoterapi kaynaklı ağrılarını azaltan, anestetik fonksiyonu olan bazı TTX içeren ilaçlar geliştirmeye yönelik çalışmaların 2016 yılında tamamlanması öngörülmektedir (Anonim, 2014). Ayrıca uyuşturucu bağımlılığı tedavisinde TTX kullanımına yönelik çalışmalarda yapan firma toksinin morfin benzeri bir etkiye sahip olduğunu, hatta diğer opioidlerde ki yan etkilerin görülmediğini, bağımlılık etkisi yapmadığını, aynı miktardaki morfinden 3000 kat daha etkili olduğunu belirtmektedir (Anonim, 2014).

TTX'in ilaç sanayinde artan önemi, TTX elde etme yöntemlerini öne çıkarmıştır. TTX üç yolla elde edilebilir (Yu, 2008). Bu yöntemlerin ilki balon balıklarından izolasyondur. Balon balıklarından TTX ekstraksiyonu ile ilgili alınmış çok sayıda patentler mevcuttur. Ancak az miktarda TTX izolasyonu için çok miktarda ovaryum kullanma zorunluluğu ve toksinin mevsimsel dalgalanması bu yöntemleri maliyetli hale getirmektedir (Yu, 2008). Çok miktarda balık kullanılması balon balıkların yerli türleri arasında olduğu ekosistemlere zarar verebilir. Balon balıklarından izolasyonun yanı sıra diğer yöntemler ise, bakteriyel biyosentez ve kimyasal sentez yöntemleridir. Ancak mikrobiyal biyosentez, hem az miktarlarda yapılabilen, hem de üretim mekanizması hala tam olarak aydınlatılmamış bir yöntemdir. TTX molekülünün kimyasal sentezine yönelik çalışmalar ise uzun zamandır üzerinde çalışılan bir alan olmakla beraber ilk olarak 1972 yılında Kishi tarafından sentetik TTX molekülü üretim metodu geliştirildiği bildirilmiştir (Nishikawa ve Isobe, 2013). Ancak TTX molekülünün kimyasal sentezi henüz üretim aşamasına getirilememiş, bu alanda çalışmalar sürdürülmektedir.

Akdeniz'de yaşayan balon balığı türlerinin toksisiteleri

Akdeniz'de Tetraodontidae familyasına ait 9 tür, Diodontidae familyasından 2 tür balon balığı yaşamaktadır (Tablo 2). Tetraodontidae familyasına ait türler; *Lagocephalus sceleratus* (Akyol vd., 2005); *Lagocephalus spadiceus* (Mavruk ve Avşar, 2008); *Lagocephalus suezensis* (Golani vd., 2010); *Lagocephalus lagocephalus* (Golani vd., 2002); *Torquigener flavimaculosus* (Corsini-Foka vd., 2006); *Sphoeroides pachygaster* (Mater ve Bilecenoğlu, 1999) ve *Tylerius spinosissimus* (Corsini vd., 2005), *Sphoeroides marmoratus* (Vacchi vd., 2007), *Sphoeroides spengleri* (Reina-Hervas vd., 2004) ve Diodontidae familyasına ait türler *Chilomycterus reticulatus* (Follesa vd., 2009) ile *Cyclichthys spilostylus* (Golani, 2010) türleridir.

Tablo 2. Akdeniz'de yaşayan balon balığı türleri.

Table 2. Pufferfish species in the Mediterranean

Famila	Tür	Referans
Diodontidae	<i>Chilomycterus reticulatus</i> (Linnaeus, 1758)	Spotfin burrfish Follesa vd., 2009
	<i>Cyclichthys spilostylus</i> (Leis & Randall, 1982)	Spotbase burrfish Golani, 2010
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus spadiceus</i> (Richardson, 1845)	Half-smooth golden pufferfish Sanzo, 1930 (Mavruk ve Avşar, 2008)
	<i>Lagocephalus sceleratus</i> (Gmelin, 1789)	Silver-cheeked toadfish Akyol vd., 2005
	<i>Lagocephalus suezensis</i> (Clark ve Gohar, 1953)	Mouneimne, 1977 (Golani, 2010)
	<i>Lagocephalus lagocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Oceanic puffer Golani vd., 2002
	<i>Torquigener flavimaculosus</i> (Hardy ve Randall, 1983)	Dwarf Blaasop Golani, 1987 (Corsini-Foka vd., 2006)
	<i>Sphoeroides pachygaster</i> (Müller ve Troschel, 1848)	Blunthead puffer Mater ve Bilecenoğlu, 1999
	<i>Tylerius spinosissimus</i> (Regan, 1908),	Spiny blaasop Corsini vd., 2005
	<i>Sphoeroides marmoratus</i> (Lowe, 1838),	Guinean puffer Vacchi vd., 2007
	<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)	Bandtail puffer Reina-Hervas vd., 2004

Akdeniz'de yaşayan diğer balon balığı türlerinin TTX düzeyleri ile ilgili bilimsel araştırmalar, birey büyüklüğü açısından pazarda kendilerine daha kolay yer bulabilecek *L. sceleratus*, *L. spadiceus* ve *L. lagocephalus* türleri üzerine yoğunlaşmış durumdadır.

Balon balıklarının toksisitesi ile ilgili toksin araştırmaları Akdeniz'de kısıtlı düzeydedir, sadece *L. sceleratus* türü balon balıklarının toksisitesi araştırılmıştır. *L. sceleratus* türü balon balıklarında özellikle gonad ve karaciğerdeki TTX içeriğinin fazla olduğu ve bu türün toksik bir balık türü olarak kabul edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Rodriguez vd., 2008, Katikou vd., 2009, Rodriguez vd., 2012; Köşker, 2014).

L. sceleratus türü balon balıklarının toksik olduğu ancak toksisite düzeyinin yaşam alanı, mevsimsel farklılıklar, eşey ve balığın araştırılan dokusuna göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir (El-Sayed vd., 2003; Sabrah vd., 2006; Hwang ve Noguchi, 2007; Noguchi ve Arakawa, 2008; Simon vd., 2009; Katikou vd., 2009; Monaliza vd., 2011; Rodriguez vd., 2012; Köşker, 2014; Azman vd., 2014).

L. spadiceus türü balon balıklarının TTX düzeyi özellikle Brillantes vd.,(2003)'e göre tüketiminin yoğun olduğu Tayland ve Malezya gibi ülkelerde araştırılmıştır. Kungsuwan (1994) ve Brillantes vd. (2003) Tayland kıyılarında yakalanan *L. spadiceus* türünün toksik olmadığını, Chulanetra vd. (2011) ise gonadlarda, sindirim sistemi ve kas dokuda TTX tespit edilemediğini, ancak karaciğerde fare deneylerine göre 4 MU/g TTX tespit edildiğini bildirmişlerdir. Monaliza vd. (2011) Malezya Sabah Denizi'nde yakaladıkları *L. spadiceus* türü balon balıklarının kas, karaciğer ve derisinde yaptıkları analizlerde TTX düzeyini <2 MU/g olarak ölçmüşler ve balığın toksik olmadığını belirtmişlerdir. Eisenman vd., (2008), İsrail'de *L. sceleratus* tüketiminden kaynaklı zehirlenme vakaları olmasına rağmen *L. spadiceus* türünden kaynaklı zehirlenme vakası olmadığını bildirmiştir.

L. lagocephalus türün yaygın dağılım gösterdiği Tunus kıyılarında yakalanan bireylerde toksisite araştırılmış ve balığın etinin tüketiminin toksisite açısından oldukça tehlikeli olduğu bildirilmiştir (Saoudi vd., 2008; Saoudi vd., 2011).

SONUÇ VE ÖNERİLER

TTX karmaşık yapısı ve toksisite gücü nedeniyle en bilinen doğal deniz ürünlerden birisidir (Nishikawa ve Isobe, 2013). Bu nedenle TTX içeren denizel türlerin Akdeniz'e

girişlerindeki artış gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından üzerinde dikkatle durulması gereken bir durumdur. TTX içeren organizmaların Akdeniz'deki varlığı kaygı verici düzeylere gelmiştir. Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde balon balıklarının karaya çıkarılması ve satılmasına ilgili devlet kurumlarınca yasaklamalar getirilmiş olmasına rağmen balon balıkları bir dönem özellikle Doğu Akdeniz ülkelerindeki balık tezgâhlarında kendine yer bulabilmiş ve zehirlenme vakaları ile karşılaşmıştır. Balon balığı tüketiminden kaynaklı TTX zehirlenmelerine yönelik kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve bu bağlamda sağlık çalışanlarının TTX zehirlenme semptomları ve uygulanabilecek tedavi yöntemleri hususunda eğitimlerinin, atılması gereken öncelikli adımlar olduğu düşünülmektedir.

Akdeniz'de oldukça önemli bir yayılım gösteren balon balıklarının büyüklük, beslenme, eşeysel olgunluk, ve mevsimsel farklılıkların TTX düzeyine ve TTX analogları düzeylerine etkileri araştırılmalıdır. Daha önceleri bilinmeyen toksinlerin keşifleri ve bilinen toksinlerin özelliklerine dair bilimsel araştırmalar yapılmasına rağmen toksikolojik veri eksikliği hükümetlerce gerekli sınırlamaların getirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle TTX ve olası diğer denizel toksinlerin araştırılması gerek insan sağlığı, gerekse de TTX'in ekosistemdeki durumunu anlamak açısından önem arz etmektedir. Balon balıklarında TTX düzeylerinin çok düşük seviyelerde bile tespit edilebilmesi nedeniyle HPLC, LC/MS/MS, GC/MS gibi analitik cihazlarla ölçülmesi Akdeniz'de güvenilir bir toksikolojik data oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Mevcut durumda ekonomik balık türleri, yerel balıkçılık ve kamu sağlığı açısından önemli riskler barındıran balon balıklarının TTX düzeyleri ile ilgili daha fazla araştırma yapılmasının bu balıkların ekonomiye kazandırılmasında faydalı olabileceği düşünülmektedir. Akdeniz'de yaşayan *L. sceleratus* popülasyonlarında TTX düzeylerinin okyanus ekosistemlerinde yaşayan popülasyonlara göre daha düşük bulunması durumunda, yakalanacak balıkların Türkiye'de olanaklı olmasada, balon balıklarının tüketildiği ülkelere ihraç edilmesinin önü açılmış olacaktır. TTX düzeylerinin daha yüksek tespit edilmesi durumunda ise, balon balıklarından TTX izolasyonu üzerine çalışmalar yoğunlaştırılarak, ticari açıdan TTX ihracı sağlanabilecektir. Bu bağlamda TTX araştırmalarının daha fazla yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abbott, J. P., Flewelling, L. J., Landsberg, J. H., 2009. Saxitoxin monitoring in three species of Florida puffer fish. *Harmful Algae*, 8(2):343-348. doi: 10.1016/j.hal.2008.07.005

Ahasan, H. A., Mamun, A. A., Karim, S. R., Bakar, M. A., Gazi, E. A., Bala, C. S., 2004. Paralytic Complications Of Puffer Fish (Tetrodotoxin) Poisoning. *Singapore Medical Journal*, 45(2):73.

Akyol, O., Ünal, V., Ceyhan, T., Bilecenoğlu, M., 2005. First Confirmed Record Of *Lagocephalus Sceleratus* (Gmelin, 1789) In The Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 66(4):1183-1186. doi: 10.1111/j.0022-1112.2005.00667.x

Anonim, 2012. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü 3/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliği (Tebliğ)

- No:2012/65);<http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.16536&MevzuatIlsiki=0&sourceXmlSearch=3/1> (25.09.2014)
- Anonim, 2014. WEX Pharmaceuticals Inc.: <http://www.wextech.ca/products.asp?m=1> (10.11.2014)
- Azman, A. M. N., Samsur, M., Othman, M., 2014. Distribution Of Tetrodotoxin Among Tissues of Pufferfish from Sabah and Sarawak Waters. *Sains Malaysiana*, 43(7):1003-1011.
- Bentur, Y., Ashkar, J., Lurie, Y., Levy, Y., Azzam, Z. S., Litmanovich, M., Eisenman, A., 2008. Lessepsian Migration And Tetrodotoxin Poisoning Due To *Lagocephalus sceleratus* In The Eastern Mediterranean. *Toxicon*, 52(8): 964-968. doi: [10.1016/j.toxicon.2008.10.001](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2008.10.001)
- Bilecenoglu, M., 2010. Alien Marine Fishes Of Turkey - An Updated Review. In: Golani D, Appelbaum-Golani B (eds) Fish Invasions of the Mediterranean Sea: Change and Renewal. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, p.189-217
- Bragadeeswaran, S., Therasa, D., Prabhu, K., Kathiresan, K., 2010. Biomedical And Pharmacological Potential of Tetrodotoxin-Producing Bacteria Isolated From Marine Pufferfish *Arothron hispidus* (Muller, 1841). *The Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 16(3): 421-431. doi: [10.1590/S1678-91992010000300008](https://doi.org/10.1590/S1678-91992010000300008)
- Brillantes, S., Samosorn, W., Faknoi, S., Oshima, Y., 2003. Toxicity of Puffers Landed and Marketed in Thailand. *Fisheries Science*, 69(6): 1224-1230. doi: [10.1111/j.0919-9268.2003.00749.x](https://doi.org/10.1111/j.0919-9268.2003.00749.x)
- Campas, M., Prieto-Simón, B., Marty, J. L., 2007. Biosensors to Detect Marine Toxins: Assessing Seafood Safety. *Talanta*, 72(3): 884-895. doi: [10.1016/j.talanta.2006.12.036](https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.12.036)
- Campbell, S., Harada, R. M., Defelice, S. V., Bienfang, P. K., Li, Q. X., 2009. Bacterial Production of Tetrodotoxin in The Pufferfish *Arothron hispidus*. *Natural Product Research*, 23(17):1630-1640. doi: [10.1080/14786410903003780](https://doi.org/10.1080/14786410903003780)
- Campora, C.E., Hakoma Y., 2010, Chapter 19 :Marine Toxins, Nollet, L. M., Toldrá, F. (Eds.), Safety analysis of foods of animal origin, CRC Press, USA, p:577-602.
- Chamandi, S. C., Kallab, K., Mattar, H., Nader, E., 2009. Human Poisoning After Ingestion Of Puffer Fish Caught From Mediterranean Sea. *Middle East Journal of Anesthesiology*, 20(2):285-288.
- Chau, R., Kalaitzis, J. A., Neilan, B. A., 2011. On the origins and biosynthesis of tetrodotoxin. *Aquatic Toxicology*, 104(1), 61-72. doi: [10.1016/j.aquatox.2011.04.001](https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2011.04.001)
- Chen, C. Y., Chou, H. N., 2002. A Modified High-Performance Liquid Chromatography Method for Analysis of PSP Toxins in Dinoflagellate, *Alexandrium minutum*, and Shellfish From Taiwan. *Food Research International*, 35(8): 715-720. doi: [10.1016/S0963-9969\(02\)00066-2](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00066-2)
- Chen, X. W., Liu, H. X., Jin, Y. B., Li, S. F., Bi, X., Chung, S., Jiang, Y. Y., 2011. Separation, identification and quantification of tetrodotoxin and its analogs by LC-MS without calibration of individual analogs. *Toxicon*, 57(6), 938-943. doi: [10.1016/j.toxicon.2011.03.011](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2011.03.011)
- Chew, S. K., Goh, C. H., Wang, K. W., Mah, P. K., Tan, B. Y., 1983. Puffer Fish (Tetrodotoxin) Poisoning: Clinical Report and Role of Anti-Cholinesterase Drugs in Therapy. *Singapore Medical Journal*, 24(3): 168-171.
- Chowdhury, F. R., Ha, N. A., Al Mamun, A., Khaliduzzaman, S. M., 2007. Tetrodotoxin Poisoning: A Clinical Analysis, Role of Neostigmine and Short-Term Outcome of 53 Cases. *Singapore Medical Journal*, 48(9): 830-833.
- Chua, H. H., Chew, L. P., 2009. Puffer fish poisoning: a family affair. *Medical Journal of Malaysia*, 64(2):181-182
- Chulanetra, M., Sookrung, N., Srimanote, P., Indrawattana, N., Thanongsaksrikul, J., Sakolvaree, Y., Chaicumpa, W., 2011. Toxic Marine Puffer Fish In Thailand Seas And Tetrodotoxin They Contained. *Toxins*, 3(10):1249-1262. doi: [10.3390/toxins3101249](https://doi.org/10.3390/toxins3101249)
- Corsini, M., Margies, P., Kondilatos, G., Economidis, P. E., 2005. Lessepsian Migration Of Fishes To The Aegean Sea: First Record of *Tylerius spinosissimus* (Tetraodontidae) From The Mediterranean And Six More Fish Recorded From Rhodes. *Cybium*, 29: 347-354.
- Corsini-Foka, M., Margies, P., Kondilatos, G., Economidis, P. S., 2006. *Torquigener flavimaculosus* Hardy and Randall, 1983 (Pisces: Tetraodontidae) of Rhodes Island Marine Area: a New Alien Fish in the Hellenic Waters.Mediterranean. *Marine Science*, 7(2): 73-76. doi: [10.12681/mms.172](https://doi.org/10.12681/mms.172)
- Do, H. K., Kogure, K., Simidu, U., 1990. Identification Of Deep-Sea-Sediment Bacteria Which Produce Tetrodotoxin. *Applied and Environmental Microbiology*, 56(4): 1162-1163.
- Do, H. K., Kogure, K., Imada, C., Noguchi, T., Ohwada, K., Simidu, U., 1991. Tetrodotoxin production of actinomycetes isolated from marine sediment. *Journal of Applied Microbiology*, 70(6), 464-468.
- Do, H. K., Hamasaki, K., Ohwada, K., Simidu, U., Noguchi, T., Shida, Y., Kogure, K., 1993. Presence of Tetrodotoxin And Tetrodotoxin-Producing Bacteria in Freshwater Sediments. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(11): 3934-3937.
- EC, 2004a. Regulation (EC) No. 853/2004 Of The European Parliament And Of The Council of 29 April 2004 Laying Down Specific Hygiene Rules For Food Of Animal Origin. *Official Journal of the European Union L 139 of 30 April 2004*, L226, Brussels, pp. 68
- EC, 2004b. Regulation 854/2004/EC, 25/06/2004. Regulation (EC) No 854/2004 of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 Laying Down Specific Rules for the Organisation of Official Controls on Products of Animal Origin Intended for Human Consumption, *Official Journal of the European Union L 139 of 30 April 2004*, L226, Brussels, pp. 123.
- Eisenman, A., Rusetski, V., Sharivker, D., Yona, Z., Golani, D., 2008. An Odd Pilgrim In The Holy Land. *The American Journal of Emergency Medicine*, 26(3): 383.e3–383.e6. doi: [10.1016/j.ajem.2007.05.035](https://doi.org/10.1016/j.ajem.2007.05.035)
- El-Sayed, M., Yacout, G. A., El-Samra, M., Ali, A., Kotb, S. M., 2003. Toxicity Of The Red Sea Pufferfish *Pleuranacanthus sceleratus* "El-Karad". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56(3): 367. doi: [10.1016/S0147-6513\(02\)00142-2](https://doi.org/10.1016/S0147-6513(02)00142-2)
- Fernández-Ortega, J. F., Santos, J. M., Herrera-Gutiérrez, M. E., Fernández-Sánchez, V., Loureo, P. R., Rancaño, A. A., Téllez-Andrade, A., 2010. Seafood Intoxication by Tetrodotoxin: First Case in Europe. *The Journal of Emergency Medicine*, 39(5): 612-617. doi: [10.1016/j.jemermed.2008.09.024](https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2008.09.024)
- Field, J., 1998. Puffer Fish Poisoning. *Journal Of Accident Emergency Medicine*, 15(5): 334-336. doi: [10.1136/emj.15.5.334](https://doi.org/10.1136/emj.15.5.334)
- Follesa, M. C., Mulas, A., Porcu, C., Cau, A. (2009). First record of *Chilomyxus reticulatus* (Osteichthyes: Diodontidae) in the Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 74(7), 1677-1681. doi: [10.1111/j.1095-8649.2009.02229.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02229.x)
- Fouda, F. M. (2005). Anti-tumor activity of tetrodotoxin extracted from the Masked Puffer fish *Arothron diadematus*. *Egyptian Journal of Biology*, 7(1), 1-13.
- Galil, B. S., 2000. A Sea Under Siege—Alien Species In The Mediterranean. *Biological Invasions*, 2(2): 177-186. doi: [10.1023/A:1010057010476](https://doi.org/10.1023/A:1010057010476)
- Galil, B. Zenetos, A., 2002. A Sea Change — Exotics in The Eastern Mediterranean Sea. In *Invasive Aquatic Species in Europe. Distribution, Impacts and Management*, E. Leppakoski et al. (eds). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.325–336.
- Gershon, M. D., 1967. Effects of tetrodotoxin on innervated smooth muscle preparations. *British Journal of Pharmacology and Chemotherapy*, 29(3), 259-279.
- Golani, D., 2010. Colonization of The Mediterranean By Red Sea Fishes Via The Suez Canal-Lessepsian Migration. *Fish Invasions of the Mediterranean Sea: Change and Renewal*. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 145-188.
- Golani, D., Orsini-Relini, L., Massutj, E. & Quignard, J.-P., 2002. CIESM atlas of exotic species in the Mediterranean. Vol. 1. Fishes (ed. F. Briand). Monaco: CIESM Publishers.

- Goto, T., Kishi, Y., Takahashi, S., ve Hirata, Y., 1965. Tetrodotoxin. *Tetrahedron*, 21(8), 2059-2088. doi: [10.1016/S0040-4020\(01\)98344-9](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)98344-9)
- Halstead, B. W., 1958. Poisonous fishes. *Public Health Reports*, 73(4): 302.
- Hanifin, C. T., 2010. The chemical and evolutionary ecology of tetrodotoxin (TTX) toxicity in terrestrial vertebrates. *Marine Drugs*, 8(3):577-593. doi: [10.3390/md8030577](https://doi.org/10.3390/md8030577)
- Haque, M. A., Islam, Q. T., Razzak, M. A., Faiz, M. A., Bari, M. I., 2008. Neurological manifestations of puffer fish poisoning and its outcome: Study of 83 cases. *TAJ: Journal of Teachers Association*, 21(2), 121-125. doi: [10.3329/taj.v21i2.3790](https://doi.org/10.3329/taj.v21i2.3790)
- How, C. K., 2003. Tetrodotoxin Poisoning. *The American Journal of Emergency Medicine*, 21(1):51-54. doi: [10.1053/ajem.2003.50008](https://doi.org/10.1053/ajem.2003.50008)
- Hwang, D. F., Noguchi, T., 2007. Tetrodotoxin Poisoning. *Advances in Food and Nutrition Research*, 52:141-236. doi: [10.1016/S1043-4526\(06\)52004-2](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)52004-2)
- Isbister, G. K., Son, J., Wang, F., Maclean, C. J., Lin, C. S., Ujma, J., Kiernan, M. C., 2002. Puffer Fish Poisoning: A Potentially Life-Threatening Condition. *Medical Journal Of Australia*, 177(11/12): 650-653.
- Iverson, F., Truelove, J., 1994. Toxicology and Seafood Toxins: Domoic Acid. *Natural Toxins*, 2(5): 334-339. doi: [10.1002/nt.2620020514](https://doi.org/10.1002/nt.2620020514)
- Ji, Y., Liu, Y., Gong, Q. L., Zhou, L., Wang, Z. P., 2011. Toxicity of Cultured Puffer Fish and Seasonal Variations in China. *Aquaculture Research*, 42(8): 1186-1195. doi: [10.1111/j.1365-2109.2010.02707.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02707.x)
- Jianwei, W., Xueyun, L., Rong, J., Di, Z., 1997. A Monoclonal Antibody Based Indirect Competitive Inhibition Enzyme Linked Immunosorbent Assay for Detecting Tetrodotoxin in Puffer Fish. *Journal of Hygiene Research*, 26(2): 106-109.
- Kao, C. Y., 1972. Pharmacology of Tetrodotoxin and Saxitoxin. In *Federation Proceedings*, 31(3): 1117-1123.
- Katikou, P., Georgantelis, D., Sinouris, N., Petsi, A., Fotaras, T., 2009. First Report on Toxicity Assessment of The Lessepsian Migrant Pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) From European Waters (Aegean Sea, Greece). *Toxicon*, 54(1): 50-55. doi: [10.1016/j.toxicon.2009.03.012](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2009.03.012)
- Kawabata, T., 1978. Tetrodotoxin. In: *Veterinary Sanitation Division, Environmental Health Bureau, Ministry of Health and Welfare (Ed.)*, Food Hygiene Examination Manual (Shokuhin Eisei Kensa Shishin) II. Japan Food Hygiene Association, Tokyo, pp. 223-241.
- Kheifets, J., Rozhavsky, B., Girsh Solomonovich, Z., Marianna, R., Soroksky, A., 2012. Severe Tetrodotoxin Poisoning After Consumption of *Lagocephalus sceleratus* (Pufferfish, Fugu) Fished in Mediterranean Sea, Treated with Cholinesterase Inhibitor. *Case Reports in Critical Care*, vol. 2012, Article ID 782507, 3 pages. doi: [10.1155/2012/782507](https://doi.org/10.1155/2012/782507)
- Kogure, K., Do, H. K., Thuesen, E. V., Nanba, K., Ohwada, K., Simidu, U., 1988. Accumulation of Tetrodotoxin in Marine Sediment. *Marine Ecology Progress Series*. 45(3): 303-305.
- Kono, M., Matsui, T., Furukawa, K., Takase, T., Yamamori, K., Kaneda, H., Yotsu-Yamashita, M., 2008. Examination of Transformation Among Tetrodotoxin and its Analogs in The Living Cultured Juvenile Puffer Fish, *Kusafugu*, Fugu niphobles by Intramuscular Administration. *Toxicon*, 52(6): 714-720. doi: [10.1016/j.toxicon.2008.08.002](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2008.08.002)
- Köşker, A. R., 2014. Mersin Körfezinden Yakalanan Balon Balığı'nın (*Lagocephalus sceleratus*) Mevsime Ve Cinsiyete Bağlı Olarak Besin Kompozisyonu Ve Tetrodotoxin (TTX) Düzeylerindeki Değişimlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, 90s, Adana
- Kumar, Y., Kurcheti, P. P., 2013. Effect of Liver Biotoxins of Certain Marine Fishes on Mouse Cell Culture. *Journal of Marine Science: Research & Development*, 3(117): 2. doi: [10.4172/2155-9910.1000117](https://doi.org/10.4172/2155-9910.1000117)
- Kungsuwan, A., 1994. Survey on poisonous pufferfish in Andaman Sea. In *Proceeding of the Seminar on Fisheries 1993 Department of Fisheries, Bangkok (Thailand)*, 15-17 Sep 1993.
- Landsberg, J. H., Hall, S., Johannessen, J. N., White, K. D., Conrad, S. M., Abbott, J. P., Steidinger, K. A., 2006. Saxitoxin puffer fish poisoning in the United States, with the first report of *Pyrodinium bahamense* as the putative toxin source. *Environmental Health Perspectives*, 114(10), 1502. doi: [10.1289/ehp.8998](https://doi.org/10.1289/ehp.8998)
- Laobhripatr, S., Limpakarnjanarat, K., Sangwonloy, O., Sudhasaneya, S., Anuchatvorakul, B., Leelasitorn, S., Saitanu, K., 1990. Food Poisoning Due To Consumption of The Freshwater Puffer *Tetraodon fangi* in Thailand. *Toxicon*, 28(11): 1372-1375. doi: [10.1016/0041-0101\(90\)90105-G](https://doi.org/10.1016/0041-0101(90)90105-G)
- Lee, M. J., Jeong, D. Y., Kim, W. S., Kim, H. D., Kim, C. H., Park, W. W., Kim, D. S., 2000. A Tetrodotoxin-Producing *Vibrio* Strain, Lm-1, from The Puffer Fish *Fugu vermicularis radiatus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(4):1698-1701. doi: [10.1128/AEM.66.4.1698-1701.2000](https://doi.org/10.1128/AEM.66.4.1698-1701.2000)
- Lin, S. J., Tsai, Y. H., Lin, H. P., Hwang, D. F., 1998. Paralytic Toxins in Taiwanese Starfish *Astropecten Scoparius*. *Toxicon*, 36(5): 799-803. doi: [10.1016/S0041-0101\(97\)00161-X](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(97)00161-X)
- Mater, S., Bilecenoğlu, M., 1999. Türkiye deniz balıkları. In: *Genel Zoocoğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası*, A. Demirsoy (Ed), Meteksan Matbaası, Ankara. p. 790- 808
- Matsumoto, T., Nagashima, Y., Kusuhaba, H., Ishizaki, S., Shimakura, K., Shiomi, K., 2008. Pharmacokinetics of tetrodotoxin in puffer fish *Takifugu rubripes* by a single administration technique. *Toxicon*, 51(6): 1051. doi: [10.1016/j.toxicon.2008.01.007](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2008.01.007)
- Matsumura, K., 1996. Tetrodotoxin Concentrations in Cultured Puffer Fish, *Fugu rubripes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(1): 1-2. doi: [10.1021/jf950576i](https://doi.org/10.1021/jf950576i)
- Matsumura, K., 2001. No Ability to Produce Tetrodotoxin in Bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(5):2393-2394. doi: [10.1128/AEM.8.3.2393-2394.2001](https://doi.org/10.1128/AEM.8.3.2393-2394.2001)
- Mavruk, S., Avsar, D., 2008. Non-native fishes in the Mediterranean from the Red Sea, by way of the Suez Canal. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18(3), 251-262.
- Mebs, D., 2001. Toxicity in animals. Trends in evolution? *Toxicon*, 39(1), 87-96. doi: [10.1016/S0041-0101\(00\)00155-0](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(00)00155-0)
- Mebs, D., Arakawa, O., Yotsu-Yamashita, M., 2010. Tissue Distribution of Tetrodotoxin in The Red-Spotted Newt *Notophthalmus viridescens*. *Toxicon*, 55(7): 1353-1357. doi: [10.1016/j.toxicon.2010.02.009](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.02.009)
- Miyazawa, K., Noguchi, T., 2001. Distribution And Origin of Tetrodotoxin. *Toxin Reviews*, 20(1): 11-33. doi: [10.1081/txr-100103081](https://doi.org/10.1081/txr-100103081)
- Monaliza, M.D., Samsur, M., 2011. Toxicity and Toxin Properties Study of Puffer Fish Collected from Sabah Waters. *Health and the Environment Journal*, 2(1): 14-17.
- Mosher, H. S., Fuhrman, F. A., 1984. Occurrence And Origin of Tetrodotoxin. *Seafood Toxins* (Ragelis EP, ed.), American Chemical Society, Washington, DC, 333-344.
- Nader, M.R.; Indary, S.; Boustany, L.E., 2012. The Puffer Fish *Lagocephalus Sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Eastern Mediterranean. *EastMed Technical Documents 2012*, GCP/INT/041/EC-GRE-ITA; FAO: Rome, Italy.
- Nakamura, M., Yasumoto, T., 1985. Tetrodotoxin Derivatives in Puffer Fish. *Toxicon*, 23(2): 271-276. doi: [10.1016/0041-0101\(85\)90149-7](https://doi.org/10.1016/0041-0101(85)90149-7)
- Narahashi, T. (2008). Tetrodotoxin—A brief history—. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences*, 84(5), 147. doi: [10.2183/pjab.84.147](https://doi.org/10.2183/pjab.84.147)
- Narahashi, T., 2001. Pharmacology of Tetrodotoxin. *Toxin Reviews*, 20(1): 67-84. doi: [10.1081/txr-100102537](https://doi.org/10.1081/txr-100102537)
- Nishikawa, T., Isobe, M., 2013. Synthesis of tetrodotoxin, a classic but still fascinating natural product. *The Chemical Record*, 13(3), 286-302. doi: [10.1002/ctr.201200025](https://doi.org/10.1002/ctr.201200025)
- Noguchi, T., Arakawa, O., Takatani, T., 2006a. Toxicity of Pufferfish *Takifugu rubripes* Cultured in Netcages at Sea or Aquaria on Land. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, 1(1):153-157. doi: [10.1016/j.cbd.2005.11.003](https://doi.org/10.1016/j.cbd.2005.11.003)

- Noguchi, T., Arakawa, O., Takatani, T., 2006b. TTX Accumulation in Pufferfish. Comparative Biochemistry and Physiology Part D: *Genomics and Proteomics*, 1(1): 145-152. doi: [10.1016/j.cbd.2005.10.006](https://doi.org/10.1016/j.cbd.2005.10.006)
- Noguchi, T., Arakawa, O., 2008. Tetrodotoxin–Distribution and Accumulation in Aquatic Organisms, and Cases of Human Intoxication. *Marine Drugs*, 6(2): 220-242. doi: [10.3390/md20080011](https://doi.org/10.3390/md20080011)
- Noguchi, T., Ebesu, J. S., 2001. Puffer Poisoning: Epidemiology and Treatment. *Toxin Reviews*, 20(1): 1-10. doi: [10.1081/txr-100103080](https://doi.org/10.1081/txr-100103080)
- Noguchi, T.; Onuki, K.; Arakawa, O., 2011. Tetrodotoxin poisoning due to pufferfish and gastropods, and their intoxication mechanism. *ISRN Toxicology*, v. 2011: 1–10. doi: [10.5402/2011/276939](https://doi.org/10.5402/2011/276939)
- Núñez-Vázquez, E. J., Yotsu-Yamashita, M., Sierra-Beltrán, A. P., Yasumoto, T., Ochoa, J. L., 2000. Toxicities and Distribution of Tetrodotoxin in The Tissues of Puffer Fish Found in The Coast of The Baja California Peninsula, Mexico. *Toxicon*, 38(5): 729-734. doi: [10.1016/S0041-0101\(99\)00189-0](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(99)00189-0)
- Popkiss, M. E., Horstman, D. A., Harpur, D., 1979. Paralytic Shellfish Poisoning. A report of 17 cases in Cape Town. *South African Medical Journal= Suid-Afrikaanse tydskrif vir geneeskunde*, 55(25): 1017.
- Por, F. D., 1964. A study of the Levantine and Pontic Harpacticoida (Crustacea, Copepoda). *Zoologische Verhandelingen*, 64(1): 1-128.
- Reina-Hervás, J. A., Raso, J. E., Manjon-Cabeza, M. E., 2004. First record of Spherooides spengleri (Osteichthyes: Tetraodontidae) in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 84(05):1089-1090. doi: [10.1017/S0025315404010495h](https://doi.org/10.1017/S0025315404010495h)
- Rodriguez, P., Alfonso, A., Otero, P., Katikou, P., Georgantelis, D., Botana, L. M., 2012. Liquid Chromatography–Mass Spectrometry Method to Detect Tetrodotoxin and its Analogues in The Puffer Fish Lagocephalus scleratus (Gmelin, 1789) from European Waters. *Food Chemistry*, 132(2): 1103-1111. doi: [10.1016/j.foodchem.2011.11.081](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.081)
- Rodriguez, P., Alfonso, A., Vale, C., Alfonso, C., Vale, P., Tellez, A., Botana, L. M., 2008. First toxicity report of tetrodotoxin and 5, 6, 11-trideoxyTTX in the trumpet shell Charonia lampas lampas in Europe. *Analytical Chemistry*, 80(14), 5622-5629. doi: [10.1021/ac800769e](https://doi.org/10.1021/ac800769e)
- Sabrah, M.M., El-Ganainy, A.A., Zaky, M.A., 2006. Biology and Toxicity of the puffer fish Lagocephalus scleratus (Gmelin, 1789) from The Gulf of Suez. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 32: 283-297.
- Saoudi, M., Abdelmouleh, A., Kammoun, W., Ellouze, F., Jamoussi, K., El Feki, A., 2008. Toxicity Assessment of The Puffer Fish Lagocephalus lagocephalus from The Tunisian coast. *Comptes Rendus Biologies*, 331(8): 611-616. doi: [10.1016/j.crv.2008.05.005](https://doi.org/10.1016/j.crv.2008.05.005)
- Saoudi, M., Abdelmouleh, A., El Feki, A., 2010. Tetrodotoxin: A Potent Marine Toxin. *Toxin Reviews* (formerly Journal of Toxicology), 29(2): 60-70. doi: [10.3109/15569543.2010.487631](https://doi.org/10.3109/15569543.2010.487631)
- Saoudi, M., Messarah, M., Boumendjel, A., Abdelmouleh, A., Kammoun, W., Jamoussi, K., El Feki, A., 2011. Extracted Tetrodotoxin from Puffer Fish Lagocephalus lagocephalus Induced Hepatotoxicity and Nephrotoxicity to Wistar rats. *African Journal of Biotechnology*, 10(41): 8140-8145.
- Schwartz, D. M., Fields, H. L., Duncan, K. G., Duncan, J. L., Jones, M. R., 1998. Experimental study of tetrodotoxin, a long-acting topical anesthetic. *American Journal of Ophthalmology*, 125(4), 481-487. doi: [10.1016/S0002-9394\(99\)80188-3](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(99)80188-3)
- Silva, M., Azevedo, J., Rodriguez, P., Alfonso, A., Botana, L. M., Vasconcelos, V., 2012. New Gastropod Vectors and Tetrodotoxin Potential Expansion in Temperate Waters of The Atlantic Ocean. *Marine Drugs*, 10(4):712-726. doi: [10.3390/md10040712](https://doi.org/10.3390/md10040712)
- Simidu, U., Noguchi, T., Hwang, D. F., Shida, Y., Hashimoto, K., 1987. Marine Bacteria Which Produce Tetrodotoxin. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(7): 1714-1715.
- Simon, K. D., Mazlan, A. G., Usup, G., 2009. Toxicity of puffer fishes (Lagocephalus wheeleri Abe, Tabeta and Kitahama, 1984 and Lagocephalus scleratus Gmelin, 1789) from the East Coast Waters of Peninsular Malaysia. *Journal of Biological Sciences*, 9(5): 482-487. doi: [10.3923/jbs.2009.482.487](https://doi.org/10.3923/jbs.2009.482.487)
- Streffaris, N., Zenetos, A., 2006. Alien marine species in the Mediterranean—the 100 'Worst Invasives' and Their Impact. *Mediterranean Marine Science*, 7(1): 87-118. doi: [10.12681/mms.180](https://doi.org/10.12681/mms.180)
- Thuesen, E. V., Kogure, K., 1989. Bacterial Production of Tetrodotoxin in Four Species of Chaetognatha. *The Biological Bulletin*, 176(2): 191-194.
- Tsai, Y. H., Ho, P. H., Hwang, C. C., Hwang, P. A., Cheng, C. A., Hwang, D. F., 2006. Tetrodotoxin in several species of Xanthid crabs in southern Taiwan. *Food Chemistry*, 95(2), 205-212. doi: [10.1016/j.foodchem.2004.12.032](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.032)
- Tsunenari, S., Uchimura, Y., Kanda, M., 1980. Puffer Poisoning in Japan—A Case Report. *Journal of Forensic Sciences*, 25(1): 240-245.
- Vacchi, M., Bussotti, S., Miglietta, A. M., Guidetti, P., 2007. Presence of the Guinean puffer Spherooides marmoratus (Lowe, 1838) in the Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 71(4): 1215-1219. doi: [10.1111/j.1095-8649.2007.01578.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01578.x)
- Watabe, S., Sato, Y., Nakaya, M., Hashimoto, K., Enomoto, A., Kaminogawa, S., Yamauchi, K. (1989). Monoclonal antibody raised against tetrodonic acid, a derivative of tetrodotoxin. *Toxicon*, 27(2), 265-268. doi: [10.1016/0041-0101\(89\)90140-2](https://doi.org/10.1016/0041-0101(89)90140-2)
- Woodward, R. B., 1964. The Structure of Tetrodotoxin. *Pure and Applied Chemistry*, 9(1):49-74
- Wu, Z., Yang, Y., Xie, L., Xia, G., Hu, J., Wang, S., Zhang, R., 2005. Toxicity and Distribution of Tetrodotoxin-Producing Bacteria in Puffer Fish Fugu rubripes Collected from The Bohai Sea of China. *Toxicon*, 46(4): 471-476. doi: [10.1016/j.toxicon.2005.06.002](https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2005.06.002)
- Yakes, B. J., Etheridge, S. M., Mulvaney, S. P., Tamanaha, C. R. (2010). Fluidic force discrimination assays: A new technology for tetrodotoxin detection. *Marine Drugs*, 8(3), 565-576. doi: [10.3390/md8030565](https://doi.org/10.3390/md8030565)
- Yasumoto, T., Nagai, H., Yasumura, D., Michishita, T., Endo, A., Yotsu, M., Kotaki, Y., 1986. Interspecies Distribution and Possible Origin of Tetrodotoxin. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 479(1): 44-51. doi: [10.1111/j.1749-6632.1986.tb15560.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1986.tb15560.x)
- Yasumoto, T., Michishita, T., 1985. Fluorometric Determination Of Tetrodotoxin By High Performance Liquid Chromatography. *Agricultural and Biological Chemistry*, 49(10):3077-3080. doi: [10.1080/00021369.1985.10867225](https://doi.org/10.1080/00021369.1985.10867225)
- Yotsu, M., Yamazaki, T., Meguro, Y., Endo, A., Murata, M., Naoki, H., Yasumoto, T., 1987. Production of tetrodotoxin and its derivatives by Pseudomonas sp. isolated from the skin of a pufferfish. *Toxicon: official journal of the International Society on Toxicology*, 25(2): 225. doi: [10.1016/0041-0101\(87\)90245-5](https://doi.org/10.1016/0041-0101(87)90245-5)
- Yotsu-Yamashita, M., 2001. Chemistry of Puffer Fish Toxin. *Journal of toxicology. Toxin Reviews*, 20(1): 51-66. doi: [10.1081/txr-100102536](https://doi.org/10.1081/txr-100102536)
- Yu, C. H., 2008. Detection and Biosynthesis of Puffer Fish Toxin From Bacterial Culture for Novel Medical Application. PhD Thesis, The Hong Kong Polytechnic University, PRC
- Yu, C. H., Yu, C. F., Tam, S., Hoi-Fu Yu, P., 2010. Rapid screening of tetrodotoxin in urine and plasma of patients with puffer fish poisoning by HPLC with creatinine correction. *Food Additives and Contaminants*, 27(1), 89-96. doi: [10.1080/02652030903207250](https://doi.org/10.1080/02652030903207250)
- Zenetos, A., Gofas, S., Morri, C., Rosso, A., Violanti, D., Raso, J. G., Verlaque, M., 2012. Alien Species In The Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the Application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13(2):328-352. doi: [10.12681/mms.327](https://doi.org/10.12681/mms.327)
- Zhou, Y., Li, Y. S., Pan, F. G., Liu, Z. S., Wang, Z., 2007. The development and optimization of ELISA for the determination of tetrodotoxin. *Journal of Medical Colleges of PLA*, 22(6), 347-351. doi: [10.1016/S1000-1948\(08\)60016-7](https://doi.org/10.1016/S1000-1948(08)60016-7)
- Zimmer, T., 2010. Effects Of Tetrodotoxin on The Mammalian Cardiovascular System. *Marine Drugs*, 8(3):741-762. doi: [10.3390/md8030741](https://doi.org/10.3390/md8030741)

İzmir Körfezi Fitoplanktonunun 15 yıllık tür dağılımları ve istatistiksel olarak karşılaştırmalı incelenmesi

Distribution of phytoplankton species in İzmir Bay for 15 years and its comparative statistical analysis

Levent Yurga

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
levent.yurga@ege.edu.tr

How to cite this paper:

Yurga, L. 2015. Distribution of phytoplankton species in İzmir Bay for 15 years and its comparative statistical analysis. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 25-30.
doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.04

Abstract: Quantity of one-celled phytoplanktonic species collected seasonally in selected sample stations in İzmir Bay species for last 15 years and gathered data has summerized with statistical perspectives comparatively in this study. Thus, some toxic and non-toxic species composition and their distribution in this region and the recent state of the bay were investigated. Total count of the species are 253 and belongs to Dinophyceae, Chrysohyceae, Dictyochophyceae, Euglenophyceae, Prasinophyceae and Raphidophyceae classes and Bacillariophyta divisio. Determined dominant group during this period was Bacillariophyta in this region.

Key Words: phytoplankton, statistical, composition, distribution, toxic.

Özet Bu çalışmada, İzmir Körfezi'nden seçilen belirli istasyonlardan son 15 yılda toplanan örneklerin incelenmeleriyle elde edilen tür listeleri ve elde edilen veriler, istatistiksel olarak ele alınarak özetlenmiştir. Böylece, bu zaman boyunca bölgedeki tür kompozisyonları, körfezin durumu ve toksik olan ve olmayan türlerin dağılımları incelenmiştir. Dinophyceae, Chrysohyceae, Dictyochophyceae, Bacillariophyta, Euglenophyceae, Prasinophyceae ve Raphidophyceae sınıflarına ait 253 tür tespit edilmiştir. Süre boyunca bölgedeki en baskın grubun Bacillariophyta divizyonu üyeleri olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: fitoplankton, istatistik, tür kompozisyonu, dağılım, toksik.

GİRİŞ

İzmir Körfezi, toplam 200 kilometrekarelik alanı ve 11,5 milyar metreküp su kapasitesiyle Akdeniz'in en büyük körfezlerinden biridir. 1960'lardan bu yana kentsel nüfusun artması ve endüstriyel kuruluşların fazlaşması sonucu, arıtılmamış evsel ve sanayi atıklarının doğrudan akıtılması ile körfez kirlenmiş ve 2000'lerin başlarına gelindiğinde bölgedeki durum iyice kötüleşmişti. Özellikle, körfezin iç kısımlarında kirlilik aşırı boyutlara ulaşmış ve ekolojik denge bozulmuştu. Giderek artan kirlilik sebebiyle, körfezde ötrofikasyon ve alg patlamalarına sıkça rastlanılmaktaydı. İzmir Körfezini bu durumdan kurtarılması ve bölgenin temizlenmesi amacıyla, ilk çalışmalara 1962 yılında başlamıştır. 1987 yılında İZMİR Büyükşehir Belediyesi İZSU Genel Müdürlüğü'nün kurulması ile birlikte İzmir Büyük Kanal Projesini İZSU devralmış ve ilk yatırım ihalesini 1992 yılında yapmış ve tamamlamıştır (İZSU). Projenin faaliyete geçmesinden sonra, 9 belediye başkanının çalıştığı proje sayesinde İzmir Körfezine dökülen atıklar kontrol altına alınmış, İzmir'in tüm evsel ve endüstriyel atıkları toplanarak

artıldıktan sonra, İzmir Körfezine geri deşarj edilmesi sağlanmış, ilâve atıksu arıtma tesislerinin de devreye alınmasıyla, denizdeki iyileşme süreci hızlanmış, körfezi terkeden canlıların yeniden bölgeye geri döndükleri görülmüştür (İZSU).

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, denizlerdeki besin zincirinin ilk halkasını oluşturan fitoplanktonik grupların saptanmaları amacıyla, İzmir Körfezinden 2000-2015 yılları arasında alınan örnekler incelenmiştir. Mevsimsel olarak, 55 µm standart plankton keşesiyle, 2 mil hızda, 10 dakikalık süreyle yapılan horizontal çekimlerden elde edilen kalitatif materyal, sonuç konsantrasyonu %4 olacak şekilde formaldehit ile fikse edilmiştir. Dış Körfez, Orta Körfez ve İç Körfez şeklinde 6,20 ve 24 numaralı istasyonlardan mevsimsel olarak alınan yüzey, orta su ve dip örnekleri 5 litrelik pet şişelere konmuş, sonuç konsantrasyon %4 olacak şekilde, formaldehit ile fikse edilmiş ve 1 hafta boyunca laboratuvarında sedimentasyon için bekletilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Körfezden seçilen istasyonların yerleri
Figure 1. Selected sampling locations of the stations in the bay

Sedimentasyon sonrasında pet şişelerin berrak olan denizsuyunun üst bölümü elimine edilerek, kalan kısım 250 cc'lik uzun mezürlere aktarılarak 48 saatlik ikinci bir sedimentasyona bırakılmışlardır. Son olarak, mezürlerin üst kısmındaki berrak kısım tekrar elimine edilerek, kalan kısım deney tüplerine aktarılmış ve buradan alınan örnekler, kantite için 1 damla yöntemi ile sayılmış, kepçe örneklerinden de kalitatif tür listeleri oluşturulmuştur. Körfezdeki toksik türlerin incelenmeleri sırasında, UNESCO-IOC/HAB bürosunca standartlaştırılmış yöntemler kullanılmıştır (Hallegraef vd., 2003). Örneklerin tamamı Olympus BX-50 ve Olympus CX-31 araştırma mikroskoplarıyla, 15x20 ve 14x40 büyütmelemlerle, faz-kontrast optik teknikle incelenmiştir. Tür tayinlerinde Cupp (1943), Hendey (1964), Taylor (1976), Sournia (1976), Trégouboff and Rose (1957), Wood (1954), Marshall (1969), Tomas (1997), Koray vd., (2007)'nin eserlerinden yararlanılmış, tür isimleri ve otörler Plankweb (Check-list of Turkish Seas Microplankton) ve *algaebase*'ten kontrol edilmiştir. Türlerin sayımlarında kullanılan tek damla tekniğinde sayım işlemi tamamlandıktan sonra başlangıç hacimleri bilinen örneklerden elde edilen fitoplankton hücre sayım sonuçları geri hesaplama yoluyla hücre/5 litre şekline dönüştürülmüştür.

BULGULAR

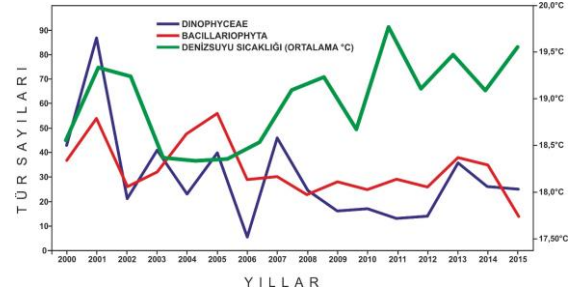
İzmir Körfezi'nde 2000-2015 yılları arasında yapılan çalışmalarda, **Dinophyceae**, **Chrysohyceae**, **Dictyochophyceae**, **Bacillariophyta**, **Euglenophyceae**, **Prasinophyceae** ve **Raphidophyceae** fitoplanktonik olarak saptanan 6 sınıf ve 1 divizyodur. 15 yıllık çalışmalar sonucu 21 cins, 143 taksa, 5 forma ve 33 alttür **Dinophyceae**; 1 cins ve 1 taksa **Chrysohyceae**; 2 cins ve 7 taksa **Dictyochophyceae**; 44 cins, 98 taksa, 4 forma ve 2 alttür **Bacillariophyta**; 1 cins ve 1 taksa **Euglenophyceae**; 1 cins ve 1 taksa **Prasinophyceae**; 1 cins ve 1 taksa ve **Raphidophyceae** sınıfına ait olarak saptanmış olup, toplam tür sayısı 253'tür. 15 yıllık verilerin incelenmesi sonucu, körfezde en çok türle temsil edilen sınıfın **Bacillariophyta** olduğu görülmüştür. %38,6 Dinophyceae, %0,1

Chrysohyceae, %1,9 Dictyochophyceae, %42,8 Bacillariophyta, %0,1 Euglenophyceae, %2 Prasinophyceae ve %0,2 Raphidophyceae ve son 15 yılda saptanan tüm sınıfların dağılımlarıdır. Geri kalan %16'lık kısım ise Ciliata sınıfına aittir.

Körfezden 15 yıl boyunca mevsimsel olarak alınan örneklerin incelenmeleri sonucunda, bölgede en sık rastlanan ve devamlı mevcut olan türler, dinoflagellat *Protooperidinium depressum* (Bailey) Balech ve diyatome *Leptocylindrus danicus* Cleve olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, diyatomelerden *Chaetoceros affinis* Lauder, *C. decipiens* Cleve, *Leptocylindrus minimus* Gran, *Pleurosigma elongatum* W. Smith, *Pseudonitzschia pungens* (Grunow ex. P.T. Cleve) Hasle, *Guinardia striata* (Stolterforth) Hasle in Hasle & Syversten ve dinoflagellat *Prorocentrum micans* Ehrenberg sıkça rastlanan türlerdir.

Yapılan değerlendirmelerde, geçen süre boyunca körfezde sadece 1 kez gözlenen türler de saptanmıştır. Buna göre; *Alexandrium* sp., *A. bidentata* Schröder, *Ceratium candelabrum* var. *depressum* (Puchet) Jørgensen, *C. carriense* Gourret, *C. carriense* var. *volans* (Cleve) Jørgensen, *C. contortum* var. *karsteinii* (Pavill.) Sournia, *C. declinatum* G. Karsten, *C. gibberum* Gourret, *C. hexacanthum* var. *contortum* Lemmerman, *C. horridum* var. *claviger* (Kofoid) Graham & Bronnikovsky, *C. horridum* var. *denticulatum* Jørgensen, *C. inflatum* (Kofoid) E.G.Jørgensen, *C. limulus* (Pouchet) Gourret, *C. longissimum* (Schröder) Kofoid, *C. pavillardi* Jørgensen, *C. pentagonum* var. *tenerum* Jørgensen, *C. pentagonum* var. *subrobustum* Jørgensen, *C. ranipes* var. *palmatum* (Schröder) Cleve, *C. symmetricum* var. *coarctatum* (Pavillard) Graham & Bronnikovsky, *C. tripos* var. *atlanticum* f. *pulchellum* (Schröder) López, *Dinophysis amandula* (Balech) Sournia, *D. argus* (Stein), *D. elongatum* (E.H.Jørgensen) T.H.Abé, *D. parva* Schiller, *Diplopsalis* sp., *Dinophysis tripos* Gourret, *Gonyaulax diegensis* Kofoid, *G. digitalis* (Pouchet) Kofoid, *G. polyedra* F.Stein, *G. turbynei* Murray & Whitting, *Gymnodinium* sp., *Heteraulacus sphaericus* (Murray & Whitting) Loeblich III, *H. pygmaea* Loeblich III, Schmidt & Sherley, *Kofoidinum velelloides* Pavillard, *Ornithocercus caroliniae* Kofoid, *O. quadratus* var. *assimilis* (Jørgensen) F. J. R. Taylor, *Oxytoxum margalefi* Rampi, *O. milneri* Murray & Whitting, *O. reticulatum* Bütschli, *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J.D.Dodge, *P. maximum* (Gourret) Schiller, *Protooperidinium claudicans* (Paulsen) Balech, *P. leonis* (Pavillard) Balech, *P. mediterraneum* (Kofoid) Balech, *P. mite* (Pavillard) Balech, *Pyrocystis elegans* Pavillard, *P. robusta* Kofoid ve *Pyrocystis* sp. olmak üzere 48 dinoflagellat cinsi ve *Amphorides quadrilineata* Claparède & Lachmann, *Bacteriastrum elegans* Pavillard, *B. mediterraneum* Pavillard, *B. pulchella* S.F.Gray, *Chaetoceros brevis* F.Schütt, *Chaetoceros didymus* var. *anglicus* (Grunow) Gran, *C. pseudocurvisetus* Mangin, *C. rostratus* Ralfs, *Climacosphenia elongata* Bailey, *Coscinodiscus granii* Gough, *C. lineatus* Ehrenberg, *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing, *Licmophora* sp., *Lingulodinium polyedrum* Dodge,

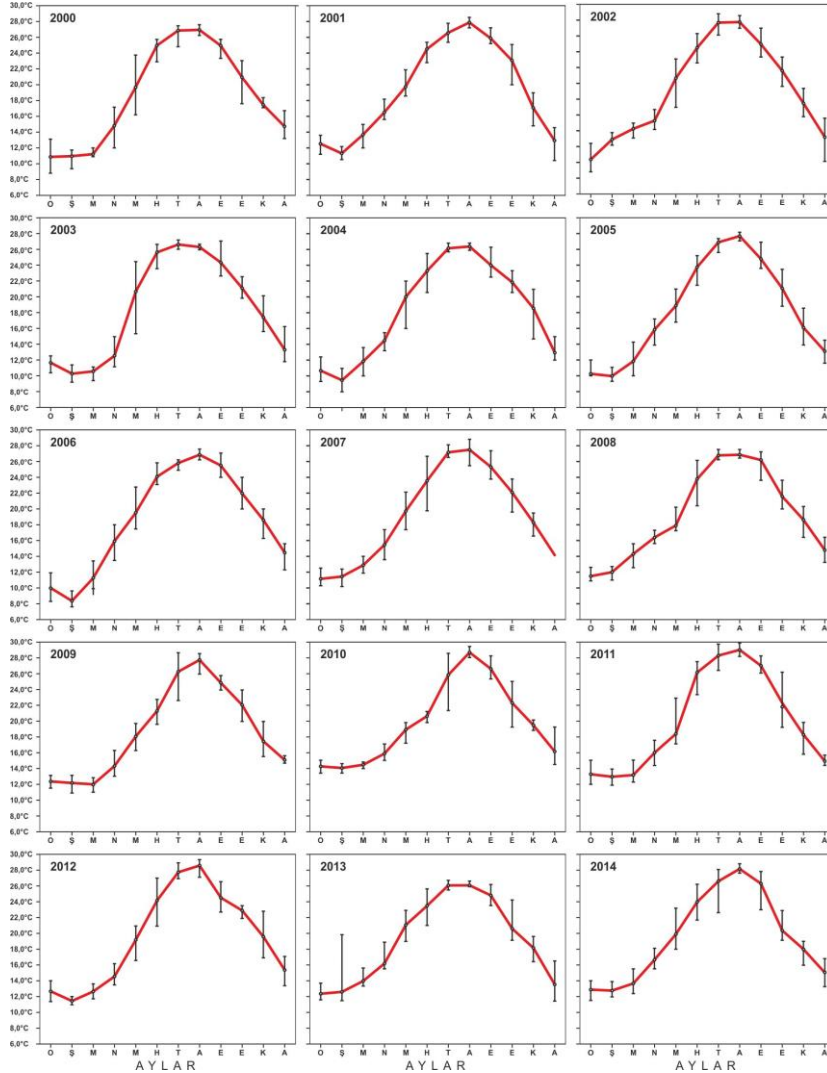
Lithodesmium undulatum Ehrenberg, *Nitzschia seriata* Cleve, *Oxytoxum elegans* Pavillard, *Rhizosolenia imbricata* Brightwell, *Schroederella delicatula* (H. Peragallo) Pavillard, *Scrippsiella trochoidea* (Stein) Loeblich III, *Streptotheca thamesis* Shrubsole, *Thalassiosira decipiens* (Grunow in Van Heurck) Jørgensen, *T. subtilis* (Ostenfeld) Gran ve *T. longissima* Cleve & Grunow olmak üzere 24 diyatom cinsi körfezdeki 15 yıllık çalışmada sadece 1 kez gözlenen fitoplanktonik organizmalardır. Ayrıca, Chrysohyceae sınıfından *Bicosoeca mediterranea* Pavillard ve Dictyochophyceae sınıfından *Dictyocha fibula* var. *pentagona* P.Schulz-Danzig ve *D. polyactis* Ehrenberg, körfezde yalnız bir kez gözlenen diğer organizmalardır.



Şekil 2. 2000-2015 yılları boyunca tür sayıları dağılımı ve ortalama deniz suyu sıcaklıkları
Figure 2. The distribution of the number of species and average temperatures of sea water between 2000-2015

Körfezde en çok tür sayısı 2001 yılında gözlenmiştir ve miktar 183 türdür. Körfezin fitoplanktonik türler açısından en fakir olduğu dönem 2006 yılıdır ve 34 tür saptanmıştır (Şekil 2).

Ankara Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan 15 yıllık deniz suyu ve hava sıcaklıkları ortalamalarına baktığımızda, deniz suyunun en yüksek sıcaklık değerine 29,4°C olarak 2010 yılında ulaştığı saptanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. 2000-2015 yılları arasındaki deniz suyu sıcaklıklarının aylara göre minimum, maksimum ve ortalama değerleri
Figure 3. Sea water temperatures by months minimum, maximum and average values between 2000-2015

Deniz suyu sıcaklığı en düşük olarak 2009 yılında 8°C olarak ölçülmüştür. Şekil 2'de tür sayılarının yıllara göre dağılımına baktığımızda, 2010 ve 2012 yılları arası, deniz suyu sıcaklığının nispeten daha yüksek olduğu zamanlarda, tür sayılarındaki düşme dikkat çekicidir. Benzer şekilde, 2013 yılında deniz suyu ve hava sıcaklığındaki düşüş ve normale yaklaşma, tür sayılarında gözle görülür bir artışla uyum halindedir. Meteorolojinin aylık deniz suyu sıcaklıklarıyla hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi görebilmek için yapılan korelasyon hesabında, geçen süre boyunca deniz suyu ve hava sıcaklığı arasında pozitif bir ilişki olduğu, değerlerin uyumlu olduğu görülmüştür ($r: 0,703$; $p:0,03$). Parametrik test varsayımları yerine geldiğinden, yapılan T testinde, 2000 yılı ve 2014 yılı deniz suyu sıcaklık ortalamaları karşılaştırılmıştır.

2000 yılındaki ortalama deniz suyu sıcaklığı 18,56°C, 2014 yılındaki ortalama deniz suyu sıcaklığı ise 19,55°C'dir. Yapılan tek örnekleme T testiyle, 15 yıllık deniz suyu sıcaklıkları karşılaştırıldığında 0,05 yanılma düzeyinde, %95 güvenilirlikle istatistiksel farklılık bulunmuştur ve deniz suyu sıcaklığının geçen sürede arttığı görülmektedir ($t: 3,430$; $p: 0,004$).

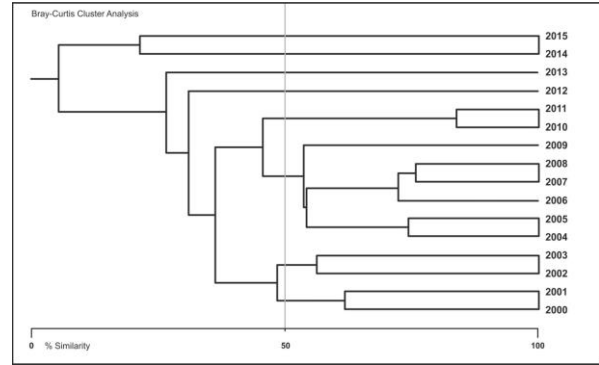
2000-2015 yılları arası alınan örnekler, İzmir Körfezinde dağılım gösteren, biyotoksin oluşturan zararlı fitoplanktonik gruplar açısından da incelenmiştir. Aşırı mikro-alg üremeleri son yıllarda global olarak giderek artan bir şekilde rapor edilmektedir. Bu üremeler, türler arası etkileşimleri olumsuz yönde etkilemekte, sucul hayvanların tür düzeyinde populasyon artışlarını bozmakta, ekosistemin sürdürülebilirliği, yetiştiricilik ve turizm gibi önemli endüstri sahalarını hatta insan sağlığını dahi sadece biyo-toksinleri ile değil, sera etkisine kadar uzanan olumsuz süreçlerle de yıpratmaktadır. İlginç olan husus, yaklaşık 5000 civarındaki fitoplankton türünden sadece %2'sinin zararlı olmalarına karşın, ekosistem üzerinde bu denli etkili olabilmeleridir (Landsberg, 2002).

Ülkemizde rapor edilen fitoplankton türlerinin ise yaklaşık %10'u zehirli ve/veya zararlı aşırı üreme oluşturdukları ve bunlardan sadece % 5'inin bilinen fitoplanktonik toksinleri sentezleyerek balık ölümleri ile birlikte ekosistem düzeyinde katastrofi oluşturabildikleri bilinmektedir (Koray 2001, Koray ve Çolak-Sabancı, 2001, Bargu vd., 2002, Koray 2002a, Koray 2002b, Koray ve Cihangir, 2002, Koray ve Çolak-Sabancı 2003, Çolak-Sabancı ve Koray, 2005).

15 yıllık verilerin incelenmesi sonucu saptanan toksik türler: *Alexandrium minutum* Halim, toksin salgılayan Dinophysis cinsi türleri *Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann, *D. acuta* Ehrenberg, *D. fortii* Pavillard, *D. mitra* (F.Schütt) Balech, *D. caudata* Saville-Kent, *D. rotundata* Claparède & Lachmann, *D. saccula* Stein ve *D. tripos* Gourret; *Lingulodinium polyedrum* (Stein) Dodge, *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) Dodge ex Dodge, *P. lima* (Ehrenberg) F.Stein, *P. minimum* (Pavillard) J.Schiller, diyatom türleri *Pseudonitzschia pungens* (Grunow ex P. T. Cleve) Hasle, *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* (Cleve) Hasle ve *P. calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle ve Raphidophyceae

cinsi *Chattonella subsalsa* B.Biecheler ve kıyıl bölgelerde zaman zaman yapışkan köpük oluşturan *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin olarak tespit edilmiştir.

Potansiyel olarak körfezdeki türlerin ardılığının belirlenmesi amacı ile fitoplankton topluluklarının zaman içinde birlikte hareket edişlerinin anlaşılır bir hale getirilmesi için, tüm veri matrisinden elde edilen hiyerarşik bulguların sonuçları, kantitatif Bray-Curtis benzerlik katsayısı dendogramında verilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. 2000-2015 arası saptanan türlerin yıllara göre kümelenme analizi
Figure 4. Cluster analysis by year of identified species between 2000-2015

Saptanan türlerin yıllara göre bolluğuna bağlı olarak yapılan kümeleme analizinde körfezdeki türlerin 2010-2011 yıllarındaki tür kompozisyonların birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, 2004-2005 ve 2007-2008 arasındaki tür kompozisyonlarının da benzer dağılım gösterdiği görülmektedir.

2014-2015 arasındaki türler ise daha düşük bir benzerlik göstermiştir. Yıllara göre bulunma durumlarına bağlı olarak yapılan kümelenme analizi sonucunda %50 benzerlik seviyesine göre türlerin 3 grup oluşturduğu, 2013 yılının ise zaman skalasına göre tamamen farklı özellik göstererek diğer yıllardaki gruplardan ayrıldığı gözlenmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Körfezdeki 15 yıllık verilere göre, geçen süre boyunca bölgedeki en baskın sınıf Bacillariophyta divizyonu türleridir. Kalite ve kantite olarak İç, Orta ve Dış Körfez karşılaştırıldığında, Dış Körfez kalite yönünden, İç Körfez ise kantite yönünden zengindir. Başka bir deyişle, Dış Körfezde diyatome ve dinoflagellat sınıflarının tür çeşitliliği her zaman kalitatif yönden daha zengin, bu sınıflara ait hücre konsantrasyonları kantitatif olarak az şekilde saptanmıştır. Orta ve İç Körfeze doğru gidildikçe tür çeşitliliği azalmakta, fakat saptanan bu türlerin hücre konsantrasyonları kantitatif olarak artmaktadır. Dış körfezde tür çeşitliliği her zaman fazladır. İç körfezde tür çeşitliliğinin azalışı, 2000'lerin başlarından itibaren bölgede görülmekte olan deniz suyundaki kirliliğin artışıyla 2000'li yılların sonlarına doğru hızlanmıştır. İzmir Büyük Kanal Projesinin devreye girmesi sayesinde bu

hız azalmıştır. Kiriliğin kontrolü ve deniz suyundaki temizlenme sayesinde, Orta ve İç Körfezde dinoflagellat ve özellikle diyatome tür sayılarında artış görülmüştür. 15 yıllık süre boyunca, tür kompozisyonundaki bazı grupların zaman zaman aşırı üremeye yaklaşan hücre konsantrasyonlarına ulaşmaları ise düzensiz bir gidiş göstermektedir. Bunun yanında, kalıcı kist oluşturan bazı türlerin belli şartlar bir araya geldiğinde ileride yeniden ortaya çıkabilecekleri ihtimali unutulmamalıdır (Anderson vd., 1995).

Dinophyceae sınıfı ve Bacillariophyta divizyonu üyelerinin tüm istasyonlardaki vertikal kantitatif birey adetlerinin değişimleri, beklendiği gibi yüzeyden dibe doğru azalmıştır. Çolak-Sabancı ve Koray (2005), İzmir Körfezi Atıksu Arıtma Tesisinin devreye girmesinin fitoplankton toplulukları üzerinde özellikle diyatome topluluklarında olumlu tür çeşitliliği artışlarına neden olduğunu, Dinoflagellat topluluklarında da bu değişimin tür çeşitliliğinin artışı yönünde gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bu değerlendirme sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Metin ve Çirik (1999), İzmir Körfezinde yaptıkları çalışmada kantitatif örneklemeler sonucunda 140 fitoplankton türü belirtmişlerdir. Çalışmamız sonucunda, 254 tür tespit edilmiş olması örneklemelerimiz içinde mevsimsel ve sürekli kantitatif örneklemenin olmasından kaynaklanabileceği gibi, aynı zamanda İzmir Körfezi'nin dinamik yapısını da ortaya koymaktadır.

2000-2015 yılları arasında bu çalışmada kullanılan alınan örnekler, İzmir Körfezinde dağılım gösteren, biyotoksin oluşturan zararlı fitoplanktonik gruplar açısından da incelenmiştir. Aşırı mikro-alg üremeleri son yıllarda global olarak giderek artan bir şekilde rapor edilmektedir. Bu üremeler, türler arası etkileşimleri olumsuz yönde etkilemekte, sucul hayvanların tür düzeyinde popülasyon artışlarını bozmakta, ekosistemin sürdürülebilirliği, yetiştiricilik ve turizm gibi önemli endüstri sahalarını hatta insan sağlığını dahi

sadece biyo-toksinleri ile değil, sera etkisine kadar uzanan olumsuz süreçlerle de yıpratmaktadır. İlginç olan husus, yaklaşık 5000 civarındaki fitoplankton türünden sadece %2'sinin zararlı olmalarına karşın, ekosistem üzerinde bu denli etkili olabilmeleridir (Landsberg, 2002). Ülkemizde rapor edilen fitoplankton türlerinin ise yaklaşık %10'u zehirli ve/veya zararlı aşırı üreme oluşturdıkları ve bunlardan sadece %5'inin bilinen fitoplanktonik toksinleri sentezleyerek balık ölümleri ile birlikte ekosistem düzeyinde katastrofi oluşturabildikleri bilinmektedir (Koray 2001, Koray ve Çolak-Sabancı, 2001, Bargu vd., (2002), Koray 2002a, Koray 2002b, Koray ve Cihangir, (2002), Koray ve Çolak-Sabancı 2003).

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan örnekler, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne ait R.V. K. Piri Reis araştırma gemisiyle çıkarılan, "DBTE-180 Büyük kanal projesinin İzmir Körfezi denizel ortamında fiziksel kimyasal biyolojik ve mikrobiyolojik etki ve sonuçları" ve "DBTE-199 Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Mikrobiyolojik Etki ve Sonuçlarının İzlenmesi" projeleri için çıkarılan araştırma seferleri sırasında toplanmıştır. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimleri Anabilim Dalı bünyesinde kurulan Fitoplankton Müzesinde saklanan bu örnekler, çalışma için yeniden değerlendirilmiştir. Bu sebeple, hem Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü akademik personeli meslektaşlarıma hem de R.V. K. Piri Reis araştırma gemisi personeline yardım ve desteklerinden dolayı teşekkürü borç bilirim. Yayının hazırlanması sırasında içten desteklerini esirgemeyen, öğrenciliğimden danışmanım, sonra meslektaşım ve ağabeyim sayın Prof.Dr. Tufan KORAY'a da teşekkür ederim. Ayrıca, Doç.Dr. Hülya SAYĞI'ya ve Araş.Gör.Dr. Sencer AKALIN'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- algaeBASE <<http://algaebase.org>>
- Anderson, D. M., Fukuyo, Y., Matsuoka K., 1995. Cyst Methodologies. In "Manual on Harmful Marine Microalgae" (Hallegraeff, G. M., Anderson, D. M and Cembella, A. D. eds.) pp.229-249. IOC Manuals and Guides No.33, UNESCO.
- Bargu S., Koray, T., Lundholm, N, 2002. First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, A new potentially toxic species from Turkish coasts. *Ege J Fish Aqua Sci*, 19(3-4): 479 – 483.
- Cupp, E.E., 1943. Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. Reprint by 1977.
- Çolak-Sabancı,F., Koray,T., 2005. İzmir Körfezi'nde 1998-2001 Yılları Arasında Fitoplanktonik Tür Çeşitliliği Değişimi. *Ege J Fish Aqua Sci*, 22(3-4): 273 - 280.
- Hallegraef, G.M.; Anderson, D.M. & Cembella, D. (eds) (2003) Manual of harmful marine microalgae, 768 p.
- Hendey, N.I., 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V: Bacillariophyta (diatoms). Vol. Ser. IV (part 5) pp. xxii + 317. Gt. Britain: Minist. Agric. Fish. Food, Fish Invest.
- İzmir Büyükşehir Belediyesi Su İşleri (İZSU) <<http://www.izsu.gov.tr/>>
- Koray, T., 2001. A check-list for phytoplankton of Turkish seas. *Ege J Fish Aqua Sci*, 18(1-2):1 - 23.
- Koray, T., Çolak-Sabancı, F., 2001. Toxic planktonic micro-algae of Turkish Seas. *Ege J Fish Aqua Sci*, 18(1): 293 - 298.
- Koray, T., 2002a. Toxic and harmful phytoplanktonic species in the Aegean (including Dardanelles) and northeastern mediterranean coastline. Workshop on Lessepsian Migration Proceedings, Öztürk, B. & Başusta, N. (Eds.), No.: 9, p. 40-45, Publ. *Turkish Marine Research Foundation*, Istanbul, Turkey, 2002.
- Koray, T., 2002b. Toxic and Harmful Phytoplanktonic Species in the Southern Black Sea, Sea of Marmara, Eastern Aegean Sea and Northeastern Mediterranean Coastline. 10. *International Conference on Harmful Algae*, 21-25 October 2002, St. Pete Beach, Florida, USA.
- Koray, T., Cihangir,B., 2002. Denizlerde Aşırı Plankton Üremesi (Red-Tide), Balık Ve Balıkçılığa Etkileri; İzmir Körfezi Örneği. Türkiye'nin Kıyı Ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferansı Tebliği, Türkiye Kıyıları 02, 05-08 Kasım 2002, İzmir.
- Koray, T., Çolak-Sabancı,F., 2003. Kuzey Ege ve Batı Karadeniz'de Toksik Mikro-algler ve İzlenme Stratejileri. *Turkish Journal of Aquatic Life*, 1(1).

- Koray,T., Yurga,L., Çolak-Sabancı,F., 2007. Türkiye Denizleri Mikroplankton (=Protista) Türlerinin Kontrol Listesi ve Tür Tayin Atlası. Proje No: TBAG-2239 (102T174). 154 pp.
- Landsberg, J. H., 2002. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. In: *Reviews in Fisheries Science* (ed: R. R. Stickney), 10(2): 113. doi: [10.1080/20026491051695](https://doi.org/10.1080/20026491051695)
- Marshall, H.G., 1969. Phytoplankton distribution off the North Carolina coast, *Amer. Mid. Nat.* 82: 241-57. doi: [10.2307/2423833](https://doi.org/10.2307/2423833)
- Metin, G., Cirik,Ş., 1999. İzmir Körfezi fitoplanktonundaki kantitatif değişimler. *Ege J Fish Aqua Sci*, 16(3-4): 363 - 374.
- Plankweb. Check-list of Turkish Seas Microplankton <<http://plankweb.ege.edu.tr/chklists.html>>
- Sournia, A., 1976. *Phytoplankton Manual*. Muséum National d'Historie Naturelle, Paris.
- Taylor, F.J.R. 1976. Dinoflagellates from the international Indian Ocean expedition. *Bibliotheca Botanica* 132:1-234.
- Tomas,C.R., 1997. *Identifying Marine Phytoplankton*. XV, 858p. San Diego, California: Academic Press.
- Trégouboff, G. and Rose,M., 1957. *Manuel de Planctonologie Méditerranéenne*, Tome I-II, *Centre National de la Recherche Scientifique*, Paris, 587 pp.
- Wood, E.J.F., 1954. Dinoflagellates in the Australian region. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 5(2): 171351. doi: [10.1071/MF9540171](https://doi.org/10.1071/MF9540171)

Kaçkar ve Soğanlı Dağları Göllerinin morfometrik özellikleri (Türkiye)

Morphometrical features of the Lakes on Kaçkar and Soğanlı Mountains (Turkey)

Hasan M. Sarı* • M.Ruşen Ustaoglu • Ali İlhan • Murat Özbek

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İçsular Biyolojisi Anabilim Dalı 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
*Corresponding author: hmsari64@gmail.com

How to cite this paper:

Sarı, H.M., Ustaoglu, M.R., İlhan, A., Özbek, M., 2015. Morphometrical features of the Lakes on Kaçkar and Soğanlı Mountains (Turkey). *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 31-36. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.05

Abstract: In this study, determination of morphometrical features of the mountain lakes on Soğanlı and Kaçkar mountains, which are located in Eastern Black Sea mountains range that lies parallel to Black Sea, was aimed. Six field studies were conducted in summer periods between 2005 and 2007, in order to study 59 lakes located in the valleys of different river drainage basins. Some morphological features such as altitude, surface area, maximum depth, maximum length, maximum width, mean width, shore line length, shore line development and relative depth of the studied lakes were calculated. Although there are many cirque lakes on the mountains where glaciations occurred, there is no detailed study about the morphological features of them. All the studied lakes are in cirque lake character except Uzungöl lake.

The altitude values of the lakes fluctuated between 1100- 3370 m (mean 2825 m) while the surface area values were between 0.03-8.90 ha (mean 2.46 ha), maximum depths were between 0.5-49.0 m (mean 7.39 m), maximum lengths were between 25.2-497.4 m (mean 216.75 m), maximum widths were between 15.5-297.9 m (mean 134.98 m), mean widths were between 13.68-210.56 m (mean 92.77 m), shoreline lengths were between 67.0-1364.6 m (mean 593.88 m), shoreline developments were between 0.83-1.54 (mean 1.19) and relative depths were between 0.32-15.0 m (mean 4.34 m).

Key words: Lake morphometry, Alpine lakes, Eastern Black Sea Mountains, Anatolia.

Özet: Bu çalışmada, Anadolu'nun kuzeydoğusunda Karadeniz'e paralel uzanan Doğu Karadeniz dağ silsilesi içinde yer alan Soğanlı ve Kaçkar dağlarındaki göllerin morfometrik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu dağlarda 2005-2007 yılları arasında yaz aylarında gerçekleştirilen 6 arazi çalışması sonucunda farklı akarsu drenaj alanlarında yer alan vadilerdeki 59 göl incelenmiştir. Çalışma yapılan Doğu Karadeniz dağ göllerinin rakım, yüzey alanı, maksimum derinlik, maksimum uzunluk, maksimum genişlik, ortalama genişlik, kıyı çizgisi uzunluğu, kıyı çizgisi gelişimi ve nispi derinlik gibi morfometrik parametre değerleri hesaplanmıştır. Anadolu'da glasiyasyona uğramış dağlar üzerinde birçok sirk gölü bulunmasına karşın bu göllerin morfometrileri hakkında ayrıntılı bir bilgi bulunmamaktadır. Çalışılan göllerden Uzungöl hariç diğer göller sirk gölleridir.

Göllerin rakımlarının 1100-3370 m (ort. 2825 m), yüzey alanlarının 0.03-8.90 ha (ort. 2.46 ha), maksimum derinliklerinin 0.5-49.0 m (ort. 7.39 m), maksimum uzunluklarının 25.2-497.4 m (ort. 216.75 m), maksimum genişliklerinin 15.5-297.9 m (ort. 134.98 m), ortalama genişliklerinin 13.68-210.56 m (ort. 92.77 m), kıyı çizgisi uzunluklarının 67.0-1364.6 m (ort. 593.88 m), kıyı çizgisi gelişimlerinin 0.83-1.54 (ort. 1.19) ve nispi derinliklerinin 0.32-15.0 m (ort. 4.34 m) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Göl morfolojisi, Alpin Göller, Doğu Karadeniz Dağları, Anadolu.

GİRİŞ

Göl morfolojisi ışık ile birlikte göldeki birçok süreci kontrol eden en önemli faktörlerdendir. Gölün alanı, hacmi, maksimum ve ortalama derinliği gibi parametreler nutrient döngüsü ve su kimyası ile ilişkilidir (Stefanidis ve Papastergiadou, 2012). Bu ilişki göllerdeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları çok daha net anlaşılması için göllerin morfometrisinin bilinmesi gereğini ortaya koymaktadır.

Doğu Karadeniz Dağları Türkiye'nin kuzeydoğusundadır ve Karadeniz kıyılarına aşağı yukarı paralel olarak uzanmaktadır (Kronberg, 1970). Denizden güneye doğru yükselen bu dağların zirveleri 3000 metreyi aşmaktadır. Bu dağ silsilesinde yer alan Kaçkar dağlarının zirvesi 3932 m ile

Türkiye'nin dördüncü büyük zirvesini oluşturmaktadır (Bayraktar ve Özdemir, 2010). Doğu Karadeniz Dağları olarak adlandırılan sıradağın doğu ucu temelde Kaçkar ve Soğanlı Dağları olarak bilinmekte ve Kafkasya Dağlarının güneyini oluşturmaktadır.

Alp orojenik hareketleri Anadolu'nun şekillenmesinde en önemli orojenik hareketlerdir (Atalay, 1987). Bu süreç içinde ortaya çıkan Karadeniz Dağları pleistosen de batıda Karagöl dağlarından Kaçkar dağlarına kadar 300 km boyunca glasiyasyona uğramış, pleistosen de gelişen buzullar zirvelerden aşağılara doğru kilometrelerce uzanarak yer yer 2000 m'nin altına kadar inmiştir (Gürgen, 2003; Dede, 2009).

Tablo 1. Kaçkar ve Soğanlı Dağlarında çalışma yapılan göller ve morfometrik özellikleri.
Table 1. The studied lakes on Kaçkar and Soğanlı Mountains and their morphometrical features.

Kod	Göl adı	Havza	Koordinat	R	A	Z _m	I	b	b _{ort}	L	D _L	Z _r
Ç01	Göloba Gölü (Göloba vadisi)	Çoruh Nehri	40°30'36" N 40°19'12" E	2540	0.79	3.00	130.9	95.2	60.58	357.0	1.13	2.98
Ç02	Dağbaşı Gölü (Ovit vadisi)	Çoruh Nehri	40°37'02" N 40°46'47" E	2710	2.63	2.90	221.2	213.3	118.76	782.1	1.36	1.59
Ç03	Batraksu Gölü (Aksu vadisi-Kazançukuru)	Çoruh Nehri	40°39'13" N 40°50'39" E	3050	2.55	7.50	291.9	177.6	87.24	825.3	1.46	4.16
Ç04	Kuzeyaksu Gölü (Aksu vadisi-Kazançukuru)	Çoruh Nehri	40°39'19" N 40°50'57" E	3070	1.36	3.00	221.8	102.0	61.32	515.1	1.25	2.28
Ç05	Doğuaksu Gölü (Aksu vadisi-Kazançukuru)	Çoruh Nehri	40°39'09" N 40°51'06" E	3120	1.44	20.00	201.6	93.0	71.37	495.9	1.17	14.77
Ç06	Ortagöl (Ovit Yedigöller-Küçükövit Y.)	Çoruh Nehri	40°38'51" N 40°52'09" E	2960	2.21	10.00	222.4	140.5	99.24	647.6	1.23	5.96
Ç07	Üstgöl (MY2-Mor yayla Yedigöller)	Çoruh Nehri	40°38'51" N 40°52'54" E	3030	3.28	4.40	238.4	172.2	99.98	847.7	1.32	2.15
Ç08	Adalığöl (MY1-Mor yayla Yedigöller)	Çoruh Nehri	40°38'43" N 40°53'10" E	3020	8.90	8.10	422.8	297.9	210.56	1364.6	1.29	2.41
Ç09	Ortagöl (MY3-Mor yayla Yedigöller)	Çoruh Nehri	40°38'53" N 40°53'18" E	3010	0.86	4.10	156.7	86.3	55.08	378.4	1.15	3.91
Ç10	Büyükgöl (MY4-Mor yayla Yedigöller)	Çoruh Nehri	40°38'45" N 40°53'36" E	2980	4.11	0.96	395.3	193.3	104.01	1031.0	1.43	0.42
Ç11	Altgöl (MY5-Mor yayla Yedigöller)	Çoruh Nehri	40°38'53" N 40°53'40" E	2950	2.01	2.80	280.7	98.0	71.68	656.9	1.31	1.75
Ç12	Deniz Gölü (Bahral vadisi)	Çoruh Nehri	40°49'07" N 41°09'39" E	3370	8.38	49.00	402.8	288.8	207.92	1124.8	1.10	15.00
Ç13	Kartal Gölü (Bahral vadisi)	Çoruh Nehri	40°50'20" N 41°18'04" E	2940	1.63	2.80	208.0	128.0	78.15	684.0	1.51	1.95
Ç14	Devise Gölü (Bahral vadisi)	Çoruh Nehri	40°50'22" N 41°18'12" E	2935	0.11	1.00	44.0	28.0	24.36	116.0	1.00	2.71
F01	Keçi Gölü (Çermeş vadisi)	Fırtına Deresi	40°44'25" N 40°51'50" E	3070	1.79	12.30	175.3	117.2	102.26	494.2	1.04	8.14
F02	Çermeş Karaöl (Çermeş vadisi)	Fırtına Deresi	40°44'37" N 40°52'04" E	2990	4.60	32.70	289.7	238.0	158.91	846.5	1.11	13.50
F03	Çermeş Gölü (Çermeş vadisi)	Fırtına Deresi	40°44'58" N 40°52'09" E	2780	4.77	6.20	321.8	234.4	148.08	859.1	1.11	2.52
F04	Kayakaynak Gölü (Ambarlık vadisi)	Fırtına Deresi	40°49'17" N 40°52'43" E	3080	1.02	1.00	150.0	92.5	67.86	350.0	0.98	0.88
F05	Büyük Balıklı Gölü (Ambarlık vadisi)	Fırtına Deresi	40°49'28" N 40°52'51" E	2990	6.92	11.00	345.0	275.0	200.50	1025.0	1.10	3.71
F06	Sırpal Gölü (Çahberik vadisi)	Fırtına Deresi	40°49'21" N 40°53'40" E	2940	0.95	0.70	125.0	100.0	76.08	375.0	1.09	0.64
F07	Çahberik Gölü (Çahberik vadisi)	Fırtına Deresi	40°49'17" N 40°54'09" E	2810	1.00	0.50	130.0	95.0	76.59	400.0	1.13	0.44
F08	Atmeydan Gölü (Verçenik vadisi)	Fırtına Deresi	40°43'11" N 40°54'01" E	2910	3.24	3.70	232.4	177.6	139.43	657.8	1.03	1.82
F09	Kumlugöl (Verçenik vadisi)	Fırtına Deresi	40°43'22" N 40°54'17" E	2860	0.49	0.80	79.7	53.8	60.95	206.1	0.83	1.02
F10	İncegöl (Verçenik vadisi)	Fırtına Deresi	40°43'06" N 40°54'23" E	2915	0.86	3.00	177.2	71.7	48.38	459.7	1.40	2.87
F11	Büyük Kapılı Gölü (Verçenik vadisi)	Fırtına Deresi	40°43'00" N 40°54'54" E	3000	6.07	3.70	388.0	238.8	156.45	1037.9	1.19	1.33
F12	Altkapılı Gölü (Verçenik vadisi)	Fırtına Deresi	40°43'11" N 40°54'57" E	3000	1.45	8.50	190.6	119.2	75.94	498.7	1.17	6.26
F13	Kiblekaya Gölü (Apivanak vadisi)	Fırtına Deresi	40°49'24" N 41°06'06" E	2870	0.56	3.20	96.8	59.9	57.52	276.6	1.05	3.80
F14	Büyükdenez Gölü (Kavron vadisi)	Fırtına Deresi	40°52'09" N 41°09'42" E	2900	5.83	15.10	338.0	236.1	172.53	939.9	1.10	5.54
F15	Meterez Gölü (Kavron vadisi)	Fırtına Deresi	40°51'49" N 41°09'45" E	2990	1.86	0.50	213.0	115.8	87.37	606.5	1.25	0.32
F16	İsimsizgöl (Kavron vadisi)	Fırtına Deresi	40°52'28" N 41°09'46" E	2890	0.55	3.10	111.1	60.2	49.79	259.3	0.98	3.69
F17	Karadeniz Gölü (Ceymakcur vadisi)	Fırtına Deresi	40°52'42" N 41°10'03" E	2770	2.30	11.50	200.7	166.0	114.63	590.6	1.10	6.72
F18	Ceymakcur Gölü (Ceymakcur vadisi)	Fırtına Deresi	40°53'44" N 41°11'30" E	2650	0.33	1.50	94.6	43.3	34.62	220.6	1.09	2.32
F19	Büyükgöl (Avusor vadisi)	Fırtına Deresi	40°56'13" N 41°12'02" E	2670	2.43	10.20	216.4	194.8	112.13	741.2	1.34	5.80

F20	Tobamızga Gölü (Tunca vadisi)	Fırtına Deresi	41°02'19" N 41°15'37" E	2620	0.75	3.50	129.6	92.6	58.22	333.4	1.08	3.57
F21	Küçük Tobamızga Gölü (Tunca vadisi)	Fırtına Deresi	41°02'08" N 41°15'39" E	2630	0.14	1.00	55.6	37.0	24.68	185.2	1.41	2.39
F22	Büyük Çiftegöl (Tunca vadisi)	Fırtına Deresi	40°59'24" N 41°15'41" E	2600	2.27	6.50	219.8	164.9	103.31	571.5	1.07	3.82
F23	Küçük Çiftegöl (Tunca vadisi)	Fırtına Deresi	40°59'36" N 41°15'49" E	2550	1.11	6.00	153.9	103.3	72.20	461.6	1.24	5.04
İ01	Dipsizgöl (Anzer vadisi)	İyidere	40°33'28" N 40°28'25" E	2670	0.93	2.00	156.8	90.2	59.21	372.4	1.09	1.84
İ02	Koyun Gölü (Anzer vadisi)	İyidere	40°31'34" N 40°28'58" E	3010	1.68	10.0	240.8	92.6	69.79	555.6	1.21	6.83
İ03	Küçükhatalan Gölü (Anzer vadisi)	İyidere	40°33'16" N 40°29'22" E	2800	0.24	0.80	66.6	47.0	35.31	192.1	1.12	1.46
İ04	Hatalan Gölü (Anzer vadisi)	İyidere	40°33'11" N 40°29'24" E	2810	0.61	4.00	125.4	113.7	48.90	427.3	1.54	4.53
İ05	Küçüksivri Gölü (Anzer vadisi)	İyidere	40°33'36" N 40°29'50" E	2710	0.10	1.00	47.0	27.4	22.24	117.6	1.03	2.74
İ06	Sivrinin Gölü (Anzer vadisi)	İyidere	40°33'39" N 40°29'52" E	2700	0.42	1.50	113.7	45.1	36.90	297.9	1.30	2.05
İ07	Akçaağıl Gölü (Anzer vadisi)	İyidere	40°31'19" N 40°30'40" E	2940	0.59	2.50	127.7	82.4	46.25	317.2	1.16	2.88
İ08	Katreç Gölü (Arzayan vadisi)	İyidere	40°34'06" N 40°34'51" E	2700	1.73	6.50	195.7	154.5	88.22	576.8	1.24	4.38
İ09	Küçükkatreç Gölü (Arzayan vadisi)	İyidere	40°34'13" N 40°34'58" E	2690	0.03	1.00	25.2	15.5	13.68	67.0	1.02	4.77
İ10	Çitrik Gölü (Cimil vadisi)	İyidere	40°39'31" N 40°46'59" E	2850	2.80	14.00	256.4	169.1	109.39	708.7	1.19	7.71
İ11	Salar Gölü (Cimil vadisi)	İyidere	40°43'28" N 40°52'09" E	2820	3.20	2.50	311.5	113.6	102.67	719.1	1.13	1.24
K01	Arhavi Karagöl (Kabisra vadisi)	Kabisra Deresi	41°09'28" N 41°24'19" E	2660	7.17	9.00	497.4	183.9	144.25	1346.0	1.42	2.98
M01	Çakır Gölü (Altındere vadisi)	Maçka Deresi	40°34'34" N 39°41'26" E	2530	5.46	10.00	314.5	234.9	173.64	920.9	1.11	3.79
S01	Uzungöl (Trabzon Uzungöl Mv)	Solaklı Deresi	40°37'14" N 40°17'44" E	1100	8.50	6.90	461.5	237.2	184.13	1192.3	1.15	2.10
S02	Kırklarcami Gölü (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°31'46" N 40°20'06" E	2740	0.36	4.10	144.9	43.5	24.63	304.3	1.44	6.08
S03	Multat Karagöl (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°31'30" N 40°21'46" E	2800	4.70	24.90	288.5	244.2	163.05	841.2	1.09	10.17
S04	Balık Gölü (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°31'54" N 40°23'01" E	2570	4.26	4.50	314.2	166.6	135.66	833.0	1.14	1.93
S05	Aygır Gölü (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°31'39" N 40°23'28" E	2710	4.08	13.00	309.4	178.5	131.82	821.1	1.15	5.70
S06	Sarıçiçek Gölü (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°31'15" N 40°24'21" E	2880	1.46	5.20	173.3	146.6	84.08	493.2	1.15	3.82
S07	Büyükayla Karagöl (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°31'41" N 40°27'03" E	2930	2.13	16.50	206.9	146.5	102.75	551.7	1.07	10.03
S08	Pirömer Gölü (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°32'00" N 40°27'09" E	2870	1.32	16.50	229.8	103.4	57.45	574.5	1.41	12.72
S09	Buz Gölü (Uzungöl vadisi)	Solaklı Deresi	40°31'58" N 40°27'36" E	3040	1.98	13.80	218.3	126.4	90.71	586.0	1.17	8.69

R. Rakım (m). A: Yüzey Alanı (ha). Z_m : Maksimum derinlik (m). l : Maksimum uzunluk (m). b : Maksimum genişlik (m). b_{ort} : Ortalama genişlik (m). L : Kıyı çizgisi uzunluğu (m). D_L : Kıyı çizgisi gelişimi. Z_r : Nispi derinlik (%)

R. Altitude (m). A: Surface Area (ha). Z_m : Maximum depth (m). l : Maximum length (m). b : Maximum width (m). b_{ort} : Mean width (m). L : Shoreline length (m). D_L : Shoreline development. Z_r : Relative depth (%)

Tablo 2. Kaçkar ve Soğanlı Dağlarında çalışma yapılan göllerin morfometrik özelliklerinin istatistikî değerleri.

Table 2. Statistical values of morphometrical characteristics of the studied lakes on Kaçkar and Soğanlı Mountains.

	R	A	Z_m	l	b	b_{ort}	L	D_L	Z_r
Minimum	1100	0.03	0.50	25.20	15.50	13.68	67.00	0.83	0.32
Ortalama	2825	2.46	7.39	216.75	134.98	92.77	593.88	1.19	4.34
Maksimum	3370	8.90	49.00	497.40	297.90	210.56	1364.60	1.54	15.00
Standart hata	36.89	0.29	1.09	13.97	9.24	6.41	39.45	0.02	0.45

R. Rakım (m). A: Yüzey Alanı (ha). Z_m : Maksimum derinlik (m). l : Maksimum uzunluk (m). b : Maksimum genişlik (m). b_{ort} : Ortalama genişlik (m). L : Kıyı çizgisi uzunluğu (m). D_L : Kıyı çizgisi gelişimi. Z_r : Nispi derinlik (%)

R. Altitude (m). A: Surface Area (ha). Z_m : Maximum depth (m). l : Maximum length (m). b : Maximum width (m). b_{ort} : Mean width (m). L : Shoreline length (m). D_L : Shoreline development. Z_r : Relative depth (%)

TARTIŞMA VE SONUÇ

Anadolu'da pleistosen'de görülen 4 buzul döneminden (Günz, Mindel, Riss ve Würm) Würm buzul döneminin etkileri daha çok görülmektedir (Dede, 2009). Günümüzde Anadolu'da aktif buzullar çok az dağda bulunmaktadır (Bayraktar ve Özdemir, 2010). Doğu Karadeniz dağları da bunlardan biridir. Özellikle Anadolu'nun kuzeydoğu kısmında Kaçkar dağları olarak bilinen Dilek, Bulut, Soğanlı dağları içinde yer alan Kaçkar zirvesinde de aktif buzul alanlar bulunmaktadır. Bu dağ silsilesinde pleistosen buzullaşmasının izleri kuzeyde 2000 m, güneyinde ise 2200 m'ye kadar görülmektedir (Doğu vd., 1993). Bu nedenle Kaçkar ve Soğanlı dağlarında buzul göller 2000 metre rakımının üzerinde yer almaktadır.

Doğu Karadeniz dağ gölleri Uzungöl hariç 2530 m rakımdan itibaren daha yüksek irtifalarda yer almıştır. Anadolu'da glasiyasyona uğramış dağlar üzerinde birçok sirk gölü bulunmasına karşın bu göllerin morfometrileri hakkında ayrıntılı bir bilgiye rastlanılmamıştır.

Kıyı çizgisi gelişimi irdelendiğinde ortalama 1.19 ± 0.02 ile genelde dairesel göller olduklarını söyleyebiliriz (O'Sullivan ve

Reynolds, 2004). Bu durum göllerdeki habitat çeşitliliğinin de az olduğunu göstermektedir. Nispi derinlik %0.32-15.00 arasında olup ortalama 4.34 ± 0.45 civarında bulunmuştur. Bu bize değerlerin %4'den fazla olması nedeniyle her iki dağdaki göllerin genelde derin göller olduklarını göstermektedir (Wetzel, 1975).

Balık vd. (2002, 2005) Orta Toroslarda karstik kökenli 2000 m rakımda bulunan Eğrigöl'ün 114 ha yüzey alanına ve 10 m derinliğe sahip olduğunu, Bursa Uludağ'daki göllerden Kilimliçöl ve Karagöl'ün derinliklerinin sırasıyla 3.7 ve 12.0 olduğunu; Ustaoglu vd. (2000) Batı ve Orta Toros dağlarındaki (Elmalı-Hadım-Bozkır-Seydişehir-Bolkar) 1500 m üzerindeki göllerin derinliklerinin ise 0.9-13.0 m arasında değiştiğini; Wong ve Degens (1978) ise Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü ise 357400 ha bir alana ve 451 m derinliğe sahip olduğunu rapor etmiştir (Tablo 3).

Sonuç olarak, Anadolu'nun yüksek dağ göllerinin büyüklük ve derinliklerinin oluşum kökenlerine göre değiştiği, Kaçkar ve Soğanlı dağlarının da yüksek irtifadaki göllerin sirk kökenli olduğu ve en fazla 9 ha kadar bir yüzey alana sahip oldukları görülmektedir.

Tablo 3. Anadolu'da yüksek rakımlarda bulunan göllerin bazı morfometrik özellikleri.

Table 3. Some morphometrical features of the high-altitude lakes in Anatolia.

Göller	Rakım (m)	Yüzey Alanı (ha)	Maksimum derinlik (m)
Karagöl-Bursa ³	2270	-	12.00
Kilimliçöl-Bursa ³	2330	-	3.70
Yeşilgöl-Elmalı ²	1600	0.2	-
Eğrigöl-Hadım ¹	2000	114.0	10.00
Karın Gölü-Hadım ²	2000	3.0	0.90
Karınçalıgöl-Hadım ²	2130	1.0	0.60
Kızılot Gölü-Hadım ²	1950	200.0	0.95
Durucagöl-Hadım ²	1950	150.0	2.50
Susam Gölü-Hadım ²	2070	3.5	1.90
İlvat Gölü-Hadım ²	1890	100.0	1.80
Dipsizgöl-Bozkır ²	1690	1.0	13.00
Sülükügöl-Bozkır ²	1550	-	-
Kovalıgöl-Seydişehir ²	1650	3.0	1.60
Dipsizgöl-Seydişehir ²	1600	6.0	3.00
Sülükügöl-Seydişehir ²	1650	6.0	2.70
Gavur Gölü-Seydişehir ²	1850	-	0.90
Karagöl-Bolkar ²	2590	6.0	-
Çinilgöl-Bolkar ²	2660	-	-
Van Gölü-Van ⁴	1648	357400.0	451.00

1-Balık vd. (2002), 2-Ustaoglu vd. (2000), 3-Balık vd. (2005), 4-Wong ve Degens (1978)

KAYNAKLAR

- Atalay, İ., 1987. Introduction to Geomorphology of Turkey (in Turkish). Ege University, Faculty of Letters Publication No. 9, İzmir, 454 pp.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Egemen, Ö., Aysel, V., Sarı, H.M., Özbek, M., Aygen, C., Bilecenoğlu, M., 2002. Investigation of the Limnological Features of Lake Eğrigöl (Middle Taurus Mountains) by Underwater Research (in Turkish with English abstract). The Scientific and Technical Research Council of Turkey (TÜBİTAK) Project No. TBAG-1795 (1997024), Ankara, 69 pp.
- Balık, S., Ustaoglu, M.R., Sarı, H.M., Özdemir Mis, D., Aygen, C., Özbek, M., İlhan, A., Taşdemir, A., Yıldız, S., Topkara, E.T., Sömek, H., 2005. Investigation on Flora and Fauna of the Lakes and Rivers on Uludağ (Bursa) (in Turkish with English abstract). Ege University Scientific Research Project Report No. 2002-SÜF-003, İzmir, 37 pp.
- Bayraktar, C., Özdemir, H., 2010. The Effect of Aspect on Development of Glacial and Periglacial Topography at the Kaçkar Mountain (in Turkish with English abstract). Türk Coğrafya Dergisi 54: 1-13.
- Dede, V., 2009. Glacial Geomorphology of Çadır Mountain (Yalnızçam mountains_Artvin) (in Turkish with English abstract). Yüzüncü Yıl University Institute of Social Sciences, (Master Thesis), Van, 65 pp.
- Doğu, A.F., Somuncu, M., Çiçek, İ., Tunçel, H., Gürgen, G., 1993. Glacier Shapes on the Kaçkar Mountains, Yaylalar and Tourism (in Turkish with English abstract). Ankara University Journal of Languages and History-Geography 36(1-2): 53-78. doi:10.1501/Dtcfder_0000000906
- Eriç, S., 2001. Geomorphology II (3rd ed.) (in Turkish). DER Publisher No. 294, İstanbul, 483 pp.
- Florida Lakewatch., 2001. A Beginner's Guide To Water Management — Lake Morphometry (2nd ed.). Department of Fisheries and Aquatic Sciences. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Gainesville, Florida, 32 pp.
- Gürgen, G., 2003. The Glacial Morphology of the North of Çapans Mountains (Rize) (in Turkish with English abstract). Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty GEFAD / GUJGEF 23(3): 159-175.
- Kronberg, P., 1970. Photogeologische Daten Zur Tektonik Im Ostpontischen Gebirge (Ne-Türkei). M.T.A. Bull., no. 74, 24-33, (Foreign Edition), Ankara.
- O'Sullivan, P.E., Reynolds, C.S., 2004. The Lakes Handbook (Volume 1: Limnology and Limnetic Ecology). Blackwell Science Ltd., Oxford, 699 pp.
- Stefanidis, K., Papastergiadou, E., 2012. Relationships Between Lake Morphometry, Water Quality, and Aquatic Macrophytes in Greek Lakes. Fresenius Environmental Bulletin. 21 (10a): 3018-3026.
- Ustaoglu, M.R., 1983. An Investigation on the Morphometry of Karagöl (Yamanlar-İzmir). E.U. Faculty of Science Journal Series B. Suppl., 588-595.
- Ustaoglu, M.R., Balık, S., Sarı, H.M., Şipal-Gezerler, U., Özdemir Mis, D., Özbek, M., Aygen, C., Taşdemir, A., 2000. Investigation of Some Mountain Lakes on Taurus Range From the Viewpoint of Limnology and Fisheries (in Turkish with English abstract). Ege University Scientific Research Project Report No. 1996/SÜF/006, İzmir, 45 pp.
- Welch, P., 1948. Limnological Methods. McGraw-Hill Brook Company. Newyork, 381 pp.
- Wetzel, R.G., 1975. Limnology. W.B.Saunders Company, Philadelphia, 743 pp.
- Wong, H.K., Degens, E.T., 1978. The Bathymetry of Lake Van. Eastern Turkey. In: The Jeology of Lake Van, E.T. Degens, F. Kurtman (Eds.). The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey No. 169, Ankara, pp 6-10.

Biyotelemetri ve balıkçılıkta kullanımı

Biotelemetry and usage in fishing

Mustafa Akkuş* • Mustafa Sarı

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Zeve Kampüsü, Van, 65080, Türkiye
*Corresponding author: makkus@yyu.edu.tr

How to cite this paper:

Akkuş, M., Sarı, M., 2015. Biotelemetry and usage in fishing. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 37-44. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.06

Abstract: Development in electronics field led to emergence of "telemetry technique", which is based on wireless transfer of information. Monitoring with telemetry techniques of organisms living in terrestrial and aquatic ecosystems has been named "Biotelemetry". Telemetry, which is classified into radio and acoustic subfields, can be used to determine fish stock distributions, mortality rates of fishes, migration behavior and paths. The use of telemetry technique that provides better results than traditional ones for fish population research is increasing day by day. In this study, historical development of biotelemetry, the working principles, the usage in fishing, used brands and the tagging techniques have been explained.

Keywords: Biotelemetry, telemetry, acoustic telemetry, fish tagging, fish tags

Özet: Elektronik alanda yaşanan gelişmeler bilginin kablolu olarak aktarılmasına imkan tanıyan "telemetri tekniğinin" ortaya çıkmasını sağlamıştır. Telemetri tekniğinin karasal ve sucul ekosistemlerde yaşayan canlıların izlenmesinde kullanılması "biyotelemetri" olarak isimlendirilmiştir. Temel olarak radyo ve akustik telemetri olarak iki alt bölüme ayrılan telemetri tekniği, özellikle balık stoklarının dağılımlarının belirlenmesi, hayatta kalma oranlarının tespiti, göç davranışlarının ve yollarının ortaya çıkarılmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Klasik yöntemlere göre balık popülasyonlarının araştırılmasında çok daha etkili sonuçların elde edildiği telemetri tekniğinin balıkçılık araştırmalarında kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada telemetri tekniğinin tarihsel gelişimi, çalışma prensibi, balıkçılıkta kullanım alanları, kullanılan markalar ve markalama teknikleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar kelimeler: Biyotelemetri, telemetri, akustik telemetri, balıklarda markalama, balık markaları.

GİRİŞ

Telemetri kelimesi Yunanca kökenli bir kelime olup uzak anlamına gelen "tele" kelimesiyle ölçmek anlamına gelen "metron" kelimesinin birleşmesiyle meydana gelmiştir (Adams vd., 2012). Telemetri tanım olarak, arada fiziki bağlantı olmaksızın bilginin bir yerden başka bir yere aktarılması teknolojisidir (Geers vd., 1997). İlk zamanlar yalnızca iletişim ve haberleşme alanlarında kullanılan telemetri tekniği, zamanla farklı alanlarda kullanılan güçlü bir araç haline dönüşmüştür. Telemetri tekniğinden yararlanarak farklı çalışmaların yapıldığı ve bazı sorulara cevap arandığı alanlardan birisi de balıkçılıktır. Telemetri tekniğinin balıkçılık ve doğal yaşamla ilgili çalışmalarda ilk kullanımı 1950'li yıllarda başlamıştır. Salmonların göçünün izlenmesi (Trefethen, 1956), penguin yumurtalarının inkübasyon sıcaklığının belirlenmesi (Eklund ve Charlain, 1959) ve dağ farelerinin göçünün izlenmesi (LeMunyan vd., 1959) telemetri tekniğinin kullanıldığı ilk çalışmalardır. Bu tarihten sonra telemetri tekniği balıkların doğal ortamlardaki davranışlarını ve dağılımlarını belirlemede sıkça kullanılan bir teknik haline gelmiştir. Telemetri tekniğinin hem sucul hem de karasal hayvanların izlenmesinde kullanılması, herkesçe kabul gören "Biyotelemetri" kavramı olarak isimlendirilmiş ve bir bilim dalı haline dönüşmüştür.

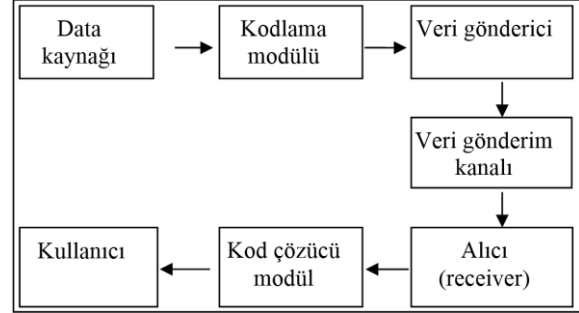
Telemetri tekniğinde canlıya ait bilgi iletimi, canlıya yerleştirilen markanın gönderdiği sinyallerin bir alıcı tarafından alınması ile gerçekleşmektedir. Telemetri tekniği prensip olarak radyo veya ses sinyallerini kullanarak markalanmış olan hayvanların yerlerini tespit eder. Balıkçılıkla ilgili araştırma yapan araştırmacılar balıklarda habitat kullanımı, göçler ve balıkların dağılım alanlarının belirlenmesi gibi konularda bilgi sahibi olmak için balıkların konum bilgisini kullanırlar. Telemetri tekniğinin balıkçılık çalışmalarında kullanılması, balıkların bireysel olarak tanımlanması, yeniden yakalama ve doğrudan gözlemler yapmadan bireysel olarak balıkların konumlarının belirlenmesi gibi birçok avantajı beraberinde getirmiştir. Bu avantajlar sayesinde balıklar üzerinde yapılan davranış ve göç hareketlerinin izlenmesi çalışmaları daha kolay olmuştur. Bu teknik ile yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler, hem miktar hem de içerdiği detay yönünden, doğrudan gözlemler veya markalayıp yeniden yakalama yolu ile yapılan çalışmalardan elde edilen verilere göre çok daha detaylı ve güvenilirdir. Telemetri tekniğinin balıkçılık alanında kullanılmaya başlanmasından önceki dönemlerde, balık davranışlarının araştırılması ve habitat kullanımlarının belirlenmesi gibi konularda elde edilen bilgi balıkların markalanıp yeniden yakalanması veya

doğrudan gözlemler ile yapılmıştır (Nielsen ve Johnson, 1983). Balıkçılık alanında markalayıp yeniden yakalama çalışmalarından elde edilen veriler sürekli veriler değildir. Markalayıp yeniden yakalama yoluyla elde edilen veriler, balığın yalnızca markalanıp salındığı nokta ile tekrar yakalandığı noktanın konum bilgisini içermektedir. Balıkların davranışlarının anlaşılması için başvurulan diğer bir geleneksel yöntem ise doğrudan gözlemler veya su altı kamera sistemleridir (Sutterlin vd., 1979). Doğrudan gözlemler ve su altı kamera sistemleri genelde kültür ortamında bulunan balıkların izlenmesinde kullanılan yöntemler olup doğal ortamda yaşayan balıkların izlenmesinde kullanışlı değildir. Balıkların yaşadıkları sucul ekosistemler oldukça büyük ve çalışma koşulları zordur. Ayrıca doğal ortamda bulunan balık stoklarının hem günlük hem de mevsimsel olarak sürekli hareket halinde olmaları izlenmelerini zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla yukarıda belirtilen geleneksel yöntemler balıkların davranışları, dağılım alanları ve göçlerinin takip edilmesi gibi konularda, araştırmacıların genel bir fikir sahibi olmalarını sağlasa da derinlemesine bilgi elde edilmesinde yetersiz kalmaktadır (Bridger ve Booth, 2003). Telemetri tekniğinin geleneksel yöntemlere göre en büyük avantajı, telemetri çalışmalarında kullanılan elektronik vericilerdir. Elektronik verici (marka) ile veri akışı sürekli olup herhangi bir kesinti söz konusu değildir. Ayrıca günümüzde elektronik alandaki ilerlemeler akuatik canlıların davranışlarını, mevcut yerlerini ve fizyolojilerini izlemede bilim adamlarının sofistike telemetri metodları geliştirmelerine imkan sağlamıştır. Telemetri tekniği, akustik ve radyo telemetri olmak üzere iki temel kısma ayrılmıştır. Bu iki teknik arasındaki temel farklılık bilginin gönderilmesinde, akustik telemetride ses, radyo telemetride ise radyo sinyallerinin kullanılmasıdır. Akustik telemetri 30 ile 300 kHz arasındaki düşük frekanslı vericileri kullanmaktadır. Radyo telemetride ise 30 ile 300 MHz yüksek frekanslı vericiler kullanılmaktadır (Sisak ve Lotimer, 1998).

AKUSTİK TELEMETRİ

Su altında sinyal iletiminin mümkün olduğunun anlaşılmasından sonra öncelikli olarak su altında bulunan araç veya sensörler ile iletişimin sağlanması hedeflenmiştir. Geçmişte su altı iletişimine olan ihtiyaç genellikle denizaltıların navigasyon ihtiyaçları nedeniyle (Baggeroer, 1984). Fakat günümüzde hem ticari ihtiyaçlar hem de bilimsel araştırmalar için akustik telemetriye olan ihtiyaç artmıştır. Akustik telemetri, ses sinyallerinin veya ultrasonik enerjinin suda iletilmesidir. Bu iletim işlemi genellikle bizim duyma aralığımızın üzerindeki 20-500 kHz (20,000-500,000 döngü/saniye) frekansında gerçekleşir. Su altında verinin gönderilme işleminde genellikle akustik telemetriden yararlanılmaktadır. Çünkü akustik frekanslar radyo frekanslarına (100-200 MHz-milyon döngü/saniye) göre su ortamında çok daha az absorbe edilirler (Webber, 2009). Akustik telemetri metodunun çalışma prensibi Birinci Dünya Savaşı sırasında denizaltıların tespit edilmesi için geliştirilen sonarların çalışma prensibine dayanmaktadır. Akustik sistemlerin yüksek iletkenliğe sahip, bulanık sularda kullanılabilmesi bu sistemleri gözde sistemler

haline getirmiştir (Winter, 1996). Bu amaç ile geliştirilmiş olan akustik markalar ses sinyalleri yayarak balıkların uzaktan izlenmesine imkan tanıyan aletlerdir. Akustik markalar, denizde veya derin sularda, verici takılan binlerce bireyin eş zamanlı olarak izlenmesine imkân tanımaktadır.



Şekil 1. Akustik telemetri çalışma prensibi (Baggeroer, 1984)
Figure 1. Acoustic telemetry working principle (Baggeroer, 1984)

Günümüzdeki modern akustik telemetri sistemlerinde kullanılan markalar uzun batarya ömrü (3 yıl kadar) ve balığın bulunduğu ortamın sıcaklığı, derinliği ve tuzluluğunu ölçerek kullanıcılara iletebilme kabiliyetine sahiptirler. Şekil 1'de akustik bir sistemde bilginin data kaynağından kullanıcıya ulaşmasındaki aşamalar gösterilmiştir. Akustik telemetri sistemlerinin çalışma prensibinin gösterildiği Şekil 1'de bilginin kullanıcıya ulaşmasını sağlayan iki temel eleman vardır. Bu elemanlar data kaynağından ses sinyalleri şeklinde bilgi gönderimini sağlayan akustik marka ve akustik markadan gelen ses sinyallerini tespit ederek kullanıcının yararlanabileceği forma dönüştüren alıcıdır. Akustik sistemlerde bilginin iletimini sağlayan birinci eleman akustik markadır. Akustik marka batarya, transducer ve elektronik olarak isimlendirilen üç kısımdan oluşur (Pincok ve Johnston, 2012). Batarya, markanın çalışması için gerekli olan enerjiyi sağlar. Batarya kısmının büyük olması markanın daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Fakat büyük bataryalar marka ağırlığını artırdığı için çalışma süresince yetecek büyüklükteki bataryaların seçilmesi önemlidir. Akustik markalarda yaklaşık on yıldır yalnızca gümüş oksitten yapılan bataryalar kullanılmaktadır (Pincok vd., 2010). Markanın içerisinde bulunan ikinci bölüm elektronik bölümdür. Elektronik bölüm, ses sinyallerinin üretim sıklığı, sinyal dönüştürücüye gidecek elektriğin kontrolü ve her markayı diğer markalardan ayıran kod numarasının (ID) gönderim sıklığını düzenler. Marka içerisinde yer alan son eleman transducerdir. Transducer bataryadan gelen elektrik enerjisinin, elektronik kısım tarafından gönderilen komutlar doğrultusunda, mekanik ses enerjisine dönüşümünü sağlar (Bhatnagar, 2012). Bilginin transducer tarafından kodlanması elektronik kısımdan gelen komutlar ile gerçekleşmektedir. Kodlama işlemi elektrik enerjisinin transducer tarafından farklı aralıklar içeren ses dalgalarına dönüştürülmesi ile gerçekleşmektedir.

RADYO TELEMETRİ

Radyo telemetri, canlılar üzerine yerleştirilen vericilerden gelen radyo sinyalleri yolu ile hayvanlar hakkında bilgi elde

edilmesi işlemidir. Radyo telemetrisinin ilk kullanımı (Lonsdale ve Baxter, 1968) akustik telemetrisinin kullanılmaya başlanmasından sonra gerçekleştirilmiştir. Radyo telemetrisinin akustik telemetriden sonra kullanılmaya başlanmasındaki en önemli unsur, radyo sinyallerinin su tarafından tamamen zayıflatılacağına olan inançtır. Özellikle denizaltılar ile olan iletişimin sağlanmasında radyo dalgalarının kullanımında karşılaşılan zorluklar bu inancın kuvvetlenmesine yol açmıştır. (Kuechle ve Kuechle, 2012). Radyo telemetride bilginin iletimi, markalanmış canlıların üzerindeki marka tarafından radyo sinyalleri yolu ile gönderilen bilginin, anten taşıyan bir alıcı tarafından alınmasına dayanmaktadır. Radyo markaları elektromanyetik enerjiyi, 30 ve 300 MHz band genişliğinde ve genellikle yüksek radyo frekansı formunda (VHF) gönderirler. Radyo markaları bilgiyi göndermek için bir antene ihtiyaç duymakta olup bilginin gönderildiği frekansı kontrol etmek için genellikle kuartz kristaller kullanır. Radyo frekanslarının, tuzlu sularda geniş ölçüde engellenmesi nedeniyle, radyo telemetri genellikle tatlı sularda kullanılmaktadır (Kvingedal ve Solvang, 2005). Telemetri tekniğinin balıkçılık alanında kullanımı ile ilgili yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda belirtilmiştir.

TELEMETRİ TEKNİĞİNİN BALIKÇILIKTA KULLANIMI

Telemetri tekniği, bir bilim dalı olarak ortaya çıktığı 1950'li yıllardan günümüze kadar geçen sürede gerek karasal (Gerlier ve Roche, 1998) gerekse de sucul ekosistemlerde yaşayan canlıların izlenmesinde popüler bir yöntem haline gelmiştir (Deng vd., 2011). Telemetri tekniğinin kullanımı ile balıkçılık alanında başlıca balık göçlerinin izlenmesi, balıklarda habitat kullanımı, balıklar tarafından tercih edilen suyun bazı fiziksel özellikleri (sıcaklık, tuzluluk v.b), balığın kullandığı yaşam alanının büyüklüğü, barajlarda bulunan balık geçitlerinden balıkların geçişinin takibi gibi konularda çalışmalar yapılmıştır. Balıkların yaşadıkları habitatların fiziksel koşulları (sıcaklık, tuzluluk v.b) yaşamlarının tüm bölümlerini geçirmeleri için uygun olmayabilir. Bu nedenle balıklar, beslenme ve üreme gibi ihtiyaçları için yaşamlarının belli dönemlerinde uygun fiziksel özellikler taşıyan başka habitatlara göç etmek zorunda kalırlar (Binder vd., 2011). Bu göçlerin izlenmesinde telemetri tekniği ile yapılan çalışmalarda çok başarılı sonuçlar alınmıştır (Thorstad vd., 2003; Clare vd., 2007).

Balık stoklarının belli bir habitatı ne zaman kullandıkları ve habitatın içersinde nasıl dağılım gösterdiklerinin anlaşılması balıkçılık kaynaklarının korunması için önemli bir adımdır (Arendt vd., 2001). Telemetri tekniği balıklarda habitat kullanımının belirlenmesi için artan oranda kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (Anras vd., 1999). Balıklar biyolojik özelliklerine göre farklı fiziksel özelliklere sahip suları tercih ederler. Yakın zamana kadar bu özellikler suyun dışından yapılan sıcaklık, tuzluluk gibi ölçümler ile belirlenmeye çalışılmıştır. Fakat günümüzde markalara takılabilen sensörler ile balıkların tercih ettikleri tuzluluk ve sıcaklık gibi fiziksel parametreler çok daha doğru bir şekilde tahmin edilebilmektedir. Marcinek vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada Pasifik Okyanusu'nda sıcaklık ve basınç sensörleri

taşıyan markalar ile orkinos balığının tercih (*Thunnus thynnus*) ettiği derinlik ve sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Pop-up uydu markalar kullanılarak yapılan çalışmada, orkinosların zamanlarının % 80'lik kısmını su kolonunun 40 metreye kadar olan kesiminde geçirdiğini, nadiren derin ve sıcaklığı düşük soğuk sulara indiğini bildirmişlerdir. Telemetri tekniğinin balıkçılıkta kullanıldığı diğer bir alan ise baraj ve HES'lerde bulunan balık geçitlerinin verimliliklerinin tespitidir. Ransom vd. (2008) tarafından Orta Kolombiya Nehri'nde bulunan üç farklı salmön türünün balık geçitlerinden geçişleri izlenmiştir. Yapılan çalışmada 8000 adet juvenil salmön, cerrahi olarak markalanarak nehre geri bırakılmıştır. Markalanan salmönlerin % 95'lik kısmının başarıyla izlendiği bildirilmiştir.

Yukarıda özetlenen çalışmalarda, balıkların izlenmesi ve bilginin veri kaynağından alıcıya gönderimini sağlayan eleman, balığın üzerine yerleştirilen markadır. Bu nedenle telemetri çalışmalarında kullanılacak markanın seçimi ve çalışmada kullanılacak olan markalama yöntemi çalışmanın başarısını belirleyecek temel unsurdur. Balığa takılan marka ve markanın takılması sırasında yapılan işlemlerin balığı olumsuz etkileyeceği aşikar bir durumdur (Moser vd., 2007). Bu nedenle telemetri çalışmalarında öncelikli olarak karar verilecek nokta, balığın normal davranışlarını en az etkileyecek marka ve markalama yönteminin seçilmesidir. Telemetri tekniğinin kullanılmaya başlandığı 1950'li yıllardan günümüze kadar geçen sürede, çalışmanın amacı ve çalışılan balığın anatomisine göre, farklı tip marka ve markalama yöntemleri geliştirilmiştir.

BALIKÇILIK ARAŞTIRMALARINDA KULLANILAN MARKALAR

Balığa takılacak olan markanın balığın su içerisindeki davranışını mümkün olan en az düzeyde etkilemesi hedeflenmelidir. Balığa yerleştirilen marka balığın biyolojik sınırını aşmamalıdır. Şayet bu sınırlar aşırsa balığın hareketleri, büyümesi ve hayatta kalma şansı olumsuz yönde etkilenir (Welch vd., 2007; Chittenden vd., 2009). Telemetri çalışmalarının başarılı olabilmesi, verileri elde etmeye yarayan en küçük marka ve uygun markalama yönteminin kullanılmasına bağlıdır. Markalanması düşünülen balıkta kullanılacak olan markayla ilgili öncelikli sorulması gereken soru markanın büyüklüğünün ve ağırlığının ne olacağıdır. Markalama çalışmalarında kullanılacak olan markaların balıklar üzerinde olan etkilerinin belirlenmesi ve balık büyüklüğüne göre kullanılacak olan markanın boyutlarının tespiti için birçok çalışma yürütülmüştür (Rechisky ve Welch, 2010). Lacroix vd. (2004) tarafından Atlantik salmönü (*Salmo salar*) üzerinde yapılan markalama çalışmaları sonucunda, 14-15 cm boyundaki Atlantik salmönünde kullanılacak markaların, vücut ağırlığının %8'ini geçmemesi gerektiğini belirtmişlerdir. Başarılı bir akustik telemetri çalışması için kullanılan markanın balık türüne göre uygun büyüklük ve tipte olması gerekmektedir. Ayrıca balığın yaşam döngüsünde, bulunduğu dönem göz önüne alınmalıdır (Latour, 2005). Kullanılan markanın balığın davranışları ve yaşamı üzerinde oluşturduğu etkiyi en alt seviyeye indirmek için balık ağırlığıyla marka

ağırlığı arasında orana (marka ağırlığı/balık ağırlığı) dikkat edilmelidir. Markalama çalışmalarında genel bir kural olarak kullanılan markanın ağırlığı, balığın suyun dışındaki ağırlığının %2'sini veya balığın su içindeki ağırlığının %1.25'ini geçmemesi tavsiye edilmiştir. Yapılan farklı çalışmalarda markanın balık ağırlığının %2'sini geçmesi durumunda balık üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bildirilmiştir (Lefrancois vd., 2001; Adams vd., 1998). Balıkçılıkla ilgili çalışmalarda kullanılan geleneksel markalar ve telemetri çalışmalarında kullanılan elektronik marka tipleri aşağıda genel hatları ile tanıtılmıştır.

GELENEKSEL MARKALAR

Geleneksel markalar, üzerlerinde taşıdıkları numaralar ile balıkları tanımlayan etiketlerdir. Genellikle plastik parçalardan oluşan bu markaların farklı tipleri bulunmaktadır. Balığın üzerine paslanmaz çelik bir tel ile tutturulan bu markalar, üzerinde taşıdığı numara ile balığın tanımlanmasını sağlar. Bu markalar balığın markalanıp salındığı yer ve zaman bilgisi ile tekrardan yakalandığı yer ve zaman bilgisini kullanarak balığın hareketi hakkında bilgi sahibi olmayı amaçlar.

Petersen Disk Markalar

Bu markalar, balık popülasyonu çalışmalarında kullanılan ilk markalardandır. Petersen disk markalar, zaman içerisinde bazı modifikasyonlara uğrasalar da temelde disk şeklinde iki plastik kısımdan oluşmaktadır. Balıkların dorsal yüzgecine takılan bu markalar balığın dorsal yüzgecinin altından geçirilen paslanmaz bir tel ile birbirlerine bağlanırlar. Petersen disk markalar ilk olarak köpek balıklarının hareketlerinin izlenmesi çalışmalarında kullanılmıştır (Kato ve Carvallo, 1967). Petersen disk markaların kullanılmasında karşılaşılan en önemli sorun, plastik disk şeklindeki markaların bağlanmasında kullanılan telin bozulmaya yatkın olması ve balıklardaki büyümenin dramatik olarak yavaşlamasıdır. (Kohler ve Turner, 2001).

İnternal Çapa Markalar

İnternal çapa markalar, disk markaların olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için geliştirilmiş markalardır. Çapa markaların iki tipi bulunmaktadır. Birinci tip, dikdörtgen şekilli olup balığın vücut boşluğuna yerleştirilmektedir. İkinci tip, buton marka olarak adlandırılan, etrafı bir vinil ile kaplı, markalardır. Çapa markalar, balıkların vücut boşluklarına bir enjeksiyon yardımıyla enjekte edilerek kullanılır.

Dart Markalar

Dart markalar, pelajik deniz balıklarının markalanmasında sıklıkla kullanılan marka tipidir. Dart markaların geliştirilmesinde temel hedef, markalama işlemleri sırasında balık üzerinde meydana gelen olumsuz etkilerin en aza indirilmesidir. Dart markalar, içine çelik tel yerleştirilmiş monofilament veya naylondan oluşan bir flama şeklindedir.

Rototag Markalar

Rototag markalar, Petersen disk markalarda olduğu gibi iki adet plastik parçadan oluşmaktadır. Rototag markaların balıklara takılması, bir tabanca ile gerçekleştirilip kısa sürede birçok balığın markalanması mümkün olmaktadır. Rototag markaların balığa takılmasında genellikle herhangi bir anestezi uygulaması gerekmemektedir. Bu markalar ilk başta kültür havuzlarında yaşayan balıkların markalanması amacı ile geliştirilmiştir. Fakat ilerleyen yıllarda bu markalarda modifikasyon yapılarak doğal ortamda kullanılmaya başlanmıştır.

POP-UP UYDU MARKALAR

Pop-up uydu markalar, arşiv markalar olarak da bilinmektedir. Bu markalar deniz balıklarının izlenmesinde kullanılmakta olup balığın izlediği yolu kayıt altına alan elektronik markalardır. Balıkların habitat tercihlerinin doğru bir biçimde belirlenmesinde, hareketlerinin günlük veya mevsimsel izlenmesinde kullanılmaktadır (Musyl vd., 2011). Pop-up uydu markalar sıcaklık, derinlik ve ışık yoğunluğu gibi bilgileri depolayarak uydu vasıtasıyla kullanıcıya ulaştırmaktadır. Genellikle köpek balığı gibi büyük balıkların, dorsal yüzgeçlerine takılarak kullanılan pop-up uydu markalar, önceden belirlenmiş bir zaman aralığında balığın üzerinde takılı kalır ve belirlenen zaman aralığının sona ermesiyle balıkla olan bağıntı koparak su yüzeyinde serbest yüzüşe geçer. Marka yüzeye çıktığı zaman depolamış olduğu veriyi uyduya aktarır. Uyduya aktarılan bilgi kullanıcılar tarafından alınarak izleme işlemi tamamlanmış olur. Pop-up markaların geleneksel markalara göre en büyük avantajı, balığın yeniden yakalanmasına gerek olmamasıdır.

SPOT MARKALAR

Spot markalar, balığın bulunduğu konumu, bulunduğu konumdaki sıcaklık ve derinlik bilgilerini tespit edebilen markalardır. Genellikle köpek balıklarının izlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır (Hsu vd., 2007). Balık vücudunun dışına takılan bu markalar, balık su yüzeyine çıktığı zaman kurumaya başlar. Markanın üzerinde bulunan hassas bir sensör, marka üzerindeki kuruluğu hemen tespit ederek balığın yüzeye çıktığına karar verir ve markada kayıtlı olan verilerin uyduya aktarımını sağlar. Spot markaların pop-up markalara göre en büyük avantajı, gerçek zamanlı bilgi elde edilebilmesine olanak sağlamasıdır. Bu markaların kullanımında karşılaşılan en büyük sorun, balığın uzun süreli su altında kaldığı zamanlarda veri aktarımının kesilmesidir.

AKUSTİK MARKALAR

Akustik markalar ses sinyalleri yayan küçük elektronik aletlerdir. Balıkların üç boyutlu olarak izlenmesine imkan tanıyan bu markalar, birçok sucul ekosistemde etkili şekilde çalışmaktadır (Steig, 1999). Akustik markalar ile balık stoklarına ilişkin çok detaylı bilgilerin elde edilmesi mümkün olmaktadır. İlk akustik markanın geliştirildiği 1956 yılından günümüze kadar geçen sürede akustik markalar, boyut olarak küçülmüş, ağırlık olarak da daha hafif hale gelmişlerdir.

Akustik markalar; balıkların yüzme hızı, vücut sıcaklığı ve buldukları derinliği verebilmektedirler.

ARŞİV MARKALAR

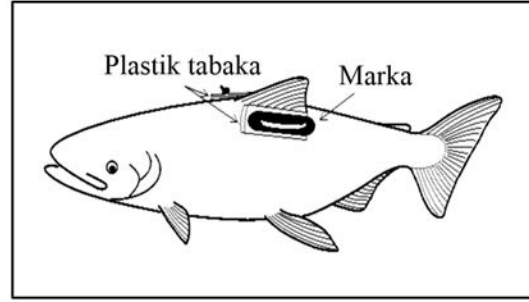
Arşiv markalar adından da anlaşılacağı gibi, Spot ve pop-up markalarda olduğu gibi, verileri depo etme özelliğine sahip markalardır. Bu markaların Spot ve pop-up markalara göre farkı, markanın kayıt ettiği bilgilerin alınabilmesi için balığın tekrardan yakalanması gerekmektedir. Arşiv markalar, mikro işlemciler tarafından yönetilmekte olup, buldukları ortamın sıcaklığını, derinliğini, koordinatlarını ve ışık yoğunluğunu tespit etme kapasitesine sahiptirler.

BALIKLARDA MARKALAMA YÖNTEMLERİ

İdeal bir markalama yöntemi, herkesin tanımlayabilmesi için, organizmaları sürekli ve şüpheye düşürmeden tanımlanabilir yapılmalıdır. Arazi şartlarında kullanımı kolay ve ucuz olmalıdır (Akyol ve Ceyhan, 2003). Markalamada kullanılacak olan tekniğin seçimi, araştırmacı tarafından çalışmanın amacı, balığın yaşam dönemi ve çalışılacak tür dikkate alınarak yapılmalıdır. Balıkların markalanmasında kullanılan üç yöntem vardır. Bu yöntemler, markanın balık vücudunun dışına (eksternal) takılması, mideye yerleştirilmesi ve markanın cerrahi olarak balık vücut boşluğuna yerleştirilmesi olarak sıralanmaktadır.

Markanın Balık Dış Yüzeyine Takılması

Markanın balık dış yüzeyine takılması, ilk olarak Stasko ve Pinckok (1977) tarafından salmon balıklarının dorsal yüzgeçlerine akustik markaların takılması ile yapılmıştır. Bu markalama yöntemi, kısa dönemli çalışmalar için uygun bir yöntemdir. Markalama işleminin kolay olması nedeniyle, balık ile kısa süreli uğraşılması büyük avantaj sağlamaktadır. Markanın balığın vücut dış yüzeyine takılması, vücudunda uygun boşluk olmayan ya da markalama işlemi için midesi yeterli büyüklükte olmayan balıklar için uygulanmaktadır (Tanaka vd., 2001). Bu yöntem, doğal ortamlarında yakalandıktan sonra kıyıya getirilmeleri zor olan, köpek balığı, ton balığı ve kılıç balığı gibi büyük balıklar için oldukça pratik bir yöntemdir. Markalar genellikle lateral olarak dorsal yüzgecin hemen yanına, önüne ve arkasına takılmaktadır. Bazı araştırmacılar markalamada kuyruk yüzgecini kullansalar da balığın yüzme performansını etkilediği için bu yöntem çok tercih edilen bir yöntem değildir. Bu markalama yöntemi genellikle, dorsal yüzgecin kenarına lateral olarak yatırılan markanın, paslanmaz bir çelik tel ile simetrik olarak hemen karşı tarafında bulunan plastik tabakaya bağlanması yapılmaktadır. Bağlama işlemi dorsal yüzgeç altındaki kas dokudan uygun bir alet ile açılan delikler ile olmaktadır (Şekil 2).

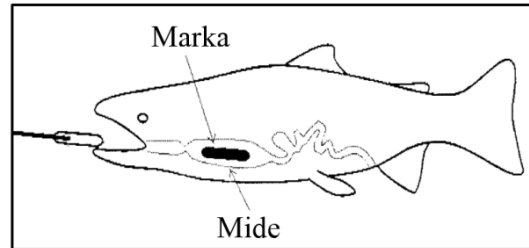


Şekil 2. Markanın balık dış yüzeyine takılması (Thorsteinsson, 2002)
Figure 2. Attaching the telemetry device to the fish (Thorsteinsson, 2002)

Markanın Mideye Yerleştirilmesi

Markanın mideye yerleştirilmesi işlemi, markanın balık dış yüzeyine takılmasında olduğu gibi hızlı ve kolay bir yöntemdir. Bu yöntemde anestetik madde ya hiç kullanılmamakta ya da az miktarlarda kullanılmaktadır (Dunning ve Ross, 2010). Markanın midede olması, marka ile dış ortam arasındaki fiziksel bağlantıyı keser. Böylelikle, markanın bir yerlere takılması gibi problemler ortadan kalkmış olur (Bridger ve Booth, 2003). Markanın mideye yerleştirilme işleminde cam baget kullanılır. Markalama işleminden önce markanın kolaylıkla yerleştirilmesi için marka ve cam baget gliserin gibi bir madde ile iyice yağlanmalıdır. Marka balığın ağız boşluğuna yerleştirilerek cam baget yardımı ile yutağa doğru yavaşça itelenir. Ağız boşluğundan yavaşça itilen marka yutaktan geçerek balığın midesine yerleştirilir (Ramstad ve Woody, 2003).

Markanın mideye yerleştirilmesi işleminde, hem işlem esnasında hem de işlemden sonra balık için bazı olumsuz sonuçlar söz konusudur. Markanın mideye yerleştirilmesi esnasında balığın yemek borusu veya midesi parçalanabilir. Özellikle marka, balığın midesine göre çok büyük olursa mide tamamen parçalanır (Martinelli vd., 1998). Balığın midesinde markanın bulunması mideye besin girişini ve buna bağlı olarak da balığın beslenmesini azaltarak balığı olumsuz yönde etkiler (Jepsen vd., 2001).

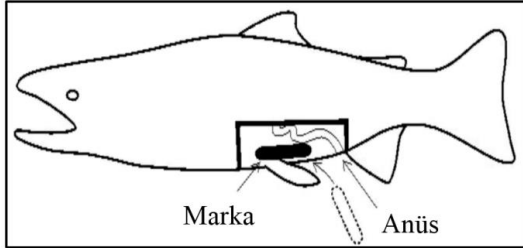


Şekil 3. Markanın mideye yerleştirilmesi (Thorsteinsson, 2002)
Figure 3. Inserting the telemetry device in stomach (Thorsteinsson, 2002)

Cerrahi Markalama Yöntemi

Cerrahi yöntem, uzun süreli çalışmalarda balıkların markalanmasında kullanılan en iyi yöntem olarak tanımlanmıştır (Cooke ve Bunt, 2001). Balık iyileştikçe markalamanın etkisi azalır. Mideye yerleştirilen markalamaya benzer şekilde, marka balığın içerisine, vücut boşluğuna yerleştirilmiştir. Cerrahi markalamada markanın balığın içine yerleştirilmesi, markanın dış ortamda bulunan nesnelere takılması ve ortamdaki su akıntılarının marka üzerinde oluşturduğu itme kuvvetini elimine edilmiş olur. Balıklarda cerrahi yöntemin genel uygulaması aşağıda belirtildiği gibi olmaktadır.

Balık anestezi madde uygulanmış bir havuzun içerisine yerleştirilir. Balığın operkulum hareketlerinin yavaşlaması (2 ile 4 dakika arası) beklenir. Balığın operkulum hareketleri yavaşladığı ve balık baygın hale geçtiği zaman balık müdahalenin yapılacağı "V" şeklindeki masaya alınır. İki karın yüzgecinin orta noktasından biraz daha geri bir mesafeden marka büyüklüğü göz önüne alınarak uygun büyüklükte bir kesi açılır. Marka bu kesiden içeri konularak kesinin her iki tarafına atılan dikişler ile dikilir. Bu operasyonun süresi yaklaşık 4-6 dakika sürmektedir (Jepsen vd., 2002). Cerrahi markalama işleminde, balığın vücudunda kesi oluşması ve anestezi istemesi diğer yöntemlere göre en büyük dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle, yumurtlama döneminde bulunan balıklarda yüksek ölüm oranlarının görülmesi, yumurtaların zarar görmesi nedeniyle yumurtlama döneminde olan balıklarda cerrahi markalama metodu tercih edilmemektedir (Marty ve Summerfelt, 1986).



Şekil 4. Cerrahi yöntem (Thorsteinsson, 2002)
Figure 4. Surgical method (Thorsteinsson, 2002)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Telemetri tekniği, klasik markalama çalışmalarından farklı olarak, kullanımı gittikçe yaygınlaşan bir teknik olarak ön plana çıkmaktadır. Bu tekniğin kullanımı ile balık popülasyonlarına ait birçok yeni bilginin elde edileceği aşikardır. Günümüzde telemetri tekniğinin kullanımı ile dünyada yapılmış (özellikle salmon balıkları üzerine) onlarca çalışma olmasına rağmen yapılan literatür taramalarında ülkemizde markalama çalışmaları üzerine yapılan çalışma sayısının yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir (Thorstad vd., 2013; Demirel ve Ferhat, 2012; Akyol ve Ceyhan, 2003). Balık stoklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, stoklara ilişkin verilerin doğru ve hızlı bir şekilde elde edilmesine bağlıdır. Böylece ileriye yönelik öngörülerle etkin bir yönetim

sağlanabilir. Ülkemizdeki gerek iç sular gerekse denizlerde bulunan balık stoklarının yönetimi geleneksel metotlar ile yapılan çalışmalardan elde edilen verilere dayanmaktadır. Balıkçılık alanında yapılan çalışmalarda, telemetri tekniğinin kullanımı ile elde edilecek bilgiler çok daha detaylı ve güvenilir olacağından bu bilgilere dayanan stok yönetimi daha başarılı olacaktır.

Balık popülasyonları üzerinde geliştirilen modellerle bu modellerin uygulanması sonucu elde edilen kararlar birim stok üzerine uygulanmaktadır. Bu yüzden, balık popülasyonları üzerinde yapılan çalışmalarında öncelikli olarak cevaplanması gereken soru, çalışılan alanda birim stok oluşup oluşmadığıdır. Birim stok, aynı tür ya da bu türün ırklarından birine ait bireylerden meydana gelen, kendi kendini yenileyebilme yeteneğine sahip üyelerden oluşan, diğer balık gruplarından bağımsız olarak sömürülebilir ve yılın belirli bir döneminde belirli bir alana yumurtlayan bireylerin oluşturduğu topluluktur (Avşar, 2005). Birim stokların kendilerine özgü bir dağılım ve yumurtlama alanları bulunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde birim stokların belirlenmesi mümkün olmaktadır. Özellikle balıkların yıl boyunca dağılım alanlarının incelemesine imkân veren elektronik veya arşiv markalar sayesinde, çalışma alanında, birim stokun oluşup oluşmadığı sorusunu kolaylıkla cevaplamak mümkündür. Bu sebepten ülkemizde balık stokları üzerinde yapılan çalışmalarda telemetri tekniğinin kullanımının yaygınlaşmasında büyük yarar vardır. Balık stokları üzerinde, diğer bir önemli konu da küresel ısınmanın balık stoklarını nasıl etkileyeceğidir. Günümüzde çeşitli öngörüler mevcut olsa da küresel ısınmanın ülkemiz sularında bulunan balıkların tür kompozisyonunu ne yönde değiştireceği, stoklarının dağılımları ve göçleri üzerinde nasıl etkiler oluşturacağından yakından takip edilmesi, özellikle okyanus ve denizlerde, geleneksel yöntemler ile oldukça zordur. Bu yüzden, özellikle ülkemiz denizlerinde bulunan stokların izlenmesinde telemetri tekniğinin kullanımı artırılmalıdır. Şayet küresel ısınmanın stoklar üzerinde oluşturacağı değişimler önceden tahmin edilerek doğru kararlar verilmezse ülkemizde balıkçılık alanında ciddi sorunların çıkması kaçınılmazdır.

Ülkemizde akarsularda yaşayan balık popülasyonları üzerindeki en önemli sorunlardan birisi de, akarsular üzerine inşa edilen hidroelektrik santralleri (HES) ve barajlardır. Williams vd. (2012) tarafından akarsular üzerine inşa edilen bu yapıların akarsuda yaşayan balıkların yukarı ve aşağı yöndeki hareketlerini engellediği bildirilmiştir. Ortaya çıkan bu olumsuz durumun engellenmesi için baraj ve HES'ler üzerinde balık geçitleri yapılmaktadır. Yapılan bu balık geçitleri, balıkların geçitlere karşı sergiledikleri davranışlar dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Balıkların davranışları dikkate alınarak yapılan balık geçitlerinden balık geçişlerinin takip edilmesi, bu geçitlerin ne ölçüde verimli çalıştıklarının belirlenmesi açısından önemlidir. Telemetri tekniği ile, balıkların balık geçitlerine karşı sergiledikleri davranışlar ve balık geçitlerinin ne ölçüde verimli çalıştıkları

belirlenebilmektedir (Skalski vd., 2009; Larinier vd., 2005; Lucas, 1999).

Ülkemizde bulunan balık geçitlerinin verimliliğinin

belirlenmesinde ve balık davranışlarını dikkate alan balık geçitlerinin tasarlanmasında telemetri tekniğinin kullanımı büyük yararlar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Adams, N.S., Beeman, J.W., Eiler, H.J., 2012. *Telemetry Techniques. A User Guide for Fisheries Research. American Fisheries Society, USA.* 3.
- Adams, N.S., Rondorf, D.W., Evans, S.D., Kelly, J.E., Perry, R.W., 1998. Effects of Surgically and Gastrically Implanted Radio Transmitters on Swimming Performance and Predator Avoidance of Juvenile Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55(4):781-787, 10.1139/f97-285.
- Akyol, O., Ceyhan, Tevfik., 2003. Balıkçılık Araştırmalarında Kullanılan Markalama-Etiketleme Materyalleri ve Yöntemleri. *Ege J Fish Aqua Sci*, (1-2): 273-285.
- Anras, M.L.B., Cooley, P.M., Bodaly, R.A., Anras, L., Fudge, R.J.P., 1999. Movement and Habitat Use by Lake Whitefish during Spawning in a Boreal Lake: Integrating Acoustic Telemetry and Geographic Information Systems. *Transactions of the American Fisheries Society*, 128:5, 939-952.
- Arendt, M.D., Lucy, J.A., Munroe, T.A., 2001. Seasonal Occurrence and Site-Utilization Patterns of Adult Tautog, *Tautoga onitis* (Labridae), at Man Made and Natural Structures in Lower Chesapeake Bay. *Fish Bull*, 99:519-527
- Avşar, D., 2005. *Balıkçılık Biyolojisi ve Popülasyon Dinamiği. Nobel Kitapevi. Adana*, 45.
- Baggeroer, A.B., 1984. Acoustic Telemetry-An Overview. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 9:4. doi:10.1109/JOE.1984.1145629.
- Bhatnagar, S.R., 2012. Converting Sound Energy to Electric Energy. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. ISSN 2250-2459, Volume 2, Issue 10.
- Binder, T.R., Cooke, S.J., Hinch, S.G., 2011. Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome In: *Environment The Biology of Fish Migration*. Farrell A.P., (Ed.), Academic Press, San Diego, pp.1921–1927.
- Bridger, C.J., Booth, R.K., 2003. The Effects of Biotelemetry Transmitter Presence and Attachment Procedures on Fish Physiology and Behavior. *Reviews in Fisheries Science*, 11(1): 13–34
- Chittenden, C.M., Butterworth, K.G., Cubitt, K.F., Jacobs, M.C., Ladouceur, A., Welch, D.W., McKinley, R.S., 2009. Maximum Tag to Body Size Ratios for an Endangered Coho Salmon (*O-kisutch*) Stock Based on Physiology and Performance. *Environmental Biology of Fishes*, vol. 84, No 1. doi: 10.1007/s10641-008-9396-9.
- Clare, L.N.G., Kenneth, W.A., Thomas, M.G., 2007. Habitat Use, Site Fidelity, and Movement of Adult Striped Bass in a Southern New Jersey Estuary Based on Mobile Acoustic Telemetry. *Transactions of the American Fisheries Society*, 136:1344–1355. doi: 10.1577/T06-250.1.
- Cooke, S.J., Bunt, C.M., 2001. Assessment of Internal and External Antenna Configurations of Radio Transmitters Implanted in Smallmouth Bass. *North American Journal of Fisheries Management*. 21: 236–241. doi: 10.1577/1548-8675(2001)021<0236:MBOIAE>2.0.CO;2.
- Demirel, F., Yüksel, F., 2012. Balık Stoklarının Tahmininde Kullanılan Markalama Yöntemleri. *e-Journal of New World Sciences Academy*, Volume:7, Number:3, Article Number: 5A0072.
- Deng, Z.D., Weiland, M.A., Fut., Seim, T.A., LaMarche, B.L., Choi, E.Y., Carlson, T. J., Eppard, M.B., 2011. A Cabled Acoustic Telemetry System for Detecting and Tracking Juvenile Salmon: Part 2. Three-Dimensional Tracking and Passage Outcomes. *Sensors*, 11, 5645-5660; doi:10.3390/s110605645.
- Dunning, D.J. Ross, Q.E., 2010. Effect of Radio-Tagging on Escape Reactions of Adult Blueback Herring to Ultrasound. *North American Journal of Fisheries Management*. 30:26–32, doi:10.1577/M09-093.1
- Eklund, C.R., Charlton, F.E., 1959. Measuring the Temperature of Incubating Penguin Eggs. *American Scientist*, Vol. 47, No.1.
- Geers, R., Puers, B., V, Goedseels., P, Wouters., 1997. *Electronic Identification, Monitoring and Tracking of Animals. Oxford University Press, United Kingdom*, 8.
- Gerler, M., Roche, P., 1998. A Radiotelemetry study of the Migration of Atlantic Salmon (*Salmo salar L.*) and Sea Trout (*Salmo trutta trutta L.*) in the Upper Rhine. *Hydrobiologia*, 371/372: 283–293.
- Hsu, H.Hsun., Joung, S.J., Liao, Y.Y., Liu, K.M., 2007. Satellite Tracking of Juvenile Whale Sharks, *Rhincodon typus*, in the Northwestern Pacific. *Fisheries Research*, 84:25-31, doi:10.1016/j.fishres.2006.11.030.
- Jepsen, N., Davis, L.E., Schreck,C.B., Siddens, B., 2001. The Physiological Response of Chinook Salmon Smolts to Two Methods of Radio-Tagging. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130:3, 495-500.
- Jepsen, N., Koed, A., Thorstad, E.B., Baras, E., 2002. Surgical Implanting of Telemetry Transmitters in Fish. How Much Have We Learned? *Hydrobiologia*, 483: 239-248.
- Kato, S., Carvallo, A.H., 1967. Shark Tagging in the Eastern Pacific Ocean. In: *Sharks, Skates, and Rays*, P.W. Gilbert, R.F., Mathewson, D.P., Rall (Eds.), Johns Hopkins Press, Baltimore, pp 93-109.
- Kohler, N.E., Turner, P.A., 2001. Shark Tagging: A Review of Conventional Methods and Studies. *Environmental Biology of Fishes*, 60:191-223.
- Kuechle, V.B., Kuechle, P.J., 2012. Radio Telemetry in Fresh Water: the Basic. In: *Telemetry. Techniques A User Guide for Fisheries Research*, Adams, N.A., Beeman, J.W., Eiler, J.H (Ed.), American Fisheries Society, Bethesda, pp. 91-139.
- Kvingedal, E., Solvang, T., 2005. Loggers and Transmitters on Animals. <http://www.nt.ntnu.no/users/clabec/pdf/LoggersOnAnimals.pdf> (14.04.2015).
- Lacroix, G.L., Knox, D., McCurdy, P., 2004. Effects of Implanted Dummy Acoustic Transmitters on Juvenile Atlantic Salmon: *Transactions of the American Fisheries Society*, 133:1, 211-220, doi:10.1577/T03-071.
- Larinier, M., Chanseau, M., Bau, F., Croze, O., 2005. The use of radio telemetry for optimizing fish pass design. In: *Aquatic telemetry: advances and applications. Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe*. Ustica, Spedicato, M.T., Lembo, G., Marmulla, G. (Ed.). p 295.
- Latour, R.J., 2005. Tagging Methods and Associated Data Analysis. In: *Management Techniques for Elasmobranch Fisheries*, Musick, J.A.; Bonfil, R. (Ed.), FAO Fisheries Technical Paper. No. 474. Rome, pp 45-62.
- Lefrancois, C., Odion, M., Claireaux, G., 2001. An Experimental and Theoretical Analysis of the Effect of Added weight on the Energetics and Hydrostatic Function of the Swimbladder of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Marine Biology*. 139:13-17. doi:10.1007/s002270100562.
- LeMunyan, C.D., White, W., Nybert, E., Christian, J.J., 1959. Desing of a Miniature Radio Transmitter for Use in Animal Studies. *Journal of Wildlife Management*, 23:107-110.Lonsdale, E.M., Baxter, G.T., 1968. Desing and Field Test of a Radio-Wave Transmitter for Fish Tagging. *The Progressive Fish-Culturist*, 30.1 (1968):47-52.

- Lucas, M.C., Mercer, T., Armstrong, J.D., McGinty, S., Rycroft, P., 1999. Use of a Flat-bed Passive Integrated Transponder Antenna Array to Study the Migration and Behaviour of Lowland River Fishes at a Fish Pass. *Fisheries Research*, 44 (1999) 183-191.
- Marcinek, D.J., Dewar, S.B.B.H., Freund, V.F., Dau, C.F.D., Seitz, A.C., Block, B.A., 2001. Depth and Muscle Temperature of Pacific Bluefin Tuna Examined with Acoustic and Pop-Up Satellite Archival Tag. *Marine Biology*, 138:869-885.
- Martinelli, T.L., Hansel, H.C., Shively, R.S., 1998. Growth and Physiological Responses to Surgical and Gastric Radio Transmitter Implantation Techniques in Subyearling Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Hydrobiologia*, 371/372:79–87. Marty, G.D., Summerfelt, R.C., 1986. Pathways and Mechanisms for Expulsion of Surgically Implanted Dummy Transmitters from Channel Catfish. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115:577-589.
- Moser, M.L., Ogden, D.A., Sandford, B.P., 2007. Effects of Surgically Implanted Transmitters on Anguilliform Fishes: Lessons from Lamprey. *Journal of Fish Biology*, 71, 1847–1852. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01628.x.
- Musyl, M.K., Domeier, M.L., Nasby-Lucas, N., Brill, R.W., McNaughton, L.M., Swimme, J.Y., Lutcavage, M.S., Wilson, S.G., Galuardi, B., Liddle, J.B., 2011. Performance of Pop-up Satellite Archival Tags. *Marine Ecology Progress Series*, 433:1-28. doi:10.1111/j.1095-8649.2007.01628.x.
- Nielsen, L.A., Johnson, D.L., 1983. *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 468.
- Pincock, D., Welch D., McKinley, S., Jackson, G., 2010. Acoustic Telemetry for Studying Migration Movements of Small Fish in Rivers and the Ocean-Current Capabilities and Future Possibilities. In: *Special Publication: Tagging, Telemetry, and Marking Measures for Monitoring Fish Populations*. K. Wolf., O. Jeniffer. (Ed.). Pacific Northwest Aquatic Monitoring Partnership, *Special Publication 2010-002 Washington*, pp 105-118.
- Pincock, D.G., Johnston, S.V., 2012. Acoustic Telemetry Overview. In: *Telemetry Techniques. A User Guide for Fisheries Research*. Adams, N.A., Beeman, J.W., Eiler, J.H (Ed.). *American Fisheries Society*. USA. pp. 305-338.
- Ramstad, K.M., Woody, C.A., 2003. Radio Tag Retention and Tag-Related Mortality Among Adult Sockeye Salmon. *North American Journal of Fisheries Management*, 23:978–982. doi:10.1577/1548-8675(2003)023<0978:RTRATM>2.0.CO;2.
- Ransom, B.H., Steig, T.W., Timoko, M.A., Neelson, P.A., 2008. Basin-Wide Monitoring of Salmon Smolts at US Dam. *International Journal on Hydropower and Dams*, 15:3.
- Rechisky, L.R., Welch, D.W., 2010. Surgical Implantation of Acoustic Tags: Influence of Tag Loss and Tag-Induced Mortality on Free-Ranging and Hatchery-Held Spring Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) Smolts. In: *Tagging, Telemetry, and Marking Measures for Monitoring Fish Populations*, K. Wolf., O. Jeniffer., (Ed.). Pacific Northwest Aquatic Monitoring Partnership, *Special Publication 2010-002*, Washington, pp 69-94.
- Sisak, J.M., Lotimer, J.S., 1998. Frequency Choice for Radio Telemetry: The HF vs. VHF Conundrum. *Hydrobiologia*, 371/372: 53-59.
- Skalski, J.R., Buchanan, R.A., Townsend, R.L., Steig, T.W., Hemstrom, S., 2009. A Multiple-release Model to Estimate Route-specific and Dam Passage Survival at a Hydroelectric Project. *North American Journal of Fisheries Management*, 29: 670-679.
- Stasko, A.B., Pincock, D.G., 1977. Review of Underwater Biotelemetry with Emphasis on Ultrasonic Techniques. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34(9):1261-1285, 10.1139/f77-189.
- Steig, T.W., 1999. The Use Of Acoustics Tags to Monitor The Movement Of Juvenile Salmonids Approaching A Dam on The Columbia River. <<http://www.beamreach.org/research/acoustics/tags/steig99.pdf>> (14.04.2015).
- Sutterlin, A.M., Jokola, K.J., Holte, B., 1979. Swimming Behavior of Salmonid Fish in Ocean Pens. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1979, 36(8):948-954, 10.1139/f79-132.
- Tanaka, H., Takagi, Y., Naito, Y., 2001. Swimming Speeds and Buoyancy Compensation of Migrating Adult Chum Salmon *Oncorhynchus keta* Revealed by Speed/Depth/Acceleration Data Logger. *Journal of Experimental Biology*, 204:3895-3904. Thorstad, E.B., Økland, F., Kroglund, F., Jepsen, N., 2003. Upstream Migration of Atlantic Salmon at a Power Station in the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology*, 10(3):139-146. doi:10.1046/j.1365-2400.2003.00335.x.
- Thorstad, E.B., Rikardsen, A.H., Alp, A., Økland, F., 2013. The Use of Electronic Tags in Fish Research-An Overview of Fish Telemetry Methods. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 881-896 (2013), doi:10.4194/1303-2712-v13_5_13.
- Thorsteinsson, V., 2002. Tag Attachment Methods in: Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries. *Report of Concerted Action*, FAIR CT.96.1394 (CATAG).
- Trefethen, P.S., 1956. Sonic Equipment for Tracking Individual Fish. *U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service*, 179:11.
- Webber, D., 2009. Acoustic Telemetry New User Guide. <<http://vemco.com/wp-content/uploads/2012/11/acoustic-telemetry.pdf>> (13.04.2015). Welch, D.W., Batten, S.D., Ward, B.R., 2007. Growth, Survival, and Tag Retention of Steelhead Trout (*O. mykiss*) Surgically Implanted with Dummy Acoustic Tags. *Hydrobiologia*, 582:289-299. doi: 10.1007/s10750-006-0553-x. Williams, J.G., Armstrong, G., Katapodis, C., Larinier, M., Travade, F., 2012. Thinking Like a Fish a Key Ingredient for Development of Effective Fish Passage Facilities at River Obstructions. *River Applic.* 28:407-417, doi:10.1002/rra.1551.
- Winter, J.D., 1996. Advances in Underwater Biotelemetry. In: *Fisheries Techniques*. Murphy, B.R. Willis, D.W. (Ed.), *American Fisheries Society*, Bethesda, Maryland, pp 555-590.

Kartal Gölü'nün (Denizli) sucul Coleoptera ve sucul-yarisucul Heteroptera (Insecta) faunası üzerine bir çalışma ve ekolojik notlar

A study on the aquatic Coleoptera and aquatic-semiaquatic Heteroptera (Insecta) fauna of Lake Kartal (Denizli) and ecological notes

Esat Tarık Topkara* • M. Ruşen Ustaoglu

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İçsular Biyolojisi Anabilim Dalı, 35100, Bornova, İzmir-Türkiye
*Corresponding author: esatopkara@gmail.com

How to cite this paper:

Topkara, E.T., Ustaoglu, M.R., 2015. A study on the aquatic Coleoptera and aquatic-semiaquatic Heteroptera (Insecta) fauna of Lake Kartal (Denizli) and ecological notes. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 45-50. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.07

Abstract: In this study, in order to determine the aquatic Coleoptera and aquatic-semiaquatic Heteroptera fauna in Lake Kartal (Beyağaç-Denizli province). Insects samples were collected in the summer periods of 2009-2011 years. As a result, 13 species and 1 subspecies of aquatic Coleoptera belonging to two families and 3 species and 2 subspecies of Heteroptera belonging to 3 families, were determined from the Lake Kartal. Furthermore, the some physico-chemical parameters were measured in situ; water temperature, electrical conductivity, pH, salinity, dissolved oxygen and saturation. Except the species, *Hydroglyphus geminus* (Fabricius, 1792), *Agabus bipustulatus* (Linnaeus, 1758), *Agabus conspersus* (Marsham, 1802) and *Dytiscus semisulcatus* (O.F. Müller, 1776) from Coleoptera order, other species and subspecies were recorded for the first time from Kartal Lake.

Keywords: Lake Kartal, Denizli, Coleoptera, Heteroptera, Turkey

Özet: Bu çalışmada, Denizli ili Beyağaç ilçesinde bulunan Kartal Gölü'nün sucul Coleoptera ve sucul ve yarisucul Heteroptera faunası incelenmiştir. Böcek örnekleri 2009-2011 yaz aylarında toplanmıştır. Örneklerin incelenmesi sonucunda, Coleoptera ordosundan 2 familyaya ait 13 tür ve 1 alttür ile Heteroptera subordosundan 3 familyaya ait 3 tür ve 2 alttür tespit edilmiştir. Ayrıca, gölün su sıcaklığı, elektriksel iletkenliği, pH, salinite, çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu değerleri gibi bazı fiziko-kimyasal parametreleri de yerinde (in situ) ölçülmüştür. Coleoptera ordosundan *Hydroglyphus geminus* (Fabricius, 1792), *Agabus bipustulatus* (Linnaeus, 1758), *Agabus conspersus* (Marsham, 1802) ve *Dytiscus semisulcatus* (O.F. Müller, 1776) türleri hariç tespit edilen diğer tüm türler ve alttürler Kartal Gölü için ilk kez bildirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kartal Gölü, Denizli, Coleoptera, Heteroptera, Türkiye

GİRİŞ

Kartal Gölü, Türkiye'nin güneybatı kesiminde yer alan, Köyceğiz (Muğla)'den ve Beyağaç (Denizli)'dan da stabilize kısmen de dağ yollarını takiben çıkılabilen, Çiçekbaba Dağı'nın zirvesine yakın buzul vadisi üzerinde bulunan bir göldür. Gölün yüzey alanı yaklaşık olarak 2 ha ve derinliği de yaklaşık 2 m'dir (Altınışıl vd., 2014).

Yılın büyük bölümünü kar ve buz altında geçiren gölün yazın kısa bir periyotta üzerinden kar ve buz örtüsü kalkmaktadır. Ayrıca, göl ve çevresi T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü tarafından 1994 yılında "Tabiatı koruma alanları" listesine dahil edilmiştir. Türkiye'de 2014 yılı itibarıyla 31 tabiatı koruma alanı olmasından dolayı bu alanların koruma, kontrol ve biyolojik çeşitliliğinin incelenmesi konusunda büyük titizlik gösterilmesi gerekmektedir (Milliparklar, 2014).

Türkiye'deki yüksek dağ göllerindeki sucul böcek faunasını ortaya çıkarmak üzere son yıllarda yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bunlardan, Ustaoglu vd. (2008), Uludağ'da bulunan beş buzul gölünün (Karagöl, Kilimligöl, Aynalıgöl, Buzlugöl ve Heybeligöl) zooplankton, bentik ve omurgalı faunasını ortaya çıkaran bir çalışma yapmışlardır.

Topkara vd. (2009), Toros dağ silsilesi üzerinde yer alan 12 dağ gölünün, limnolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda; Hemiptera, Coleoptera, Ephemeroptera, Trichoptera ordolarına ait toplam 29 tür ve 2 genus üyesi tespit etmişlerdir. Topkara ve Ustaoglu (2011), Doğu Karadeniz (Türkiye) dağ silsilesindeki yüksek dağ göllerinin sucul Coleoptera faunasını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında bölgedeki 22 gölden topladıkları sucul Coleoptera örneklerini incelemişlerdir.

Topkara vd. (2011), Türkiye'de sadece Rize ve Kartal Gölü'nde yaşadığını belirttikleri dünya için yeni bir hydraenid tür olan Ochthebius ustaoglu türünü bildirmişlerdir.

Altınışağı vd. (2014), Kartal Gölü'nde tespit ettikleri Ostracoda topluluklarının zamansal ve uzaysal dağılımlarını incelemişlerdir. Bu çalışmanın neticesinde Kartal Gölü'nde iki ostracod türünün *Candona neglecta* (Sars, 1887) ve *Psychrodromus olivaceus* (Brady ve Norman 1889)) varlığını bildirmişlerdir.

Darılmaz ve Kıyak (2015), 2007-2009 yıllarında İç Anadolu bölgesinde yeralan Afyon, Denizli, Kütahya ve Uşak illerinin Coleoptera faunası üzerine yapmış oldukları çalışmada, Kartal Gölü'nden de Coleoptera örnekleri toplamışlardır. Yaptıkları değerlendirme sonucunda, Coleoptera ordosunun Adephaga subordosuna ait 4 türü *Hydroglyphus geminus* (Fabricius, 1792), *Agabus bipustulatus* (Linnaeus, 1758), *Agabus conspersus* (Marsham, 1802) ve *Dytiscus semisulcatus* O.F. Müller, 1776) Kartal Gölü'nden bildirmişlerdir.

Coleoptera örneklerinin teşhisinde Nilsson ve Holmen (1995), Hebauer ve Klausnitzer (2000), Hansen (1987), Angus (1992), Jäch (1989)'den; Heteroptera örneklerinin teşhisinde Southwood ve Leston, (1959), Jansson (1986), Savage (1989), Rabitsch (2005) ve Kanyukova (2006)'dan faydalanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Kartal Gölü (37°05'50"K 28°51'01"D; rakım 1885 m)'nün sucul Coleoptera ve sucul ve yarisucul Heteroptera faunasını incelemeye yönelik bu çalışma, Haziran 2009, Ağustos 2009, 2010 ve 2011 Temmuz tarihlerinde yapılan 4 arazi çalışması ile gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin toplanmasında gölün sıg kesimlerinde ve göl çevresindeki çayırık alanda 0.5-1 mm göz açıklığına sahip el bentik kepçeleri ve su derinliğinin fazla ve sucul bitkilerin az olduğu ortamlarda ise gözenek çapı 500 µm olan tül iğrip kullanılmıştır. Yakalanan örnekler, içerisinde %4'lük formalin bulunan uygun büyüklükteki plastik şişeler içerisine alınmıştır.

Arazide toplanan örnekler laboratuvar koşullarında çeşme suyundan geçirilerek, küvet içine alınmış ve burada Coleoptera ve Hemiptera olarak ordo bazında ilk ayırım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örneklerin sistematik açıdan değerlendirilmesinde kullanılan erkek genital yapıları stereo mikroskop altında böcek iğneleri yardımıyla çıkarılmıştır. Aedeagoforların kitin yapısının etrafındaki kas dokusunu temizlemek ve şeffaflaştırmak amacıyla içerisinde %10'luk KOH bulunan bir petri kabına konularak birkaç saat bekletilmiş ve temizlenen aedeagoforlar lam üzerinde bulunan bir damla gliserin içerisine konularak stereo mikroskopunda incelenmiştir.

Sistematik açıdan incelenen örneklerden büyük boyutlu olanlar özel böcek iğneleri ile iğnelenmiş, küçük boyutlu olanlar ise uygun boyutlardaki kartonlar üzerine su bazlı yapıştırıcılar

ile yapıştırılmıştır. Örnekler kurumaları için bir süre bekletilmiştir.

Aynı zamanda gölün sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, saturasyon, tuzluluk ve kondüktivite değerleri gibi bazı fiziko-kimyasal parametreleri yerinde ölçülmüştür.

BULGULAR

Çalışma alanında tespit edilen Coleoptera ordosundan 2 familyaya ait 13 tür ve 1 alttür ile Heteroptera subordosundan 3 familyaya ait 3 tür ve 2 alttürün Türkiye'den bilinen yayılışları aşağıda verilmiştir:

Ordo: Coleoptera

Familiya: Dytiscidae

Hydroglyphus geminus (Fabricius, 1792)

İncelenen materyal: 1♂2♀, 26.08.2009; 5♂7♀, 16.07.2010; 1♂2♀, 28.07.2011

Türkiye'den önceki kayıtlar: Adana, Afyon, Aksaray, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bolu, Bursa, Denizli, Edirne, Erzurum, Eskişehir, Gümüşhane, Isparta, İçel, İzmir, Kastamonu, Kayseri, Konya, Kilis, Manisa, Muğla, Rize, Samsun, Trabzon (Darılmaz ve Kıyak, 2009, 2015; Topkara ve Balık, 2010).

Hydroporus pubescens (Gyllenhal, 1808)

İncelenen materyal: 2♂1♀, 17.06.2009; 3♂7♀, 16.07.2010; 8♂15♀, 28.07.2011

Türkiye'den önceki kayıtlar: Aksaray, Antalya, Artvin, Bursa, Balıkesir, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, İçel, İzmir, Manisa, Niğde, Ordu, Rize, Sakarya, Trabzon (Darılmaz ve Kıyak, 2009; Topkara ve Ustaoglu, 2014).

Hydroporus kozlovskii (Zaitsev, 1927)

İncelenen materyal: 1♂, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: Antalya, Artvin, Erzincan, Erzurum, Gümüşhane, Kars, Muş, Rize (Darılmaz ve Kıyak, 2009).

Colymbetes fuscus (Linnaeus, 1758)

İncelenen materyal: 3♂, 17.06.2009; 2♂2♀, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: Afyon, Aksaray, Burdur, Çorum, Denizli, Erzurum, İzmir, Konya, Samsun (Darılmaz ve Kıyak, 2009, 2015; Darılmaz vd., 2010).

Agabus bipustulatus (Linnaeus, 1767)

İncelenen materyal: 39♂43♀, 17.06.2009; 100♂87♀, 16.07.2010; 30♂15♀, 28.07.2011

Türkiye'den önceki Kayıtlar: Antalya, Artvin, Bursa, Çorum, Denizli, Erzurum, Gümüşhane, Isparta, İçel, İstanbul, İzmir, Kars, Kastamonu, Kayseri, Kocaeli, Konya, Muğla, Rize Van, Yozgat, Trabzon, Toros Dağları (Darılmaz ve Kıyak, 2009, 2015; Darılmaz vd., 2010).

Agabus nebulosus (Forster, 1771)

İncelenen materyal: 27♂59♀, 17.06.2009

Türkiye'den önceki kayıtlar: Afyon, Antalya, Aydın, Burdur, Bursa, Çorum, Denizli, İstanbul, İzmir, Muğla, Samsun, Sinop, Toros Dağları (Darılmaz ve Kıyak, 2009, 2015; Darılmaz vd., 2010).

Agabus conspersus (Marsham, 1802)

İncelenen materyal: 2♂5♀, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: Afyon, Antalya, Burdur, Bursa, Çorum, Denizli, Erzurum, Isparta, İzmir, Konya, Toros Dağları (Darılmaz ve Kıyak, 2009, 2015; Darılmaz vd., 2010).

Dytiscus dimidiatus (Bergsträsser, 1778)

İncelenen materyal: 1♂, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: İzmir, Samsun (Darılmaz ve Kıyak, 2009).

Dytiscus semisulcatus (O..F. Müller, 1776)

İncelenen materyal: 5♂8♀, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: Denizli, Isparta, Muğla (Darılmaz ve Kıyak, 2009, 2015).

Familiya: Hydrophilidae

Laccobius obscuratus aegaeus (Gentili, 1974)

İncelenen materyal: 1♂3♀, 16.07.2010; 1♂, 28.07.2011

Türkiye'den önceki kayıtlar: Adana, Ankara, Antalya, Artvin, Aydın, Balıkesir, Bayburt, Bilecik, Bitlis, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Çorum, Denizli, Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Isparta, İçel, İstanbul, İzmir, Kastamonu, Kayseri, Kırklareli, Kocaeli, Konya, Manisa, Muğla, Niğde, Ordu, Osmaniye, Rize, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Trabzon, Van (Darılmaz vd., 2010; Darılmaz ve İncekara, 2011; Bayram vd., 2012).

Enochrus fuscipennis (Thomson, 1884)

İncelenen materyal: 6♂4♀, 17.06.2009; 6♂4♀, 26.08.2009; 13♂11♀, 06.07.2010; 4♂3♀, 28.07.2011

Türkiye'den önceki kayıtlar: Artvin, Aksaray, Ankara, Balıkesir, Bayburt, Bursa, Çanakkale, Çorum, Denizli, Giresun, Gümüşhane, Erzincan, Erzurum, İzmir, Kayseri, Ordu, Rize, Sivas (Darılmaz vd., 2010; Darılmaz ve İncekara, 2011; Bayram vd., 2012).

Helophorus grandis (Illiger, 1798)

İncelenen materyal: 12♂18♀, 17.06.2009; 1♂, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: Antalya, Tokat (Darılmaz ve İncekara, 2011).

Helophorus abeillei (Guillebeau, 1986)

İncelenen materyal: 1♂, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: Adana, Antalya, Bayburt, Erzurum, Bitlis, Gümüşhane, Hakkâri, Van (Darılmaz ve İncekara, 2011).

Helophorus discrepans (Rey, 1885)

İncelenen materyal: 1♂, 16.07.2010; 3♂3♀, 28.07.2011

Türkiye'den önceki kayıtlar: Artvin, Ankara, Antalya, Bayburt, Bolu, Çorum, Erzurum, Erzincan, Giresun, Gümüşhane, Hakkâri, Kayseri, Ordu, Tokat, Trabzon, Van, Yozgat (Darılmaz vd., 2010; Darılmaz ve İncekara, 2011).

Ordo: Hemiptera

Subordo: Heteroptera

Familiya: Notonectidae

Notonecta viridis (Delcourt, 1909)

İncelenen materyal: 2♂1♀, 17.06.2009

Türkiye'den önceki kayıtlar: Adana, Afyon, Ankara, Antalya, Burdur, Çorum, Denizli, Edirne, Erzincan, Hatay, Isparta, İzmir, Muğla, Osmaniye, Samsun, Sivas, Tokat, Van (Fent vd., 2011).

Notonecta glauca glauca (L., 1758)

İncelenen materyal: 3♂2♀, 28.07.2011

Türkiye'den önceki kayıtlar: Afyon, Ankara, Bolu, Bursa, Çorum, Erzincan, Ilgaz dağları, İzmir, Kastamonu, Kars, Kırklareli, Konya, Samsun, Sivas (Salur ve Mesci, 2011; Dursun, 2011; Fent vd., 2011).

Familiya: Gerridae

Gerris lacustris (Linneaus, 1758)

İncelenen materyal: 1♂, 27.08.2009.

Türkiye'den önceki kayıtlar: Afyon, Antalya, Bolu, Çanakkale, Edirne, Gaziantep, Giresun, İstanbul, İzmir, Kilis, Kocaeli, Rize, Sakarya, Sivas, Tekirdağ, Trabzon (Topkara vd., 2009; Önder vd., 2006; Fent vd., 2011)

Familiya: Corixidae

Micronecta anatolica anatolica (Lindberg, 1922)

İncelenen materyal: 1♂3♀, 26.08.2009; 4♂3♀, 16.07.2010

Türkiye'den önceki kayıtlar: Adana, Antalya, Burdur, Denizli, Gaziantep, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Muğla, Van (Kiyak vd., 2007; Topkara, 2013)

Corixa affinis (Leach, 1817)

İncelenen materyal: 2♂, 16.07.2010; 3♂9♀, 28.07.2011

Türkiye'den önceki kayıtlar: Adana, Afyon, Ağrı, Ankara, Antalya, Aydın, Burdur, Çanakkale, Çorum, Denizli, Diyarbakır, Edirne, Erzincan, Eskişehir, Hatay, Isparta, İzmir, Kırklareli, Kocaeli, Konya, Mersin, Muğla, Osmaniye, Samsun, Sivas, Tekirdağ, Zonguldak (Önder vd., 2006; Kıyak vd., 2007; Salur ve Mesci, 2011; Fent vd., 2011)

Göl suyunun pH değerleri araştırma periyodu boyunca yapılan ölçümlerden hafif alkali özellik gösterdiği belirlenmiştir. Yaz sezonu olmasından ötürü de su sıcaklığı 18.0-23.7°C arasında ölçülmüştür. Ölçüm değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kartal Gölü yüzey suyu (*in situ*) fizikokimyasal ölçüm değerleri.
Table 1. Physicochemical properties of the surface layer (*in situ*) in Lake Kartal.

Parametreler	17.06.2009	26.08.2009	15.07.2010	28.07.2011
Sıcaklık (°C)	18	21.5	23.7	17.9
pH	8.45	9.06	8.58	8.25
Çözünmüş Oksijen (mg L ⁻¹)	8.5	8.6	8.6	6.0
Ç. O. Doygunluğu (%)	114	124	124	96
Tuzluluk (‰S)	0.0	0.1	0.1	0.1
Kondüktivite (µScm ⁻¹ ,25°C)	84	108.5	102	100

TARTIŞMA VE SONUÇ

Ülkemizdeki yüksek dağ göllerinde yapılan benzer araştırmalarda ise Ustaoglu vd. (2008) Uludağ'daki (Bursa) 5 buzul gölünde yaptıkları faunal bir çalışmada Kilimliçöl ve Karagöl'den iki Coleoptera türü ve Kilimliçöl'den de bir tür ve bir genus seviyesinde Hemiptera tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Topkara ve Ustaoglu (2011) Doğu Karadeniz bölgesindeki 22 dağ gölünde yaptıkları çalışmada Coleoptera ordosundan 4 familyaya ait 19 tür ve 2 alttür tespit etmişlerdir. Çalışma yapılan göllerin denizden yükseklikleri 1100 m ile 3120 m arasında değişmektedir. Bu çalışmada en fazla çeşitliliğin 10 tür ve 1 alttürle Dytiscidae familyasına ait olduğu bildirilmiştir. Kartal Gölü'nde tespit edilen Hydrophilidae familyası üyelerinin Doğu Karadeniz dağ göllerinde tespit edilemediği belirlenmiştir. Buna karşın, Doğu Karadeniz dağ göllerinden tespit edilen Elmidae familyasına ait tür de Kartal Gölü'nden tespit edilmemiştir. Bu durumun oluşmasında bahsi geçen familya üyelerinin göl ve çevrelerinde bulunan habitatların seçiciliği ile ilgili olduğu söylenebilir. Hydrophilidae üyeleri daha çok sığ, çamurlu alanları tercih etmelerine karşın Elmidae bireyleri serin akışkan, çözünmüş oksijen seviyesi yüksek, nispeten temiz suları tercih etmektedirler (Hansen, 1987; Elliott, 2008).

Topkara vd. (2009), Toros dağ silsilesi üzerinde yer alan ve denizden yükseklikleri 1500-2600 m arasında değişen 12 dağ gölünün, limnolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda; Heteroptera subordosundan 9 tür, Coleoptera ordosundan 14 tür rapor etmiştir. Toros dağlarındaki 12 dağ gölünün sahip olduğu 14 tür çeşitliliğine Kartal Gölü tek başına sahip olduğu görülmektedir. Heteroptera türleri açısından ise daha az sayıda tür içerdiği tespit edilmiştir. Toros dağlarındaki 14 türün 13'ü Dytiscidae familyasında ait olduğu rapor edilmiştir. Kartal Gölü'nde de Dytiscidae'den 9 tür tespit edilmiştir. Karagöl'deki Dytiscidae tür zenginliğine, gölün kenarındaki geniş çayırık alanın etkisi olabilir. Ayrıca Toros dağ silsilesinde yapılan çalışma 1996-1997 yıllarında ve Temmuz ayında yapılmıştır. Bundan dolayı diğer aylarda çıkabilecek Coleoptera örnekleri olabilir ve sayı artabilirdi. Heteroptera türlerinin Kartal Gölü'ndeki tür çeşitliliğinin azlığını ise bu gruba dahil türlerin habitat tercihinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim, Toros dağ silsilesi üzerindeki 12 gölden 5'inde Heteroptera bireylerinin tespit edildiği bildirilmiştir (Kızılot, Sülüklü (Seydişehir-Konya), Kovalı, Dipsiz, Gavur ve Sülüklü (Bozkır-Konya)). Bu göllerin tamamında makrofitlerin

yoğun bir şekilde bulunduğu ve dolayısıyla Heteroptera tür çeşitliliğinin bu duruma bağlı olabileceği düşünülebilir.

Nilsson ve Holmen (1995) *H. geminus* türünün alüvial gölcükleri ve göllerin kıyı kesimlerini tercih ettiklerini bildirmiştir. Kartal Gölü'den tespit edilen bireylerin vejetasyonu bol bir alandan tespit edilmiş olması türün vejetasyonlu alanlarda da bulunabileceğini göstermektedir.

Nilsson ve Holmen (1995), *H. pubescens*'in alüvial göllerde, az veya vejetasyonu olmayan küçük durgun sularda, sıklıkla sığ, geçici sularda, çayırık alanlarda bulduklarını bildirmişlerdir. Türe ait örnekler Kartal Gölü'nün çayırık kesiminden örneklenmesi türün habitat tercihinin belirtildiği gibi çayırık alanlar olduğunu göstermektedir.

Zaitsev (1972) *H. kozlovskii* türünün dağılım bilgilerine de yer verdiği çalışmasında bu türün Gürcistan'da subalpin bölgede ve Türkiye'de de yüksek bir plato durumundaki Sarıkamış'da dağılım gösterdiğini bildirmiştir. Bu bilgilerden ve Kartal Gölü'nde de tespit edilmesiyle türün yüksek rakımlı dağ sularını daha çok tercih ettiği anlaşılmaktadır.

Nilsson ve Holmen (1995), *C. fuscus*'un tipik bir göl formu olduğunu ve killi ve detrituslu gölcüklerde sıklıkla bulunduğunu belirtmişlerdir. Örnekler göl kenarındaki çayırık alandan toplanması sebebiyle bu durum türün sığ, çayırık alanlarda da yaşayabildiğini göstermektedir.

Agabus üyeleri vejetasyonu bol sığ gölcüklerde, küçük ve büyük akarsularda, pınarlar ve yalıklar gibi çok değişik habitat tercihleri bulunabilir (Guignot, 1947). Tespit ettiğimiz Agabus türleri de gölün kaynağını oluşturan dere ve kenar kısımlardaki çayırık alandan tespit edilmiştir. *A. bipustulatus* ve *A. nebulosus*'un bu bölgeden oldukça fazla sayıda örneklenmesi iki türün daha çok göl kenarlarındaki çayırık alanları tercih ettiği söylenebilir. Guignot (1947) *A. conspersus*'un durgun tatlısu ve acısu ortamlarının özellikle littoralinde bulunduğunu bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada bu türe gölün kıyı kesiminde rastlanmıştır.

Braasch ve Bellstedt (1991) *D. semisulcatus* türünün bol vejetasyonlu sığ gölcüklerde, temiz ve yavaş akan derelerde ve zengin vejetasyonlu hendeklerde bulunduğunu bildirmişlerdir. Nilsson ve Holmen (1995) *D. dimidiatus* türü için de önceki türle benzer habitatlar yanı sıra orman ağaçlarının yaprak döküntüleri arasında bulunabileceğini ifade etmiştir. Kartal Gölü bol kıyı vejetasyonu ve göle akan hafif akıntılı temiz suyu ile bu türlerin bulunabileceği lokaliteler arasındadır.

Hansen (1987), sucül Hydrophiloidea'lerin sıg ya da çok sıg sularda bulduklarını bildirmiş, Angus (1992) ise Helophorinae'lerin küçük çamurlu gölcük ve çukurlarda bulduklarını bildirmiştir. Hydrophilidae üyeleri gölün kuzey kesimindeki göl suyunun çekilmesiyle oluşmuş küçük, sıg, dibi çamurlu bir çukurluktan tespit edilmiştir.

Olosutean ve Illie (2013) *Gerris lacustris*'in derinliği az gölcükleri ve ırmakların kıyı kesimlerini tercih ettiğini bildirmiştir. Kartal Gölü'nden bu türe ait bireylerin de gölün sıg kıyı kesiminden örneklenmiş olması bu durumu doğrular niteliktedir.

Poisson (1957), *C. affinis*'in supralittoralde bazen acı sularda ve sucül bitkiler arasında bulunduğunu belirtmiştir. Örneklerimiz gölün vejetasyon bulunmayan, tabanı killi bir kesiminden toplanmıştır.

Savage (1989), *N. glauca glauca*'nın 100 µScm-1 değerinin üstünde elektriksel iletkenliğe sahip ve pH değerinin 6'nın üzerinde olduğu, ayrıca deniz seviyesinden 300 m'ye kadar olan sularda daha sık rastlandığını bildirmiştir. Kartal Gölü elektriksel iletkenlik ve pH değerleri açısından *N. glauca* için uygun gibi görünse de deniz seviyesinden 300 m'nin çok üzerinde bir rakımda tespit edilmesi türün geniş bir alanda dağılım gösterebileceğini işaret etmektedir.

Savage (1989) *N. viridis*'in çoğunlukla organik detritusun veya sucül bitkilerin az olduğu pH seviyesinin 6'nın üzerinde olduğu ve aynı zamanda yüksek kondüktivite değerlerine sahip göl ve gölcüklerde görüldüğünü bildirmiştir. Gerend (2010) ise Lüksemburg'da yaptığı çalışmada türü tabanında yoğun bir çamur tabakasına sahip, vejetasyonun çok seyrek ve hatta neredeyse olmadığı, elektriki kondüktivite değerinin 385 µScm-1 ve pH seviyesinin 8.3 olduğu küçük bir gölcükten örneklediğini bildirmiştir. Kartal Gölü pH değeri açısından önceki çalışmalarda bildirilen değerlerle benzerlik göstermekte ancak elektriki iletkenlik değerleri oldukça düşüktür (84-108.5 µScm-1). Bu durum türün elektriki iletkenlik değerlerine geniş

bir toleransa sahip olduğunu göstermektedir.

Micronecta anatolica anatolica türünün ekolojisine ait ayrıntılı bir çalışmaya rastlanmamış ancak önceki çalışmalardan elde edilen veriler ışığında bu alttürün göllerin ve akarsuların kıyı kesimlerinde bulunabileceği anlaşılmıştır (Dursun, 2011; Topkara, 2013; Shapovalova vd., 2014).

Altınsaçlı vd. (2014), Kartal Gölü'nde yaptıkları çalışmada gölün yüzey suyuna ait bazı fiziko-kimyasal ölçümleri yapmışlardır. Salinite, elektriksel iletkenlik ve pH ölçümleri bizim ölçümlerimizle benzerlikler gösterirken, gölün çözünmüş oksijen değerleri açısından bizim ölçtüğümüz değerler (son ölçüm hariç) Altınsaçlı vd. (2014)'nin yaptığı ölçümlerden yüksek çıkmıştır. Bu duruma ölçüm esnasındaki göl suyu sıcaklığının, kullanılan ölçüm aletinin kalibrasyonunun, göl çevresindeki rüzgar ve göldeki dalga hareketlerinin bu durumun oluşmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Kartal Gölü'nün sucül Coleoptera ve sucül-yarısucül Heteroptera kompozisyonu ile ilgili yakın tarihte Darılmaz ve Kiyak (2015)'in yapmış olduğu çalışmada, gölden 4 Adephega subordosuna ait tür tespit etmiş, bizim yaptığımız çalışmada Adephega subordosuna ait önceki çalışmadaki 4 türün yanısıra 5 tür daha gölden ilk kez rapor edilmektedir. Kartal Gölü'nde bu çalışma ile tespit edilen Coleoptera'lardan *H. pubescens*, *H. kozlovskii*, *D. dimidiatus*, *H. grandis*, *H. abeillei*, *H. discrepans* türleri Denizli ili için de ilk kez bildirilmiştir. Ayrıca heteropterlerden *N. glauca glauca* alttürü de yine bu çalışmada Denizli ili için ilk kez bildirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı finansal açıdan destekleyen, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Şube Müdürlüğü'ne (BAP Proje No:2009-SÜF-002) ve arazi çalışmalarındaki hizmetlerinden ötürü Teknisyen Yardımcısı Mesut Kaptan'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Altınsaçlı, S., Altınsaçlı, S., Percin Paçal, F., 2014. Spatial and temporal distribution of Ostracoda (Crustacea) assemblages in Lake Kartal (Köyceğiz, Muğla, Turkey). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(3):59-67.
- Angus, R., 1992. Insecta Coleoptera Hydrophilidae Helophorinae. In: *Süßwasserfauna von Mitteleuropa. Begr. von A. Brauer. Hrsg. v. J. Schwoeberl und P. Zwick. Band 20: Insecta Coleoptera. 10. Hydrophilidae. 2. Helophorinae.* Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 144 p.
- Bayram, S., Mart, A., İncekara, Ü., Polat, A., Taşar, G.E., 2012. A faunistic study on the Hydrophilidae in Sivas province (Turkey). *Munis Entomology and Zoology*, 7(2):881-892.
- Braasch, D., Bellstedt, R., 1991. *Dytiscus semisulcatus* Müller 1776 ein Bewohner von Meliorationsgräben (Coleoptera: Dytiscidae). *Koleopterologische Rundschau*, 61:21-24
- Darılmaz, M.C., Kiyak, S., 2009. Checklist of Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae and Dytiscidae of Turkey (Coleoptera: Adephega). *Journal of Natural History*, 43(25-26):1585-1636
- Darılmaz, M.C., Kiyak, S., 2015. Research of Aquatic Coleoptera Fauna of the Inner Western Anatolia, Part-I (Adephega). *Munis Entomology and Zoology*, 10(1):107-116.
- Darılmaz, M.C., Salur, A., Mesci, S., 2010. Aquatic Coleoptera fauna of Çorum and Yozgat provinces (Turkey), *Biological Diversity and Conservation*, 3/2:89-96.
- Darılmaz, M.C., İncekara, Ü., 2011. Checklist of Hydrophiloidea of Turkey (Coleoptera: Polyphaga). *Journal of Natural History*, 45(11-12):685-735. doi:10.1080/00222933.2010.535916
- Dursun, A., 2011. A study on the Nepomorpha (Hemiptera) species of some provinces of Anatolia, Turkey, with new records of *Anisops debilis perplexus* Poisson, 1929 and *Notonecta reuteri* Hungerford, 1928. *Turkish Journal of Entomology*, 35(3):461-474.
- Elliott, M., 2008. The ecology of riffle beetles (Coleoptera: Elmidae). *Freshwater Reviews*, 1(2):189-203. doi: 10.1608/FRJ-1.2.4
- Fent, M., Kment, P., Çamur-Elipek, B., Kırgız, T., 2011. Annotated catalogue of Enicocephalomorpha, Dipsocoromorpha, Nepomorpha, Gerromorpha, and Leptopodomorpha (Hemiptera: Heteroptera) of Turkey, with new records. *Zootaxa*, 2856:1-84.
- Gerend, R., 2010. *Notonecta viridis* Delcourt, 1909, a waterbug new to Luxembourg, with additional records of *Notonecta maculata* Fabricius, 1794 (Insecta, Heteroptera). *Bulletin de la Société des Naturalistes Luxembourgeois*, 111:117-119.

- Guignot, F., 1947. *Faune de France*. "Coleopteres Hydrocanthares", Volume 48, Paris, 286 p.
- Hansen, M., 1987. The Hydrophiloidea (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavia* Volume 18, E.J. Brill/Scandinavian Science Press Ltd., Leiden-Copenhagen, 254 p.
- Hebauer, F., Klausnitzer, B., 2000. Insecta: Coleoptera: Hydrophiloidea (exkl. Helophorus). Sübwasserfauna von Mitteleuropa 20/7,8,9,10-1. *Spectrum Akademischer Verlag*, Heidelberg-Berlin, 134 p.
- Jäch, M.A., 1989. Revision of the Palearctic species of the genus Ochthebius Leach III. The metallescens-group (Hydraenidae, Coleoptera), *Linzer Biologische Beiträge*, 21:351-390.
- Jansson, A., 1986. The Corixidae (Heteroptera) of Europe and some adjacent regions, *Acta Entomologica Fennica*, 47:1-94.
- Kanyukova, E.V., 2006. Aquatic and semiaquatic bugs (Heteroptera: Nepomorpha, Gerromorpha) of the fauna of Russia and neighbouring countries. Vladivostok: Dalnauka, 297 p. (in Russian)
- Kiyak, S., Canbulat, S., Salur, A., 2007. Nepomorpha (Heteroptera) fauna of south-western Anatolia (Turkey), *Bolletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 40(1):548-554.
- Milliparklar, 2014. Erişim: 01.02. 2014, http://www.milliparklar.gov.tr/mp/t_korumaalani.pdf
- Nilsson, A.N., Holmen, M., 1995. The Aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II Dytiscidae, *Fauna Entomologica Scandinavica* volume 32, E.J. Brill Leiden New York-Köln, 192 s.
- Olosutean, H., Illie, D.M., 2013. Gerris Lacustris (Linnaeus 1758) and Gerris Costae (Herrich-Schäffer 1850) Species - Habitat Relations on Mountainous Tributaries of Vişeu River (Maramureş, Romania). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 15(1):11-18, doi:10.2478/trser-2013-0002.
- Önder, F., Karsavuran, Y., Tezcan, S., Fent, M., 2006. Türkiye Heteroptera (Insecta) Kataloğu, (Heteroptera (Insecta) Catalogue of Turkey), Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir, 164 s.
- Poisson, R., 1957. *Faune De France* 61 Heteropteres Aquatiques. Editions Paul Lechevalier, 12, rue de Tournon (VIe), 263 p.
- Rabitsch, W., 2005. Erişim: 10.04. 2013, Spezialpraktikum aquatische und semiaquatische Heteroptera; http://homepage.univie.ac.at/wolfgang_rabitsch
- Salur, A., Mesci, S., 2011. Nepomorphan Fauna of Çorum Province (Hemiptera: Heteroptera), *Munis Entomology and Zoology*, 6(2):1014-1016.
- Savage, A.A., 1989. Adults of the British Aquatic Hemiptera Heteroptera. A Key With Ecological Notes. *Scientific Publication* No. 50, Freshwater Biological Association, Ambleside, 173 p.
- Shapovalova, M.I., Saprykina, M.A., Prokin, A.A., 2014. Review of Water Bugs of the Genus Micronecta Kirk. (Heteroptera, Corixidae) of the Fauna of the Northwestern Caucasus. *Entomological Review*, 94(7):1000-1003.
- Southwood, T.R.E., Leston, D., 1959. Land and Water Bugs of the British Isles. Chapter XII, Pondskaters and allied bugs. Frederick Warne Co. Ltd. London-New York. 347-359 p.
- Topkara, E.T., 2013. Contribution to the knowledge on distribution of water boatmen (Heteroptera: Corixidae) in Turkey, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30(1):15-19. doi:10.12714/egejfas.2013.30.1.03
- Topkara, E.T., Balık, S., 2010. Contribution to the Knowledge on Distribution of the Aquatic Beetles (Ordo: Coleoptera) in the Western Black Sea Region and Its Environs of Turkey, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10(3):323-332
- Topkara, E.T., Jäch, M., Kasapoğlu, A., 2011. Ochthebius ustaoglu sp. nov. (Coleoptera: Hydraenidae), a new species of the O. metallescens group from Turkey, *Zootaxa*, 2913:59-62.
- Topkara, E.T., Taşdemir, A., Yıldız, S., Ustaoglu, M.R., Balık, S., 2009. Toros dağ silsilesi üzerindeki bazı göllerin sucul böcek (Insecta) faunasına katkılar, *Journal of FisheriesSciences.com*, 3(1):10-17.
- Topkara, E.T., Ustaoglu, M.R., 2011. Investigations on the Aquatic Coleoptera (Classis: Insecta) Fauna of Some Mountain Lakes in the Eastern Black Sea Range (Turkey), *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 28(4):99-103
- Topkara, E.T., Ustaoglu, M.R., 2014. Gönen Çayı (Balıkesir, Çanakkale-Türkiye)'nda yaşayan sucul Coleoptera ve sucul ve yarısucul Heteroptera faunası üzerine bir çalışma. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(1): 00-00 (Basımda)
- Ustaoglu, M.R., Balık, S., Sarı, H.M., Mis, D.Ö., Aygen, C., Özbek, M., İlhan A., Taşdemir, A., Yıldız, S., Topkara, E.T., 2008. Uludağ (Bursa)'daki buzul gölleri ve akarsularında faunal bir çalışma, *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(4):295-299.
- Zaitsev, F.A., 1972. Fauna of the U.S.S.R., Vol. IV. Coleoptera (Amphizoidae, Hygrobiidae, Haliplidae, Dytiscidae, Gyridae). Israel Prog. Sci Translations, Jerusalem-Israel, 401 p.

Rare occurrence of the leatherback sea turtle, *Dermochelys coriacea*, in Izmir Bay, Aegean Sea, Turkey

İzmir Körfezi'nde (Ege Denizi, Türkiye) nadir rastlanan deri sırtlı deniz kaplumbağası, *Dermochelys coriacea*, vakası

Ertan Taşkavak^{1*} • Salim Can Akçınar¹ • Çağlayan İnanlı²

¹ Ege Üniversitesi, Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, İzmir-Turkey

² Karşıyaka Municipality, Directorate of Veterinary Affairs, Karşıyaka, İzmir-Turkey

*Corresponding author: ertan.taskavak@ege.edu.tr

How to cite this paper:

Taşkavak, E., Akçınar, S.C., İnanlı, C., 2015. Rare occurrence of the leatherback sea turtle, *Dermochelys coriacea*, in Izmir Bay, Aegean Sea, Turkey. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(1): 51-52. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.1.08

Özet: Deri sırtlı deniz kaplumbağası, *Dermochelys coriacea*, pelajik ve dünya genelinde dağılım gösteren ve IUCN Kırmızı Liste'de Hassas olarak listelenmiş bir türdür. Daha çok Pasifik ve Atlantik Okyanus'larında bulunmasına rağmen, Akdeniz'e zaman zaman giriş yapar. Akdeniz'deki gözlemlerin çoğu Batı Akdeniz'dendir. Türkiye'nin Ege Denizi kıyılarında ilk kez on yıldan fazla süre önce görülen türe, bu kayıta 28 Eylül 2011 yılında İzmir Körfezi'nde ölü olarak karaya vurmuş halde rastlanmıştır. Bulunan ergin dişi kaplumbağanın 148 cm eğiş karapas boyuna ve 198 kg ağırlığa sahiptir. Karapasında, büyük olasılıkla gemi pervanesi sebebiyle oluşan, dikine derin iki yarığa rastlanmıştır.

Anahtar kelimeler: *Dermochelys coriacea*, Deri sırtlı deniz kaplumbağası, karaya vurma, İzmir Körfezi, Ege Denizi, Türkiye

Abstract: Leatherback sea turtle, *Dermochelys coriacea*, is a pelagic and circumglobal species and listed Vulnerable in IUCN Red List. Although the species mainly inhabits the Atlantic and Pacific Oceans and occasionally enters the Mediterranean Sea. Most of the sightings have been made in the western part of the Mediterranean. More than a decade after the species' first record in the Aegean coasts of Turkey, the recent specimen were found stranded dead on the coast of Izmir Bay on October 28, 2011. The mature turtle was a female with 148 cm of curved carapace length and 198 kg of weight. Two deep transversal cuts which seem to be caused by a boat propeller were observed on carapace.

Keywords: *Dermochelys coriacea*, Leatherback sea turtle, stranding, Izmir Bay, Aegean Sea, Turkey

INTRODUCTION

Populations of leatherback sea turtles, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761), are assumed to be decreasing globally (Spotila et al. 1996; Pritchard 1982), and they are listed as Vulnerable in IUCN Red List (Wallace et al., 2013). Although the species mainly inhabits the Atlantic and Pacific Oceans, they occasionally enters the Mediterranean Sea, and most of the sightings have been made from the western part of the Mediterranean (Casale et al. 2003). Few records available from the Eastern Mediterranean countries including Greece (Margaritoulis 1986), Syria (Rees et al. 2004), Israel (Levy et al. 2005), Cyprus and Egypt (Casale et al. 2003).

Leatherbacks have been observed sporadically from Turkish coasts. The first documented record seems to be an individual caught by fishermen and brought to the harbor of Antalya in 1983 (Baran and Kasperek, 1989). Subsequently, Oruç et al. (1996) mentioned that fishermen from Karataş and Yumurtalık, Bay of Iskenderun, occasionally observe leatherbacks, and that in 1995 a single dead *D. coriacea* was

recovered from their nets and brought ashore at Karataş. Additionally, an officer of the local (Karataş) authority of the Ministry of Agriculture also encountered and photographed a carcass on the beach in the Strait of Hurma (Hurma Boğazı). Another dead specimen was found stranded on the shore in the vicinity of the Anamur-Bozyazı Highway (Taşkavak and Farkas, 1998). Most recent record of the species from Turkey was obtained from Eastern Mediterranean in 2006 (Sönmez et al. 2008). The individual was found dead in the Iskenderun Bay, and its tag revealed that it marked at Matura beach, Trinidad, in 2005 (Sönmez et al. 2008).

In addition to the several records from the southern coasts, only two observation were made from the Aegean coasts of Turkey (Taşkavak and Farkas, 1998). One of them was a male with 126 cm straight carapace length, caught in a gillnet in Edremit Bay, northern Aegean, and the other specimen was caught live in a trammel net by a local fisherman in Izmir Bay, and released back to sea in a healthy condition. The size and

sex of the ladder were undetermined (Taşkavak and Farkas, 1998; Taşkavak et al. 1998).

More than a decade after the species' first record from the Aegean coasts of Turkey (Taşkavak and Farkas, 1998; Taşkavak et al. 1998), the recent specimen were found stranded on the coast of Izmir Bay on October 28, 2011. The mature turtle was a female with 148 cm of curved carapace length and 198 kg of weight. The length from tip to tail end was

183 cm. The distance between the front limbs was 199 cm. No tag was found. Two deep transversal cuts which seem to be caused by a boat propeller were observed on carapace (Figure 1). Small wound was measured as 40 cm, while larger one located almost on middle of the carapace (we thought it was fatal) was about 50 cm. No record of nesting by leatherbacks in Mediterranean is confirmed yet, so individuals observed in eastern Mediterranean are assumed to originate from Atlantic Ocean colonies.



Figure 1. The stranded leatherback turtle, *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761), on the coast of Izmir Bay, Turkey, on October 28, 2011

REFERENCES

- Baran, I., Kasparek, M., 1989. Marine turtles-Turkey status survey 1988 and recommendations for conservation and management. *WWF publication*, 123pp.
- Casale P., Nicolosi, P., Freggi, D., Turchetto, M., Argano, R., 2003. Leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in Italy and in the Mediterranean Basin. *Herpetological Journal* 13:135-139.
- Levy, Y., King, R., Aizenberg, I., 2005. Holding a live leatherback turtle in Israel: lessons learned. *Marine Turtle Newsletter* 107:7-8.
- Margaritoulis, D. M., 1986. Captures and strandings of the leatherback sea turtle, *Dermochelys coriacea*, in Greece (1982-1984). *Journal of Herpetology* 20(3):471-474. doi: [10.2307/1564521](https://doi.org/10.2307/1564521)
- Oruç, A., Demirayak, F., Sat, G., 1996. Fishery in the Eastern Mediterranean and its Impact on Marine turtles: The Conclusive Report. Istanbul: DHKD-WWF.
- Pritchard, P. 1982. Nesting of leatherback turtle *Dermochelys coriacea* in Pacific Mexico, with a new estimate of the world population status. *Copeia* 4: 741-747. doi: [10.2307/1444081](https://doi.org/10.2307/1444081)
- Rees, A.F., Saad, A., Jony, M., 2004. First Record of a Leatherback Turtle in Syria. *Marine Turtle Newsletter*(106):13.
- Sönmez, B., Sammy, D., Yalçın-Özdilek, Ş., Gönenler, Ö.A., Açıkbaş, U., Ergün, Y., Kaska, Y., 2008. A Stranded Leatherback Sea Turtle in the Northeastern Mediterranean, Hatay, Turkey. *Marine Turtle Newsletter* (119): 12-13.
- Spotila, J.R., Dunham, A.E., Leslie, A.J., Steyermark, A.C., Plotkin, P.T., Paladino, F.V., 1996. Worldwide population declines of *Dermochelys coriacea*: Are leatherback turtles going extinct? *Chelonian Conservation and Biology* 2(2):209-222.
- Taşkavak, E., Boulon, R.H. Atatür, M.K., 1998. An Unusual Stranding of a Leatherback Turtle in Turkey. *Marine Turtle Newsletter* (80):13
- Taşkavak, E., Farkas, B., 1998. On the occurrence of the Leatherback Turtle, *Dermochelys coriacea*, in Turkey (Testudines: Dermochelyidae). *Zoology in the Middle East* 16:71-75. doi: [10.1080/09397140.1998.10637756](https://doi.org/10.1080/09397140.1998.10637756)
- Wallace, B.P., Tiwari, M. & Girondot, M. 2013. *Dermochelys coriacea*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 13 July 2015.

İÇİNDEKİLER CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

- Homa Dalyan'ında (İzmir Körfezi) dağılım gösteren *Mytilus galloprovincialis* ve *Tapes decussatus* (Bivalvia) türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi
Assessment of heavy metal accumulation in *Mytilus galloprovincialis* and *Tapes decussatus* (Bivalvia) distributed in the Homa Lagoon (Izmir Bay)
Mustafa Bilgin, Esin Uluturhan Suzer..... 1-8
- Karadeniz'de yaşayan Pisi Balığının *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814) (Pisces, Pleuronectiformes) ilk karyolojik tanımlaması
The first caryological description of European Flounder, *Platichthys flesus luscus* (Pallas, 1814) (Pisces, Pleuronectiformes) living in the Black Sea
Serkan Saygun, Recep Bircan..... 9-14

DERLEME REVIEW

- Akdeniz'in yeni toksini: Tetrodotoksin
The new toxin of Mediterranean: Tetrodotoxin
Ali Rıza Köşker, Fatih Özoğul, Deniz Ayas, Mustafa Durmuş, Yılmaz Uçar..... 15-24

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

- İzmir Körfezi Fitoplanktonunun 15 yıllık tür dağılımları ve istatistiksel olarak karşılaştırmalı incelenmesi
Distribution of phytoplankton species in İzmir Bay for 15 years and its comparative statistical analysis
Levent Yurga..... 25-30
- Kaçkar ve Soğanlı Dağları göllerinin morfometrik özellikleri (Türkiye)
Morphometrical features of the lakes on Kaçkar and Soğanlı Mountains (Turkey)
Hasan M. Sarı, M. Ruşen Ustaoglu, Ali İlhan, Murat Özbek..... 31-36

DERLEME REVIEW

- Biyoteleometri ve balıkçılıkta kullanımı
Biotelemetry and usage in fishing
Mustafa Akkuş, Mustafa Sarı..... 37-44

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

- Kartal Gölü'nün (Denizli) sucul Coleoptera ve sucul-yarısucul Heteroptera (Insecta) faunası üzerine bir çalışma ve ekolojik notlar
A study on the aquatic Coleoptera and aquatic-semiaquatic Heteroptera (Insecta) fauna of Lake Kartal (Denizli) and ecological notes
Esat Tanık Topkara, M. Ruşen Ustaoglu..... 45-50

VAKA TAKDİMİ CASE REPORT

- Rare occurrence of the leatherback sea turtle, *Dermochelys coriacea*, in Izmir Bay, Aegean Sea, Turkey
İzmir Körfezi'nde (Ege Denizi, Türkiye) nadir rastlanan deri sırtlı deniz kaplumbağası, *Dermochelys coriacea*, vakası
Ertan Taşkavak, Salim Can Akçınar, Çağlayan İnanlı..... 51-52