

Metal Concentrations of *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* Gonads from Gökçeada Island (North Aegean Sea, Turkey)

Melis Yılmaz^{1*}, Sezginer Tunçer²

^{1*} Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 17100, Çanakkale, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 17100, Çanakkale, Türkiye

Correspondent: melisyilmaz@comu.edu.tr

Received: 08.06.2021

Accepted: 23.06.2021

Melis Yılmaz: Orcid 0000-0002-8776-2117

Sezginer Tunçer: Orcid 0000-0002-6634-7109

How to cite this article: Yılmaz, M., Tunçer, S., (2021). Metal concentration of *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* gonads from Gökçeada Island (North Aegean Sea). COMU J. Mar. Sci. Fish, 4(1): 71-78. DOI: 10.46384/jmsf.949586

Abstract: In this study, Pb, Cu, Zn, Cd and Fe levels in the gonads of *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* collected from the coasts of Gökçeada were determined seasonally between 2014-2015. Trace element concentrations of *P. lividus* from highest to lowest ranked as Zn> Fe> Cu>Pb>Cd. Trace element concentrations of *A. lixula* gonads from highest to lowest ranked as Fe> Zn>Cu>Pb> Cd. Trace element concentrations were statistically different between species and between stations and seasons. For comparison purposes in biomonitoring studies only trace element concentrations in identical tissues of sea urchins should be used. Among body tissues, gonads are recommended to be considered as biomonitor tissues, except during reproductive periods.

Keywords: Purple Sea Urchin, Black Sea Urchin, Trace Elements, Gonad, Gökçeada

Gökçeada Kıyılarında (Kuzey Ege Denizi) *Paracentrotus lividus* ve *Arbacia lixula* Gonadlarında Metal Konsantrasyonları

Özet: Bu çalışmada, Gökçeada kıyılarındaki *Paracentrotus lividus* ve *Arbacia lixula* gonadlarında 2014-2015 yıllarında mevsimsel olarak Pb, Cu, Zn, Cd ve Fe düzeyleri araştırılmıştır. *P. lividus*'un en yüksek iz element konsantrasyonları arasındaki sıralama Zn> Fe> Cu> Pb> Cd şeklindedir. *A. lixula* gonadlarındaki iz element konsantrasyonu sıralaması ise Fe> Zn>Cu>Pb> Cd olarak belirlenmiştir. Yapılan tek yönlü varyans analizlerine göre iz element konsantrasyonlarındaki farklılıklar, türlerle, istasyonlara göre değişim göstermektedir. Aynı durum mevsimler arasındaki iz element konsantrasyonlarındaki farklılıklar için de geçerlidir. Deniz kestanelerinde kirlilik izleme çalışmaları için sadece aynı dokular arasında iz element konsantrasyonlarını karşılaştırmaya özen gösterilmelidir. Vücut dokuları arasında, üreme dönemleri dışında gonadlar, biyomonitor dokular olarak değerlendirilmek üzere önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mor Deniz Kestanesi, Siyah Deniz Kestanesi, İz Elementler, Gonad, Gökçeada

Giriş

Deniz ürünleri, enerji ve protein kaynağı olarak insanların ihtiyaç duyduğu tüm temel amino asitleri, mineralleri ve eser elementleri içermelerinin yanı sıra uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerini bakımından iyi bir kaynak olmaları nedeniyle yüksek kaliteli ve sağlıklı bir besin kaynağı olarak kabul edilmektedir (Reuver ve Barbosa, 2017a, Reuver vd., 2017b). Deniz ürünleri arasında yer alan deniz

kestaneleri, balık, fok ve balina gibi canlıların besinini oluşturmalarının yanında insan gıdası olarak da tüketilmektedir (Ahn vd., 2009). Farklı organoleptik özellikleri nedeniyle yüksek gastronomik değeri olan ve genellikle pişmemiş, tuzlanmış, salamura edilmiş veya farklı şekillerde işlenerek tüketilen deniz kestaneleri günümüzde dünya çapında oldukça değerli bir besin haline

gelmiştir (McBride vd., 2004). Deniz kestanesi gonadları çok tercih edilmesi nedeniyle ticari değeri de yüksektir. Deniz kestaneleri birçok Avrupa ülkesinde, Kuzey ve Güney Amerika ve Asya'da, özellikle de dünya tüketiminin %80'inden fazlasını oluşturan Japonya'da ticari olarak kullanılmaktadır (Sun ve Chiang, 2015). Ülkemiz sınırlarında Akdeniz ve Ege sahilleri boyunca sıkça *Paracentrotus lividus* ve *Arbacia lixula* türlerine rastlanılmasına karşın *P. lividus* ülkemizde gıda olarak en çok tercih edilen türdür (Tunçer vd., 2016).

Deniz kestaneleri, sıcaklık, gıda ve dalga etkisi gibi çevresel koşullara çok çeşitli adaptif tepkiler gösterir (Bayed vd., 2005). Kısıtlı deniz alanlarında ekolojik alışkanlıkları ve çeşitli kirleticilere duyarlılığı nedeniyle deniz kestaneleri kirliliğin uygun bir biyolojik-biyokimyasal göstergesi olarak kabul edilmektedir (Angioni vd., 2012; Soualili vd., 2008). Özellikle, *P. lividus*, kirleticilerin embriyonik ve larva gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için izleme ve risk değerlendirme programlarındaki toksisite deneylerinde sıklıkla kullanılmıştır (Soualili vd., 2008; Çakal Arslan ve Parlak, 2008). Sucul ekosistemlerdeki en önemli kirliliklerden biri olan iz element kirliliği, yüksek konsantrasyonlardaki toksisiteyi, canlı dokularda birikmeleri, çevredeki kalıcılıkları ve besin zincirinde üst basamaklara taşınmalarıyla insanlar için tehdit unsuru olmaktadır (Egemen, 2000). Metaller sucul ortamlara doğal ve insan kaynaklı yollara girmektedir. Kirleticilere maruz kalma, sudaki organizmaların sağlığını tehdit eden ve ekosistemi etkileyen zararlı etkilere neden olur (Antwi ve Reddy, 2015; Abdel-Shafy ve Mansour, 2016; Torres ve Cunha, 2016). Toksik maddelerin besin zinciri boyunca geçerek bir trofik seviyeden diğerine biyolojik olarak büyüyebildiğine dair kanıtlar Sukhn, (2013) tarafından bildirilmiştir. Çeşitli kirleticilerin su ortamından balıklara ve diğer suda yaşayan organizmalara su veya besin yoluyla kendi dokularında birikerek aktarıldığı ise farklı çalışmalarla kanıtlanmıştır (Gray, 2002; Mizukawa ve Takada, 2009). Bu nedenle ülkemizde pek çok araştırmacı besin zincirinin farklı trofik seviyelerindeki organizmalarda (Taş vd. 2009; Taş vd. 2011; Taş vd. 2018; Taş ve Sunlu 2019) ağır metallerin birikim düzeylerini belirlemek amacıyla çalışmalar yapmıştır.

Deniz ürünleri, sağlıklı ve dengeli besin kaynağı olarak, özellikle vücutta sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması zorunlu olan amino asitleri ve yağ asitlerini bol miktarda içermeleri nedeniyle insan sağlığı için büyük önem taşır. Bu nedenle sucul ortamlarda artan toksik metal kirliliğinin sucul canlılarda ne derecede birikim gösterdiğinin araştırılması insan sağlığı açısından önemli bir konudur (Köse vd., 2015). Ancak deniz kestanelerinin üreme organlarında biriken kirleticilerin seviyeleri hakkındaki bilgi sınırlıdır ve

bu türdeki kirleticilerin maksimum sınırlarına ilişkin mevzuatın yokluğu, kontamine ürünlerin tüketilmesi durumunda insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenle, tüketilecek deniz kestanelerinin kalitesini ve güvenliğini değerlendirmek önemlidir. Dünya çapında deniz kestaneleri için artan ilgi ve talep göz önüne alındığında, bu çalışmada ilk kez Gökçeada kıyılarında birlikte gözlenen deniz kestaneleri *A. lixula* ve *P. lividus*'un üreme organlarında Pb, Cd, Cu, Fe ve Zn iz elementlerinin mevsimsel olarak değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Örneklemeye metodu

Çanakkale Gökçeada'da iki Echinodermata türü olan *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) ve *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758)'da Zn, Pb, Cd, Fe, Cu kirliliği tespiti için insan ve denizcilik aktivitelerinden uzak Gökçeada Kıyılarında Yıldız Koy 40°14' 05,2"K; 25° 54' 14,3"D), Mavi Koy (40° 13' 04,2"K; 25°56'20.68"D), Laz Koyu (40° 06' 00,0"K; 25° 47' 02,4"D) ve Gizli Liman (40° 07' 28,8"K; 25° 40' 22,5"D) olmak üzere toplam dört istasyondan 2014 – 2015 yılları arasında mevsimsel olarak örneklenmiştir (Şekil 1). Her istasyondan 0-4m derinlikten 20 adet ergin birey serbest dalış tekniğiyle eldiven ve file yardımıyla toplanmıştır.



Şekil 1. Örneklemeye istasyonları

Örneklerin hazırlanması ve analizi

Çapları ölçülen ve ağırlıkları alınan örneklerin üreme organları (gonad) ayrılmıştır. Analizlerde dişi ve erkek bireylerden temin edilen gonadlar kullanılmıştır. Daha sonra 105 dereceye ayarlanmış etüvde 12 saat, kurutulmuş ve tartılmıştır. Örnekler HNO₃:HClO₄ (5:1) (Merck) ilave edilerek geri soğutucu altında 24 saat 60 °C'de renkleme bitinceye kadar bekletilmiştir. Demineralizasyon işleminin ardından Whatman GF/C filtreden süzülen örnekler 50 ml'ye distile su ile tamamlanarak, ölçüme hazır

hale getirilmiştir (Arnoux vd., 1981) Örnekler Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde ICP-AES (Varian Liberty AX Sequential ICP-AES) cihazı kullanılarak belirlenmiştir (NMKL,2007). Her iki deniz kestanenin dört farklı istasyonda mevsimsel olarak üreme organlarındaki Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Kadmiyum (Cd), Demir (Fe) ve Çinko (Zn) içeriklerine bakılmıştır. Kalibrasyon standartları, Fe %2 HNO₃ içinde 1000 ± 3 µg /ml Kat.no: #100026-1, Zn %2 HNO₃ içinde 1000 ± 3 µg /ml kat. no: #100068-1, Pb: %2 HNO₃ içinde 1000 ± 3 µg /ml kat. no: 100028-1, Cu: %2 HNO₃ içinde 1000 ± 3 µg /ml kat. no: 100014-1, Cd %2 HNO₃ içinde 1000 ± 3 µg /ml kat. no: 10008-1 (High Purity Standarts).

İstatistik analizler

Veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve iki yönlü varyans analizi (MANOVA) ile analiz edilmiş olup, p<0.05 olduğunda farklar anlamlı kabul edilmiştir. Varyans analizlerinden önce tüm veriler, Özdamar (1997)'a göre varyans homojenliği (Levene'nin eşit varyanslar için testi) ve normal

dağılım (Anderson-Darling testi) açısından incelenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

P. lividus'un gonad örneklerindeki iz element analiz sonuçları Tablo 1'de özetlenmiştir. Pb konsantrasyonu 0,84±0,01 µg/g olarak Gizli Liman'da saptanmıştır. Cu konsantrasyonu en yüksek Kış 2014'te Yıldız Koy' da 1,25±0,02 µg/g olarak belirlenmiştir. Cd konsantrasyonu en yüksek Sonbahar 2014'te Gizli Liman'da 0,31±0,01 µg/g olarak bulunmuştur. Fe konsantrasyonu en yüksek Yaz 2015'te Gizli Liman'da 11,17±0,17µg/g olarak ölçülmüştür. Zn konsantrasyonu en yüksek Sonbahar 2014'te Gizli Liman'da 26,87±1,00 µg/g olarak saptanmıştır. *P. lividus*'un en yüksek metal konsantrasyonları arasındaki sıralama Zn> Fe> Cu> Pb> Cd şeklindedir. Her metalin mevsimler ve istasyonlar arasında istatistiksel yönden önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır (p<0,05).

Tablo 1. *P. lividus* gonadlarındaki metal konsantrasyonları (µg/g kuru ağı.)

Element	Periyot	Yıldız Koy	Mavi Koy	Laz Koyu	Gizli Liman
Pb	Sonbahar	-*	0,16±0,01 ^{cC}	0,26±0,01 ^{cB}	0,84±0,01 ^{aA}
	Kış	0,73±0,02 ^{aA}	0,45±0,02 ^{aBC}	0,47±0,01 ^{abB}	0,4±0,02 ^{bC}
	İlkbahar	0,33±0,02 ^{bbB}	0,21±0,01 ^{bC}	0,46±0,02 ^{baA}	0,32±0,02 ^{cB}
	Yaz	0,24±0,02 ^{cC}	0,43±0,02 ^{aB}	0,51±0,02 ^{aA}	0,44±0,01 ^{bbB}
Cu	Sonbahar	-*	0,26±0,02 ^{cB}	0,17±0,01 ^{cC}	0,98±0,04 ^{aA}
	Kış	1,25±0,02 ^{aA}	0,56±0,04 ^{aC}	0,70±0,02 ^{aB}	0,70±0,04 ^{bbB}
	İlkbahar	0,52±0,04 ^{baA}	0,44±0,04 ^{bbB}	0,53±0,04 ^{baA}	0,45±0,02 ^{dB}
	Yaz	0,35±0,03 ^{cC}	0,41±0,03 ^{bbB}	0,56±0,03 ^{baA}	0,58±0,03 ^{cA}
Cd	Sonbahar	-*	0,01±0,01 ^{bbB}	0,07±0,01 ^{bbB}	0,31±0,01 ^{aA}
	Kış	0,11±0,03 ^{aA}	0,07±0,05 ^{aA}	0,10±0,01 ^{aA}	0,10±0,01 ^{baA}
	İlkbahar	0,05±0,01 ^{baA}	0,04±0,03 ^{aA}	0,06±0,01 ^{baA}	0,05±0,01 ^{cA}
	Yaz	0,05±0,01 ^{baA}	0,08±0,03 ^{aA}	0,05±0,01 ^{baA}	0,06±0,01 ^{cA}
Fe	Sonbahar	-*	0,07±0,01 ^{bC}	0,11±0,01 ^{bbB}	0,16±0,01 ^{baA}
	Kış	0,15±0,05 ^{cA}	0,03±0,01 ^{bbB}	0,06±0,01 ^{bbB}	0,05±0,01 ^{bbB}
	İlkbahar	0,05±0,01 ^{cA}	0,06±0,01 ^{baA}	0,04±0,01 ^{baA}	0,01±0,00 ^{baA}
	Yaz	0,42±0,02 ^{aD}	1,95±0,10 ^{aC}	4,79±0,50 ^{aB}	11,17±0,17 ^{aA}
Zn	Sonbahar	-*	21,30±0,20 ^{aB}	64,22±1,00 ^{aA}	-*
	Kış	18,08±1,00 ^{aD}	14,02±0,50 ^{cC}	47,17±1,00 ^{baA}	30,04±0,50 ^{aB}
	İlkbahar	26,87±1,00 ^{baA}	6,23±0,22 ^{cC}	7,89±0,40 ^{cB}	6,73±0,50 ^{dB}
	Yaz	11,65±1,00 ^{cC}	0,29±0,04 ^{dD}	30,83±1,00 ^{aA}	15,17±1,00 ^{cB}

-* Bu mevsimlerde gonadlı örneğe rastlanılmamıştır. Aynı sütunda gösterilen küçük harfler, her element için mevsimler arasında istatistiksel olarak p<0,05 düzeyinde fark olduğunu gösterirken büyük harfler istasyonlar arasında p<0,005 düzeyinde fark olduğunu göstermektedir.

A. lixula gonad örneklerindeki iz element analiz sonuçlarına göre Pb konsantrasyonu en yüksek Kış 2014'te Gizli Liman'da $2,07 \pm 0,03$ $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. Cu konsantrasyonu en yüksek Yaz 2015'te Gizli Liman'da $2,57 \pm 0,04$ $\mu\text{g/g}$ olarak saptanmıştır. Cd konsantrasyonu en yüksek Kış 2014'te Laz Koyu'nda $1,30 \pm 0,05$ $\mu\text{g/g}$ olarak belirlenmiştir. Fe konsantrasyonu en yüksek Yaz

2015'te Gizli Liman'da $299,45 \pm 30,55$ $\mu\text{g/g}$ olduğu görülmüştür. Zn konsantrasyonu en yüksek Sonbahar 2014'te Laz Koyu'nda $64,22 \pm 1,00$ $\mu\text{g/g}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). *A. lixula* gonadlarındaki metal konsantrasyonu sıralaması $\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$ olarak ölçülmüştür. Mevsimler ve istasyonlar arasında metal konsantrasyonları yönünden önemli farklılıkların olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Tablo 2. *A. lixula* gonadlarındaki metal konsantrasyonları ($\mu\text{g/g}$ kuru ağı.)

Element	Periyot	Yıldız Koy	Mavi Koy	Laz Koyu	Gizli Liman
Pb	Sonbahar	.*	$0,52 \pm 0,02^{\text{aA}}$	$0,49 \pm 0,02^{\text{bA}}$.*
	Kış	$0,48 \pm 0,02^{\text{bC}}$	$0,33 \pm 0,02^{\text{bD}}$	$1,8 \pm 0,02^{\text{aB}}$	$2,07 \pm 0,03^{\text{aA}}$
	İlkbahar	$0,43 \pm 0,17^{\text{cB}}$	$0,51 \pm 0,01^{\text{aA}}$	$0,31 \pm 0,03^{\text{dC}}$	$0,41 \pm 0,03^{\text{cB}}$
	Yaz	$1,21 \pm 0,03^{\text{aB}}$	$0,48 \pm 0,02^{\text{aC}}$	$0,37 \pm 0,02^{\text{cD}}$	$1,45 \pm 0,02^{\text{bA}}$
Cu	Sonbahar	.*	$0,59 \pm 0,02^{\text{cA}}$	$0,37 \pm 0,02^{\text{dB}}$.*
	Kış	$0,50 \pm 0,05^{\text{bD}}$	$0,66 \pm 0,01^{\text{dC}}$	$1,30 \pm 0,03^{\text{aA}}$	$1,00 \pm 0,04^{\text{bB}}$
	İlkbahar	$0,71 \pm 0,01^{\text{aC}}$	$0,87 \pm 0,02^{\text{aB}}$	$0,49 \pm 0,01^{\text{cD}}$	$1,12 \pm 0,03^{\text{bA}}$
	Yaz	$0,70 \pm 0,03^{\text{aB}}$	$0,71 \pm 0,02^{\text{bB}}$	$0,68 \pm 0,01^{\text{bB}}$	$2,57 \pm 0,04^{\text{aA}}$
Cd	Sonbahar	.*	$0,89 \pm 0,04^{\text{aA}}$	$0,17 \pm 0,02^{\text{bB}}$.*
	Kış	$0,20 \pm 0,05^{\text{bD}}$	$0,46 \pm 0,02^{\text{bC}}$	$1,30 \pm 0,05^{\text{aA}}$	$0,87 \pm 0,03^{\text{aB}}$
	İlkbahar	$0,28 \pm 0,03^{\text{bC}}$	$0,37 \pm 0,03^{\text{bB}}$	$0,08 \pm 0,01^{\text{cD}}$	$0,77 \pm 0,02^{\text{bA}}$
	Yaz	$0,76 \pm 0,02^{\text{aA}}$	$0,20 \pm 0,05^{\text{cB}}$	$0,20 \pm 0,02^{\text{bB}}$	$0,71 \pm 0,03^{\text{bA}}$
Fe	Sonbahar	.*	$0,04 \pm 0,01^{\text{bB}}$	$0,12 \pm 0,02^{\text{bA}}$.*
	Kış	$0,09 \pm 0,01^{\text{bC}}$	$0,04 \pm 0,01^{\text{bD}}$	$0,18 \pm 0,02^{\text{bA}}$	$0,13 \pm 0,01^{\text{bB}}$
	İlkbahar	$0,07 \pm 0,01^{\text{bB}}$	$0,06 \pm 0,01^{\text{bB}}$	$0,22 \pm 0,02^{\text{bA}}$	$0,25 \pm 0,03^{\text{bA}}$
	Yaz	$25,47 \pm 0,40^{\text{aB}}$	$15,8 \pm 1,00^{\text{aB}}$	$5,67 \pm 0,3^{\text{aB}}$	$299,45 \pm 30,55^{\text{aA}}$
Zn	Sonbahar	.*	$21,30 \pm 0,20^{\text{aB}}$	$64,22 \pm 1,00^{\text{aA}}$.*
	Kış	$18,08 \pm 1,00^{\text{aD}}$	$14,02 \pm 0,50^{\text{cC}}$	$47,17 \pm 1,00^{\text{bA}}$	$30,04 \pm 0,50^{\text{aB}}$
	İlkbahar	$4,26 \pm 0,10^{\text{cC}}$	$19,18 \pm 1,00^{\text{bB}}$	$23,55 \pm 1,00^{\text{cA}}$	$24,96 \pm 1,53^{\text{bA}}$
	Yaz	$9,79 \pm 0,20^{\text{bB}}$	$10,05 \pm 1,00^{\text{dB}}$	$9,11 \pm 0,11^{\text{dB}}$	$31,38 \pm 1,00^{\text{aA}}$

.* Bu mevsimlerde gonadlı örneğe rastlanılmamıştır. Aynı sütunda gösterilen küçük harfler, her element için mevsimler arasında istatistiksel olarak $p < 0,05$ düzeyinde fark olduğunu gösterirken büyük harfler istasyonlar arasında $p < 0,005$ düzeyinde fark olduğunu göstermektedir.

Metal konsantrasyonlarındaki farklılıklar türlere, istasyonlara göre değişim göstermektedir. Aynı durum mevsimler arasında metal konsantrasyonlarındaki farklılıklar için de geçerlidir. Bu nedenle, yılın aynı döneminde toplanan deniz kestanelerinden sadece aynı dokular arasındaki metal konsantrasyonlarını karşılaştırmaya özen gösterilmelidir (Warnau vd, 1998). Her iki türde her bir metal için mevsimler ve istasyonlar arasındaki etkileşimi belirlemek için iki yönlü varyans analizi (Two way ANOVA) yapılmış olup, sonuçları Tablo 3 ve 4'te gösterilmiştir. Sonuçlara göre hem *A. lixula* hem de *P. lividus*'ta ölçülen her bir metalin mevsimler ve istasyonlar arasında istatistiksel yönden anlamlı bir etkileşim olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$; Tablo 3 ve 4).

Dünya genelinde deniz kestanesi gonadlarının metal içeriklerinin izlenmesine yönelik oldukça az sayıda çalışma vardır (Tablo 5). Bu çalışmaların tamamı Akdeniz havzasında dağılım gösteren *P. lividus* türü üzerine yapılmıştır. Akdeniz kıyısı boyunca birlikte gözlenen ve gonadları *P. lividus* gibi ticari değere sahip olmayan *A. lixula* türü için iz element içerikleri ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir. Elde edilen bulgular önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığında *A. lixula*'nın Fe içeriğinin diğer çalışmalardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı istasyonlardaki türler arası veriler kıyaslandığında ise Zn değeri hariç, *A. lixula*'da metal konsantrasyonlarının fazla olduğu gözükmemektedir.

Tablo 3. İki Yönlü Anova: *P. lividus* gonadlarının mevsim ve istasyon arasındaki farklılıkları

Element	Kaynak	DF	MS	F	p
Pb	Mevsim	3	0,098	312,56	0,000
	İstasyon	3	0,094	298,78	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	0,148	472,01	0,000
	Residuals	32	0,001		
Cu	Mevsim	3	0,443	787,96	0,000
	İstasyon	3	0,144	256,04	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	0,247	438,83	0,000
	Residuals	32	0,0001		
Cd	Mevsim	3	0,001	26,22	0,000
	İstasyon	3	0,014	37,78	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	0,014	38,36	0,000
	Residuals	32	0,0003		
Fe	Mevsim	3	61,136	3312,20	0,000
	İstasyon	3	17,143	928,77	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	16,858	913,33	0,000
	Residuals	32	0,019		
Zn	Mevsim	3	12388,6	5590,22	0,000
	İstasyon	3	7998,3	3609,14	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	9629,6	4345,25	0,000
	Residuals	32	2,2		

Tablo 4. İki Yönlü Anova: *A. lixula* gonadlarının mevsim ve istasyon arasındaki farklılıkları

Element	Kaynak	DF	MS	F	p
Pb	Mevsim	3	2,103	5257,30	0,000
	İstasyon	3	0,669	1673,05	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	0,955	2386,63	0,000
	Residuals	32	0,139		
Cu	Mevsim	3	1,787	3041,14	0,000
	İstasyon	3	1,020	1736,37	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	0,830	1396,40	0,000
	Residuals	32	0,001		
Cd	Mevsim	3	0,426	460,14	0,000
	İstasyon	3	0,158	170,84	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	0,539	583,04	0,000
	Residuals	32	0,001		
Fe	Mevsim	3	18330,1	313,85	0,000
	İstasyon	3	11819,8	202,38	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	11808,9	202,20	0,000
	Residuals	32	58,4		
Zn	Mevsim	3	329,99	531,41	0,000
	İstasyon	3	1665,87	2682,71	0,000
	Mevsim X İstasyon	9	791,95	1275,36	0,000
	Residuals	32	0,62		

Tablo 5. Dünyanın farklı bölgelerinden *P. lividus* gonadlarında iz element konsantrasyonları (mg/kg DW.)

Çalışma Alanı	Tür	Zn	Pb	Cu	Cd	Fe	Kaynak
Cezayir	<i>P. lividus</i>	385,5	6,14	2,84	0,14	73,80	Soualili vd. 2008
Cezayir	<i>P. lividus</i>	538,2	1,5	2,49	0,12	113	Soualili vd.,2008
Cezayir	<i>P. lividus</i>	366,9	0,68	3,42	0,14*	71,1	Soualili vd. 2008
Fransa	<i>P. lividus</i>	124,2	25	0,15	3,47	51	Warnau vd. 1998
İtalya	<i>P. lividus</i>	140,0	3,02	0,41	3,41	90	Warnau vd. 1998
Adriyatik Denizi	<i>P. lividus</i>	157,1	0,86	0,24	5,19	18,37	Storelli vd. 2001
Gökçeada	<i>P. lividus</i>	240,61	0,73	0,98	0,31	11,17	Bu çalışma
Gökçeada	<i>A. lixula</i>	64,22	2.07	2.57	1,3	299,45	Bu çalışma

Deniz kestanesi gibi bentik organizmalar türe ve çevresel şartlara maruz kaldığı kirleticinin miktarına, süresine göre iz elementleri farklı oranlarda dokularında biriktirirler (Lall, 2002; Bielmyer vd., 2012). Soualili vd. (2008) tarafından Cezayir kıyılarında yapılan çalışmadaki Zn değerinin bizim çalışmamızdan 2 kat fazla olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada, her iki tür için elde edilen Pb değerleri Fransa, Cezayir ve İtalya- Ischia adasından daha düşük değerde olduğu görülmüştür. Her iki türün gonadlarındaki Cu seviyeleri Cezayir kıyılarından biraz düşük, Fransa ve İtalya'dan ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Cd değerleri her iki tür için Fransa, Ischia adası ve Adriyatik Denizinden düşüktür. Fe içeriği *A. lixula* türünde tüm istasyonlardan yüksek bulunmasına karşın, çalışmamızda *P. lividus* gonadlarındaki Fe içeriği diğer istasyonlardan düşük bulunmuştur. Soualili vd. (2008), Cezayir kıyılarından dışı gonadların erkek gonadlardan daha düşük Fe seviyelerine sahip olduğunu gözlemledi. Bu nedenle, farklılıklar, cinsiyet ihtiyaçlarına göre biyoyararlanımlarının farklı olduğunu düşündürmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada, Gökçeada'da birlikte dağılım gösteren *P. lividus* ve *A. lixula* gonadlarındaki Pb, Cu, Cd, Fe, Zn elementlerinin mevsimsel olarak izlenmesi yapılmıştır. Saroz Körfezi içerisinde yer alan Gökçeada, körfeze bağlanan nehirlerin getirdiği besin tuzları nedeniyle biyolojik çeşitliliğin zengin olduğu bir alandır. Hem körfeze dökülen besin tuzları hem de ada etrafındaki farklı akıntı sistemleri nedeniyle biyolojik çeşitlilik çok yüksektir. Deniz kestaneleri sucül ekosistemlerde makroalglerle beslenen ve besin içerikleri nedeniyle ticari olarak avlanan bentik canlılardır. Ayrıca, denizel kirliliğin izlenmesinde biyomonitör tür kullanılırlar. Sanayi gelişiminin olmadığı Gökçeada'da bu türlerin kirlilik indikatörü olarak izlenmesine yönelik öncesinde bir çalışma bulunmamaktadır. Denizel

ekosistemlerdeki en önemli kirliliklerden biri toksik elementlerin kirliliğidir ve düşük konsantrasyonlarda toksisiteyi, çevrede kalıcı olmaları, canlı dokularda birikmeleri ve besin zincirinde üst basamaklara taşınmalarıyla insanlar için tehdit unsurudur. İnsan gıdası olarak tüketilen deniz kestanelerinde kirlilik izlenme çalışmaları için sadece aynı dokular arasındaki metal konsantrasyonlarını karşılaştırmaya özen gösterilmelidir. Vücut dokuları arasında gonadlar, biyomonitör dokular olarak önerilmektedir (gonadlar en yüksek metal konsantrasyonlarını göstermiştir). Gökçeada'da Zn ve Fe gibi elementlerin yüksek olması, örnekleme yapılan istasyonların yer aldığı ve akıntının olmadığı iç koyun özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı bölgelerin özellikleri, toksik elementler için yerel ölçekte biyomonitör kirleticilerin önemini kanıtlar. Genel olarak, bu çalışmanın örnekleme alanları deniz kestanelerinin sürdürülebilir kullanımı için uygun ekosistemler gibi görünmektedir. Belirli aralıklarla adanın maruz kaldığı kirleticiler sürekli takip edilerek, deniz kestanelerine yönelik bu tarz çalışmaların önümüzdeki dönemlerde de yapılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2015-397. Bu çalışma Prof. Dr. Sezginer Tunçer'in danışmanlığında yürütülen ve Melis Yılmaz tarafından hazırlanan "Gökçeada Kıyılarında Dağılım Gösteren *Paracentrotus lividus* ve *Arbacia lixula* gonadlarında Pb, Cu, Cd, Fe, Zn Düzeylerinin Araştırılması" başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkıları

Prof. Dr. Sezginer Tunçer ve Melis Yılmaz araştırmayı planladı ve tasarladı. Tüm yazarlar sonuçları tartıştılar ve makalenin son şekline katkıda bulundular.

Kaynaklar

- Ahn, I.-Y., Ji, J. (2009). Metal accumulation in sea urchins and their kelp diet in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard). *Marine Pollution Bulletin*, 58 (10), 1571-1577. doi: 10.1016/j.marpolbul.2009.07.013
- Angioni, A., Porcu, L., Secci, M. et al. (2012). QuEChERS Method for the Determination of PAH Compounds in Sardinia Sea Urchin (*Paracentrotus lividus*) Roe, Using Gas Chromatography ITMS-MS Analysis. *Food Analytical Methods*, 5, 1131-1136. doi:10.1007/s12161-011-9353-7
- Antwi, F.B., Peterson, R.K.D. (2015). Toxicological effects of pyrethroids on non-target aquatic insects, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 40 (3), 915-923. doi: 10.1016/j.etap.2015.09.023
- Arnoux, A., Nienchewski, LP, Tatossian J. (1981). Comparision de quelques methodes d'attaque des sediments marins pour l'analyse des metaux lourds. *Journal Français d'hydrologie*, 12, fasc 1, no 34, 29-48.
- Bayed, A., Quiniou, F., Ali, B., Monique, G. (2005). The *Paracentrotus lividus* populations from the Northern Moroccan Atlantic Coast: Growth, reproduction and health condition. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(4), 999-1007. doi: 10.1017/S0025315405012026
- Bielmyer, G.K., Jarvis, T.A., Harper, B.T., Butler, B., Rice, L., Ryan, S., McLoughlin, P. (2012). Metal accumulation from dietary exposure in the Sea Urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 63, 86-94. doi: 10.1007/s00244-012-9755-6
- Çakal Arslan, Ö., Parlak, H. (2008). Effects of bisphenol A on the embryonic development of sea urchin (*Paracentrotus lividus*). *Environmental Toxicology*, 23(3), 387-392. doi: 10.1002/tox.20349
- Gray, J.S., (2002). Biomagnification in Marine Systems: The Perspective of an Ecologist. *Marine Pollution Bulletin*, 45 (1-12), 46-52. doi: 10.1016/S0025-326X(01)00323-X
- Köse, E., Çiçek, A., Uysal, K., Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N. (2015). Heavy metal accumulations in water, sediment and some Cyprinidae fish species from Porsuk Stream (Turkey). *Water Environment Research*, 87 (3): 195-204. doi: 10.2175/106143015x14212658612993
- Lall, S.P., (2002). The minerals: In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition* (3rd ed) (pp. 259-308). Academic Press. San Diego, California
- Mcbride, S., Price R.J., Tom, P.D., Lawrence, J.M., Lawrence, A.L. (2004). Comparison of gonad quality factors: color, hardness and resilience, of *Strongylocentrotus franciscanus* between sea urchins fed prepared feed or algal diets and sea urchins harvested from the Northern California fishery. *Aquaculture*, 233(1-4),405-422. doi: 10.1016/j.aquaculture.2003.10.014
- Mizukawa, K., Takada, H., Takeuchi, I., Ikemoto, T., Omori K., Tsuchiya K. (2009). Bioconcentration and biomagnification of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) through lower-trophic-level coastal marine food web. *Mar Pollut. Bull.* 58(8),1217-1224. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.03.008>
- NMKL (2007). Nordisk Metodikkomiteé for Næringsmidler-NMKL. Nordic Committee on Food Analysis: method no. 186. Lyngby, Danmark.
- Özdamar, K. (1997). Paket programlar ile istatistiksel veri analizi I. Eskişehir: Kaan Yayın evi.
- Reuver, M., Barbosa V. (2017a). Safe Seafood Guide for Industry: Emerging Chemical Contaminants in Seafood. Instituto Portugues do mar e Atmosfera, i. P. (IPMA). www.ecsafeseafood.eu
- Reuver, M., Barbosa V., Marques A., Calis T., Tediosi A., Cunha S.C., Fernandes J.O. (2017b). Priority environmental contamination in seafood: safety assessment, impactand public perception, within ECsafeSEAFOOD project. www.ecsafeseafood.eu
- Soualili D., Dubois P., Gosselin P., Guillou M. (2007). Assesment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator. *ICES Journal of Marine Science*, 65 (2): 132-139. doi: 10.1093/icesjms/fsm183
- Sukhn, C. (2013). Bioaccumulation and Depuration in Sea Urchins *Paracentrotus lividus* (Lebanon) and *Heliocidaris erythrogramma* (Australia). School of Biological, Earth and Environmental Sciences, Sydney Australia (Faculty of Science. Ph.D.).
- Sun, J., Chiang, F.-S. (2015). Use and exploitation of Sea Urchins. In Brown, N., Eddy, S. (Eds.), *Echinoderm Aquaculture*. (pp:25-45), John Wiley & Sons., doi:10.1002/9781119005810.ch2
- Taş, E.Ç., Ergen, Z., Sunlu, U. (2009). 2002-2004 yılları arasında Homa Lagünü'nden (İzmir

- Körfezi) toplanan *Hediste diversicolor*'da ve yaşadığı sedimentte ağır metal düzeylerinin (Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Fe) araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 26 (3): 179-185.
- Taş, E.Ç., Filipoğlu, I., Türker Çakır, D., Beyaztaş, S., Sunlu, U., Toğulga, M., Özaydın, O., Arslan, O. (2011). Heavy metal concentrations in tissues of edible fish (*Mullus barbatus* L., 1758) from the Çandarlı Bay (Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin* 20 (11): 2834-2839.
- Taş, E.Ç., Ergen, Z., Sunlu, U. (2018). *Diopatra neapolitana* (Delle Chiaje, 1841)'da ve yaşadığı sedimentte Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Fe düzeylerinin araştırılması. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(10): 1493-1500. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i10.1493-1500.2140>
- Taş, E.Ç., Sunlu, U. (2019). Heavy metal concentrations in razor clam (*Solen marginatus*, Pulteney, 1799) and sediments from Izmir Bay, Aegean Sea, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(2): 306-313. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i2.306-313.2284>
- Tunçer, S., Yılmaz, M. (2016). Çanakkale ve Gökçeada Kıyılarında yaşayan deniz kestanesi türlerinin izlenmesi ve korunması üzerine araştırmalar. 3. Ulusal Deniz Turizmi Sempozyumu, pp. 81-87. doi: 10.18872/DEU.b.UEDTS.2016.0006
- Warnau M., Biondo R., Temara A., Bouquegneau J., Jangoux M., Dubois P. (1998). Distribution of heavy metals in the echinoid *Paracentrotus lividus* from the Mediterranean *Posidonia oceanica* ecosystem: seasonal and geographical variations. *Journal of Sea Research*, 39(3-4), 267–280. doi: 10.1016/S1385-1101(97)00064-6