



## Kültür Minekop Balığının (*Umbrina cirrosa* Linnaeus, 1758) Radyolojik Risk Değerlendirmesi

Mesut YILMAZ<sup>1</sup>, Süleyman Fatih ÖZMEN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 07058 Antalya-Türkiye

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, 07058 Antalya- Türkiye

\*yazışılan yazar e-posta: fatihozmen@akdeniz.edu.tr

(Alınış / Received: 16.07.2019, Kabul / Accepted: 17.09.2019, Yayınlanma / Published: 30.11.2019)

**Özet:** Bu çalışmada Muğla bölgesinde yetiştirilen minekop balığının kas dokusunda doğal radyonüklit (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K) konsantrasyonları ölçülerek radyolojik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaçla yetiştiriciliğin yapıldığı çiftlikten porsiyonluk balıklar hasat sonrası alınarak kas dokuları ayrılmıştır. Numunelerin yüksek çözünürlüklü germanyum dedektörü ile gama spektrometrik ölçümleri gerçekleştirilmiş ve radyolojik risk faktörleri hesaplanmıştır. Çiftlikte yetiştirilen minekop balıklarının yenilebilir kısımlarında <sup>226</sup>Ra aktivitesinin 0,63 ile 4,60 Bq kg<sup>-1</sup>, <sup>232</sup>Th aktivitesinin 0,29- 4,14 Bq kg<sup>-1</sup> ve <sup>40</sup>K aktivitesinin 133,19 – 160,57 Bq kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği gözlenmiştir. Örneklerin radyum eşdeğer aktivitesi ve yıllık etkin doz ortalamaları sırasıyla 13,79±0,62 Bq kg<sup>-1</sup> ve 4,96±0,07μSv y<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular kültür koşullarında yetiştirilen minekop balıkları için referans oluşturması bakımından önemlidir.

**Anahtar kelimeler:** Minekop, Su ürünleri yetiştiriciliği, Doğal radyoaktivite, HPGe, *Umbrina cirrosa*

### Radiologic Risk Assessment of Farmed Shi Drum (*Umbrina cirrosa* Linnaeus, 1758)

**Abstract:** In this study, natural radionuclide (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th and <sup>40</sup>K) concentrations were measured in edible part of shi drum grown in Muğla region and radiological risk assessment was performed. For this purpose, pan size fish were taken from the farm soon after harvesting and fillets were separated. Gamma spectrometric measurements of samples were performed with high resolution germanium detector and radiological risk factors were calculated. It was observed that the activities ranged from 0.63 to 4.60 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>226</sup>Ra, from 0.29 to 4.14 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>232</sup>Th and from 133.19 to 160.57 Bq kg<sup>-1</sup> for <sup>40</sup>K in edible parts of farmed shi drum. Radium equivalent activity and annual effective dose averages of the samples were calculated as 13,79 ± 0,62 Bq kg<sup>-1</sup> and 4,96 ± 0,07μSv y<sup>-1</sup>, respectively. The findings are important in terms of forming database for shi drum grown in culture conditions.

**Key words:** Shi drum, aquaculture, natural radioactivity, HPGe, *Umbrina cirrosa*

## 1. Giriş

Akdeniz havzası deniz balıkları yetiştiricilik faaliyetleri özellikle çipura ve levrek balıkları (*Sparus aurata* ve *Dicentrarchus labrax*) üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu iki türün yoğun üretimi nedeniyle fiyatlarının düşmesi balık üreticilerini yeni tür arayışına itmektedir [1]. Ticari değerinin yüksek oluşu, kültür koşullarına uyumu ve yüksek performansı [2-5] nedeniyle minekop balığı alternatif bir tür olarak üretilmeye başlanmıştır.

Global su ürünleri üretimi 2017 yılında yaklaşık 112 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de ise aynı yıl su ürünleri yetiştiriciliği yoluyla 273.477 ton üretim yapılmıştır. Doğal dağılımı şekil 1’de verilen minekop balığının kültür koşullarında üretimi sadece Akdeniz havzasında Yunanistan, İtalya ve Türkiye’de yapılmakta olup üretim miktarı yıllara göre değişkenlik göstermektedir (Tablo 1). Akdeniz havzasında maksimum üretim 2011 yılında 1057 ton olarak gerçekleşirken, ülkemizde minekop üretimi 2017 yılında 125 tona yükselmiştir [6].

**Tablo 1.** Akdeniz havzasında yıllara göre minekop üretim miktarları (Ton) (FAO, 2019)

Ülke	Yıl									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Türkiye	0	0	0	0	0	0	39	61	20	125
Yunanistan	0	0	0	936	525	308	462	476	128	158
İtalya	45	46	131	121	44	76	45	45	150	150

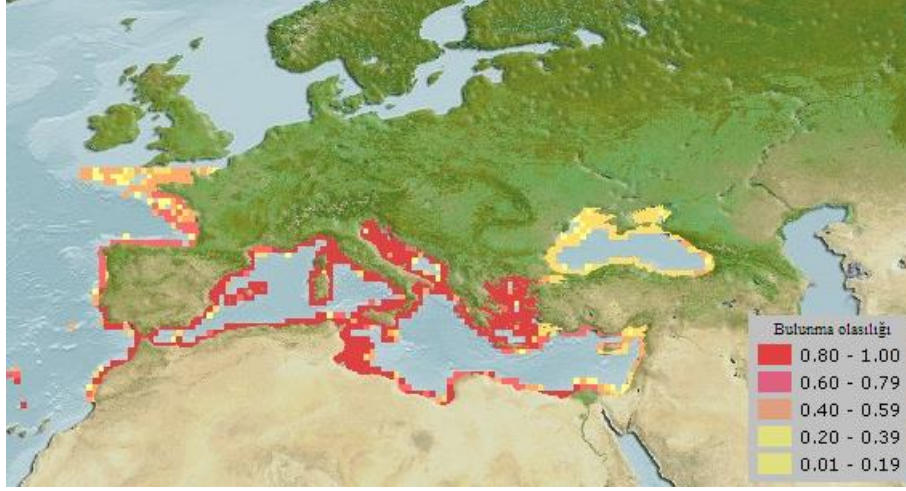
Ortamdan bulunan terestriyal radyonüklitler ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$ ) organizma tarafından çeşitli yollarla alınır ve bünyelerinde biriktirilirler [7]. Besin zinciri yoluyla da bir üst trofik düzeye aktarılırlar [8]. Böylelikle insana kadar ulaşabilecek olan radyoaktif elementlerin kültürü yapılan balıklarda izlenmesi tüketici sağlığının korunması ve üretim kalitesinin yükseltilmesi bakımından önem arz etmektedir.

Literatürde yayın balığı [9] ve gökkuşağı alabalığı [10] gibi yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan türlerinin radyonüklit konsantrasyonları ve radyolojik risk değerlendirmeleri üzerine çalışmalar mevcuttur. Ancak minekop balığı hakkında herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Bu nedenle Ege Bölgesinde faaliyet gösteren çiftliklerde yetiştirilen minekop balıklarının yenilebilir kısımlarındaki radyonüklit yükleri araştırılmış ve radyolojik risk değerlendirmesi yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Örnekleme ve numunelerin hazırlanması

Ege bölgesinde faaliyet gösteren üretim çiftliğinden porsiyonluk balık hasatı sonrasında rasgele olacak şekilde ortalama 37,2 (36,3-37,7) cm boy ve 568,2 (480,6-687,4) g kütleyle sahip 20 birey ölü olarak alınmıştır. Tedarik edilen numuneler ağzı sızdırmaz PE torbalara konulup etiketlenerek Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Laboratuvarına buzla soğutulmuş kutuda taşınmıştır.



Şekil 1. Minekopun doğal dağılımı

Balık numuneleri laboratuvarında distile su ile yıkanmış ve boy-kütle ölçümleri yapılarak kayda geçirilmiştir. Derili filetoları çıkartılıp kıyıldıktan sonra örnekler ayrı ayrı 150 cc'lik silindirik kaplara doldurulmuştur. Hazırlanan numuneler tartılarak etiketlenmiştir. Örneklerin ağızları gaz sızdırmaz parafilm ile sıkıca kapatılarak  $^{226}\text{Ra}$  -  $^{222}\text{Rn}$  arasında radyoaktif dengenin oluşması ve Compton bölgesinin kararlı hale gelmesi için (7x3,86 gün) yaklaşık 30 gün süreyle  $-20^\circ\text{C}$  de bekletilmiştir [12].

## 2.2. Radyonüklit analizi

HPGe gama spektrometre sistemi: Çalışılan örneklerin gamma spektroskopik ölçümleri A.Ü. Fen Fakültesi Fizik Bölümü Gama Spektroskopi Laboratuvarında bulunan p-tipi, koaksiyel, elektrik soğutmalı, bağlı verimi %40 ve  $^{57}\text{Co}$  için 122 keV'de 768 eV FWHM ve  $^{60}\text{Co}$  için 1332 keV'de 1.85 keV FWHM değerlerine sahip AMETEK-ORTEC, GEM40P4 model yüksek saflıkta Germanyum dedektörü ile MAESTRO32 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan HPGe gama spektrometre sisteminin enerji kalibrasyonu, enerjileri 47–1836 keV arasında değişen radyoizotoplar içeren, örneklerle aynı geometrideki karma kaynak ile yapılmıştır [13].

Spektrum analizi: Art ortam (boş numune kabı ile) ve numuneler aynı koşullar altında 86400 s boyunca sayılmıştır.  $^{226}\text{Ra}$  aktivite konsantrasyonları  $^{214}\text{Pb}$ ; 352 keV ve  $^{214}\text{Bi}$ ; 609 keV enerjili pikler,  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları  $^{228}\text{Ac}$ ; 911 keV ile  $^{208}\text{Tl}$ ; 583 ve 2615 keV enerjili pikler,  $^{40}\text{K}$  aktivite konsantrasyonları ise 1461 keV enerjili pik kullanılarak belirlenmiştir. Radyonüklit aktivite konsantrasyonları Denklem 1 kullanılarak tayin edilmiştir.

$$A = \frac{N/t}{\varepsilon \cdot I_\gamma \cdot m} \quad (1)$$

Burada A; ilgili radyonüklitin aktivitesi ( $\text{Bq kg}^{-1}$ ), N; ilgili enerjideki toplam net sayım, t; sayım süresi (saniye),  $\varepsilon$ ; HPGe dedektörünün ilgili gama enerjisindeki verimi,  $I_\gamma$ ; gama ışınının bolluğu ve m; örnek kütlesidir.

## 2.3. Radyolojik risk parametreleri

Toplumun balık tüketiminden dolayı maruz kalacağı radyolojik riski değerlendirmek için;  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ve  $^{40}\text{K}$  radyonüklitlerinin spesifik aktivitelerinden kaynaklanan

radasyona maruz kalmayı standartlaştırmak için radyum eşdeğer aktivitesi ( $Ra_{eş}$ ) (Denklem 2) [14], beslenme yoluyla vücuda alınan radyonüklitler ile ilişkili radasyona bağlı sağlık etkilerinin tahmini için yıllık etkin doz (YED) (Denklem 3) ile Radon ve bozunum ürünlerinden kaynaklanan içsel maruz kalma miktarı iç zarar indeksi ( $H_{in}$ ) (Denklem 4) [15] parametreleri hesaplanmıştır. Radyolojik risk parametrelerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$Ra_{eş} = C_U + 1,43 C_{Th} + 0,07 C_K \quad (2)$$

$$YED = \sum_i (D_i C_i) * U \quad (3)$$

$$H_{in} = C_U/185 + C_{Th}/259 + C_K/4810 \quad (4)$$

Formüllerde yer alan  $C_i$  ilgili radyonüklitin Bq  $kg^{-1}$  olarak spesifik aktivitesi,  $D_i$  ilgili radyonüklitin doz dönüşüm katsayısı (Sv Bq $^{-1}$ ) ve  $U$  ise balığın yıllık kişi başı tüketim miktarını (kg  $y^{-1}$ ) temsil etmektedir.

#### 2.4. İstatistik analizi

Çalışmada elde edilen verilerin aritmetik ortalaması ve standart hatası, minimum ve maksimum değerleri, %25, %50 ve %75 dağılım değerlerini içeren tanımlayıcı istatistik analizleri SPSS 22 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

### 3. Bulgular

Sunulan çalışmada Ege Bölgesi'nde yer alan üretim çiftliğinden hasat sonrası alınan minekop balıklarının HPGe gama spektrometre sistemi ile ölçülen  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  radyonüklit aktivite konsantrasyonlarına ilişkin tanımlayıcı istatistik Tablo 2'de verilmiştir. Öte yandan, Türkiye'de ve yurt dışında değişik bölgelerde yapılan çalışmalar da karşılaştırılmak üzere Tablo 3'te özetlenmiştir.

**Tablo 2.** Minekop balığı yenilebilir kısımlarının  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$ ,  $^{40}K$  (Bq  $kg^{-1}$  yaş ağırlık) aktivite konsantrasyonlarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler

		$^{226}Ra$	$^{232}Th$	$^{40}K$
N	Geçerli	6	19	20
	ÖSA	14	1	0
Ortalama±Std. Hata		1,96±0,59	1,48±0,31	145,36±2,13
Minimum		0,63	0,29	133,19
Maksimum		4,60	4,14	160,57
	25	0,81	0,53	137,27
Yüzdalik dilimler	50	1,64	0,91	141,64
	75	2,96	2,64	157,24

ÖSA: Ölçüm sınırının altında, N: numune sayısı

Minekop balığı örneklerinin yenilebilir kısımlarında  $^{226}Ra$  aktivitesinin 0,63 - 4,60 Bq  $kg^{-1}$  arasında,  $^{232}Th$  aktivitesinin 0,29 - 4,14 Bq  $kg^{-1}$  arasında ve  $^{40}K$  aktivitesinin 133,19 - 160,57 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Organizmada gözlemlenen radyonüklit konsantrasyonları besin ve içinde yaşadığı ortamdan etkilenmektedir [7]. Bu bağlamda Üretim kalitesinin artırılabilmesi için minekop balıklarının yenilebilir kısımlarında tespit edilen  $^{226}Ra$ ,  $^{232}Th$  ve  $^{40}K$  aktivitesinin kaynaklarının tespiti yönünde ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Tablo 3.** Türkiye’de ve diğer ülkelerde yapılan çalışmalar (Bq kg<sup>-1</sup>)

Tür	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	Kaynak
Yayın Balığı	0,41	0,89	99	[9]
Tırsı	4,5	11,0	37,4	[16]
Barbun	2,66	1,26	120	[17]
Hint sazani	0,9	1,0	110	[18]
Ot sazani	1,2	0,8	83	[18]
İnci kefali	0,57	0,022	319	[19]
Gökkuşağı alabalığı	0,76	1,03	101,72	[10]
Mavi yüzgeçli orkinos	0,26	0,42	96,30	[10]
Minekop	1,96±0,59	1,48±0,31	145,36±2,13	Bu çalışma

Minekop balığı üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmadığından, literatürde yer alan diğer balıkların içerdiği radyonüklit konsantrasyonları ile kıyaslanmıştır. Tablo 3’e göre farklı türlerde yapılan çalışmalarda <sup>226</sup>Ra aktivite konsantrasyonlarının 0,26-4,5 Bq kg<sup>-1</sup>, <sup>232</sup>Th aktivite konsantrasyonlarının 0,42-11,0 Bq kg<sup>-1</sup> ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyonlarının ise 37,4-319 Bq kg<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmektedir. Mevcut çalışmada tespit edilen minekop balığı yenilebilir kısımlarına ait <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyonlarının Türkiye’de ve diğer ülkelerde yapılan çalışmaların sonuçlarıyla uyum içerisinde olduğu gözlenmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen balık örneklerinin <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K aktiviteleri kullanılarak hesaplanan [Radyum eşdeğer aktivite (Ra<sub>es</sub>), İç zarar indeksi (H<sub>in</sub>) ve Yıllık etkin doz (YED)] radyolojik risk parametreleri Tablo 4’te listelenmiştir.

**Tablo 4.** Minekop balıkları yenilebilir kısımlarının radyolojik risk parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

		Ra <sub>es</sub> (Bq kg <sup>-1</sup> )	H <sub>in</sub>	YED (µSv y <sup>-1</sup> )
N	Geçerli	20	20	20
	ÖSA	0	0	0
Ortalama±Std. Hata		13,79±0,62	0,04±0,00	4,96±0,07
Minimum		10,97	0,03	4,54
Maksimum		21,14	0,07	5,48
Yüzdeler dilimleri	25	11,84	0,03	4,68
	50	12,78	0,03	4,83
	75	15,53	0,05	5,36
Dünya ort. [20]		370	≤1	200-800 (ortalama 290)

ÖSA: Ölçüm sınırının altında, N: numune sayısı

Minekop balığı yenilebilir kısımları radyum eşdeğer aktivitesi 10,97 – 21,14 Bq kg<sup>-1</sup> aralığında değişmekte olup ortalama 13,79±0,62 Bq kg<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde [21] dönüşüm faktörleri ve Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü [22] tarafından yayımlanan kişi başı yıllık su ürünleri tüketimi (5,5 kg) değerleri kullanılarak hesaplanan örneklerin yıllık eşdeğer aktivitelerinin ortalama 4,96±0,07 µSv y<sup>-1</sup> olup, 4,54 – 5,48 µSv y<sup>-1</sup> aralığında değiştiği görülmüştür. Radyum eşdeğer aktivitesinin ve yıllık etkin doz değerlerinin UNSCEAR 2000’de önerilen (Ra<sub>es</sub> 370 Bq kg<sup>-1</sup> ve YED 290 µSv y<sup>-1</sup>) değerlerin çok altında olması ve tüm örneklerin iç zarar indeksi (H<sub>in</sub>) değerlerinin 1’den küçük olması kültür minekop balığının tüketilmesinin radyolojik açıdan insan sağlığı için olumsuz bir etki yaratmayacağı göstermektedir.

#### 4. Sonuç ve Yorum

Sonuç olarak, çiftlik koşullarında yetiştirilen minekop balıklarının yenilebilir kısımlarında belirlenen <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th ve <sup>40</sup>K aktivite konsantrasyon değerleri bu alanda literatürdeki eksikliği tamamlamakta ve yetiştiriciliği yapılan diğer türlerle kıyaslanabilir nitelikte bir veri seti oluşturmaktadır. Doğal yayılım alanı Akdeniz havzası olan ve sadece İtalya, Yunanistan ve Türkiye’de alternatif tür olarak yetiştiriciliği yapılan minekop balıklarının yenilebilir

kısımlarında gözlenen aktivite konsantrasyonlarının ve hesaplanan radyolojik risk parametrelerinin tüketici sağlığı bakımından sorun teşkil etmeyecek seviyelerde olduğu ortaya konmuştur.

Ayrıca, balık dokularında tespit edilen doğal radyonüklitlerin yetiştiricilik ortamındaki kaynaklarının (yem, su, ilaç, havuz veya kafes materyalleri) tespiti ve üretim kalitesini yükseltecek yöntemlerin araştırılacağı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

### **Teşekkür**

Yazarlar olarak, numunelerin gama spektrometrik ölçümleri için araştırma laboratuvarını tahsis eden Akdeniz Üniversitesi Fizik Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. İsmail BOZTOSUN'a yardım ve desteklerinden dolayı teşekkürü borç biliriz.

Bu araştırma, kamu, ticari ve/veya kar amacı gütmeyen sektörlerdeki finansman kuruluşlarından herhangi bir destek almamıştır.

Sunulan çalışmada kullanılan balıklar hasat sonrası ölü olarak örneklendiğinden herhangi bir etik prosedür izlenmemiştir.

### **Kaynakça**

- [1] B. Basurco, E. Abellan, "Finfish species diversification in the context of Mediterranean marine fish farming development," in *Options Méditerranéennes., No. 24. Marine Finfish Species Diversification; Current Situation and Prospects in Mediterranean Aquaculture.* E. Abellan, B. Basurco (eds.). C.I.H.E.A.M., Zaragoza, Spain 1999, pp. 9-25.
- [2] G. Fabi, L. Fiorentini, "Catch and growth of *Umbrina cirrosa* (L.) around artificial reefs in the Adriatic Sea," *Boll. Oceanol. Teor. Appl.*, 11, 235-242, 1993.
- [3] P. Cardellini, A. Franceson, S. Zanella, G. Bozzato, P. Benedetti, N. Borgoni, A. Barbaro, "Captive rearing of shi drum, *Umbrina cirrosa* (L.), in different thermal conditions," *Biol. Mar. Mediterr.*, 6, 287-290, 1999.
- [4] C.C. Mylonas, G. Georgiou, D. Stephanou, T. Atack, A. Afonso, Y. Zohar, "Preliminary data on the reproductive biology and hatchery production of the shi drum (*Umbrina cirrosa*) in Cyprus," in *Cahiers Options Méditerranéennes, Mediterranean Marine Aquaculture Finfish Species Diversification*, vol. 47, B. Basurco (Ed.). C.I.H.E.A.M., Zaragoza, Spain, 2000, pp. 303-312.
- [5] A. Barbaro, A. Franceson, D. Bertotto, G. Bozzato, I. Di Maria, P. Patarnello, F. Furlan, L. Colombo, "More effective induction of spawning with long-acting GnRH agonist in the shi drum, *Umbrina cirrosa* L. (Sciaenidae, Teleostei), a valuable candidate for Mediterranean mariculture," *J. Appl. Ichthyol.*, 18, 192-199, 2002.
- [6] FAO (2019, 16 Temmuz). Fisheries and aquaculture software. FishStatJ - Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Available: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>
- [7] E.V.D. Stricht, R. Kirchmann, "Radioecology, Radioactivity & Ecosystems," Fortemps, Liège.
- [8] IAEA (International Atomic Energy Agency), "Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine organisms," *IAEA Technical report series*, No. 422, Vienna, 2004.
- [9] J. Billa, F. Han, S. Didla, H. Yu, J. Dimpah, O. Brempong, S. Adzanu, "Radioactivity studies on farm raised and wild catfish produced in Mississippi, USA," *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 307 (1), 203-210, 2016.
- [10] F.K. Görür, R. Keser, N. Akçay, S. Dizman, "Radioactivity and heavy metal concentrations of some commercial fish species consumed in the Black Sea Region of Turkey," *Chemosphere*, 87, 356-61, 2012.
- [11] Fishbase (2019, 16 Temmuz). Computer generated distribution maps for *Umbrina cirrosa* (Shi drum), with modelled year 2100 native range map based on IPCC A2 emissions scenario. [www.aquamaps.org](http://www.aquamaps.org), version of Aug. 2016. [Online]. Available: [https://www.aquamaps.org/receive.php?type\\_of\\_map=regular#](https://www.aquamaps.org/receive.php?type_of_map=regular#).
- [12] G. Yaprak, M.A.A. Aslani, "External dose-rates for natural gamma emitters in soils from an agricultural land in West Anatolia," *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 283, 279-287, 2010.

- [13] S.F. Ozmen, A.Cesur, I. Boztosun, M. Yavuz, "Distribution of natural and anthropogenic radionuclides in beach sand samples from Mediterranean Coast of Turkey," *Radiat. Phys. Chem.*, 103, 37-44, 2014.
- [14] J. Beretka, P.J. Mathew, "Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products," *Health Phys.*, 48 (1), 48-87, 1985.
- [15] R. Krieger, "Radioactivity of construction materials," *Betonw Fertigtl Technol*, 47, 468-473, 1985.
- [16] B.B. Bolaji, D.S. Francis, H. Ibitoruh, "Human health impact of natural and artificial radioactivity levels in the sediments and fish of Bonny estuary, Niger Delta, Nigeria," *Challenges*, 6, 244-257, 2015.
- [17] C.C. Goddard, C.P. Mathews, J. Al Mamry, "Baseline radionuclide concentrations in Omani Fish," *Mar. Pollut. Bull.*, 46, 914-917, 2003.
- [18] S. Tahir, A. Alaamer, M. Ayub, M. Khan, "Radiometric analysis of samples of domestic fish species and radiological implications," *Health Phys.*, 98(5), 741-744, 2010.
- [19] S. Erenturk, S. Yusan, D.A. Turkozu, Z. Camtakan, M.K. Olgen, M.A.A. Aslani, S. Aytas, M.A. Isik, "Spatial distribution and risk assessment of radioactivity and heavy metal levels of sediment, surface water and fish samples from Lake Van, Turkey," *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 300 (3), 919-931, 2014.
- [20] UNSCEAR "Sources and effects of ionizing radiation," *Report to General Assembly, with Scientific Annexes*, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, 2000.
- [21] ICRP "Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60," *ICRP Publication 119*, Annual ICRP 41(Suppl.), 2012.
- [22] BSGM (Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü) (2019, 6 Mayıs). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı su ürünleri istatistikleri [Online]. Available: <https://www.tarimorman.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>.