

Sapanca Gölü Yüzey Sularında Toplam Petrol Hidrokarbon (TPH) Düzeyleri

Pelin Saliha ÇİFTÇİ TÜRETKEN^{1*} Gülşen ALTUĞ¹ Esra Billur BALCIOĞLU²

¹İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi, Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, 34134, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Kimyasal Oşinografi Anabilim Dalı, 34134, İstanbul, Türkiye

*<https://orcid.org/0000-0002-4377-1628> <https://orcid.org/0000-0003-3251-7699> <https://orcid.org/0000-0003-1235-9101>

Received date: 31.05.2019

Accepted date: 05.08.2019

Atf yapmak için: Çiftçi Türetken, P.S., Altuğ, G. & Balcıoğlu .B. (2019). Sapanca gölü yüzey sularında toplam petrol hidrokarbon (TPH) düzeyleri. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 4(2), 325-331.

How to cite: Ciftci Türetken, P.S., Altug, G. & Balcioglu .B. (2019). Total petroleum hydrocarbons (TPH) levels in the surface water of lake Sapanca, Turkey. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 4(2), 325-331.

Öz: Bu çalışmada önemli bir içme ve kullanma suyu kaynağı olan ve turizm aktivitelerine ev sahipliği yapan Sapanca Gölü'nde toplam petrol hidrokarbon düzeylerini belirlemek amacıyla Kasım 2008-Mart 2010 tarihleri arasında 5 istasyondan yüzey suyu örnekleri alınmıştır. Su örnekleri diklorometan ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilmiş ve spektrofotometrede (ShimadzuRF-5301) ölçülmüştür. Toplam hidrokarbon düzeyleri en düşük 0,24 µg/L en yüksek 26,78 µg/L (ortalama 7,29±4,7 µg/L) aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değer, Kasım 2009 tarihinde NATO petrol boru hattında gerçekleşen sızıntı sebebiyle gölün güney noktasında tespit edilmiştir. Bu çalışma Sapanca Gölü kıyı sularında toplam petrol hidrokarbon değerleri bakımından veri sağlamıştır. Elde edilen TPH verileri ulusal limit değerlerin üzerinde bulunurken bölgede boru hattı sızıntısı dahil olmak üzere petrol kirliliği bakımından potansiyel olduğunu göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Antropojenik aktiviteler, petrol hidrokarbonları, Sapanca Gölü..

Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) Levels in the Surface Water of Lake Sapanca, Turkey

Abstract: In this study, which was conducted to determine the total petroleum hydrocarbon levels, surface water samples were taken from November 2008 to March 2010 from 5 stations determined in Sapanca Lake, which is used intensively for drinking, municipal water and recreational activities. The water samples were extracted by dichloromethane and measured by spectrofluorometer. The total hydrocarbon levels were determined as minimum 0,24 µg/L maximum 26,78 µg/L (mean 7,29 ± 4,7 µg / L). The highest value was detected in November 2009 at the southern point of the lake due to a leak in the NATO oil pipeline. This study is contributed data on the levels of TPH in the Sapanca Lake. While detected TPH values displayed over the national limits, it showed that there is potential for oil pollution in the region, including pipeline leakage.

Keywords: Anthropogenic activities, petroleum hydrocarbons, Sapanca lake.

GİRİŞ

Petrol kirliliği, insan ve ekosistem sağlığı, balıkçılık faaliyetleri, akuakültür, turizm gibi pek çok alanda olumsuz etkilere yol açan ciddi bir küresel çevre sorunudur. 2017 yılında küresel olarak kanıtlanmış petrol rezervleri 1696,6 milyar varil olarak tespit edilmiştir (BP, 2018). Her yıl milyonlarca ton ham petrol veya işlenmiş petrol ürünlerinin taşımacılığı tankerler veya boru sistemleri ile yapılmaktadır. Teknolojinin günden güne gelişmesi nedeniyle deniz ve göl ekosistemlerinde petrol kirliliği günden güne artış göstermektedir.

Göle giren kirliticilerin çoğunluğunun ulaşım faaliyetlerinden, araç trafiğinden, evsel ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı bilinmektedir. Göl ekosisteminde petrol kirliliği genellikle gölün konumu ile ilişkilendirilmektedir. Sapanca Gölü, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan en büyük göllerinden biridir ve bu göl, Adapazarı ve İzmit bölgesindeki birçok önemli endüstri tarafından içme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanılmaktadır. Sapanca Gölü'nün, doğal güzelliği ve metropole olan yakınlığı nedeniyle yoğun kentleşme ve sanayileşmeye maruz kalması, göl üzerinde kirlilik baskısı oluşturmaktadır (İleri, 1996; İleri vd., 1997; Akkoyunlu & Akiner, 2012; Karacoban vd., 2017; Akcaalan vd., 2018; Çiftçi Türetken vd., 2019; Ates & Demirel, 2019; Aktas & Donmez, 2019).

Dökülen petrolün ortamdaki davranışı, buharlaşma, çözünme, mikrobiyal bozunma, foto-oksidasyon ve yağ ile çöktürmeler arasındaki etkileşimi içeren çeşitli fizikokimyasal ve biyolojik faktörlere bağlıdır. Mikroorganizmalar, bilinen en güçlü petrol parçalayabilen canlılar olarak bilinmektedir (Altuğ vd., 2007; Çiftçi & Altuğ, 2010; Altuğ vd., 2011; Altuğ vd., 2012; Ansari vd., 2018; Yang, 2019). Sapanca Gölü'nde yapılan bir çalışmada gölün doğal bakteri izolatlarının petrol hidrokarbonlarına karşı direnç gösterdiğini rapor edilmiştir (Çiftçi vd., 2018).

Petrol hidrokarbonları çevresel ortama farklı kaynaklardan kontamine olmaktadır. Deniz trafiği ve kaza yoluyla, orman yangınlarından atmosfere karışıp yeryüzüne inen yağışlar ve nehir deşarjlarıyla, ortamda bulunan canlıların biyosenteziyle, hidrokarbon olmayan doğal ürünlerin hidrokarbonlara erken diyajenetik dönüşümüyle ve fosil yakıtların kısmi yanması ve/veya tam yanmamasıyla ortamdaki petrol hidrokarbonları miktarı ciddi şekilde artmaktadır (UNEP/IOC/IAEA 1992; Clark 1997).

Toplam petrol hidrokarbonları (TPH), ham petrolden gelen yüzlerce kimyasal bileşikten oluşan geniş bir aileyi tanımlamak için kullanılan hem alifatik hem de aromatik bileşikler kapsayan bir terimdir. Ham petrol, çevreyi kirlitebilecek petrol ürünleri yapmak için kullanılmaktadır. Ham petrolde ve diğer petrol ürünlerinde çok farklı kimyasallar bulunduğundan, her birinin ayrı ayrı ölçülmesi pratik değildir. Bu nedenle, çalışılan alandaki TPH miktarını ölçme yöntemi kullanılmaktadır (EPA, 1999).

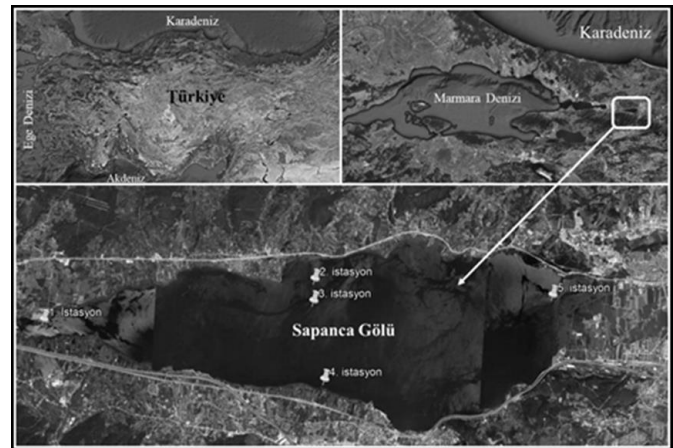
Bugüne kadar Sapanca Gölü'nün biyolojik verimliliğine, kimyasal ve biyolojik kirlilik düzeylerine yönelik farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Albay vd., 2003; Aykulu vd., 2006; Akcaalan vd., 2007; Yılmaz & Aykulu, 2010; Akcaalan vd., 2014; Aykulu vd., 1999; Akcaalan vd., 2011; Okgerman, 2005; Ercan vd., 2013a,b; Tarkan vd., 2009; Özuluğ vd., 2007; Altuğ & Okgerman, 2008; Akkoyunlu & Akiner, 2012; Morkoç vd., 1998; Duman vd., 2007; Yalçın & Sevinç, 2001; Tanık vd., 1998; Sisman vd., 2002; Akkoyunlu & İleri, 2003; Arman vd., 2009; Altuğ, 2008a, b; Altuğ vd., 2006).

Bununla birlikte, gemi taşımacılığının yoğun olarak gerçekleştiği Türkiye Denizlerinde su, sediment ve biyotada petrol kirliliği tespiti ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Güven vd., 1995; Güven vd., 1996; Güven vd., 1997; Güven vd., 1998; Bildacı vd., 2000; Güven & Ilgar, 2002; Güven vd., 2004; Öztürk vd., 2007, Cumalı & Güven, 2008; Güven vd., 2010; Balcioglu vb., 2014; Balcioglu, 2016a,b; Balcioglu vd., 2017; Balcioglu vd., 2018). Fakat Sapanca Gölü'nün toplam petrol hidrokarbonlarının düzenli aralıklara izlendiği detaylı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, gelecekte oluşturulacak çevre yönetimi koruma programı için kullanılabilecek veri oluşturmak için Sapanca Gölü'nde petrol hidrokarbonlarının seviyelerini ve dağılımını tespit etmektir.

MATERYAL ve METOT

Sapanca Gölü'nde seçilen 5 istasyondan yüzey suyu (0,5 m) örnekleri Kasım 2008-Mart 2010 tarihleri arasında aylık olarak alınmıştır. Seçilen istasyonlar Tablo 1 ve Şekil 1'de detaylandırılmıştır.



Şekil 1. Örneklem İstasyonları (Google Earth, 2019).

Örnekler Van Dorn örnekleyici kullanılarak 2,8 L'lik amber şişelere alınmıştır. Örnek alımı sırasında tekne motorundan her hangi bir hidrokarbon bulaşması olmamasına özellikle dikkat edilmiştir. Örnekler şişelere alındıktan hemen sonra hidrokarbon kaybını önlemek amacıyla 30 ml diklorometan (Merck, Almanya) eklenmiş ve İstanbul

Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Deniz Biyolojisi Laboratuvarı II' e analiz edilmek üzere getirilmiştir. Yüze suyu örnekleri üç defa diklorometan kullanılarak ekstrakte edilmiştir (Parson vd., 1984; Suratman vd., 2012). Ekstraktlar içinde bulunabilecek su analiz sonuçlarını etkileyeceği için susuz sodyum sülfat (Merck, Almanya) kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Susuz ekstraktlar daha sonra rotary evaporatör (Heidolph, Almanya) kullanılarak konsantre edilmiştir. Konsantre edilen örnekler n-hekzan (Merck, Almanya) kullanılarak 10 ml'ye tamamlanmıştır. Toplam petrol hidrokarbonlarının düzeyleri 310/360 (ex/em) dalga boyunda spektrofourometre (Shimadzu RF-5301) kullanılarak tespit edilmiştir.

Tablo 1. Örnekleme noktalarının konum ve koordinatları.

İstasyonlar	İstasyonların Lokasyonları	Koordinatlar
S1	Sapanca Gölü'nün Batı Noktası	N40° 42' 52.083" E30° 09' 24.614"
S2	Sapanca Gölü'nün Kuzey Noktası	N40° 43' 40.812" E30° 14' 38.933"
S3	Orta Nokta	N40° 43' 21.406" E30° 14' 38.708"
S4	Sapanca Gölü'nün Güney Noktası	N40° 42' 12.639" E30° 14' 56.511"
S5	Sapanca Gölü'nün Doğu Noktası	N40° 43' 37.647" E30° 19' 18.024"

Örnekler Van Dorn örnekleyici kullanılarak 2,8 L'lik amber şişelere alınmıştır. Örnek alımı sırasında tekne motorundan her hangi bir hidrokarbon bulaşması olmamasına özellikle dikkat edilmiştir. Örnekler şişelere alındıktan hemen sonra hidrokarbon kaybını önlemek amacıyla 30 ml diklorometan (Merck, Almanya) eklenmiş ve İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi Deniz Biyolojisi Laboratuvarı II' e analiz edilmek üzere getirilmiştir. Yüze suyu örnekleri üç defa diklorometan kullanılarak ekstrakte edilmiştir (Parson vd., 1984; Suratman vd., 2012). Ekstraktlar içinde bulunabilecek su analiz sonuçlarını etkileyeceği için susuz sodyum sülfat (Merck, Almanya) kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Susuz ekstraktlar daha sonra rotary evaporatör (Heidolph, Almanya) kullanılarak konsantre edilmiştir. Konsantre edilen örnekler n-hekzan (Merck, Almanya) kullanılarak 10 ml'ye tamamlanmıştır. Toplam

petrol hidrokarbonlarının düzeyleri 310/360 (ex/em) dalga boyunda spektrofourometre (Shimadzu RF-5301) kullanılarak tespit edilmiştir.

Kalibrasyon eğrisi ham petrol kullanılarak oluşturulmuş ve bulma sınırı 1 µg/L olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler örnekleme istasyonları, tarihler ve aylar arasındaki farkları göstermek için % 95 anlamlılık düzeyinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile SPSS 21.0 programı kullanılarak test edilmiştir.

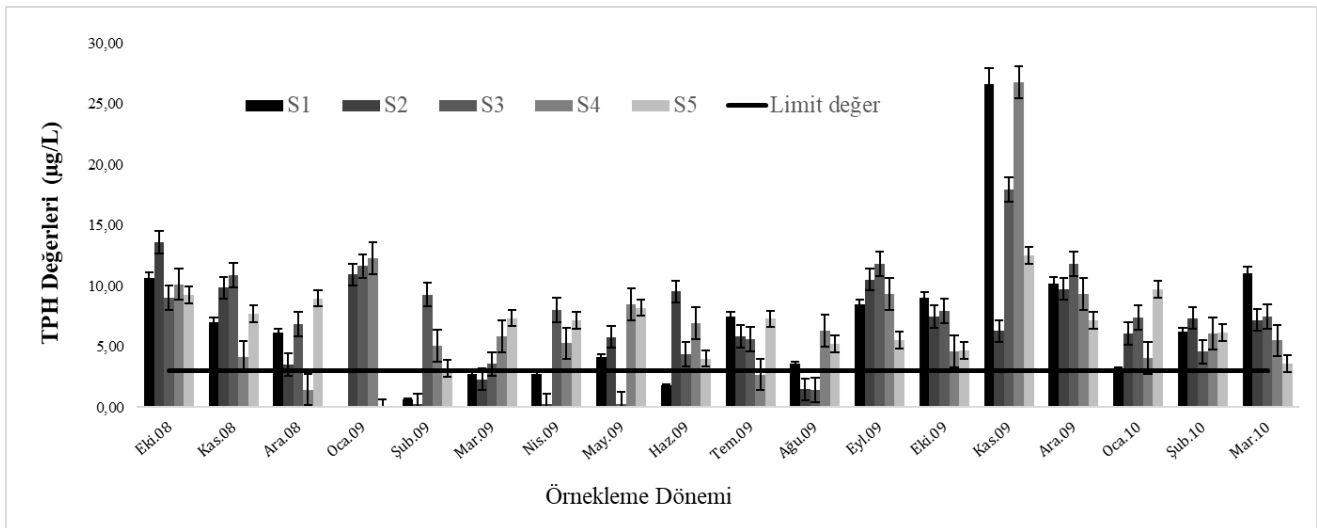
BULGULAR

Sapanca Gölü yüze sularında örnekleme dönemi boyunca her istasyon için tespit edilen TPH değerleri Şekil 2'de özetlenmiştir. İstatistiksel testler, TPH konsantrasyonlarının örnekleme örnekleme tarihi arasında önemli ölçüde farklı olduğunu ($p < 0.05$) göstermiştir (Tablo 2). Gölün Güney kısmında bulunan istasyonun diğer çalışma istasyonlarına göre daha farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma sırasında, minimum ve maksimum TPH konsantrasyonları, sırasıyla 0,24 ve 26,78 µg/L değerleriyle S2 (Gölün Kuzey noktası) ve S5 (Gölün güney noktası) istasyonlarında kaydedilmiştir. İstasyonların yıllık ortalama TPH konsantrasyon değerleri Tablo 3'te gösterilmiştir. Örnekleme dönemi boyunca kaydedilen TPH konsantrasyon değerleri tüm istasyonlar için limit değerlerin üzerinde bulunmuştur.

Tablo 2. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları.

	Varyasyon					
	İstasyonlar		Aylar		Yıllar	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
TPH Değeri	,797	,717	2,640	,088	4,805	0,017*

*p value<0.05



Şekil 2. Örnekleme Dönemi Boyunca Tespit Edilen TPH değerleri

Tablo 3. İstasyonlarda Tespit Edilen Yıllık Ortalama TPH Değerleri

İstasyonlar	Yıllık Ortalama TPH Değerleri (µg/L)		
	2008 (Ekim-Kasım-Aralık)	2009 (Ocak-Aralık)	2010 (Ocak-Mart)
S1	7,94±1,93	6,46±6,90	6,79±3,24
S2	9,00±4,16	5,87±3,81	7,81±0,57
S3	8,92±1,64	7,81±4,87	6,48±1,35
S4	5,26±3,63	8,57±6,03	5,20±0,86
S5	8,65±0,67	6,57±2,41	6,49±2,50

TARTIŞMA ve SONUÇ

Petrol hidrokarbonları hem insan aktiviteleri hem de doğal süreçler nedeniyle suda bulunurlar ve belli bir seviyeye ulaştıklarında kirletici maddeler olarak tanımlanırlar (Moustafaa, 2004; El-Gendy & Moustafaa, 2007). Tatlı su ortamlarında meydana gelen petrol dökülmeleri tipik olarak deniz sularında ve kıyılarında meydana gelen dökülmelerden hacim olarak çok daha az olsa da daha sık görülmektedir. Ayrıca iç sularda meydana gelen dökülmeler toksik buhar ve yangın riskleri açısından benzer boyuttaki deniz dökülmelerine göre halkı doğrudan çok daha fazla etkilemektedir (IPIECA-IOGP Raporu, 2015). Evlerin ve iş yerlerinin yakınında, otoyollarda, şehirlerde ve ilçelerde dökülmeler meydana gelebilir. Bu nedenle müdahale öncelikleri belirlenmeli ve sık sık kontrol edilmelidir.

İznik Gölü sediment örneklerinde sucül ve karasal canlılara üzerinde ciddi olumsuz etkileri olan BTEX grubu monoaromatik hidrokarbonların düzeyi maksimum 272,3 µg/kg dw, minimum 10.6 µg/kgdw, ve ortalama 79.4 µg/kg dw olarak tespit edilmiştir (Ünlü & Alpar, 2018). İznik Gölü sedimanlarındaki Poliaromatik Hidrokarbonların konsantrasyonları düşük ve orta derecededir. Gölde PAH kirliliği, yüksek sıcaklıktaki pirolitik işlemlerin atmosferik girdisinin ve derelerin taşıdığı petrojenik kaynakların bir karışımıdır (Ünlü vd., 2010). İznik Gölü'nün sedimentlerinde yapılan bir çalışmada toplam petrol hidrokarbon konsantrasyonunun düşük ila orta düzeyde olduğu kaydedilmiştir (Öztürk vd., 2007).

Karadeniz'e akan Türkiye nehirlerinin yüzey suyunda petrol kirliliğinin belirlendiği bir çalışmada en yüksek petrol kirliliği miktarı (µg/L) 2005 yılında Filyos: 253,16, Sakarya: 484,96, Yesılırmak: 628,20 ve Kızılırmak: 721,63 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bu nehirlerin yüzey suyundan elde edilen toplam petrol miktarı 2005-2007 yılları arasında 3466,77 ton olarak bildirilmiştir (Güven & Çoban, 2012).

Sakarya Nehri'nde yapılan bir çalışmada yüzey sularında en yüksek toplam petrol hidrokarbon düzeyi 2008 yılında 45,38 µg/L, 2009 yılında ise 8,43 µg/L olarak kaydedilmiş ve Karadeniz'e taşınan petrol kirliliği yükünün 254,13 ton/yıl olduğu bildirilmiştir (Balcıoğlu & Öztürk, 2009).

Van Gölü sediment örneklerinde hidrokarbon bileşenlerinin araştırıldığı bir çalışmada petrol kirliliği 4,69 µg/g olarak kaydedilmiştir. Bileşen analizinde tespit edilen alifatik ve aromatik grup bileşikleri ortamda petrol hidrokarbonlarının olduğunu göstermiştir (Güven vd., 2004).

Sapanca Gölü yüzey sularında gerçekleştirilen çalışmada toplam petrol hidrokarbon analizlerinden elde edilen TPH konsantrasyonları en yüksek 26,47 en düşük 1,67 µg/L olarak tespit edilmiştir. Elde edilen yüksek TPH değeri, Nisan 2007'de Maşukiye Deresi yakınında devrilen tankerden sızan petrolün göl kıyı sularını kirletmesi ile ilişkilendirilmiştir (Altuğ, 2008a). Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre Sapanca Gölü üzerinde petrol kirliliği baskısının devam ettiği gözlemlenmiştir.

Petrol, ekosistemde dökülme ile direkt olarak etkili olurken, motorlu taşıtlarda yanma sonucu eksozdan çıkarak havadaki partiküllere bağlanan hidrokarbon grupları yağmur suları ile tekrar sisteme karışarak indirekt olarak etkili olurlar (Güven, 2005; Altuğ, 2008a). Bu açıdan bakıldığında Sapanca Gölü NATO petrol taşıma hattı ve çevresinden geçen oto yollar nedeni ile kontrol altına alınması zor, dağınık kirlilik kaynaklarına sahiptir.

Sapanca Gölü yüzey sularında tespit edilen TPH konsantrasyonları, yüksek kirlilik seviyesi olarak tanımlayabileceğimiz derecede yüksek bulunmuştur. Sapanca Gölü'nde petrol hidrokarbon kaynaklarını yönetmek, önlemek veya hatta en aza indirmek, su kirlenmesini, dökülmeyi ve kirlilik yükünü artıran diğer ilgili faaliyetleri kontrol etmek için daha detaylı izleme çalışmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akçaalan, R., Albay, M., Gürevin, C. & Çevik, F. (2007).** The influence of environmental conditions on the morphological variability of phytoplankton in an oligo-mesotrophic Turkish lake. *Annales De Limnologie - International Journal of Limnology*, **43**(1), 21-28. <https://doi.org/10.1051/limn/2007024>
- Akçaalan, R., İşinibilir, M., Gürevin, C. & Sümer, A. (2011).** A New Contribution of Biodiversity of Sapanca Lake: *Craspedacusta sowerbyi* Lankester, 1880 (Cnidaria: Hydrozoa). *Journal of FisheriesSciences.com*. **5**(1), 43-46. Doi: 10.3153/jfscom.2011005.
- Akçaalan, R., Köker, L., Gürevin, C. & Albay, M. (2014).** *Planktothrix rubescens*: a perennial presence and toxicity in Lake Sapanca. *Turkish Journal of Botany*. **38**, 782-789. Doi: 10.3906/bot-1401-26.
- Akcaalan, R., Albay, M., Koker, L., Baudart, J., Guillebault, D., Fischer, S., Weigel, W. & Medlin, L.K. (2018).** Seasonal dynamics of freshwater pathogens as measured by microarray at Lake

- Sapanca, a drinking water source in the north-eastern part of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **190**:42. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6314-7>
- Akkoyunlu, A. & Akiner, M.E. (2012).** Pollution evaluation in streams using water quality indices: A case study from Turkey's Sapanca Lake Basin. *Ecological Indicators*, **18**, 501-511 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.12.018>
- Akkoyunlu, A. & Ileri, R. (2003).** Evaluation of eutrophication process in Lake Sapanca (Sakarya, Turkey). *International Journal of Environment and Pollution*, **19**(6), <https://doi.org/10.1504/IJEP.2003.004340>
- Aktas, N.K. & Donmez, N.Y. (2019).** Effects of Urbanisation and Human Activities on Basin Ecosystem: Sapanca Lake Basin. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, **20**(1), 102-112.
- Albay, M., Akcaalan, R., Tufekci, H., Metcalf, J.S., Beattie, K.A. & Codd, G.A. (2003).** Depth profiles of cyanobacterial hepatotoxins (microcystins) in three Turkish freshwater lakes. *Hydrobiologia*, **50**, 89-95. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000007297.29998.5f>
- Altuğ, G., Yardımcı, C.H., Okgerman, H. & Tarkan, S.A. (2006).** Levels of bacterial metabolic activity, indicator (*Coliform*, *Escherichia coli*) and pathogen bacteria (*Salmonella* spp.) in the surface water of Sapanca lake, Turkey. *Journal of Black Sea / Mediterranean Environment*, **12**, 67-77.
- Altuğ, G., Çardak, M., Çiftçi, P.S. & Gürün, S. (2007).** Petrol hidrokarbonlarının ölüdeniz lagünü ve Marmara Denizi'nden izole edilen bazı bakteriler üzerinde minimum inhibisyon konsantrasyonları (Mic). *Ulusal Su Günleri*, 16-18 Mayıs 2007, Antalya, Türkiye, 761-766.
- Altuğ, G. (2008a).** Sapanca Gölü'nde bakteriyolojik kirlilik ve bakteriyel metabolik aktivite. Ed. H. Okgerman, G. ALTUĞ. *Sapanca Gölü'ne Bilimsel Açından Bakış*. TÜDAV Yayınları. No: 28. P: 132-139.
- Altuğ, G. (2008b).** Sapanca Gölü'nde petrol kirliliği. Ed. H. Okgerman, G. ALTUĞ. *Sapanca Gölü'ne Bilimsel Açından Bakış*. TÜDAV Yayınları. No: 28. 156-161.
- Altuğ, G. & Okgerman, H. (2008).** Levels of Some Toxic Elements in the Surface Sediment and Some Biota from the Sapanca Lake, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, **17**(1), 24-28. Doi: 10.10007/s10661-008-0183-z.
- Altuğ G., Gürün S., Yüksel B. & Memon A.R. (2011).** The Investigation of Oil Degrading Capacity of Bacterial Strains Isolated From Different Environments In Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, **20**, 886-893.
- Altuğ G., Gürün S., Yüksel B. & Memon A.R. (2012).** Oil Hydrocarbon Degradation Effects of Some Bacteria Isolated From Various Environments in Turkey. *First National Workshop on Marine Biotechnology and Genomics*, 24-25 Mayıs 2012, Muğla, Türkiye, 10-25.
- Ansari, N., Hassanshahian, M. & Ravan, H. (2018).** Study the Microbial Communities' Changes in Desert and Farmland Soil After Crude Oil Pollution. *International Journal of Environmental Research*, **12**(3), 391-398. <https://doi.org/10.1007/s41742-018-0099-6>
- Arman, H., Ileri, R., Dogan, E. & Eren, B. (2009).** Investigation of Lake Sapanca water pollution, Adapazari, Turkey. *International Journal of Environmental Studies*, **66**(5), 547-561. Doi: 10.1080/00207230902842776
- Ates, A. & Demirel, H. (2019).** Investigation of heavy metal accumulation in Sapanca Lake sediment by using pollution indices. *Desalination and Water Treatment*, **152**, 328-337.
- Aykulu, G., Albay, M., Akcaalan, R., Tüfekçi, H. & Aktan, Y. (2006).** Species composition, abundance and seasonality of phytoplankton in a moderately deep Turkish Lake. *Beiheft zur Nova Hedwigia*, **130**, 325-338.
- Aykulu, G., Karabatak M., Albay, M., Okgerman, H. & Akcaalan, R. (1999).** Sapanca Gölü'nde Fitoplankton ve Zooplankton Tür Kompozisyonu ve Su Kalitesi ile İlişkileri, İ.Ü. Araştırma Fonu Proje Geliştirme Sonuç Raporu.
- Balcioğlu, E.B., Gönülal, O., Güreşen, S.O., Aksu, A. & Öztürk, B. (2018).** Comparison and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the entrance and the exit of the Turkish Straits System (TSS), *Marine Pollution Bulletin*, **136**, 33-37. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.066>
- Balcioğlu, E.B., Aksu, A., Çağlar, N. & Öztürk, B. (2017).** Origin and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) of the Turkish Straits System, *Polycyclic Aromatic Compounds*, **1**, 12-20. <https://doi.org/10.1080/10406638.2017.1354035>
- Balcioğlu, E.B. (2016a).** Potential effects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in marine foods on human health: a critical review. *Toxin Reviews*, **35**, 98-105. <https://doi.org/10.1080/15569543.2016.1201513>
- Balcioğlu, E.B. (2016b).** Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) of Prince Islands, Marmara Sea. *Marine Pollution Bulletin*, **109**, 640-642. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.05.019

- Balcioğlu, E.B., Aksu, A., Balkis, N. & Öztürk B. (2014).** T-Pah Contamination in Mediterranean Mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819) at Various Stations of The Turkish Straits System, *Marine Pollution Bulletin*, **88**, 344-346. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.08.034>
- Balcioğlu, E.B. & Öztürk, B. (2009).** Oil pollution in the surface water of Sakarya River. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, **15**, 99-108.
- Bildaci, I., Ünlü, S. & Güven, K.C. (2000).** Oil Pollution of Eastern Mediterranean Sea, South of Turkey. *Turkish Journal of Marine Sciences*, **6**(1), 1-7.
- BP Statistical Review of World Energy. (2018).** Full Report. 67th Edition. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html> (Erişim Tarihi: 15.01.2019).
- Clark RB (1997)** *Marine pollution*, 4th edn. Claredon, Oxford, p 270
- Cumalı, S. & Güven, K.C. (2008).** Oil pollution of Golden Horn seawater. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, **14**, 15-23.
- Çiftçi, P.S. & Altuğ, G. (2010).** A Study on The Degradation Ability of The Bacteria Isolated From The Sea of Marmara in Oil Hydrocarbons, Turkey. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **39**, 346.
- Çiftçi Türetken, P.S., Altuğ, G., Çardak, M. & Güneş, K. (2018).** Oil Hydrocarbon Degradation Capability of Bacterial Strains Isolated from the Sapanca Lake, Turkey. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*. **21**(4), 535-544. <https://dx.doi.org/10.18016/ksudobil.344593>
- Çiftçi Türetken, P.S., Altuğ, G., Çardak, M. & Gunes, K. (2019).** Bacteriological quality, heavy metal and antibiotic resistance in Sapanca Lake, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. **191**, 469. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7588-8>
- Duman, F., Aksoy, A. & Demirezen, D. (2007).** Seasonal Variability of Heavy Metals in Surface Sediment of Lake Sapanca, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, **133**, 277-283. Doi: 10.1007/s10661-006-9580-3
- El-Gendy, N.S. & Moustafa, Y.M. (2007).** Environmental Assessment of Petroleum Hydrocarbons Contaminating Temsah Lake, Suez Canal, Egypt. *Oriental Journal of Chemistry*, **23**(1), 11-26.
- EPA (1999).** *Toxicological Profile for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)*. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp123.pdf> (Erişim Tarihi: 02.01.2019).
- Ercan, E., Gaygusuz, Ö., Tarkan, A.S., Reichard, M. & Smith, C. (2013a).** The Ecology of Freshwater Bivalves in The Lake Sapanca Basin, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, **37**, 730-738 doi:10.3906/zoo-1212-23.
- Ercan, E., Gaygusuz, Ö. & Tarkan, A.S. (2013b).** Sapanca Gölü'nde İstilacı Özellik Gösteren Bir Yerel Tür: *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, **28**, 141-151.
- Güven, K.C. & Çoban, B. (2012).** Oil input of surface water of the Turkish rivers flow to the Black Sea in 2005-2007. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, **18**(2), 128-133.
- Güven, K.C., Nesimigil, N., Cumalı, S., Yalçın, A. & Çoban, B. (2010).** Oil pollution level in sea water and sediments of Turkish Straits (Bosphorus, Sea of Marmara, Dardanelles) and Golden Horn during 2004-2007. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, **16**(3), 253-283.
- Güven, K.C. (2005).** *Deniz Kirliliği* (Güven, K.C. ve B. Öztürk, Eds). TÜDAV Yayınları No:21, 1-46.
- Güven, K.C., Öztürk, B., Ünlü, S., Görgün, M. & Hanilci, N. (2004).** Investigation on the Sediment of Lake Van, Turkey I-Oil Content. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, **10**, 173-186.
- Güven, K.C. & Ilgar, R. (2002).** Oil and Detergent Pollution on Coastal Areas of Dardanelles in 1996-1997. *Turkish Journal of Marine Science*, **8**, 3-8.
- Güven, K.C., Ünlü, S., Bildaci, I. & Doğan, E. (1998).** An Investigation on the Oil Pollution of the Eastern Mediterranean Coast of Turkey. *Turkish Journal of Marine Science*, **4**, 51-60.
- Güven, K.C., Günday, H., Okuş, E., Ünlü, S., Doğan, E., Gezgin, T. & Burak, S. (1997).** Oil Pollution of Izmit Bay. *Turkish Journal of Marine Science*, **3**, 1-10.
- Güven, K.C., Yazıcı, Z., Ünlü, S., Okuş, E. & Doğan, E. (1996).** Oil Pollution on Sea Water and Sediments of Istanbul Strait, Caused by Nassia Tanker Accident. *Turkish Journal of Marine Science*, **2**, 65-89.
- Güven, K.C., Ünlü, S., Okuş, E. & Doğan, E. (1995).** Oil Contamination of *Mytilus galloprovincialis* After Nassia Accident. *Turkish Journal of Marine Science*, **1**(2/3), 67-79.
- Ileri, R. (1996).** Investigation of effect of Kinali-Sakarya motorway (TEM) in rainy weathers on Lake Sapanca. *Symposium on Conservation Water Resources and Management, Istanbul Water and Sewage Administration (ISKI), Istanbul, Turkey* (in Turkish).
- Ileri, R., Sumer, B., Gezbul, H. & Senol, E. (1997).** Sapanca gölüne mevsimsel besin maddesi yüklenmesinin Araştırılması. *Sakarya University Journal of Science* **1**, 1-8.
- IEPECA-IOGP. (2015).** *Oil spills: inland response Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel*. United Kingdom.
- Karacoban, Z., Altundag, H., Dundar, M.S., Ates, A., Gungor, M.A. & Altundag, S. (2017).**

- Determination of Heavy Metals in Sapanca Lake, Turkey, with Microwave Assisted Digestion and ICP-MS Methods. *Fresenius Environmental Bulletin*, **26**(11), 6720-6726.
- Morkoç, E., Tuğrul, S., Öztürk, M., Tüfekçi, H., Egesel, L., Tüfekçi, V., Okay, O.S. & Legovic, T. (1998).** Trophic Characteristics of the Sapanca Lake (Turkey). *Croatica Chemica Acta*, **71**(2), 303-322.
- Moustafaa, Y.M. (2004).** Contamination by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Some Egyptian Mediterranean Coasts. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, **2**(1), 15-24.
- Okgerman, H. (2005).** Seasonal Variations in the Length-weight Relationship and Condition Factor of Rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.) in Sapanca Lake. *International Journal of Zoological Research*, **1**, 6-10.
- Öztürk, B., Altuğ, G., Çardak, M. & Çiftçi, P.S. (2007).** Oil pollution in surface water of the Turkish side of the Aegean and Eastern Mediterranean Seas. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, **13**, 207-214.
- Öztürk, K., Ünlü, S., Alpar, B. & Vardar, D. (2007).** Hydrocarbon pollution in sediments from Lake Iznik (Turkey), determined by fluorescence technique. General Assembly of the European Geosciences Union 2007, *Geophysical Research Abstracts*, **9**, EGU 2007-A-03882, HS25-1TH3P-0261.
- Özuluğ, M., Tarkan, A.S., Gaygusuz, Ö. & Gürsoy, Ç. (2007).** Two new records for the fish fauna of lake Sapanca basin (Sakarya, Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com*, **1**, 152-159.
- Parsons, T.R., Maita, Y. & Laili, C.M. (1984).** *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis*. Pergamon Press, Oxford 173.
- Sisman, İ., Imamoglu, M. & Aydin, A.O. (2002).** Determination of heavy metals in roadside soil from Sapanca Area Highway, Turkey. *International Journal of Environment and Pollution*, **17**(4), Doi: 10.1504/IJEP.2002.000674
- Suratman, S., Tahir, M.N. & Latif, M.T. (2012).** A Preliminary Study of Total Petrogenic Hydrocarbon Distribution in Setiu Wetland, Southern South China Sea (Malaysia). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **88**, 755-758. <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0574-2>
- Tanık, A., BAYKAL, B.B., Gönenç, E., Meric, S. & Öktem, Y. (1998).** Effect and Control of Pollution in Catchment Area of Lake Sapanca, Turkey. *Environmental Management*, **22**(3), 407-414.
- Tarkan, A.S., Özuluğ, M., Gaygusuz, Ö., Gürsoy Gaygusuz, Ç. & Saç, G. (2009).** Length-Weight Relationships of Six Freshwater Fishes From Small Streams Flowing Into Lake Sapanca, NW Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, **25**, 230-231. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01201.x>
- UNEP/IOC/IAEA (1992)** Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference methods for Marine Pollution Studies 20, UNEP, 75pp
- Ünlü, S. & Alpar, B. (2018).** Spatial distribution and sources of BTEX and TPH contamination in freshwater sediments from Lake Iznik, NW Turkey. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, **5**(3), 304-313. Doi: 10.30897/ijgeo.450811
- Ünlü S., Alpar B., Öztürk K. & Vardar, D. (2010).** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in the surficial sediments from Lake Iznik, Turkey: Spatial distributions and source. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **85**(6), 573-580 Doi: 10.1007/s00128-010-0134-6
- Yalçın, N. & Sevinç, V. (2001).** Heavy Metal Contents of Lake Sapanca. *Turkish Journal of Chemistry*, **25**, 521-525.
- Yang, R., Zhang, G., Li, S., Moazeni, F., Li, Y., Wu, Y., Zhang, W., Chen, T., Liu, G., Zhang, B. & Wu, X. (2019).** Degradation of crude oil by mixed cultures of bacteria isolated from the Qinghai-Tibet plateau and comparative analysis of metabolic mechanisms. *Environmental Science Pollution Research*. **26**, 18-34. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3718-z>
- Yılmaz, N. & Aykulu, G. (2010).** An Investigation on The Seasonal Variation of The Phytoplankton Density on The Surface Water of Sapanca Lake, Turkey. *Pakistan Journal of Botany*, **42**(2), 1213-1224.

*Corresponding author's:

Pelin Saliha ÇİFTÇİ TÜRETKEN

İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi, Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, 34134, İstanbul, Türkiye.

✉E-mail: pciftci@istanbul.edu.tr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4377-1628>

Tel : 0(212) 455 57 00 / 16454

GSM: 0(535) 223 59 50

Fax : 0(212) 514 03 79