

Bafa Gölü'nde biyotik ve abiyotik ortamda pestisit ve PCB dağılımı

Pesticide and PCB residues in biotic and abiotic environment in Lake Bafa

İdil Pazı* • Lütfi Tolga Gönül • Filiz Küçüksezgin

Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü İnciraltı, 35340 İzmir

*Corresponding author: idal.erden@deu.edu.tr

Abstract: In this study, the residues of organic pollutants such as agricultural pesticides and industrial based PCBs were measured in the Bafa Lake based on gray mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus 1758) and coastal sediments during 2010-2011 and these organochlorinated compounds were assessed to provide a better understanding of recent distribution, possible sources as well as potential biological risk of DDTs and PCBs in this area. In terms of DDT and its metabolites, it has been found that level of DDT pollution in the Bafa Lake is quite low when compared with the surface sediments of the lakes in the different regions of the world. The results indicated that Endrin was the predominant OCP contaminant in the sediments. According to sediment quality guidelines DDT and its metabolites, Dieldrin, Lindan and Heptachlor levels measured in the sediment samples showed no adverse effect on aquatic environment. ΣPCB concentrations at stations located near the industrial organizations higher than effect range low but all other stations will not pose risks to ecological risk to the bottom-dwelling consumers. BSAF (Biota and Sediment Accumulation Factor) of total OCPs for the liver tissue of ranged from 0.44 to 3.16. When considering pollutant concentrations measured in *Mugil cephalus* samples from Bafa Lake, it has been determined that Estimated Daily Intake (EDI) values of Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptaklor and DDT metabolites were far below the Acceptable Daily Intake (ADI) values recommended by (FAO/WHO). Furthermore, PCB levels in fish samples exceeded the acceptable daily intake recommended by WHO.

Keywords: PCB, pestisicide, gray mullet (*Mugil cephalus*), sediment, Lake Bafa

Özet Çalışma kapsamında Bafa Gölü'nden alınan sediment ve kefal balığı (*Mugil cephalus*, Linnaeus 1758) örneklerinde tarımsal pestisit ve endüstriyel kaynaklı PCB gibi organik kirleticilerin kalıntıları ölçülmüş ve bu bileşiklerin dağılımları, muhtemel kaynakları ve potansiyel biyolojik riskleri incelenmiştir. DDT ve türevleri açısından dünyanın farklı bölgelerindeki göllerin yüzey sedimentleri ile kıyaslandığında Bafa Gölü sedimentlerinde DDT kirlilik seviyesinin oldukça düşük olduğu bulunmuştur. Sedimentte Endrin baskın kirletici olarak belirlenmiştir. Sediment örneklerinde ölçülen DDT ve metabolitleri, Dieldrin, Lindan ve Heptaklor konsantrasyonları sediment kalite indekslerine göre değerlendirildiğinde, kirleticilerin göldeki canlı yaşamına olumsuz bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. ΣPCB konsantrasyonlarının ise göl kıyısında bulunan endüstriyel kuruluşlara yakın istasyonlarda sadece düşük değeri etki seviyesini aşmış, diğer tüm istasyonlarda canlılar için risk yaratmayacağı belirlenmiştir. *Mugil cephalus* karaciğer dokusu için hesaplanan biyota sediment akümülyasyon faktörü (BSAF) 0.44-3.16 arasında değişmektedir. Bafa Gölü *Mugil cephalus* örneklerinde ölçülen kirletici konsantrasyonları dikkate alındığında Gıda ve Tarım Kurumu (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptaklor ve DDT türevleri için hesaplanan Günlük Alım Miktarı değerlerinin (EDI) Kabul Edilebilir Günlük Alım miktarlarının (ADI) oldukça altında kaldığı belirlenmiştir. Ancak, balık örneklerindeki PCB seviyelerinin WHO tarafından belirlenen ADI değerini aştığı saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: PCB, pestisit, kefal balığı (*Mugil cephalus*), sediment, Bafa Gölü

GİRİŞ

Doğada uzun süre kalabilen, besin zinciri yolu ile canlı organizmaların yağ içeren dokularında birikim yaparak insan ve çevre sağlığı üzerinde zararlı etkilere neden olan organoklorlu pestisitler (OCP) ve poliklorlubifeniller (PCB) "kalıcı organik kirleticiler (KOK)" olarak isimlendirilmiştir. Stockholm Sözleşmesi ile KOK'ların kullanılmasına, üretimine, ithalat ve ihracatına yasaklama ve sınırlama getirilmiştir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP, 2009) tarafından hazırlanan, KOK'lara ilişkin Stockholm Sözleşmesi 17/05/2004 tarihinde yürürlüğe girmiş, 152 ülke tarafından imzalanmış ve 163 ülke (Türkiye dahil) tarafından da onaylanmıştır. İlk etapta belirlenen 12 kalıcı organik kirleticinin 9 tanesi (Aldrin, Klordan, DDT, Dieldrin, Endrin, Heptaklor, Heksaklorobenzen (HCB), Mireks ve Toksafen) tarımsal mücadelede ve çeşitli zararlı böceklerle karşı kullanılan pestisitler iken, dört adedi (PCB'ler, HCB ve Mireks) sanayide kullanılan ve üç tanesi ise (HCB, Dioksin ve Furan)

sınai ve yakma işlemlerinin sonucunda yan ürün olarak ortaya çıkan kimyasallardır. Mayıs 2009 tarihinde UNEP tarafından dördüncüsü gerçekleştirilen Stockholm Sözleşmesi Taraflar Toplantısı'nda, listedeki 12 Maddeye 9 Madde daha eklenerek (Lindan, vb.) KOK sayısı 21'e çıkmıştır (UNEP, 2009).

OCP ve PCB'lerden uzun zamandan beri geniş bir yelpazede tarımsal ve endüstriyel amaçlar doğrultusunda yararlanılmaktadır. PCB'ler elektrikli kondansatörlerde, transformatörlerde, yüzey kaplamaları, makine yağları, yapıstırıcılar, akışkanlaştırıcılar, mürekkepler, izolasyon malzemeleri gibi ürünlerin üretiminde kullanılmıştır. PCB kullanımı için Avrupa ülkelerinde 70'li yılların ortalarında kısıtlama, 80'li yılların ortalarında tamamen yasaklama getirilmişken, Türkiye'de 1993'te sınırlanırken, 1996'da yasaklanmıştır. Ancak PCB'nin yasal olmayan ithalatı 2000'li yıllara kadar sürmüştür.

Organoklorlu pestisitler böcek ve mantar öldürücü özellikleri ile dünya çapında kullanılmış; çevre, insan ve hayvan sağlığı üzerine toksik etkileri tespit edilince üretim ve tüketimleri sınırlandırılmış ya da yasaklanmıştır. Atmosferle uzun mesafelere taşınabilen pestisitler, çevrede dayanıklı ve lipofil özellikleri ile biyoekosistemlerde birikerek (biyoakümülyasyon), besin zinciri boyunca taşınırken yüksek yapılı canlılara doğru gittikçe artarak depolanmaktadır (biyomagnifikasyon) (Covaci vd., 2006; Roche vd., 2009). Dünyadaki toplam pestisit üretimi yıllık 3 milyon ton civarında olup (Delen, 2008), Türkiye'de pestisit üretimi ise yıllık ortalama 33.000 ton olarak hesaplanmıştır (Turabi, 2007). Ülkemizdeki pestisit tüketimi, AB ülkelerinininki ile kıyaslandığında, hektara düşen pestisit miktarı AB ülkelerinin çok gerisinde kalmaktadır.

Ancak, ülkemizin oldukça heterojen bir pestisit tüketimi olduğu (Delen vd., 2005) unutulmamalıdır. Pestisit kalıntılarının farkı matrislerde tespiti ile sucul ortamlarda pestisit kirliliğinin de son derece önemli olduğu anlaşılmıştır (De Mora et al., 2004; Hu vd., 2009; Tolosa vd., 2010). Birçok ülkede OCP'lerin kayıtlı kullanımını yasaklanmış olmasına rağmen bu insan yapımı kimyasallar halen dünya ölçeğinde önemli düzeylerde saptanmaktadır (Hendy and Peake, 1996; Sarkar vd., 1997). DDT ve türevleri (DDD, DDE) yasaklanmış ancak yasaklandıktan 25 yıl sonra bile suda, sedimentte ve askıda maddede tespit edilmiştir (Chan vd., 1994; Barlas, 1999; Hung and Thiemann, 2002). Türkiye'de 1990'larda Dieldrin, Aldrin, Endrin, Klordan, DDT, BHC, Lindan ve Heptaklor gibi birçok klorlu bileşiklerin üretimi ve kullanımı yasaklanmıştır. Ancak 1995 yılında Türkiye'de toplam pestisit kullanımı 37.000 ton iken bu kullanım yıldan yıla kararlı bir artış göstermiştir (TCV, 1998).

Pestisitler toksik, biyoakümülyasyon ve biyomagnifikasyon özelliklerinden dolayı insanlar ve diğer canlılar için ciddi bir endişe kaynağıdır (Zhang vd., 2002; Wan vd., 2005). Sucul ekosistemlerde sedimentler, kirlilik derecesini doğrudan belirlemese de, antropojenik kirleticilerin tarihsel girdileri hakkında bilgi vermektedir (Hendy ve Peake, 1996). Kalıcı olmaları, doğada hidrofobik ve suda az çözünürlüklerinden dolayı organoklorlu pestisitler ve PCB'ler partikül maddeler üzerinde adsorbe olurlar ve sedimentte birikirler (Kang vd., 2000; Wiberg ve Harris, 2002). Böylece sedimentte KOK'ların çalışılması sucul ortamdaki sediment kirliliği hakkında değerli bilgiler sağlamış olur. Sucul ekosistemlerde balıklar beslenmeleri yoluyla çevresel kirleticilere maruz kalmaktadır. Balıklar dokularında kirleticileri biriktirdikleri ve besin zincirinde kirleticilerin taşınmasını sağladıkları için, sucul kirliliğinin izlenmesi için en uygun indikatörlerdir (Fisk vd., 2001; Boon vd., 2002). Sucul ortamlarda biotada biyoakümüle olan kirleticilerin tayini çevresel kirleticiler için gösterge olarak kabul edilmektedir.

Birçok çalışma göl ekosistemlerinin ağır metallere antropojenik kaynaklı kirlendiğini göstermiştir. Otomobil

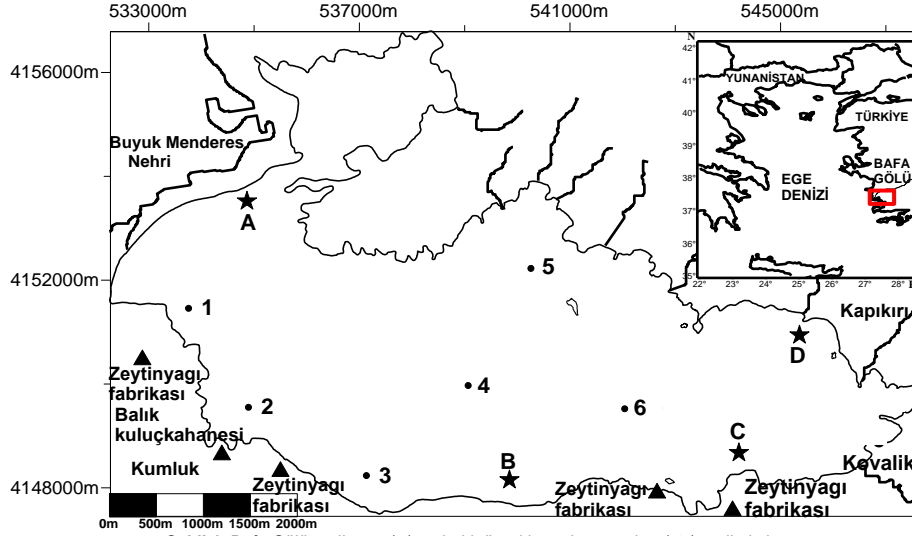
eksozları, kentsel atık ve tozlar gibi farklı kaynaklardan gelen ve ağır metal içeren kirleticiler özellikle şehre yakın gölleri olumsuz etkilemektedir (Hu vd. 2011). Literatürde Bafa Gölü'nde de sedimentte ağır metal kirliliği (Yılığör vd., 2012) ile ilgili çalışma mevcut iken, özellikle pestisit ve PCB kalıntılarına ait bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, Bafa Gölü sedimentleri organoklorlu kirleticiler açısından değerlendirilmiş, gölden alınan balık örneklerinde KOK saptanarak balık tüketiminin insan sağlığı açısından değerlendirmesi yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Alanı

Büyük Menderes Nehri deltasının güneydoğusunda yer alan, zengin florası ile ekolojik öneme sahip Bafa Gölü, aynı zamanda ülkemizin önemli kuş cennetlerinden biridir. Toplamda 261 kuş türü, bunun yanı sıra 325 bitki, 22 sürüngen ve 19 memeli türüne ev sahipliği yapan Bafa Gölü, 1989'da Doğal Sit Alanı ve 1994'te Tabiat Parkı ilan edilmiştir (<http://www.wwf.org.tr>, WWF-Türkiye). Geçmişte Ege Denizi'nin bir parçası olan Bafa Gölü Büyük Menderes Nehri'nin taşıdığı alüvyonlar ile birlikte, kıydan kilometrelerce içerde kalmıştır. Bafa Gölü, Büyük Menderes Nehri'nin düzenli taşkınlarının yanı sıra yeraltı ve mevsimlik derelerin oluşturduğu yüzey sularıyla da beslenmektedir. Ancak besleme kaynaklarındaki sorunlar nedeniyle su seviyesi düşmekte ve göl kirlenmektedir. Bafa Gölü'nde su seviyesi son 20 yılda yaklaşık 2 metre düşmüştür. Böylece normalde hafif tuzlu olan gölde tuzluluk iyice artmıştır. Diğer taraftan, göl çevresindeki tarımsal alanlarda aşırı gübre ve zirai ilaç kullanımı da gölü kirlenmektedir (<http://www.wwf.org.tr>, WWF-Türkiye).

Büyük Menderes havzasında yer alan Bafa Gölü'nde, başta su ürünleri olmak üzere, çok çeşitli ekolojik zenginlikler vardır. Havzadaki tarım topraklarının önemli ölçüde kirlendiği ve verim düşüklüğüne uğradığı ayrıca, Bafa Gölü ve Menderes deltasındaki ekolojik zenginlikleri de son derece olumsuz etkilediği yapılan değişik çalışmalar neticesinde ortaya çıkmıştır. Bafa Gölü'nde DSİ tarafından yapılan regülatör devreye girdikten sonra Büyük Menderes Nehri'nin sularının kontrollü olarak göle girmesi sağlanmıştır. Ancak kuraklık nedeniyle Büyük Menderes'e yeterli akış olmamıştır. Bunun sonucunda göl seviyesinde meydana gelen düşme nedeniyle suyun tuzluluk oranı arttığı için balık sayılarında azalma gözlenmiştir. Uşak, Denizli ve Aydın sanayisinin kimyasal atıkları ve yerleşim alanlarının evsel atıkları Büyük Menderes Nehri vasıtasıyla Bafa Gölü'ne girmektedir. Kirli sular Bafa Gölü'nün ekolojik yapısını olumsuz etkilemekte, bu durum yaz aylarında açıkça görülmektedir. Balık türlerindeki azalmanın kirlilikten, su kalitesinden ve insan kaynaklı etkilerden ileri geldiği düşünülmektedir (OSİB, 2011).



Şekil 1. Bafa Gölü sediment (●) ve balık örnekleme istasyonları (★) verilmiştir
Figure 1. Sediment (●) and fish (★) sampling stations in Bafa Lake

Örneklerin toplanması

Sediment örnekleme TUBITAK 110Y002 nolu proje kapsamında Eylül 2010'da 6 istasyonda Van-veen grab kullanılarak yapılmış ve sedimentin yüzey tabakası (1cm) alüminyum folyoya alınmıştır (UNEP/IOC/IAEA/FAO, 1991). Kefal balığı (*Mugil cephalus*, Linnaeus 1758) örnekleri Şubat 2011'de Bafa Gölü'nden avlanan balıkçılardan sağlanmıştır. Balıkların kas ve karaciğer doku örneklemeleri yapılmış ve bu örnekler analiz edilinceye kadar (-20°C'de) muhafaza edilmiştir (UNEP/IOC/IAEA/FAO, 1991). Sediment ve biyota örneklerinin toplandığı Bafa Gölü örnekleme istasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir.

ANALİZ YÖNTEMİ

Sediment ve biyotada uygulanan analiz yöntemi UNEP'in uluslararası referans yöntemlerinden alınmıştır (UNEP/IOC/IAEA/FAO, 1990). Sediment ve biyota örnekleri önceden temizlenmiş cam kaplara konulmuş ve daha sonra laboratuvarında liyofilizatörde kurutulmuştur. Kurutulan sediment örnekleri 250 µm göz açıklığına sahip paslanmaz çelik elekten geçirilerek elenmiş ve ekstraksiyon öncesi homojen hale getirilmiştir. Biyota örnekleri için kuru ağırlığın yaş ağırlığa oranı hesaplanmıştır (0.26). Daha sonra analiz yönteminin geri kazanım miktarını belirlemek için iç standartlar (PCB 29, PCB 198, ε-HCH ve Endosulfan I-D4) sediment ve biyota örneklerine ilave edilmiştir.

Sediment örnekleri mikrodalga ekstraksiyon sisteminde 40 ml hekzan:diklorometan (1:1, hacimce) karışımı ile 40 dakika süresince ekstrakte edilmişlerdir. Kromatografik analiz süresince oluşabilecek kükürt girişimlerinden kaçınmak için kükürt elementel bakır kullanılarak uzaklaştırılmış ve ekstraktlar Rotary buharlaştırıcısında konsantre hale getirilmiştir. Ekstrakte edilebilir organik madde (EOM) hassas terazide bu örneklerden alınan küçük miktar hacimlerde ölçülmüştür.

Biyota örnekleri de sediment örnekleri gibi mikrodalga ekstraksiyon sisteminde 30 ml hekzan/aseton (90:10) ile 30 dakika boyunca ekstrakte edilmiştir. Bu ekstraktlar yaklaşık 15 ml'ye Rotary buharlaştırıcısında konsantre edilerek sonrasında azot gazı altında 5 ml'ye uçurulmuştur. Biyotada EOM, sediment örneklerinde uygulanan yöntem ile belirlenmiştir. 100-150 mg'ı aşan yağ içeriğine sahip ekstraktlarda yağların giderilmesi için konsantre sülfirik asit kullanılmıştır.

Örnekler daha sonra önceden diklorometan/hekzan karışımı ile temizlenmiş, kurutulmuş ve 8 saat 130 °C'de aktive edilmiş ve sonrasında %0.5'lik suyla deaktif edilmiş florosil kolonundan geçirilerek temizlenmiştir (Clean-up). Örnek kolona ilave edildikten sonra farklı solvent karışımları ile elüe edilerek fraksiyonlarına ayrılır. Halojenli hidrokarbonlar için 1. grup (PCB'ler, pp' DDE, HCB, Aldrin, Heptachlor) 70 ml hekzanla, 2. grup (pp' DDE, pp' DDD) 45 ml hekzan:diklorometan (70:30), 3. grup (dieldrin, endrin, endosulfan) 70 ml diklorometan ile alınır. Daha sonra bu üç fraksiyon birleştirilip diklerna-Danish aparatı ile önce 15 ml'ye daha sonra azot gazı ile 1 ml'ye konsantre edilerek GC-MS (Agilent marka 5975C) cihazına enjekte edilmiştir.

Analitik kolon olarak DB-5MS 30m×0.25mm×0.25µm kullanılmıştır. Organoklorlu bileşiklerin tayini için GC/MS'de kullanılan program; başlangıçta 70°C'de 2 dakika tutulur, sonra 150°C'ye 25°C/dak'lık artışlarla, 200°C'ye 3°C/dak'lık artışlarla ve 280°C'ye 8°C/dak'lık artışlarla getirilir ve 280°C'de 10 dakika tutulur. Dokuz farklı organoklorlu bileşik (p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT, Lindane (γ-HCH), HCB, Aldrin, Dieldrin, Endrin, Heptachlor) birlikte Arochlor 1254 ve 1260 gibi ticari karışım olan poliklorobifenil bileşikler Bafa Gölü sedimentleri ve balık örneklerinde analiz edilmiştir. Şahit'ler (blank) her bir örnek seti için yapılmış, referans madde olarak seçilen IAEA-407 (sediment) ve IAEA-432 (biyota) örnekleri kalite kontrol amacıyla eş zamanlı olarak analiz edilmiştir.

Tablo 1 Bafa Gölü yüzeysel sedimenterinde ölçülen OCP ve PCB konsantrasyonları (ng g⁻¹ kuru ağırlık)
Table 1 OCP and PCB concentrations measured in Bafa Lake sediments (ng g⁻¹ dry weight)

Istasyon	<i>p,p'</i> -DDE	<i>p,p'</i> -DDD	<i>p,p'</i> -DDT	HCb	γ -HCH	Heptachlor	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Aro.1254	Aro.1254
1	nd	nd	0.04	nd	nd	0.02	0.02	0.14	1.44	6.3	7.9
2	nd	nd	0.07	nd	nd	0.02	0.03	0.18	0.79	13.1	4.3
3	nd	nd	0.07	nd	nd	0.02	0.03	0.13	3.30	21.2	10.4
4	0.01	nd	0.07	nd	nd	0.02	0.04	0.60	1.41	7.9	9.7
5	0.01	0.01	0.08	nd	0.01	0.02	0.04	0.36	1.69	10.4	6.0
6	0.02	0.01	0.07	nd	nd	0.02	0.04	0.39	1.65	10.7	22.3

nd: Ölçüm limitlerinin altında (analiz edilemedi).

Hazırlanan "şahit" örnekler saptama limitlerinin altında kalmıştır. Organoklorlu bileşiklerin analizinde kullanılan yöntem ve cihazda saptama limitleri organoklorlu pestisidler için 0.10–0.57 pg g⁻¹, PCB'ler için 2.4–4.5 pg g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Sediment ve balık örnekleri için hesaplanan geri kazanım yüzdeleri %70 ile %96.1 arasında değişmektedir.

SONUÇLAR

Sedimentte organoklorlu bileşiklerin dağılımı

Sediment örnekleme noktalarında yapılan OCP ve PCB analizleri Tablo 1'de verilmiştir. Endrin baskın kirletici olarak belirlenmiş, göl sedimenterindeki konsantrasyonları 0.79-3.30 ng g⁻¹ olarak ölçülmüştür. *p,p'*-DDT ve türevleri incelendiğinde; *p,p'*-DDE ve *p,p'*-DDD konsantrasyonları 0.02 ng g⁻¹'den düşük veya saptama limiti altında bulunurken, *p,p'*-DDT konsantrasyonları 0.04-0.08 ng g⁻¹ aralığında, oldukça düşük değerlerde ölçülmüştür. HCB ve lindan örnekleme istasyonlarının tümünde saptama limiti altında, heptaklor ise düşük konsantrasyonda (0.02 ng g⁻¹) ölçülmüştür. Heptaklorun kayıtlı kullanımı kalıcı kirletici olması, potansiyel kanser riski ve besin zincirinde birikmesi nedeniyle USEPA (1999) tarafından yasaklanmıştır. Sediment örneklerinde ölçülen toplam organoklorlu pestisit konsantrasyonu 1.1-3.6 ng g⁻¹, toplam siklodienler (Σ Cyc) 1.0-3.5 ng g⁻¹ k.a aralığında değişirken, toplam PCB 14.2-33 ng g⁻¹ aralığında bulunmuştur (Tablo 2, Şekil 2). Aroklor 1254 en düşük 1 numaralı istasyonda (6.3 ng g⁻¹), en yüksek 3 numaralı istasyonda (21.2 ng g⁻¹); Aroklor 1260 en düşük 2 numaralı (4.3 ng g⁻¹), en yüksek 6 numaralı istasyonda (22.3 ng g⁻¹) bulunmuştur. 3 ve 6 numaralı istasyonlarda ölçülen yüksek PCB konsantrasyonlarına, Bafa Gölü güney kıyısında bulunan endüstriyel aktivite ve Büyük Menderes Nehri ile göle taşınan endüstriyel atıkların neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

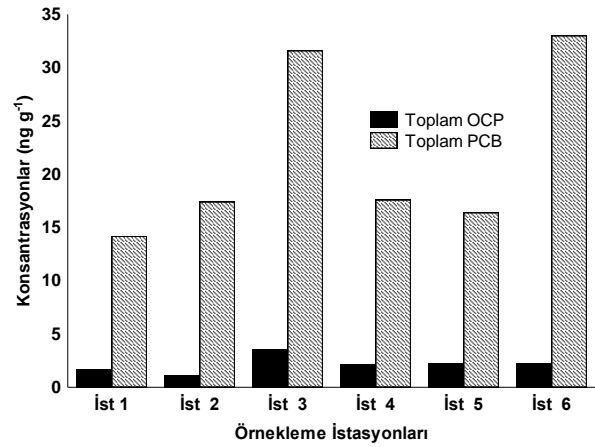
Tablo 2. Bafa Gölü'nde sediment örneklerinde organoklorlu pestisidler, toplam DDT, siklodienler (Σ Cyc), ve toplam PCB ve heksan ile ekstrakte olabilen madde (EOM) konsantrasyonları (kuru ağırlık)

Table 2. Organochlorinated pesticides, total DDTs, total cyclodiens, total PCBs and extractable organic matter concentrations (dry weight) in Bafa Lake sediments

İst.	Σ OCPs (ng g ⁻¹)	Σ DDTs (ng g ⁻¹)	Σ Cyc. (ng g ⁻¹)	PCBs (ng g ⁻¹)	EOM (mg g ⁻¹)	(DDE+DDD)/ Σ DDT
1	1.66	0.04	1.62	14.2	0.72	0.01
2	1.09	0.07	1.02	17.4	0.88	0.01
3	3.55	0.07	3.48	31.6	0.72	0.01
4	2.1	0.08	2.11	17.6	2.62	0.20
5	2.22	0.10	2.07	16.4	0.86	0.13
6	2.20	0.10	2.1	33.0	0.51	0.30

Σ Cyc.: Heptachlor+Aldrin+Dieldrin+Endrin
 PCBs: Σ Arochlör 1254 + Arochlör 1260

Bafa Gölü yüzeysel sedimenterleri organoklorlu pestisidler için olası ekotoksikolojik riskini belirlemek için Long vd. (1995; 1998) ve Kanada Hükümeti Çevre Bakanlığı (CCME, 2002) tarafından oluşturulan sediment kalite standartlarına göre değerlendirilmiştir (Tablo 3).



Şekil 2. Sedimentte toplam OCP ve PCB konsantrasyonları
Figure 2. Total OCP and PCB concentrations in sediment samples

Sedimentlerde ölçülen DDT ve metabolitleri, toplam DDT, Dieldrin, Lindan ve Heptaklor konsantrasyonları sediment kalite indekslerine göre ERL (düşük değerli etki seviyesi), ERM (orta değerli etki seviyesi) (Long vd., 1995; 1998) ve TEL (eşik etki seviyesi), PEL (olası etki seviyesi) (CCME, 2002) değerlerinin altında kalmaktadır. Sonuç olarak Bafa Gölü yüzeysel sedimenterleri organoklorlu pestisit kirliliği açısından değerlendirildiğinde göldeki canlı yaşamına olumsuz bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 3. Sedimentte organoklorlu pestisidler ve PCB'lerin iki sediment kalite indeksi kullanılarak yapılan potansiyel biyolojik risk analizi sonuçları
Table 3. Results of potential biological risk analysis of OCPs and PCBs using two sediment quality indexes in sediment samples

Pestisit	Konsantrasyon Aralığı (ng g ⁻¹)	ERL	ERM	TEL	PEL
<i>p,p'</i> -DDT	0.04-0.08	1.0	7	1.19	4.77
<i>p,p'</i> -DDE	nd-0.02	2.2	27	2.07	374
<i>p,p'</i> -DDD	nd-0.01	2.0	20	1.22	7.81
DDTs	0.04-0.10	1.58	46.1	3.89	51.7
Dieldrin	0.13-0.60	-	NA	0.71	4.30
γ -HCH	nd-0.01	NA	NA	0.32	0.99
Heptachlor	0.02	0.50	6	2.26	4.79
PCBs ^e	14.2-33.0	22.7	180	21.5	189

ERL : Düşük değerli etki seviyesi, ERM : Medyan değerli etki seviyesi

TEL : Eşik etki seviyesi, PEL : Olası etki seviyesi

PCBs : Σ Arochlör 1254 + Arochlör 1260 NA: Mevcut değil

nd: Ölçüm limitlerinin altında.

ERL değeri PCB'lerin sucul organizmalar üzerinde toksik biyolojik etki yaratabileceğini, ERM değeri ise PCB'lerin sucul organizmalar üzerinde zararlı biyolojik etkilere neden olacağını göstermektedir (Long vd., 1995; 1998). Kanada sediment kalite yönergesine göre PCB'ler değerlendirildiğinde, PEL değerini aşan PCB konsantrasyonlarının sucul organizmalar üzerinde sıklıkla olumsuz etkiler yaratacağı, TEL değerini aşmayan konsantrasyonların ise ihmal edilebilir etki seviyesini temsil ettiği belirtilmiştir. Bafa Gölü yüzey sedimentlerinde ölçülen toplam PCB konsantrasyonları ise sadece 3 ve 6 numaralı istasyonlarda ERL ve TEL değerlerini aşarken, tüm istasyonlarda ERM ve PEL değerlerinin altında kalmaktadır. Bu durumda genel olarak Bafa Gölü sedimentlerinde belirlenen PCB konsantrasyonlarının sedimentte yaşayan veya sedimentten beslenen canlılar için risk yaratmayacağı düşünülmektedir.

DDT ve türevleri açısından dünyanın farklı bölgelerindeki göllerin yüzey sedimentleri ile kıyaslandığında Bafa Gölü DDT kirlilik seviyesinin oldukça düşük ve ihmal edilebilir seviyede olduğu belirlenmiştir (Tablo 4). Aldrin, Dieldrin, Lindan ve HCB konsantrasyonları da kıyaslanan göllerden düşük bulunmuştur. Bafa Gölü sedimentlerinde ölçülen toplam DDT konsantrasyonları (0.04-0.10 ng g⁻¹) İzmir (0.12-6.04 ng g⁻¹) ve Çandarlı Körfezi (8-37 ng g⁻¹) sedimentlerinde ölçülen değerlerin de altında bulunmuştur (Pazi vd., 2011; 2012).

Biyotada organoklorlu bileşikler

Bafa Gölü kefal balığı (*M. cephalus*) kas ve karaciğer dokularında yapılan pestisit analizleri sonuçları Tablo 5'te kuru ağırlık baz alınarak verilmiştir. Doku ve karaciğer örneklerinde HCB ve lindan kalıntısına rastlanmamıştır. Heptaklor konsantrasyonu doku örneklerinde 0.16-0.29, karaciğer örneklerinde 0.16-0.24 ng g⁻¹ kuru ağırlık gibi benzer aralıklarda değişmektedir. Aldrin konsantrasyonu kas dokusunda 0.09-0.17 aralığında iken, karaciğerde artarak 0.03-1.74 ng g⁻¹ konsantrasyonuna ulaşmıştır. Buna ek olarak Endrin kas ve karaciğer dokularında sırasıyla 1.05-2.99 ve 3.89-36.5 ng g⁻¹ aralığında değişim göstermektedir. Dieldrin birikimi de kas dokusunda <0.00017-0.33 ng g⁻¹ aralığında iken karaciğerde 2-16 kat artmıştır. Benzer durum endrin birikimi için de mevcuttur. Karaciğerde biriken konsantrasyonlar kas dokusunun (1.05-2.99 ng g⁻¹) 7-20 kat üstünde ölçülmüştür.

Bafa Gölünde çalışılan balık örneklerinin kaslarında ölçülen \sum DDT'lerin ortalama konsantrasyonu 1.6 ng g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Türkiye'de DDT kullanımı 1980 yılında yasaklanmasına rağmen DDT metabolitlerine (*p,p'*-DDE, *p,p'*-DDD, *p,p'*-DDT) bütün örneklerde rastlanmıştır. DDT metabolitlerinden *p,p'*-DDE % 89.6 ortalama ile baskın bileşik olarak belirlenmiştir. DDT'nin oksijenli ortamda parçalanma ürünü olan DDE kas dokusunda 0.91-2.1 iken, karaciğerde 0.32-9.9 ng g⁻¹ aralığında ölçülmüştür. Oksijensiz ortamda DDT'nin parçalanma ürünü olan DDD konsantrasyonu oldukça düşük konsantrasyonlarda (kas: 0.08-0.16; karaciğer: <0.00017-0.65 ng g⁻¹) belirlenmiştir. DDT'nin parçalanma

ürünlerinin DDT konsantrasyonundan fazla bulunması, Bafa Gölü'ne mevcut DDT girdisi olmadığı sonucunu doğrulamaktadır.

DDT anaerobik koşullarda DDD'ye, aerobik koşullarda ise DDE'ye dönüşmektedir (Hitch ve Day, 1992). Analiz edilen örneklerdeki *p,p'*-DDE' nin *p,p'*-DDD'ye yüksek oranları (*p,p'*-DDE / *p,p'*-DDD > 1) DDT'nin organizmanın kas dokusundaki aerobik ortam mikroorganizmaları tarafından DDE'ye dönüştüğünü göstermektedir (Zhou vd., 2008). DDE/DDT oranı ekosisteme giren DDT'nin zaman ölçüğindeki değişimini incelemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Genel olarak, (DDE + DDD) / \sum DDTs oranının 0.5 değerinden büyük olması DDT'nin uzun süren biyolojik dönüşüm ile metabolitlerine parçalandığını gösterirken aynı oranın 0.5'den küçük olması yakın zamana ait DDT girdisine işaret etmektedir (Hitch ve Day, 1992). Bafa Gölü balık örneklerindeki kas ve karaciğer dokularında hesaplanan (DDE + DDD) / \sum DDTs oranı 0.5'den büyük (sırasıyla ortalama 0.94 ve 0.96) bulunmuştur. Sonuçlar Bafa Gölü civarındaki tarım alanlarından göle, yakın zamanda DDT girdisinin olmadığını ancak geçmişe ait DDT kirliliğinin izlerine rastlandığını göstermiştir.

Tablo 5. Bafa Gölü balık örneklerinde ölçülen OCP ve PCB konsantrasyonları (ng g⁻¹ kuru ağırlık)

Table 5. OCP and PCB concentrations in fish samples from Bafa Lake (ng g⁻¹ dry weight)

Örnek adı	A	B	C	D	A	B	C	D
Doku	Kas	Kas	Kas	Kas	Karaciğer	Karaciğer	Karaciğer	Karaciğer
HCB	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Lindane	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptaklor	0.29	0.17	0.16	0.19	0.12	0.24	0.16	0.06
Aldrin	0.07	0.17	0.13	0.09	0.24	0.03	0.33	1.74
Dieldrin	nd	0.33	0.31	nd	3.37	0.14	5.45	0.95
<i>p,p'</i> -DDE	2.1	0.91	1.33	1.26	9.88	0.32	6.58	8.1
Endrin	2.37	1.05	1.88	2.99	21.95	36.48	35.53	3.89
<i>p,p'</i> -DDD	0.16	0.08	0.08	0.1	0.17	nd	0.33	0.65
<i>p,p'</i> -DDT	0.03	0.03	0.05	0.29	0.32	0.02	0.54	0.2
Aro 1254	90	717	1027	220	2195	391	457	2173
Aro 1260	22.8	28.3	20.3	19.3	9.3	55.7	17.2	8.3
\sum PCBs	113	745	1047	239	2201	447	474	2181
\sum OCPs	5.02	2.74	3.94	4.92	36.05	37.23	48.92	15.59
\sum DDTs	2.29	1.02	1.46	1.65	10.37	0.34	7.45	8.95
Lipid (g g ⁻¹ ka)	0.16	0.11	0.11	0.12	0.23	0.28	0.20	0.45
\sum OCPs(ng g ⁻¹ lipid)	30.5	25.9	36.8	42.1	159.7	134.9	244.0	34.4
BSAF	0.31	0.31	0.48	0.55	1.63	1.64	3.16	0.45

nd: Ölçüm limitlerinin altında.

Σ Siklodien (heptaklor, aldrin, dieldrin, endrin) konsantrasyonları kas dokusunda 1.72-3.27 ng g⁻¹ iken karaciğerde 6.6-41.5 ng g⁻¹ aralıklarında değişim göstermektedir. Σ PCB konsantrasyonları kas dokusunda 113-1047 ng g⁻¹ ve karaciğerde 447-2181 ng g⁻¹ olarak ölçülmüştür. Kas ve karaciğer dokuları Σ PCB konsantrasyonları arasında negatif yönde yüksek bir korelasyon ($p < 0.05$, $N=4$, $R=-0.95$) bulunmuştur. Bulunan yüksek PCB konsantrasyonlarının kaynakları göl yakınındaki zeytinyağı fabrikaları ve gölü besleyen Büyük Menderes Nehri ile taşınan endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 4. Bafa Gölü sedimentleri pestisit konsantrasyonlarının dünyanın farklı bölgelerindeki göl sedimentleri ile karşılaştırılması (ng g⁻¹ kuru ağırlık)
Table 4. Comparison of pesticide concentrations in Bafa Lake with lake sediments from different regions of the world (ng g⁻¹ kuru ağırlık)

Bölge	Yıl	Aldrin	Dieldrin	Lindan	HCB	p,p'-DDT	p,p'-DDE	p,p'-DDD	Endrin
Victoria Gölü, Uganda Kıyıları ¹	2003-2007	0.94-7.18	0.22-16	0.05-5.5	-	0.04-1.46	0.11-3.6	0.38-4.0	
Qarun Gölü, Mısır ²	2011	nd-7.98	nd-3.41	0.09-100	nd-5.83	nd-0.40	nd-4.3	nd-1.12	nd-120
Taihu Gölü, Çin ³	2006	nd-0.44		0.41-32.5		nd-0.5	nd-0.34	0.02-0.28	
Al bu fera Gölü, İspanya ⁴	2005	nd-1.0	nd-0.2	nd-1.2	nd-0.5	nd-12.8	nd-9.9	nd-27.1	nd-0.5
Iseo Gölü, İtalya (ort.) ⁵	2008	-	-	-	0.7	25	230	27	
Bafa Gölü	2012	0.02-0.04	0.13-0.6	nd-0.01	nd	0.04-0.08	nd-0.02	nd-0.1	0.8-3.3

nd: Ölçüm limitlerinin altında. ¹Wasswa vd., 2011, ²Barakat vd.,2013, ³Zhao vd., 2010, ⁴Peris vd., 2005, ⁵Bettinetti vd., 2011

Biyotada organoklorlu bileşiklerin biyoakümülyasyonu

Lipid ve organoklorlu pestisid konsantrasyonları Tablo 5'de verilmiştir. Lipid ve OCPs arasındaki korelasyon (R=0.67, p<0.05, N=4) anlamlı bulunmuştur. Biyota sediment akümülyasyon faktörü (BSAF) sucul organizmalarda bir kirleticinin lipide göre normalize edilmiş konsantrasyonunun, yüzey sedimentindeki organik karbona göre normalize edilmiş konsantrasyonuna oranıdır. Bu oran lipofilik bileşiklerin biyoakümülyasyon potansiyelini bulmada önemli bir araçtır. Biyoakümülyasyonun varlığından söz edebilmek için BSAF > 1 olması gereklidir. BSAF = 1.7 teorik değeri iyonik olmayan organik bileşiklerin sedimentteki karbon ile yağ dokuları arasındaki geçişini göstermekte; BSAF < 1.7 olduğunda sedimentten yağ dokusuna tahmin edilenden daha az organik madde geçişi oluyor iken, BSAF > 1.7 olduğunda kirleticinin tahmin edilenden daha fazla yağ dokusunda biriktiğini göstermektedir. Yapılan çalışmada Bafa Gölü'nde toplam OCP'lerin kefal balığı (*M. cephalus*) kas dokusundaki BAFS seviyeleri 0.31 ile 0.55 aralığında bulunmuştur. Buna karşın karaciğer dokusunda hesaplanan BSAF oranları 0.44 ile 3.16 arasında değişim göstermektedir. Balığın kas dokusu ile sediment arasında biyoakümülyasyon varlığından söz edemiyorken, organoklorlu pestisitlerin karaciğerde biyoakümüle olduğu belirlenmiştir.

İnsan sağlığı açısından risk değerlendirmesi

Organoklorlu pestisit konsantrasyonlarının insan sağlığı açısından değerlendirilebilmesi için Avrupa Birliği tarafından kullanılan; Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından da onaylanan standartlar incelenmiştir. Tüm balık çeşitleri için tüketilebilir 1 porsiyondaki limit değerler; DDT için 5 ppm, heptaklor için 0.3 ppm, aldrin ve dieldrin için 0.3 ppm olarak belirlenmiştir (FDA/EPA, 2008). Bafa Gölü balık örneklerinde ölçülen kirlenici konsantrasyonları Avrupa Birliği standartlarına göre incelendiğinde toplam DDT konsantrasyonları 0.3-0.6 ng g⁻¹ (yağ ağırlık), heptaklor konsantrasyonları 0.04-0.07 ng g⁻¹ aralığında bulunmuştur. Bafa gölü kefal balıkları (*M. cephalus*) DDT, aldrin, dieldrin ve heptaklor açısından değerlendirildiğinde tolerans değerinin oldukça altında kaldığı belirlenmiştir. Ülkemize ait su ürünleri yönetmelğinde yer alan "Toksikolojik ve mikrobiyolojik üst sınır değerler tablosunda" DDT ve organoklorlu pestisitlerin kabul edilebilir değerlerine rastlanamamıştır (Tarım ve Köyleri Bakanlığı, 1995).

Halk sağlığı risk analizi için, Gıda ve Tarım Kurumu (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen

organoklorlu pestisit ve PCB'lere ait "Kabul Edilebilir Günlük Alım (ADI)" değerleri, Bafa Gölü'ne ait dört örnekleme alanındaki "Hesaplanmış Günlük Balık Tüketim miktarlarıyla (EDI)" karşılaştırılmıştır (WHO, 2003). 70 kg vücut ağırlığına sahip bir yetişkin için hesaplanmış EDI Tablo 6'da verilmiştir. Bir yetişkinin günlük diyetle maruz kaldığı kirlenici miktarı Türkiye'nin güneybatı kıyısında bulunan Muğla ilindeki günde ortalama 68.5 gram taze balık yenmesi temel alınarak hesaplanmıştır (Köprücü, 2007; Şahin, 2011). The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)'e göre aldrin, dieldrin, endrin, heptaklor ve DDT türevleri için hesaplanan günlük alım miktarı değerlerinin kabul edilebilir günlük alım miktarlarının oldukça altında kaldığını göstermektedir. Bununla birlikte Bafa Gölü'nden alınan balık örneklerindeki PCB seviyeleri Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği Tolere edilebilir Günlük Alım Miktarlarını (TDI) aştığı belirlenmiştir.

Tablo 6. Bafa Gölünden avlanan balıklarla beslenen insanların (ortalama vücut ağırlığı 70 kg) 1 kg vücut ağırlığı başına günlük giren PCB ve OCP alım miktarları (yağ ağırlık)

Table 6. Daily intake of PCB and OCP (wet weight) per 1 kg of human body weight (average body weight 70 kg) people fed with fish from Bafa Lake

	EDI (ng ⁻¹ gün ⁻¹)				ADI (ng ⁻¹ gün ⁻¹)
	A	B	C	D	FAO/WHO*
Aldrin	0.02	0.04	0.03	0.02	100
Dieldrin	0.00	0.08	0.08	0.00	100
Endrin	0.60	0.27	0.48	0.76	200
Heptaklor	0.07	0.04	0.04	0.05	500
DDTs	0.58	0.26	0.37	0.42	2000
PCBs	28.7	189.4	266.1	60.7	20

SONUÇ

Sonuç olarak ülkemizin önemli kuş cennetlerinden biri olan Bafa Gölü yüzey sedimentleri organoklorlu pestisit kirliliği açısından sediment kalite indeksleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, ekolojik açıdan olumsuz bir etki yaratmayacağı düşünülmektedir. Göl sedimentlerinde belirlenen PCB konsantrasyonlarının ise sedimentte yaşayan veya sedimentten beslenen canlılar için risk yaratmayacağı belirlenmiştir.

İnsan sağlığı göz önüne alındığında, Bafa gölü kefal balıklarında (*M. cephalus*) ölçülen organoklorlu pestisitlerin Avrupa Birliği'nin belirlediği bir porsiyondaki limit değerlerin oldukça altında kaldığı bulunmuştur. Bununla birlikte, balık örneklerinde bulunan PCB seviyelerinin Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği Tolere edilebilir Günlük Alım Miktarlarını aştığı belirlenmiştir. Bu çalışmada insan sağlığı için zararlı,

bahsi geçen toksik bileşiklerin tolerans değerlerinin ülkemiz mevzuatlarında yer almadığı tespit edilmiş, sınır değerlerin ilgili mevzuatlarda bulunması gerekliliği de ortaya çıkmıştır.

TEŞEKKÜR

Sediment örnekleri TUBITAK 110Y002 nolu proje

KAYNAKLAR

- Barakat, A.O., Khairy, M., Aukaily, I., 2013. Persistent organochlorine pesticide and PCB residues in surface sediments of Lake Qarun, a protected area of Egypt. *Chemosphere*, 90:2467-2476. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.11.012
- Barlas, N.E., 1999. Determination of organochlorine pesticide residues in aquatic systems and organisms in upper Sakarya Basin, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62:278-285. doi:10.1007/s001289900871
- Bettinetti, R., Galassi, S., Guizzoni, P., Quadron, S., 2011. Sediment analysis to support the recent glacial origin of DDT pollution in Lake Iseo (Northern Italy). *Chemosphere*, 85:163-169. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.06.037
- Boon, J.P., Lewis, W.E., TjoenA-Choy, M.R., Allchin, C.R., Law, R.J., De Boer, J., ve diğ., 2002. Levels of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants in animals representing different trophic levels of the North Sea food web. *Environmental Science & Technology*, 36(19):4025-4032. doi: 10.1021/es0158298
- CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment), 2002. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. Canadian Environmental Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg, MB.
- Chan, C.H., Bruce, G., Harrison, B., 1994. Wet deposition of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls to the Great Lakes. *Great Lakes Research*, 20: 546-560. doi:10.1016/S0380-1330(94)71171-0
- Covaci, A., Gheorghe, A., Hulea, O., Schepens, P., 2006. Levels and distribution of organochlorine pesticides, polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in sediments and biota from the Danube Delta, Romania. *Environmental Pollution*, 140:136-149. doi:10.1016/j.envpol.2005.06.008
- Delen, N., 2008. *Fungisitler. Nobel Yayın dağıtım*, Nobel Yayın No: 1360, Ankara.
- Delen, N., Durmusoglu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A., 2005. Türkiye'de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Duyarlılık Azalması Sorunları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005, Ankara, Bildiriler Kitabı*, 629-648.
- De Mora, S., Villeneuve, J.P., Sheikholeslami, M. R., Cattini, C., Tolosa, I., 2004. Organochlorinated compounds in Caspian Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 48:30-43. doi:10.1016/j.marpolbul.2003.10.001
- FDA/EPA, 2008. Guidance levels in seafoods, <http://www.fao.org/docrep/008/y5924e/y5924e0d.htm>
- Fisk, A.T., Hobson, K.A., Norstrom, R.J., 2001. Influence of chemical and biological factors on trophic transfer of persistent organic pollutants in the Northwest Polynya marine food web. *Environmental Science & Technology*, 35:732-738. doi: 10.1021/es010719m
- Hendy, E.J. and Peake, B., 1996. Organochlorine pesticides in a dated sediment core from Mapua, Waimea Inlet, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 32: 751-754. doi:10.1016/0025-326X(96)00068-9
- <http://chm.pops.int>
- <http://www.wwf.org.tr>, WWF-Türkiye
- Hitch, R.K., Day, H.R., 1992. Unusual persistence of DDT in some western USA soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 48: 259-264. doi:10.1007/BF00194381
- Hu, L., Zhang, G., Zheng, B., Qin, Y., Lin, T., Guo, Z., 2009. Occurrence and distribution of organochlorine pesticides (OCPs) in surface sediments of the Bohai Sea, China. *Chemosphere*, 77: 663-672. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.07.070
- Hu, N., ShiX, H.P., Mao, J., Liu, J., Liu, Y., Ma, D., 2011. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of Liaodong Bay, Bohai Sea, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 18:163-172. doi 10.1007/s11356-010-0359-2
- Hung, D.Q., Thiemann, W., 2002. Contamination by selected chlorinated pesticides in surface water in Hanoi, Vietnam. *Chemosphere*, 47:357-367. doi:10.1016/S0045-6535(01)00342-3
- Kang, Y.H., Sheng, G.Y., Fu, J.M., Mai, B.X., Zhang, G., Lin, Z., Min, Y.S., 2000. Polychlorinated biphenyls in surface sediments from the Pearl River Delta and Macau. *Mar. Poll. Bull.*, 40:794-797. doi:10.1016/S0025-326X(00)00089-8
- Köprücü, K., 2007. Türkiye Su Ürünleri üretiminin durumu ve değerlendirilmesi. *Türk Tarım Dergisi*, 178:22-28.
- Long, E., Macdonald, D., Smith, S., Calder, F., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19:81-97. doi:10.1002/etc.5620170428
- Long, E.R., Field, L.J., MacDonald, D.D., 1998. Predicting toxicity in marine sediments with numeral sediment quality guidelines. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17:714-727.
- OSİB, 2011. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Bafa Gölü Kirliliğinin Araştırılması Komisyonu Sonuç Raporu, 2011
- Pazı, İ., Kucuksezgin, F., Gonul, L.T., 2012. Occurrence and distribution of organochlorine residues in surface sediments of the Candarli Gulf (Eastern Aegean). *Marine Pollution Bulletin*, 64:2839-2843.
- Pazı, İ., Kucuksezgin, F., Gonul, L.T., 2011. Distribution and sources of organochlorinated contaminants in sediments from Izmir Bay (Eastern Aegean Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 62:1115-1119. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.03.016
- Peris, E., Requena, S., Guardiola, M., Pastor, A., Carrasco, J.M., 2005. Organochlorinated pesticides in sediments from the Lake Albufera of Valencia (Spain). *Chemosphere*, 60: 1542-1549. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.02.043
- Roche, H., Vollaire, Y., Persic, A., Buet, A., Oliveira-Ribeiro, C., Coulet, E., Banas, D., Ramade, F., 2009. Organochlorines in the Vaccarès Lagoon trophic web (Biosphere Reserve of Camargue, France). *Environmental Pollution*, 157:2493-2506. doi:10.1016/j.envpol.2009.03.016
- Sarkar, A., Nagarajan, R., Chaphadkar, S., Pal, S., Singbal, S.Y.S., 1997. Contamination of organochlorine pesticides in sediments from the Arabian Sea along the west coast of India. *Water Research*, 31:195-200. doi:10.1016/S0043-1354(96)00210-2
- Şahin, Y., 2011. AB ve İş Dünyası: Balıkçılık Sektörü. İktisadi Kalkınma Vakfı. 38, 1-12.
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1995. Su ürünleri yönetmeliği. 22223 sayılı Resmî Gazete.
- TCV (Türkiye Çevre Vakfı), 1998. *Türkiye de Çevre Sorunları'99*, 464s.
- Tolosa, I., Mesa-Albernas, M., Alonso-Hernandez, C.M., 2010. Organochlorine contamination PCBs, DDTs, HCB, HCHs in sediments from Cienfuegos Bay, Cuba. *Marine Pollution Bulletin*, 60:1619-1624. doi:10.1016/j.marpolbul.2010.06.008

- Turabi, M. S., 2007. Bitki Koruma Ürünlerinin Ruhsatlandırılması. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi Bildirileri, 25- 26 Ekim 2007, Ankara, 50-61.
- UNEP/IOC/IAEA/FAO, 1990. Reference Method No 57: Contaminant monitoring programs using marine organisms: Quality assurance and good laboratory practice. UNEP.
- UNEP/IOC/IAEA/FAO, 1991. Reference Method No 12 Rev.2. Sampling of selected marine organisms and sample preparation for the analysis of chlorinated hydrocarbons. UNEP.
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2009. Stockholm Convention on POPs; <http://www.pops.int>.
- USEPA, 1999. Great lakes binational toxics strategy: draft report on level substances in the binational toxics strategy.
- Wan, Y., Hu, J., Liu, J., An, W., Tao, S., Jia, Z., 2005. Fate of DDT-related compounds in Bohai Bay and its adjacent Haihe Basin, North China. *Marine Pollution Bulletin*, 50:439-445. doi:10.1016/j.marpolbul.2004.11.037
- Wasswa J., Kiremire B.T., Nkedi-Kizza P., Mbabazi J., Ssebugere, P., 2011. Organochlorine pesticide residues in sediments from the Uganda side of Lake Victoria. *Chemosphere*, 82:130-136. doi:10.1016/j.chemosphere.2005.02.043
- WHO, 2003. GreenFacts: Scientific Facts on PCBs Polychlorinated Biphenyls. <http://www.greenfacts.org/en/pcbbs/l-2/7-risks-exposure.htm#2>
- Wiberg, P.L., Harris, C.K., 2002. Desorption of p,p'-DDE from sediment during resuspension events on the Palos Verdes shelf, California: a modeling approach. *Continental Shelf Research*, 22:1005-1023. doi:10.1016/S0278-4343(01)00117-0
- Yilgor, S., Kucuksezgin F., Özel, E., 2012. Assessment of Metal Concentrations in Sediments from Lake Bafa(Western Anatolia): An Inlex Analysis Approach. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89:512-518. doi: 10.1007/s00128-012-0699-3
- Zhang, G., Parker, A., House, A., Mai, B.X., Li, X.D.H., Kang, Y., Wang, Z.S., 2002. Sedimentary records of DDT and HCH in the Pearl River Delta, South China. *Environmental Science & Technology*, 36:3671-3677. doi: 10.1021/es0102888
- Zhao A., Wu Z. J., Fan C., Shang, J., 2010. Assessment of the potential mutagenicity of organochlorine pesticides (OCPs) in contaminated sediments from Taihu Lake, China. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 696:62-68. doi:10.1016/j.mrgentox.2009.12.013
- Zhou, R., Zhu, L., Chen, Y., Kong, Q., 2008. Concentrations and characteristics of organochlorine pesticides in aquatic biota from Qiantang River in China. *Environmental Pollution*, 151:190-199. doi:10.1016/j.envpol.2007.02.015