



ARAŞTIRMA MAKALESİ

Düzce ilinde avlanan tatlı su ve deniz balıkları ile musluk sularında ağır metal düzeyleri

Filiz BOLU¹ , Atilla Senih MAYDA¹ 

¹ Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Düzce

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada Düzce İlinde merkezde 14 haneden alınan musluk suyu örnekleri ile deniz balıkları ve 5 farklı çiftliğin alabalık örneklerinde ağır metal seviyelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Balık pazarından temin edilen deniz balıkları ve farklı alabalık üretim çiftliklerinden temin edilen alabalıklarda, arsenik (As), kadmiyum (Cd), cıva (Hg), kurşun (Pb) düzeyleri, il merkezinde 14 noktadan toplanan musluk sularında ise bunlara ek olarak alüminyum (Al) ve bakır (Cu) düzeyleri incelenmiştir.

Bulgular: Çalışmada eylül ayında kurşun, kadmiyum ve arsenik, ekimde kurşun ve arsenik, kasımda kurşun, kadmiyum ve arsenik, aralıkta kurşun, kadmiyum ve arsenik, ocakta kurşun, şubatta arsenik bazı balık türlerinde yüksek bulunmuştur. Mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarında av yasağı nedeniyle sadece alabalıklar incelenmiş olup haziran ayında cıva, ağustosta ise kurşun düzeyi bir alabalık numunesinde yüksek bulunmuştur. İncelenen musluk sularında ise bazı aylarda alüminyum düzeylerinin Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen sınır değerlerin üstüne çıktığı görülmüştür.

Sonuç: Analiz edilen balıklarda metal yükü zamansal değişim göstermekle birlikte yüksektir. Düzce’de yapılan bu araştırma daha büyük örneklem oluşturularak tekrarlanmalı ve bölgede deniz balıkları ve tatlı su balıklarındaki ağır metal düzeyleri takip edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Düzce, balık, musluk suyu, ağır metal

ABSTRACT

Heavy metal levels in freshwater and marine fishes and tap waters in Düzce province

Objectives: It’s aimed to determine the levels of heavy metals in tap water samples taken from 14 households in the center of Düzce, sea fish and trout samples from 5 different farms.

Methods: The levels of arsenic (As), cadmium (Cd), mercury (Hg), lead (Pb) in sea fish from the traditional open fishmarkets, in salmon samples collected from 5 different fish farms and additionally aluminium (Al) and copper (Cu) levels in tap water samples from 14 locations were investigated. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer (ICP-MS) was used to determine the metal concentrations.

Results: In the study, lead, cadmium and arsenic in September, lead and arsenic in October, lead, cadmium and arsenic in November, lead, cadmium and arsenic in December, lead in January and arsenic in February were found high in some fish species. Due to the fishing ban in May, June, July and August, only trout were examined, and mercury levels were found to be high in a trout sample in June and lead in August. Some of the tap water samples contain aluminium and iron above the limits set by World Health Organisation.

Conclusion: The metal load in the analyzed fish showed temporal variation but was high. This research conducted in Düzce should be repeated with a larger sample size, and heavy metal levels in marine and freshwater fish in the region should be monitored.

Keywords: Düzce, fish, tap water, heavy metal

Atf için: Bolu F, Mayda AS. Düzce ilinde avlanan tatlı su ve deniz balıkları ile musluk sularında ağır metal düzeyleri. Troia Medical Journal 2026;7(2):60-69. DOI:10.55665/troiaimedj.1728152

Sorumlu yazar: Filiz BOLU

Adres: Borazanlar mah. Hattat Emin Barın Cad. No:58, Merkez/Bolu

E-posta: bolufiliz@gmail.com

Geliş tarihi:26.06.2025, **Kabul tarihi:**28.01.2026



Bu eser Creative Commons Atıf-Türetilemez 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.
© Author(s)-available online at dergipark.org.tr/en/pub/troiaimedj/writing-rules

GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliği ve ilişkili sorunlar sağlığı tehdit eden en önemli unsurlardan biri haline gelmiştir. Tüm dünyada artan nüfus ve sanayileşme nedeniyle giderek artan miktarda kirletici maddenin doğrudan veya dolaylı olarak doğaya salınması doğanın dengesini hızla bozmaktadır [1].

Çevre kirliliğinin başlıca unsurlarından biri olan su kirliliği özellikle endüstriyel atıkların artışı ve tarım sektöründe modernleşme ile birlikte geniş spektrumlu gübre ve pestisitlerin kullanımı ile ciddi bir tehdit haline gelmiştir. [2]. Su kirliliği konusunda yapılan çalışmalarda son yıllarda özellikle kimyasal kirliliğe ve bu anlamda ağır metal kirliliğine dikkat çekilmektedir. Yüzeysel sular, deniz ve göllerde ağır metallerin başlıca kaynakları atmosferik taşınım, akarsularla, yağmur ve kar suları ile taşınım, jeokimyasal olaylar ve endüstriyel aktiviteler sonucunda meydana gelen girdilerdir [3].

Ağır metallerin sucul ortamlara taşınmasının sucul canlılar üzerinde hayati etkiler gösterdiği ve tür sayısında azalmaya yol açtığı, yapılan çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Bunun dışında literatürde bu metallerin sucul canlıların çeşitli dokularında biriktiği ve bu şekilde besin zincirine girdiğini bildiren bilimsel çalışmalar mevcuttur. Beslenmede protein sağlaması nedeniyle önemli yeri olan balıklarda ağır metallerin bulunması hem balıklar hem de insan sağlığı için olumsuz bir durumdur [4,5]. Toksik metaller topraktan sızıntı yoluyla yeraltı sularına da karışabilmekte ve içme suyu için kaynak oluşturan yeraltı sularını kirletebilmektedir. Su kaynaklarının kirliliğe maruz kalması hem insan hayatı hem de diğer canlılar için tehlike oluşturmaktadır [6].

Düzce ili Batı Karadeniz bölgesinde yer alan, zengin yeraltı suyu rezervine sahip, sanayi bakımından gelişmiş, yoğun trafik yükü taşıyan ve Türkiye'nin batısına doğusuna bağlayan karayolu konumunda olan bir şehirdir. Nüfus ve sanayi yoğunluğu, alt yapı yetersizliği, düzensiz kentleşme, katı atıkların düzensiz depolanması, hava kirliliği, tarımsal gübreleme ve ilaçlama hem yüzey sularında, hem de Düzce ovasındaki zengin yeraltı suyu rezervlerinde kirlilik yaratmaktadır [7]. Bölgede içme kullanma suları ile ilgili çalışma bulunmamaktadır ancak Karadeniz kıyılarında deniz suyu analizleri yapılan bir çalışmada, bölgede ağır metallere kaynaklık eden kirleticiler olduğu sonucuna varılmıştır [8]. Bu çalışmada musluk suyu analizleri ile içme kullanma sularının, deniz balıklarında ağır metal analizi ile denizlerin ve dolayısıyla önemli bir besin olan balıkların ilde mevcut olan potansiyel kirlilik kaynaklarından etkilenme durumunun incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca ilde sıklıkla tüketilen bir balık türü olan çiftlik alabalıkları da çalışmaya dahil edilmiştir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Numunelerin Elde Edilmesi ve Analiz

Araştırma için il merkezinde sistematik rastgele örnekleme yöntemi ile belirlenen 14 mahallede bulunan sabit hanelerden Eylül 2014-Ağustos 2015 tarihleri arasında her ay musluk suyu numuneleri alınmıştır. Alabalık

numuneleri ilde bulunan 5 alabalık üretim tesisinden alınmıştır. Deniz balığı numunesi olarak Akçakoca'da balık satışı yapan bir balıkçıdan Akçakoca'da avlanmış olan balık türleri (döneme göre değişmekle birlikte mezgit, barbun, kalkan, kefal, lüfer, dil balığı, hamsi, istavrit, palamut, zargan) alınmıştır. Mayıs-Ağustos ayları arasında av yasağı nedeniyle deniz balığı alınamamıştır.

Metal ölçümleri Düzce Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda ICP-MS cihazı olarak kullanılan Thermo Scientific Element X2(USA) ile yapılmıştır. Polietilen torbalara konulup etiketlenerek laboratuvara getirilen balıklar distile su ile yıkanarak kas dokusu örnekleri alınmış ve mikrodalga çözünürleştirme tüplerine yerleştirilmiştir. İşlem öncesi HNO₃ ve H₂O₂ ilave edilerek mikrodalga fırında (Milestone Ethos Plus 2000) çözünürleştirme yapılmıştır. Daha sonra çözelti polipropilen balon jöjelere aktarılmış ve yapılan analizlerin sonuçları yaş ağırlık üzerinden mg/kg olarak verilmiştir. Su örnekleri muslukta alevle yakma işlemi uygulanarak su 2 dakika serbest akıtıldıktan sonra 50 ml'lik polipropilen kaplara alınmış ve soğuk zincir ile laboratuvara ulaştırılmıştır.

Literatür Bilgileri ve Mevzuat

Balıklarda yapılan ölçümlerin değerlendirilmesi 2011 Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği (TGKY) ile Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından ortak olarak verilen ve Tablo 1'de yer alan sınır değerlere göre yapıldı [9-11]. Balıklarda tespit edilen metal düzeyleri için risk seviyelerini belirlemek üzere ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından hazırlanan rehberden yararlanıldı [12]. Bazı metaller için maruziyet miktarının eşik değeri aşması halinde potansiyel kanserojen olmayan etkilerin ortaya çıkma olasılığını gösteren tehlike katsayısı (TK) belirlendi. Tehlike katsayısının 1'den yüksekliği kanserojen olmayan etkilerin görülme olasılığını artırmaktadır [13].

TK: Maruziyet Düzeyi (MD)/ Referans Doz (RfD)

RfD: Hassas gruplarda bile olumsuz etki beklenmeyen doz (Referans doz). Kurşun, kadmiyum, arsenik ve cıva için verilmiş olan RfD değerleri kullanıldı.

Maruziyet düzeyi (MD) = $Kons \times H \times F \times S / VA \times OS$
Kons: Balıkta metal konsantrasyonu (mg/kg, yaş ağırlık)

H: Alım hızı ; yetişkin için 0.227 kg/gün

çocuk için 0.1135 kg/gün

F: Maruziyet Frekansı (haftalık 1 öğün için: 52 gün/yıl)

S: Maruziyet süresi: yetişkin için 70 yıl, çocuk için yaş (yıl)

VA: Vücut Ağırlığı (yetişkin için 70 kg, çocuk için yaşa göre verilen değer)

OS: Ortalama süre (S x 365 gün/yıl)

Musluk sularında ağır metal düzeyi analiz sonuçları ise Tablo 1'de sunulan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ile EPA ve DSÖ tarafından önerilen sınır değerlere göre değerlendirildi [14-16].

	Balık Kas Dokusu (mg/kg)		İçme Suyu (µg/L)		
	TGK 2002/2011 (mg/kg)	FAO/WHO 2011 (mg/kg)	T.C. Sağlık Bakanlığı (µg/L)	DSÖ (µg/L)	EPA (µg/L)
Kadmium (Cd)	0,05	0,05	5	3	5
	0,1 (kefal, istavrit, dil)				
	0,30(hamsi)				
Cıva (Hg)	0,5	0,5	1	1	-
	1 (kalkan, barbun, palamut)				
Kurşun (Pb)	0,30	0,3	10	10	15
Bakır (Cu)	20	-	2000	2000	1000
Arsenik (As)	1	-	10	10	10
Alüminyum (Al)	-	-	200	200	200
Demir (Fe)	-	-	200	200	300

Tablo 1. Balık kas dokusu ve içme sularında metal düzeyleri için üst sınır değerler

BULGULAR

Balık Numunelerinde Ölçülen Ağır Metal Düzeyleri

Çalışma boyunca balık numunelerinde yapılan ölçümlerde elde edilen en düşük ve en yüksek değerler tablo ile gösterilmiştir (Tablo 2).

	Kurşun		Cıva		Arsenik		Kadmium	
	Deniz balığı (ort±SD)	Alabalık	Deniz balığı (ort±SD)	Alabalık	Deniz balığı (ort±SD)	Alabalık	Deniz balığı (ort±SD)	Alabalık
Eylül	0,8-1,23 (1,04±0,14)	0,73-1,25	0-0,01 (0,003±0,0)	0,0-0,0	0,48-3,58 (1,37±0,98)	0,14-0,31	0,05-0,07 (0,06±0,00)	0,04-0,06
Ekim	1,10-1,33 (1,21±0,07)	0,77-1,31	LA-0,02 (0,006±0,0)	0-0	0,35-2,72 (0,85±0,75)	0,14-0,22	0,03-0,04 (0,03±0,00)	0,02-0,03
Kasım	1,15-6,63 (2,19±1,55)	1,34-3,52	0,01-0,02 (0,07±0,06)	0,02-0,09	LA-6,92 (2,83±2,19)	LA-1,84	0,11-0,63 (0,20±0,14)	0,14-0,42
Aralık	0,39-1,58 (0,97±0,30)	0,90-1,95	LA-0,93 (0,22±0,26)	0,06-0,18	1,04-3,65 (2,54±0,82)	LA-3,53	0,01-2,24 (0,29±0,63)	0,35-0,67

Ocak	0,08-0,39 (0,20±0,09)	0,14-0,28	LA-0,05 (0,005±0,00)	LA	3,50-8,77 (6,34±2,17)	1,34-2,58	LA-0,01 (0,004±0,00)	0
Şubat	0,02-0,07 (0,05±0,01)	0,02-0,04	0	0	0,12-1,19 (0,45±0,35)	0,06-0,09	LA-0,0 (0,001±0,0)	LA
Mart	0,01-0,08 (0,03±0,02)	0,01-0,04	0-0,01 (0,006±0,00)	0	0,0-0,68 (0,31±0,23)	0,01-0,10	0	0
Nisan	0,03-0,70 (0,18±0,23)	0,02-0,04	0,0-0,12 (0,02±0,00)	0	2,49-6,58 (2,28±2,26)	0,22-0,64	0-0,02	0
Mayıs	-	0,0-0,06	-	0	-	0,17-0,43	-	0
Haziran	-	0,0-0,12	-	0,0-0,51	-	0,10-0,33	-	0,0-0,01
Temmuz	-	0,05-0,25	-	0,0-0,04	-	0,25-0,52	-	0,0-0,01
Ağustos	-	0,73-1,25	-	0	-	0,32-0,87	-	0

*LA: Ölçüm limitinin altında

Tablo 2. Deniz balıkları ve alabalıklarda yıl boyunca yapılan ağır metal ölçümlerinde elde edilen en düşük ve en yüksek değerler (mg/kg)

Eylül ayında deniz balıklarında kurşun düzeyleri 0,80-1,23 mg/kg arasında olup, tüm numunelerde TGKY'de belirtilen 0,3mg/kg düzeyini aştığı saptanmıştır. Kadmiyum düzeyleri 0,05- 0,07 mg/kg arasında bulunmuştur. Kadmiyum düzeyinin mezgit, barbun, kalkan ve dil balığında TGKY'de verilen sınırın üstünde olduğu saptanmıştır. Arsenik düzeyleri 0,48-3,58 mg/kg arasında bulunmuştur. Arsenik düzeyi barbun, kalkan ve dil balığında TGKY'de belirtilen değer (1 mg/kg) üstünde saptanmıştır. Alabalıklarda ise Eylül ayında kurşun 0,73-1,25 mg/kg, kadmiyum 0,04-0,06 mg/kg aralığında ve yüksek olup arsenik normal düzeylerde (0,14-0,31mg/kg) bulunmuştur.

Ekim ayında yapılan analizlerde deniz balıklarında kurşun düzeyleri 1,10-1,33 mg/kg arasında olup, tüm numunelerde TGKY'de verilen 0,3mg/kg düzeyini aştığı saptanmıştır. Arsenik düzeyleri 0,35- 2,72 mg/kg arasında bulunmuştur. Arsenik düzeyi barbun örneklerinde 1 mg/kg sınırını aşmıştır. Kadmiyum düzeyleri 0,03-0,04 mg/kg arasında olup, tüm örneklerde TGKY'de belirtilen sınırın (0,05mg/kg) altında bulunmuştur. Alabalıklarda ise Ekim ayında kurşun 0,77-1,31mg/kg aralığında ve yüksek olup civa, kadmiyum ve arsenik normal bulunmuştur.

Kasım ayında deniz balıklarında kurşun düzeyleri 1,15-6,63 mg/kg arasında, kadmiyum düzeyleri 0,11- 0,63 mg/kg arasında olup TGKY sınırlarının üstünde bulunmuştur. Arsenik düzeyleri ölçülebilir düzeyin altındaki düzeyler (LA) ile 6,92 mg/kg arasında bulunmuştur. Lüfer dışındaki balık numunelerinde TGKY sınırının (1 mg/kg) üstündedir. Alabalıklarda ise civa ve kadmiyum normal sınırlarda iken kurşun 1,34-3,52 mg/kg, arsenik LA-1,84 mg/kg aralığında olup yüksek bulunmuştur.

Aralık ayında deniz balıklarında kurşun düzeyleri 0,39-1,58 mg/kg arasında olup, tüm örneklerde sınır değer

üzerinde olduğu saptanmıştır. Kadmiyum düzeyleri 0,01- 2,24 mg/kg arasında olup, mezgit, lüfer ve zarganda sınırın üzerindedir. Hamsi, istavrit ve palamut örneklerinde ise birer örnekte kadmiyumun sınırı aştığı tespit edilmiştir. Arsenik düzeyleri 1,04- 3,65 mg/kg arasında bulunmuş olup, tüm örneklerde sınır değer (1 mg/kg) üstünde olduğu saptanmıştır. Civa düzeylerinin sadece bir istavrit numunesinde TGKY sınırının (0,5mg/kg) üstünde olduğu saptanmıştır. Alabalıklarda ise aralık ayında kurşun 0,90-1,95 mg/kg, arsenik LA-3,53 mg/kg, kadmiyum 0,35-0,67 mg/kg aralığında olup yüksek, civa ise 0,06-0,18 aralığında normal bulunmuştur.

Ocak ayında deniz balıklarında kurşun düzeyleri 0,08-0,39 mg/kg arasında olup, bir istavrit örneğinde TGKY sınırını (0,3mg/kg) aştığı saptanmıştır. Arsenik ise 3,50- 8,77 mg/kg aralığında olup, tüm örneklerde sınırın (1 mg/kg) üstünde olduğu saptanmıştır. Kadmiyum düzeyleri normal aralıkta bulunmuştur. Alabalıklarda ise ocak ayında arsenik 1,34-2,58 mg/kg olup yüksek, kurşun, civa ve kadmiyum ise normal bulunmuştur.

Şubat ayında deniz balıklarında kurşun düzeyleri 0,02-0,07 mg/kg arasında olup TGKY sınırının (0,3mg/kg) altındadır. Arsenik düzeyleri 0,12- 1,19 mg/kg arasında bulunmuş olup, barbunda Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ndeki sınırı aşmıştır. Kadmiyum tüm numunelerde Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ndeki sınırın altındadır. Alabalıklarda ise şubat ayında yapılan tüm ölçümler sınırın altındadır.

Mart ayında deniz balıkları ve alabalıklarda metal düzeyleri Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliğindeki sınır değerlerin altında bulunmuştur.

Nisan ayında deniz balıklarında kurşun düzeyleri 0,03-0,70 mg/kg arasında olup, mezgit örneklerinden birinde TGKY sınırı (0,3mg/kg) aşılmıştır. Arsenik 2,49- 6,58

mg/kg arasında bulunmuş olup, tüm mezigit örneklerinde sınır değerin üstündedir. Kadmiyum 0,00-0,02mg/kg aralığında tespit edilmiş olup, tüm örneklerde sınır değerin altında bulunmuştur. Alabalıklarda ise nisan ayında yapılan tüm ölçümler yönetmeliğe uygun bulunmuştur.

Mayıs-Ağustos ayları arasında avlanma yasağı nedeniyle sadece alabalık numunesi alınmıştır. Mayıs ve temmuz aylarında alabalık numunelerinde metal düzeyleri yönetmelik sınırının altında bulunmuştur. Haziran ayında bir işletmeden alınan numunelerin bir tanesinde cıva 0,51 mg/kg ölçülerek yönetmelik sınırını aşmıştır. Ağustos ayında alınan alabalık numunelerinde

kurşun düzeyleri 0,04- 0,36 mg/kg arasında olup sadece bir numunede TGKY sınırı (0,3mg/kg) üstünde aşılmıştır.

Yıl boyunca yapılan ölçümlerde en yüksek kurşun ve kadmiyum düzeyi ortalaması hamside (1,75 mg/kg ve 0,5mg/kg), en yüksek arsenik ortalaması barbunda (3,17 mg/kg) gözlenmiş olup tespit edilen bu düzey için hesaplanan tehlike katsayıları tablo ile gösterilmiştir (Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5). Cıva bakımından en yüksek ortalama genel olarak aralık, kurşun bakımından kasım, kadmiyum bakımından kasım ve aralık, arsenik bakımından ise ocak aylarında gözlenmiştir.

Yaş	Ağırlık (VA) kg	MD	TK=MD/RfD (RfD:Pb için 0.004)
1	10	2.82x10 ⁻³	0.70
2	13	2.17 x10 ⁻³	0.52
3	15	1.88 x10 ⁻³	0.47
4	17	1.66 x10 ⁻³	0.40
5	19	1.48 x10 ⁻³	0.37
6	20	1.41 x10 ⁻³	0.35
7	23	1.22 x10 ⁻³	0.30
8	26	1.08 x10 ⁻³	0.27
9	30	9.43 x10 ⁻⁴	0.23
10	35	8.08 x10 ⁻⁴	0.20
11	40	7.07 x10 ⁻³	0.17
12	44	6.43 x10 ⁻⁴	0.16
13	49	5.77 x10 ⁻⁴	0.14
14	53	5.33 x10 ⁻⁴	0.13
yetişkin	70	8.08x10 ⁻⁴	0.20

RfD: Hassas gruplarda bile ters etki oluşturması beklenmeyen doz (Referans doz)

Tablo 3. Hamside saptanan ortalama 1,75 mg/kg Pb düzeyi için maruziyet düzeyi (MD) ve tehlike katsayısı (TK)

Yaş	Ağırlık (VA) kg	MD	TK= MD/RfD (RfD: Cd için 0.001)
1	10	8.08x10 ⁻⁴	0.8
2	13	6.21x10 ⁻⁴	0.6
3	15	5.38x10 ⁻⁴	0.5
4	17	4.75x10 ⁻⁴	0.47
5	19	4.25x10 ⁻⁴	0.42
6	20	4.04x10 ⁻⁴	0.40
7	23	3.51x10 ⁻⁴	0.35
8	26	3.10 x10 ⁻⁴	0.31
9	30	2.69 x10 ⁻⁴	0.26
10	35	2.30 x10 ⁻⁴	0.23
11	40	2.02 x10 ⁻⁴	0.20
12	44	1.83 x10 ⁻⁴	0.18
13	49	1.64 x10 ⁻⁴	0.16
14	53	1.52x10 ⁻⁴	0.15
Yetişkin	70	2.30 x10 ⁻⁴	0.23

RfD: Hassas gruplarda bile ters etki oluşturması beklenmeyen doz (Referans doz)

Tablo 4. Hamside saptanan ortalama 0,5mg/kg Cd düzeyi için maruziyet düzeyi (MD) ve tehlike katsayısı (TK)

Yaş	Ağırlık (VA) kg	MD	TK= MD/RfD (RfD: As için 0.0003)
1	10	5.12 x10 ⁻³	17.08
2	13	3.94 x10 ⁻³	13.14
3	15	3.41 x10 ⁻³	11.39
4	17	3.01 x10 ⁻³	10.05
5	19	2.69 x10 ⁻³	8.96
6	20	2.56 x10 ⁻³	8.54
7	23	2.22 x10 ⁻³	7.42
8	26	1.97 x10 ⁻³	6.57

9	30	1.70 x10 ⁻³	5.69
10	35	1.46 x10 ⁻³	4.88
11	40	1.28 x10 ⁻³	4.27
12	44	1.16 x10 ⁻³	3.88
13	49	1.04 x10 ⁻³	3.48
14	53	9.67 x10 ⁻⁴	3.22
yetişkin	70	1.46 x10 ⁻³	4.86

RfD: Hassas gruplarda bile ters etki oluşturması beklenmeyen doz (Referans doz)

Tablo 5. Barbunda saptanan ortalama 3,17 mg/kg As düzeyi için maruziyet düzeyi (MD) ve tehlike katsayısı (TK)

Musluk Sularında Ölçülen Ağır Metal Düzeyleri
Musluk sularında yıl içinde alınan numunelerde ağır metal ölçümlerinin en düşük ve en yüksek değerleri tabloda gösterilmiştir (Tablo 6). Yıl boyunca dört ay dışında (Ocak, Nisan Kasım, Aralık) musluk suyu numunelerinde metal düzeyleri İnsani Tüketim Amaçlı Sular

Hakkında Yönetmelik'te belirtilen ve Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği sınırların altında bulunmuştur. Kasım ve aralık aylarında birer su numunesinde, ocak ayında iki, nisan ayında ise üç numunede alüminyum düzeyleri 200 µg/L olarak belirlenen sınırın üzerinde bulunmuştur.

	²⁷ Al	⁶⁵ Cu	⁷⁵ As	¹¹¹ Cd	²⁰² Hg	²⁰⁸ Pb
Eylül	8.21-55.63	0.34-21.82	LA-0.84	0-0.08	LA-0.22	LA-6.02
Ekim	LA-113.3	LA-0.10	LA-0.97	0-0.04	0.01-0.60	0-0.74
Kasım	LA-258.24	3.84-191.51	0.67-1.12	0.01-0.05	0.06-0.50	LA-0.95
Aralık	8.23-256.32	LA-34.85	LA-3.26	0.02-0.04	0.18-.058	1.20-3.77
Ocak	4.28-369.0	0.77-10.13	0.65-1.12	0-0.04	LA	0.01-0.31
Şubat	1.11-140.50	1.04-6.23	0.08-0.50	0-0.08	LA-0.02	0.02-0.35
Mart	5.19-136.67	1.11-17.07	0.12-0.68	0-0.03	0-0.02	0.11-1.07
Nisan	4.61-353.20	7.25-47.78	0.06-0.68	0-0.03	0.05-0.58	0.04-1.44
Mayıs	8.21-189.32	0.22-445.1	0.05-1.36	0-0.06	0-0.81	0.03-4.73
Haziran	0.98-151.3	2.81-41.99	0.18-0.85	0-0.02	0	0.07-1.66
Tem- muz	1.48-137.0	5.37-52.33	0.24-0.79	0-0.03	0	0.24-1.67
Ağustos	5.67-145.30	2.65-19.19	0.34-0.62	0-0.07	0.09-0.86	0.08-1.75

Tablo 6. Musluk sularında yıl boyunca ölçülen en düşük ve en yüksek ağır metal düzeyleri (mcg/L)

TARTIŞMA

Bu çalışmada balıklarda ölçülen metal düzeyleri incelendiğinde bazı aylarda kurşun, kadmiyum, arsenik ve cıvanın bazı balık türlerinde sınır değerleri aştığı görülmüştür. En yüksek ortalama kurşun düzeyi sırasıyla hamsi, palamut, istavrit, barbun ve mezgitte ölçülmüştür. 2011 yılında Orta Karadeniz’de yapılmış bir çalışmada Pb düzeyi hamside $0,4\pm 0,2$ mcg/g, mezgitte $0,9\pm 0,2$ mcg/g olarak yüksek bulunmuştur [17]. Bölgede yapılmış üç araştırmada da kurşun düzeyleri bu seviyelerde bildirilmiştir [18-20]. Alkan ve arkadaşları ise Pb düzeyini hamside ortalama $0,03$ mcg/g, istavritte $0,02$ mcg/g olarak diğer çalışmalara göre oldukça düşük düzeylerde saptamışlardır [21]. Bu çalışmada Pb hamside $0,07-6,63$ mg/kg, istavritte $0,08-2,13$ mg/kg, mezgitte $0,01-1,53$ mg/kg, barbunda $0,02-2,95$ mg/kg aralığında ölçüldü. Alabalıklarda ölçülen Pb düzeyleri ise $0,00-3,52$ mg/kg aralığında bulundu. Erzurum ilinde yapılan çalışmada alabalık numunelerinde Pb bu çalışmaya göre oldukça düşük (ortalama $0,053\pm 0,043$ mg/kg) bulunmuştur [22]. Kurşun bakımından deniz balıklarında en yüksek düzeyler kasım ayında gözlenmiştir. Düzce’de yaz aylarında azalan akarsu ve derelelerin debileri ekim ayından itibaren artış göstermektedir. Kurşunun yağmur ve sel sularıyla denizlere taşınması ve balıklar tarafından alınması söz konusu olabilir. Çalışmamızda Pb düzeyi bakımından en yüksek ortalama hamside gözlenmiş olup bu düzey ($1,75$ mg/kg) için tehlike katsayısı 1’in altında bulunmuştur. EPA’nın ölçüt olarak kullandığı $0,227$ kg/öğün miktarı düşünüldüğünde hamside tespit edilen ortalama Pb miktarı ($1,75$ mg/kg) DSÖ tarafından belirlenen haftalık tolere edilebilir miktarın (PTWI: 1750 mcg) %22,7’sini oluşturmaktadır [11,12].

Karadeniz’de yapılan bir çalışmada hamsi ve istavritte ortalama Cd düzeyi sırasıyla $0,30\pm 0,03$ mcg/g ve $0,25\pm 0,03$ mcg/g olarak yüksek bulunmuştur [21]. Sinop’ta yapılan bir çalışmada barbun, mezgit, istavrit ve kefalde kadmiyumun ölçüm limitlerinin altında olduğu bildirilmiştir [23]. Karadenizde yapılan bir başka çalışmada ise mezgit, istavrit ve barbunda Cd düzeyleri sırasıyla $0,192\pm 0,020$ mcg/g, $0,124\pm 0,018$ mcg/g, $0,208\pm 0,017$ mcg/g olup yüksek bulunmuştur [18]. Çalışmamızda Cd mezgitte $0,001-0,18$ mg/kg, barbunda $0,001-0,20$ mg/kg aralığında bulunmuştur. Mezgit ve barbunda olduğu gibi hamsi ve istavritte de Cd düzeyinin yüksek bulunduğu numuneler mevcuttur. Alabalık örneklerinde ise Cd ölçülebilir düzeyin altındaki seviyeler ile $0,67$ mg/kg gibi yüksek seviyeler arasında değişmektedir. Erzurum’da alabalıkların incelendiği çalışmada Cd ortalama $0,019\pm 0,020$ mg/kg ölçülmüş ancak bazı işletmelerin bazı numunelerinde çalışmamızda olduğu gibi limitin üstünde ölçülmüştür [22]. Çalışmamızda en yüksek Cd ortalaması hamsi balığında tespit edilmiş olup tehlike katsayısı 1’in altında bulunmuştur. EPA’nın önerisi, Cd bu seviyelerde olduğunda balık tüketiminin aylık $0,90$ kg’ı geçmemesidir [12].

Sinop’ta yapılan çalışmada Bat ve arkadaşları barbunda $1,3$, mezgitte $1,24$ gibi yüksek, istavritte ise $0,39$ mg/kg düzeylerinde normal As tespit ettiklerini bildirmişlerdir [23]. Alkan ve arkadaşları As düzeyini hamsi için $1,85\pm 0,17$, istavrit için $2,58\pm 0,10$ mcg/g olarak bildirmişlerdir [21]. Çalışmamızda bulunan düzeyler diğer çalışmalara göre yüksektir. Erzurum’da yapılan çalışmada alabalık numunelerinde As düzeyi ortalama $0,024\pm 0,047$ mg/kg bulunmuş olup çalışmamıza göre oldukça düşüktür [22]. Çalışmamızda en yüksek As düzeyi ortalaması ($3,17$ mg/kg) barbunda tespit edilmiş ve tehlike katsayısı çok yüksek bulunmuştur. As düzeyi $0,13$ mg/kg’ın üzerinde bulunduğu balık tüketimi EPA tarafından önerilmemektedir [12].

Orta Karadeniz’de istavrit, barbun, hamsi, palamut, mezgit ve kalkan gibi balık türlerinin incelendiği çalışmada balıklarda Hg tespit edilmediği bildirilmiştir [19]. Doğu Karadeniz’de yapılan bir çalışmada da mezgit ve barbunda Hg çok düşük seviyelerde ölçülmüştür [24]. Çalışmamızda en yüksek Hg düzeyleri mezgit ve barbunda saptanmış olup sırasıyla LA- $0,23$ mg/kg ve $0,003-0,93$ mg/kg aralığındadır. Aralık ayında alınan barbun ve istavrit örneklerinde sınır değerler aşılmıştır. EPA tarafından $0,078-0,12$ mg/kg aralığındaki civa düzeylerinde balık tüketiminin $1,81$ kg/ ay’ı geçmemesi önerilmektedir [12]. Bu çalışmada balıklarda civa bakımından en yüksek ortalama genel olarak aralık ayında gözlenmiş olup diğer ağır metaller de yine kış aylarında yüksek ölçülmüştür. Bu durum metallerin yağışlarla denizlere sürüklenmesi ve denizlerde birikici etki göstermesine bağlanabilir. Tarım Bakanlığı koordinasyonunda Batı Karadeniz’de yürütülmüş bir projede sediman, makroalg, midye ve balıklarda ayrı ayrı metal ölçümleri yapılmıştır. Alınan örnekler arasında sedimanların en yüksek metal içeriğine sahip oldukları gösterilmiş ve bu durum kirleticilerin zamanla dibe çökerek sedimana karışmasına bağlanmıştır [25]. Ancak balıklar sürekli yer değiştiren canlılardır. Bu nedenle bir bölgeden avlanan bir balık türündeki metal düzeyleri mutlaka o bölgenin durumunu yansıtmayabilir. Dolayısıyla bazı dönemlerde diğer aylara göre yüksek düzeyler tespit edilmesinin sebebi mutlaka o dönemde meydana gelen bir kirlenme olmayabilir. Ayrıca çalışmamızda yapılan ölçümler adet olarak analiz edilen balıklara ait olup tek numuneden elde edilen ölçüm genel durumu yansıtmayabileceğinden bu durum araştırmanın kısıtlılığı olarak kabul edilmektedir.

Çalışmamızda su numunelerinde alüminyum ölçülebilir limitin altındaki düzeyler ile 369 mcg/L arasında değişmektedir. Su örneği alınan 14 noktadan 6’sında yıl içinde bir defa sınır değer (200 mcg/L) aşıldığı tespit edilmiştir. İstanbul, Ankara ve İzmir illerinin su analiz raporlarının değerlendirildiği bir çalışmada bu şehirlerde musluk sularında alüminyum normal bulunmuştur [26]. Kosova’da yapılan bir çalışmada ise musluk sularında Al düzeyinin $0,058-621$ mcg/L arasında değiştiği, çalışmamıza benzer şekilde yüksek düzeylere rastlandığı bildirilmiştir [27]. Alüminyum arıtma sürecinde çöktürme işleminde kullanılmaktadır. Arıtma

sürecinde uygulanan farklı işlemler nedeniyle suyun alüminyum seviyesi etkilenir. Bu sebeple farklı arıtma tesislerinden elde edilen suların alüminyum seviyesi bakımından değişiklik gözlenebilir. Arıtma çıkışında suda alüminyum düşük seviyelerde de olsa partiküllerin şebekenin ölü noktalarında birikmesi sonucu musluk suyunda alüminyum yüksek düzeylere ulaşabilir [28]. Çalışmamızda farklı aylarda tespit edilen yüksek Al düzeylerinin bu duruma bağlı olabileceği düşünülmüştür.

Afyon'da 48 mahalleden alınan musluk suyu numunelerinde bakırın ölçüm limitlerinin altında olduğu bildirilmiştir [29]. İstanbul'da musluk sularında bakır 1-3 mcg/L, İzmir'de 1,58-7,70 mcg/L aralığında normal bulunmuştur [26]. Çanakkale'de bir ilçenin sokak çeşmelerinden yapılan analizlerde bakır düzeyi 2-7 mcg/L aralığında normal bulunmuş olup kış ve ilkbahar aylarında diğer aylara göre anlamlı yükseklik gözlenmiştir. Bu durum bölgenin kış ve ilkbaharda yüksek yağış miktarına sahip olmasıyla açıklanmış ve yağmur sularının ağır metalleri taşımasıyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir [30]. Çalışmamızda bakır konsantrasyonu ortalama 18,21 mcg/L olup ölçüm limitlerinin altındaki düzeyler ile 445,10 mcg/L arasında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar diğer çalışmalara göre yüksektir ancak sınır düzeylerin oldukça altındadır. Çalışmamızda ağır metal ölçümleri değişkenlik göstermekte olup mahalleler arasında veya mevsimler arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir.

Arsenik endüstriyel ve tarımsal kullanım sonrası su kaynaklarını kirletebilen toksik bir metaldir [14]. Aksaray'da içme suyu kaynaklarının incelendiği bir çalışmada As düzeyi 0,2-52,4 mcg/L arasında olup numunelerin %32'sinde sınır değerlerin üstünde bulunmuştur. Volkanik faaliyetlerin etkisiyle ortaya çıkan tortul kayalar, bölgedeki yeraltı sularında bulunan arseniğin önemli bir kaynağı olabileceği bildirilmiştir [31]. Tunceli'de musluk suyu örneklerinin incelendiği bir çalışmada As düzeyi sınır değeri aşan 2 ilçe haricindeki ilçelerde ve merkezde 0,2-4 mcg/L arasında bildirilmiştir [32]. Afyon'da yapılan çalışmada da 2 mahalleden alınan su örneklerinde arsenik sınırın üzerinde tespit edilmiş ve bunun bölgedeki kaya türlerinin mineral ve cevher yapısı ile ve bölgenin jeotermal bir yapıya sahip olması ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir [29]. Çalışmamızda musluk sularında As düzeyi ortalama 0,68 mcg/L olup tüm numunelerde normal bulunmuştur.

İstanbul, Ankara ve İzmir illerinin verilerinin değerlendirildiği bir çalışmada bu şehirlerde musluk sularında

kadmiyum normal bulunmuştur [26]. Afyon ilinde yapılan çalışmada da 48 mahalleden alınan örneklerde Cd ölçülebilir düzeylerin altında olarak bildirilmiştir [29]. Malezya'da da musluk sularında yapılan incelemede Cd düzeyleri 0,36-0,85 mcg/L arasında normal bulunmuştur [33]. Çalışmamızda musluk sularında Cd bu düzeylerin altında olup normal bulunmuştur.

Kurşun, sanayi atıklarının su kaynaklarını kirletmesiyle ve kurşun borularında oluşan korozyon yoluyla içme sularına karışabilir [17]. Bu çalışmada musluk sularında Pb ortalama 0,323 (LA-2,78) mcg/L bulunmuş olup sınırın altındadır. Musluk sularında Pb düzeyleri çalışmamıza benzer şekilde Kosova'da ortalama 0,32 (0,016-2,13) mcg/L, Malezya'da ortalama 0,28 (LA-3,8) bulunmuştur [27,33]. Musluk sularında yüksek kurşun düzeyleri Bitlis'te yapılan bir çalışmadan bildirilmiştir [34].

Tunceli'de yapılan çalışmada su örneklerinde ortalama Hg düzeyi 0,2 mcg/L (0,03-0,2) bulunmuştur [32]. Çalışmamızda ortalama Hg düzeyi benzer şekilde 0,163 mcg/L olup, sonuçlar LA-0,60 mcg/L arasında değişmektedir. Çalışmamızda sınırı geçen değer gözlenmemiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada musluk sularında Al dışındaki elementler DSÖ tarafından verilen sınır değerlerin altında kalmaktadır. Alüminyum su arıtımında kullanılmakta olup uzun süreli yüksek düzeyde maruziyette alüminyum ile ilişkili sağlık sorunlarının ortaya çıkabileceği bilinmektedir. Bu nedenle su arıtmada alüminyum tuzlarının yerine farklı maddelerin kullanımına yönelik araştırmaların planlanması faydalı olacaktır.

Çalışmada balıkların kas dokusunda yapılan ölçümlerde mevzuat limitlerini aşan ağır metal düzeylerine rastlanmıştır. Düzce'de yapılan bu araştırma daha büyük örneklem oluşturularak tekrarlanmalı ve bölgede deniz balıkları ve tatlı su balıklarındaki ağır metal düzeyleri takip edilmelidir. Bölgede deniz suyu örnekleri de analize dahil edilerek yüksek ağır metal düzeyleri tespit edilmesi halinde kirlilik kaynakları belirlenmeli ve kirliliğin önlenmesi için projeler üretilmelidir.

Çıkar çatışması: Yok

Finansal destek: Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Toprak kirliliği. Sağlık Bakanlığı Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi-40; 1997.
2. Dwivedi P. Environmental Pollution And Environmental Management, Chapter 3. India:Scientific Publishers, 2004: 31-65.
3. Dereli EM, Ertürk A, Çakmakçı M. Yüzeysel suların ağır metallerin etkileri ve ötrofikasyon ile ilişkisi. Turkish J Aquat Sci 2017;32(4): 214-30.
4. Chary NS, Kamala CT, Suman RDS. Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated

soils and food chain transfer. Ecotox Environ Safe 2008; 69: 513-24.

5. Dural M, Göksu MZ, Özak A. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chem 2007; 102: 415-21.

6. Tchounwou PB, Yedjou CG, Patlolla AK, Sutton DJ. Heavy metal toxicity and the environment. In: Luch (eds) Molecular Clinical and Environmental Toxicology Experiencia Supplementum. Basel:Springer, 2012, vol 101, pp:133-64.

7. T.C. Düzce Valiliği İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü. Düzce il çevre durum raporu 2011. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editedordosya/duzce_icdr2011.pdf. Erişim adresi: Aralık10,2025.
8. Elderwish NM, Taştan Y, Sönmez AY. Türkiye'nin Batı Karadeniz kıyı sularındaki ağır metal birikiminin mevsimsel olarak incelenmesi. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi. 2019; 5(2): 1-8.
9. T.C. Resmi Gazete. (23.09.2002). Türk gıda kodeksi gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğ [online], Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2002/09/20020923.htm#5>. Erişim tarihi Nisan 17, 2023.
10. T.C.Resmi Gazete. (29.12.2011). Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm>. Erişim tarihi Nisan 17, 2023.
11. Joint FAO/WHO. (21-25 March 2011). Food standards programme codex committee on contaminants in foods. codex alimentarius CF/5 INF/1. <https://docplayer.net/25644120-Joint-fao-who-food-standards-programme-codex-committee-on-contaminants-in-foods-fifth-session-the-hague-the-netherlands-march-2011.html>. Erişim tarihi Nisan 17,2023.
12. U.S. Environmental Protection Agency Office of Science and Technology. Guidance for assessing chemical contaminant data for use in fish advisories, Washington, 2000.
13. US EPA Archive Document. HHRAP Appendix C:Risk characterization equations. <https://archive.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/td/web/pdf/05hhrap-papc.pdf>. Erişim tarihi: Nisan 17, 2023.
14. World Health Organization. (2006). Health Criteria and Other Information In: Guidelines for Drinking Water Quality Volume 1. https://www.preventionweb.net/files/2034_VL206905.pdf. Erişim tarihi Nisan 17, 2023.
15. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Office of Water. (2012). Edition of the drinking water standards and health advisories. https://rais.ornl.gov/documents/2012_drinking_water.pdf. Erişim tarihi Nisan 17, 2023.
16. T.C. Resmi Gazete. (07.03.2013). İnsani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmelikte değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130307-7.htm>. Erişim tarihi:17.04.2023.
17. Aygün SF, Abanoz FG. Determination of heavy metal in anchovy (*engraulis encrasicolus* L 1758) and whiting (*merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) fish in The Middle Black Sea. Kafkas Univ Vet Fak Derg 2011;17: 145-52.
18. Turan C, Dural M, Öksüz A, Öztürk B. Levels of heavy metals in some commercial fish species captured from the Black Sea and Mediterranean Coast of Turkey. Bull Environ Contam Toxicol 2009;82:601-4.17.
19. Nisbet C, Terzi G, Pilgir O, Saraç N. Determination of heavy metal levels in fish samples collected from the Middle Black Sea. Kafkas Üniv Vet Fak Derg 2010;16(1): 119-25.
20. Uluözlü OD, Tüzen M, Mendil D, Soylak M. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. Food Chem 2007;104(2): 835-40.
21. Alkan N, Alkan A, Gedik K, Fisher A. Assessment of metal concentrations in commercially important fish species in Black Sea. Toxicol. Ind. Health 2013;1-10.
22. Kuzu N. Erzurum ilindeki bazı işletmelerde üretilen alabalıkların ağır metal yönünden incelenmesi. Yüksek Lisans tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Aabilim Dalı, 2010.
23. Bat L, Öztekin HC, Üstün F. Heavy metal levels in four commercial fishes caught in Sinop Coasts of the Black Sea, Turkey. TrJFAS 2015;15: 399-405.
24. Alkan N, Aktaş M, Gedik K. Comparison of metal accumulation in fish species from the Southeastern Black Sea. Bull Environ Contam Toxicol. 2012;88:807-12.
25. Ünsal M. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Deniz Bilimleri Enstitüsü - Erdemli, İçel ve Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü - Yomra, Trabzon. Batı Karadeniz'de ekonomik önemi olan bazı deniz ürünlerinde ağır metallerin belirlenmesi. Proje no: DEBAG - 80/G. 1993. Erişimadresi:https://arastirma.tarimorman.gov.tr/su-mae/Belgeler/Projeler/Dosya_Batı%20Karadeniz%20Ağır-metal%20sonuç%20raporu.pdf. Erişim tarihi: Aralık 10, 2025.
26. Kuçak C. Ambalajlı sular ile üç büyük ilin musluk sularının kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan karşılaştırılması. Turk J Public Health 2020;18(3): 210-25.
27. Berisha F, Goessler W. Investigation of drinking water quality in Kosovo. J Environ.Public Health. 2013:1-9.
28. World Health Organization. (2003). Aluminium in drinking-water. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75362/WHO_SDE_WSH_03.04_53_eng.pdf?se. Erişim tarihi Nisan 17, 2023.
29. Göksel E. Afyon ili çeşme sularında bazı ağır metal kirlilik düzeylerinin icp-ms ile araştırılması. Yüksek Lisans tezi. Afyon: Kocatepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyokimya Anabilim Dalı, 2015.
30. Kilinc G, Yılmaz S, Türkoğlu M, Erdugan H. Results of heavy metals and other water quality levels in tap water from Çan sourced from Ağı Dağı (Mt. Ağı) (Çanakkale, Turkey). J Water Health 2016; 14(3):549-58.
31. Altaş L, Işık M, Kavurmacı M. Determination of arsenic levels in the water resources of Aksaray Province, Turkey. J Environ. Manage 2011;92: 2182-92.
32. Demir V, Dere T, Ergin S, Çakır Y, Çelik F. Determination and health risk assessment of heavy metals in drinking water of Tunceli, Turkey. Water Resources 2015;42(4):508-16.
33. Azlan A, Khoo H, İdris A, İsmail A, Razman AR. Evaluation of minerals content of drinking water in Malaysia. Sci.World J 2012:1-10.
34. Kahraman T, Alemdar S, Alişarlı M, Ağaoğlu S. Bitlis ili içme sularında ağır metal düzeyleri. Eurasian J Vet Sci 2012; 28 (3): 164-71.