

## Van Balığı'nın (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814) Yaş Değişkenine Bağlı Olarak Farklı Dokularındaki Bazı Metal Düzeylerinin İncelenmesi\*

Aslı ÇİLİNGİR YELTEKİN<sup>1\*\*</sup>, Ahmet R. OĞUZ<sup>2</sup>, Fadime İRİBUĞDAY<sup>2</sup>, Burcu ERGÖZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Van

<sup>2</sup>Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Van

Geliş : 31.10.2017

Kabul : 03.01.2018

**Araştırma Makalesi / Research Paper**

\*\*Sorumlu yazar: aslicyeltekin@gmail.com

E-Dergi ISSN: 1308-7517

### Özet

Çevresel kirlenme sonucu meydana gelen kirlilik, her geçen gün ekosistemi ve insanları daha fazla tehdit etmektedir ve bu durum Van Gölü için de geçerlidir. Bu amaçla Van Balığının (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814) farklı yaşlara göre bazı metal düzeylerinin değişimi araştırılmıştır. Çalışmada alınan Van Balıklarının kas, karaciğer, solungaç, böbrek, bağırsak, gonad ve beyin dokularında berilyum(Be), bizmut (Bi), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), selenyum (Se), nikel (Ni), mangan (Mn), kobalt (Co), krom (Cr), lityum (Li), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na) ve potasyum (K) elementleri inductively-coupled plasma-optic emission spectroscopy (ICP-OES) ile analiz edilmiştir. Sonuçlar toksik elementler, eser elementler ve makro elementler olarak değerlendirilmiştir. Oldukça toksik olan Be, Bi, Pb ve Cd elementleri Van balığı dokularında tespit edilmiştir. Özellikle de beyin dokusunda konsantrasyonların daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Ni metalinin beyin dokusu konsantrasyonun diğer dokulara oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaya genel olarak bakıldığında, 3 yaş ve 4 yaş gruplarının metal konsantrasyon değerleri arasında fark gözlenmezken 5 yaş grubunun değerlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

*Anahtar kelimeler:* Van Balığı, Toksik elementler, Eser elementler, Makro elementler, ICP-OES, Van Gölü

### Investigation of Some Metal Levels in Different Tissue Dependent on the Age Variation of Van Fish (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814)

#### Abstract

Environmental pollution is threatening ecosystem and people more and more every day and this is also true for Van Lake. For this purpose, the changes of some metal levels according to different ages of Van Fish (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814) were investigated. In the study, muscle, liver, gill, kidney, intestine, gonad and brain tissues of Van fish were taken. Inductively-coupled plasma-optic emission spectroscopy (ICP-OES) was used to determine levels of beryllium (Be), bismuth (Bi), lead (Pb), cadmium (Cd), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), selenium (Se), manganese (Mn) cobalt (Co), chromium (Cr), lithium (Li) calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na) and potassium (K). The results were evaluated as toxic elements, trace elements and macro elements. The highly toxic elements such as Be, Bi, Pb and Cd were detected in Van fish tissues. In particular, concentrations of them in the brain tissue were observed to be higher. The concentration of Ni metal in the brain tissue was found to be higher than other tissues. In general, it was determined that metal values of the 5-year-old group were significant although there was no difference between the metal concentration values of the 3-year and 4-year groups ( $p<0.05$ ).

*Key words:* Van fish, Toxic elements, Trace elements, Macro elements, ICP-OES, Van Lake

**\*Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından 2015-HIZ-FEN161 projesiyle desteklenmiştir.**

## GİRİŞ

Karasal kaynaklı gıdaların yanı sıra su ürünleri de besin değeri bakımından önemli bir yere sahiptir. Dünya sağlık örgütü tarafından kişi başına yılda 12 kg balık tüketilmesi gerektiği belirtilmiştir. Günümüzde balık, bileşenlerinin incelenmesi ve besin maddelerinin sağlığımız üzerindeki etkisinin belirlenmesi ile önemli bir protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Cahu vd., 2004).

Teknoloji ve sanayinin ilerlemesi ile su kaynakları giderek kirlenmektedir. Çevresel kirlenme sonucu meydana gelen kirlilik, her geçen gün ekosistemi ve insanları daha fazla tehdit etmektedir. Çevresel şartlar göz önüne alındığında ağır metaller en tehlikeli çevre kirleticileridir. Çünkü; fiziksel yollarla ayırılmamakta ve uzun süre varlıklarını sürdürebilmektedirler (Kassai vd., 2008). Ağır metaller su hayvanları için de toksik etki göstermektedir. Balıklarda biriken ağır metaller solungaç yüzeyinde çözünmeyen organometalik bileşikler oluşturur. Oluşan bu bileşikler kan ile balığın dokularına taşınmaktadır (Kromhout vd., 1985). Balık biyolojik döngü içerisinde önemli bir protein kaynağı olarak yer almaktadır. Balıklarda artan ağır metal seviyesi balıkla beslenen canlıların sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Ağır metaller yüksek ya da düşük konsantrasyonlarda element dengesini bozarak bazı hastalıklar için risk faktörü oluşturmaktadırlar (Khaled, 2009; He vd., 2009).

Türkiye iç su balık üretiminde sazan balığından sonra ikinci sırada yer alan Van Balığı (*Alburnus tarichi* Guldenstädt, 1814), bölge halkı için önemli bir protein kaynağı olduğundan büyük ekonomik öneme sahiptir (Anonim, 2002). Fakat son yıllarda yapılan çalışmalarda Van Gölü'nün kimyasallar tarafından kontamine olduğu ve bu kirliliğin balıkta farklı organlarda anormalliklere neden olduğu bildirilmiştir (Oğuz ve Kankaya, 2013). Göldeki kirliliğin kaynağı, Van Gölü kıyısında bulunan yerleşim yerlerinden ve sanayi alanlarından göle boşaltılan evsel ve sanayi atıklarıdır. Yerleşim yerlerinde arıtma tesisleri kapasitenin altında çalışmakta veya bulunmamaktadır. Yaptığımız bu çalışmada, farklı yaşlardaki Van Balıklarının yedi farklı dokusunda bulunan bazı metal düzeylerinin değişiminin araştırılması planlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Balık

Çalışmada toplam 70 adet Van balığı (*Alburnus tarichi*, Guldenstädt 1814) Van Gölü'nde avlanan balıkçılardan temin edilmiştir. Laboratuvar ortamında ağırlık (g), çatal boy uzunluğu (cm) ve cinsiyet tayini yapıldıktan sonra kas, karaciğer, solungaç, böbrek, gonad, beyin ve bağırsak dokuları analiz işlemi yapılmaya kadar -20 °C'de derin dondurucuda saklanmıştır. Her bir balıktan alınan operkulum örneğinden yaş tayini yapılmıştır.

### Numune Hazırlığı

Dondurulmuş olan balık dokularından yaklaşık 1 gram tartılmıştır. Alam vd.,(2002) metoduna göre analize hazırlanan dokular cam tüplere konularak üzerine %65'lik HNO<sub>3</sub> (Merck, Germany) eklenmiştir. Dokuların parçalanması için 200 °C'de üç saat etüvde bekletilmiştir. Tamamen kuruyan tüplere %65'lik HNO<sub>3</sub> ile hazırlanan 1N 2 ml çözeltiden eklenip 200 °C etüvde kurutma işlemi tekrarlanmıştır. Tüplerde kalıntı kalmayınca kadar bu işlem tekrarlanmıştır. Son aşamada etüvde kurutulan tüpler soğuduktan sonra üzerine

2,5ml 1N HNO<sub>3</sub> eklenip deiyonize saf su ile hacim 10ml'ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir. Hazırlanmış olan dokular ICP-OES (Thermo scientific İCAP 6000 Series) ile analiz edilmiş olup, Be, Bi, Pb, Cd, , Fe, Cu, Zn, Se, Ni, Mn, Co, Cr, Li, Ca, Mg, Na ve K elementlerinin düzeyleri tespit edilmiştir.

### İstatistiksel Analizler

Van balığından alınan numunelerde metal düzeylerinin analizleri yapıldıktan sonra, elde edilen sonuçların standart sapmaları tespit edilerek güven aralıkları oluşturulmuştur. Verilere tek yönlü Varyans analizi (One-way ANOVA) ve Duncan çoklu karşılaştırma testi (Duncan multiple comparison test) uygulanarak veriler arasında farklılıkların olup olmadığı belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).

### BULGULAR ve TARTIŞMA

Van balığının doku ve organ örneklerinde yaş sınıflandırmasına göre Be, Bi, Pb, Cd, Fe, Cu, Zn, Se, Ni, Mn, Co, Cr, Li, Ca, Mg, Na ve K elementleri analiz edilmiştir. Elde edilen veriler toksik elementler, eser elementler ve makro elementler olarak incelenmiştir.

#### Eser elementler

##### Berilyum

Metalik berilyum bilinen en zehirli maddelerden bir tanesi olup, berilyum bileşikleri de canlılar ve ekosistem için tehlikeli ve zehirli etkileri olan kimyasallardır. (EPA, 2001).

Toksik etkili olan berilyumun balıkta bulunması gereken düzeyi literatürlerde bildirilmemiş olup, Van balığının kas ve beyin dokularında tespit edilmiştir (Tablo 1). Kuzeydoğu Çin'de sazan ile yapılan ve diğer toksik elementleri içeren bir çalışmada Al,Ti, Ba, Ag, Sn, Tl, Ga, Sb element düzeylerinin oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir (Qin vd., 2015).

##### Bizmut

Bizmutun karaciğer ve böbrek üzerindeki toksik etkilerinin tedavi edilebilir düzeyde olduğu bildirilmiş olup, yüksek dozları ölümcül olabilmektedir. Endüstriyel olarak ağır metaller arasında en az toksik olanlar arasında kabul edilmiştir (Fowler ve Sexton, 2007).

Radyoaktif uygulamalarda kullanılan <sup>207</sup>Bi dışında, balıklarda standart Bi düzeyi literatürlerde bildirilmemiştir. Çalışmada, 5 yaş grubu kas Bi düzeyi yüksek olup bu farklılık istatistiksel olarak da anlam ifade etmektedir ( $p<0,05$ ) (Tablo 1). Medeiros vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada en yüksek Bi düzeyi *Salmo salar* balık türünde (0,3 mg/kg) tespit edilmiştir. Sunulan çalışmada değerlerin daha düşük olduğu görülmektedir.

##### Kurşun

Kurşun, proteinler üzerindeki sülfidril, fosfat ya da karboksil köklerine bağlanarak enzimleri etkisizleştirir, ayrıca kalsiyum, çinko ve demir ile etkileşir. Böylece hücre zarlarını etkiler, sinirsel iletiyi bozar, hücrenin redoks olaylarını etkiler ve nükleotid metabolizmasını bozarak çoklu sistem hasarı oluşturur (Markowitz, 2007).

Su ürünlerindeki maksimum kurşun limiti standartlarda 1 mg/kg düzeyini geçmemeliyken çalışmamızda beyin dokusunun her grupta bu değeri aştığı görülmektedir (Anonim, 2002). Van Gölü'nün suyunda yapılan bir çalışmada suyun Pb düzeyi 0,214 mg/L olarak tespit edilmiştir (Oğuz ve Yeltekin, 2014). Çalışmada beyin dokusu Pb

düzeyinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Beyin dokusundaki Pb düzeyinin fazlalığı kurşunun daha çok sinir sistemine etki ettiği fikrini verebilir. Karşılaştırılacak olursa Medeiros vd. (2012), yaptıkları çalışmada Pb düzeyini en yüksek *Salmo salar*'da 0,01 mg/kg ve en düşük *Cynoscion leiarchus*'da 0,5 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Mersin Körfezinden örneklenen *Scomber japonicus*, *Caranx rhoncus*, *Pegusa lascaris* türlerinin bazı dokularında Zn, Cu, Pb ve Cd düzeylerinin belirlendiği bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada dalak dokusunda Cu ve Cd düzeyleri yüksek bulunurken karaciğer dokusunda da, Pb düzeyinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Karayakar vd., 2017). Ayrıca Kuzeydoğu Çin'de üç farklı çiftlikte sazan türleriyle yapılan bir çalışmada en yüksek *Crucian carp* türünde 0,326 mg/kg en düşük *Ctenopharyngodon idellus* türünde 0,013 mg/kg olarak bulmuşlardır (Qin vd., 2015). Türkiye'de Kuzeydoğu Akdeniz'de üç balık türü ile çalışma yapılmıştır. Çalışmada kas dokusunda en yüksek Pb düzeyi *Saurida undosquamis* türünde 4,149 mg/kg en düşük *Mullus barbatus* türünde 1,332 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Türkmen vd., 2005). Yılmaz ve Öktem (2007) yaptıkları çalışmada ton balıklarında Pb değerini 0,058-0,0863 mg/kg arasında bulmuşlardır. Tayvan'da Lin ve diğerleri (2004)'nin araştırmalarında *Crassostrea gigas*'da Pb'ü 0,17 mg/kg bulmuşlardır. Bu çalışmaların yaptığımız çalışma ile beyin dokusu dışında uyumlu olduğu görülmektedir.

**Tablo 1.** Yaşa göre Van Balığının toksik element (Be, Bi, Pb, Cd), düzeylerinin bazı dokulardaki değişimi ( $\mu\text{g/g}$ ).

	Kas	Karaciğer	Solungaç	Beyin	Böbrek	Bağırsak	Gonad	
<b>Be</b>	3 yaş	0,004±0,004	ALA	ALA	0,098±0,13 <sup>a</sup>	ALA	ALA	
	4 yaş	ALA	ALA	ALA	0,016±0,008 <sup>a</sup>	ALA	ALA	
	5 yaş	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	ALA	
<b>Bi</b>	3 yaş	0,014±0,007 <sup>a</sup>	0,15±0,22 <sup>a</sup>	0,01±0,007 <sup>a</sup>	0,07±0,08 <sup>a</sup>	ALA	ALA	
	4 yaş	0,012±0,006 <sup>a</sup>	0,06±0,07 <sup>a</sup>	0,01±0,005 <sup>a</sup>	0,06±0,13 <sup>a</sup>	ALA	ALA	
	5 yaş	0,021±0,007 <sup>b</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,01±0,006 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	ALA	ALA	
<b>Pb</b>	3 yaş	0,10±0,15 <sup>a</sup>	0,43±0,69 <sup>a</sup>	0,37±0,53 <sup>a</sup>	9,04±5,00 <sup>a</sup>	0,23±0,18 <sup>a</sup>	2,74±3,407 <sup>a</sup>	0,38±0,37 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,14±0,18 <sup>a</sup>	1,78±5,12 <sup>a</sup>	0,34±0,20 <sup>a</sup>	13,25±13,80 <sup>a</sup>	0,62±0,79 <sup>a</sup>	0,83±1,05 <sup>a</sup>	0,19±0,18 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,10±0,06 <sup>a</sup>	0,03±0,02 <sup>a</sup>	0,59±0,73 <sup>a</sup>	23,07±38,85 <sup>a</sup>	0,61±0,48 <sup>a</sup>	3,13±2,56 <sup>a</sup>	0,31±0,27 <sup>a</sup>
<b>Cd</b>	3 yaş	0,70±0,54 <sup>a</sup>	1,08±0,81 <sup>a</sup>	1,72±1,25 <sup>a</sup>	3,65±1,97 <sup>a</sup>	ALA	ALA	ALA
	4 yaş	0,48±0,27 <sup>a</sup>	0,93±0,46 <sup>a</sup>	1,07±0,84 <sup>a</sup>	2,84±1,85 <sup>ab</sup>	0,50±0,05 <sup>a</sup>	0,59±0,47	0,70±0,46 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,72±0,21 <sup>a</sup>	0,84±0,94 <sup>a</sup>	0,85±0,72 <sup>a</sup>	5,81±0,56 <sup>b</sup>	0,55±0,26 <sup>a</sup>	ALA	ALA

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ) ALA: Analiz limitinin altında.

## Kadmiyum

Ağır metaller içerisindeki en tehlikeli ve toksik maddelerden biri kadmiyumdur. Canlılarda kadmiyum en fazla böbrek ve karaciğerde birikir. Ayrıca organizmalar kadmiyumu kalsiyum gibi algılar ve vücutta kalsiyum eksilmesinden dolayı kemikler yavaş yavaş zayıflamaya başlar (John, 1980).

Kadmiyum toksik elementi Pb elementi gibi beyin dokusunda diğer dokulardan daha yüksek düzeylerde tespit edilmiştir. Çalışmada, beyin dokusu sonuçları istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Tablo 1). Yine toksik olan bir elementin beyinde ve 5 yaş

grubunda yüksek olması yaş ilerledikçe ağır metal birikiminin sinir sisteminde arttığını gösterebilir. Yılmaz ve Öktem (2007) ton balıkları ile yaptıkları bir çalışmada Cd değerinin 0,020-0,041 mg/kg bulmuşlardır. Tayvan'da Lin ve arkadaşları (2004) *Crassostrea gigas* türünde Cd miktarını 0,15 mg/kg olarak tespit etmiştir. Ringa balığının cinsiyetlerine göre yapılan bir çalışmada en yüksek erkek balıkların karaciğerinde 0,912 µg/g en düşük dişi balıkların solungacında 0,189 µg/g tespit edilmiştir (Visnjic-Jeftic vd., 2010). Yine yaş ve mevsime göre farklı dokularda yapılan bir çalışmada *Abramis brama* L. balığının sonbaharda 7 yaş üstü gruplarda Cd değerini en yüksek 2,10 µg/g ve en düşük ilkbaharda 3 yaş grubunda 0,42 µg/g olarak bulmuşlardır (Farkas vd., 2003). Her ne kadar limit değer üzerinde olsa da sonuçlar diğer makalelerdeki değerler ile paralellik gösterdiği görülmektedir. Fakat Basra Körfezindeki Balıklarda Pb, Cd, As, ve Hg ağır metal seviyelerinin tespit edildiği bir çalışmada kurşun  $91,67 \pm 21$ , kadmiyum  $60,37 \pm 7,07$  µg/g olarak tespit edilmiştir (Rahimi ve Gheysari 2016). Bu değerler sunulan çalışmanın değerlerinin çok üzerinde olduğu görülmektedir.

## Eser elementler

### Demir

Organizmada, başta hemoglobin, miyoglobin, solunum enzimlerinde olmak üzere çeşitli dokularda bulunur (Ası, 1995). Eksikliğinde görülen en temel hastalık anemidir. Genelde bu değer balığın tür, yaş, su sıcaklığı ve cinsiyete göre değişmektedir (Erer, 2002; Murai vd., 1981). Edirne Altınyazı Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Blicca bjoerkna*, *Perca fluviatilis*, *Sander lucioperca* türlerinin farklı dokularında (solungaç, kas, karaciğer, böbrek) ağır metal birikimlerinin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada balık dokularında ölçülen Cd ve Pb değerleri kabul edilebilir limit değerlerin üzerinde olduğu bulunmuştur. Cr, Zn, Fe ve Pb metallerinin *C. carpio* türünde birikimi diğer türlerden farklı olduğu bulunmuştur (Çetin vd., 2016). Sunduğumuz çalışmanın verilen element düzeylerinin bu çalışmada verilen element düzeylerinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çalışmada solungaç dokusunun 3-4 yaş grubu ile 5 yaş grubu değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (Tablo 2). Bu durum balığın yaşının ilerlemesi ile Fe düzeyinin özellikle O<sub>2</sub> taşıma sisteminde düşmeye başladığını gösterebilir. Qin vd., (2015) kas dokusunda en yüksek Fe düzeyini *Carassius carassius* türünde 10,5 mg/kg ve en düşük *Ctenopharyngodon idellus* türünde 4,22 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Van balığının 4 yaş grubunun Fe düzeyi karaciğer dokusunda en yüksek, kas dokusunda da en düşük seviyede bulunmuştur. Değerlerin literatürlerde bildirilenlerden genelde daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 2).

### Bakır

Organizmada, plazmada, karaciğerde, beyinde oksidaz enzimlerinin yapısında bulunur. Bakır, birçok protein için kofaktördür. Bakır, mitokondrial enerji jenerasyonunda, demir homeostazında, serbest oksijen detoksifikasyonunda, konnektif doku formasyonunda, dopamin ve melanin biyosentezinde önemli rol oynar (Ferenci, 2004; Das ve Ray, 2006).

Bakır enzimlerinin yapısında daha çok bulunduğu için yapılan çalışmada bunu destekler şekilde karaciğerin Cu değerlerinin genelde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada böbrek dokusu sonuçlarının 3-4 yaş grubunda 5 yaş grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Demirezen ve Uruç (2006) balıklarda Cu

miktarını 0,0718-0,1001 mg/kg belirlemişlerdir. Qin vd. (2015), *C. carassius*'un kas dokusuyla yaptıkları çalışmanın Cu düzeyleri (0,435 mg/kg) bu çalışmanın kas dokusuyla paralellik göstermektedir. *Stenella coeruleoalba* balığının beden uzunluğu, ağırlığı, yaş ve cinsiyetine göre kas, karaciğer ve böbrekte yaptıkları eser element çalışmasında tespit ettikleri Cu düzeyleri genelde çalışmamızdaki sonuçlar ile aynı aralıklarda bulunmaktadır (Honda vd., 1983). Ayrıca Karadeniz'de (*Sarda sarda*, *Mullus barbatus ponticus*, *Trachurus trachurus* ve *Merlangius merlangus*) balık türleri ile yapılan çalışmada da bulunan Cu düzeylerinin çalışmadaki sonuçlarla örtüştüğü görülmektedir (Mendil vd., 2010).

**Table 2.** Yaşa göre Van Balığı'nın Eser element (Fe, Cu, Zn, Se), düzeylerinin bazı dokulardaki değişimi ( $\mu\text{g/g}$ ).

	Kas	Karaciğer	Solungaç	Beyin	Böbrek	Bağırsak	Gonad	
Fe	3 yaş	7,72±2,93 <sup>a</sup>	124,71±65,21 <sup>a</sup>	76,29±26,56 <sup>ab</sup>	85,44±194,31 <sup>a</sup>	79,06±45,63 <sup>a</sup>	108,83±56,38 <sup>a</sup>	35,13±18,63 <sup>a</sup>
	4 yaş	6,36±1,84 <sup>a</sup>	167,87±103,83 <sup>a</sup>	92,77±29,75 <sup>b</sup>	71,84±123,23 <sup>a</sup>	71,74±38,42 <sup>a</sup>	74,24±50,68 <sup>a</sup>	41,82±33,41 <sup>a</sup>
	5 yaş	7,07±2,66 <sup>a</sup>	165,97±70,50 <sup>a</sup>	61,84±18,72 <sup>a</sup>	55,31±42,74 <sup>a</sup>	102,43±22,089 <sup>a</sup>	95,45±67,60 <sup>a</sup>	106,56±172,98 <sup>a</sup>
Cu	3 yaş	0,78±0,25 <sup>a</sup>	6,38±5,03 <sup>a</sup>	1,17±1,13 <sup>a</sup>	1,61±0,79 <sup>a</sup>	1,33±0,33 <sup>a</sup>	2,02±0,31 <sup>a</sup>	0,73±0,14 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,66±0,17 <sup>a</sup>	7,76±6,86 <sup>a</sup>	1,95±2,15 <sup>a</sup>	1,55±0,47 <sup>a</sup>	1,03±0,21 <sup>a</sup>	1,76±1,22 <sup>a</sup>	0,73±0,33 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,73±0,27 <sup>a</sup>	7,34±3,24 <sup>a</sup>	0,71±0,0 <sup>a</sup>	1,54±0,4 <sup>a</sup>	0,71±0,48 <sup>b</sup>	1,75±1,43 <sup>a</sup>	0,85±0,60 <sup>a</sup>
Zn	3 yaş	8,91±4,14 <sup>a</sup>	17,51±6,19 <sup>a</sup>	31,00±23,13 <sup>a</sup>	0,10±0,13 <sup>a</sup>	16,04±3,67 <sup>a</sup>	23,48±9,09 <sup>a</sup>	28,70±8,86 <sup>a</sup>
	4 yaş	8,14±3,28 <sup>a</sup>	20,42±6,25 <sup>a</sup>	32,03±12,69 <sup>a</sup>	0,02±0,01 <sup>a</sup>	17,42±7,33 <sup>a</sup>	18,14±10,12 <sup>a</sup>	26,96±14,75 <sup>a</sup>
	5 yaş	6,92±1,91 <sup>a</sup>	25,82±4,03 <sup>a</sup>	26,84±10,50 <sup>a</sup>	-	19,26±3,85 <sup>a</sup>	15,98±5,25 <sup>a</sup>	31,83±19,01 <sup>a</sup>
Se	3 yaş	0,45±0,19 <sup>a</sup>	2,35±1,43 <sup>a</sup>	1,21±0,55 <sup>a</sup>	1,50±0,38 <sup>a</sup>	1,16±0,55 <sup>a</sup>	1,26±0,32 <sup>a</sup>	0,74±0,13 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,50±0,22 <sup>a</sup>	3,18±1,86 <sup>a</sup>	1,24±0,51 <sup>a</sup>	1,37±0,36 <sup>a</sup>	1,01±0,41 <sup>a</sup>	2,84±4,66 <sup>a</sup>	0,77±0,42 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,55±0,18 <sup>a</sup>	1,82±0,44 <sup>a</sup>	1,78±2,01 <sup>a</sup>	1,61±0,44 <sup>a</sup>	1,52±0,59 <sup>a</sup>	1,23±0,52 <sup>a</sup>	0,83±0,65 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).

## Çinko

Çinko da birçok enzimin yapısında yer alır veya kofaktör olarak rol oynar. Çinko aynı zamanda canlıların büyüme ve gelişmesinde, olgunlaşmada ve metabolik olaylarda, immün fonksiyonlarda da görev yapar (Ası 1995). *Alosa immaculata* balığının kas, karaciğer ve solungaç dokularında yapılan çalışmada da değerlerin 106,74 ve 62,55  $\mu\text{g/g}$  aralığında değiştiği gözlenmiştir (Visnjic-Jeftic vd., 2010). Yılmaz ve Öktem (2007) ton balıklarında yaptıkları çalışmada Zn miktarını 12,64-20,46 mg/kg bulmuşlardır. Yine (*Cyprinus carpio* - *Carassius carassius* - *Ctenopharyngodon idella*) balık türleri ile yapılan çalışmada Zn düzeyleri 9,91 mg/kg, 5,44 mg/kg aralığında değişmektedir. Doğu Ege Denizi'nde Homa Lagünü'nde *Tapes decussatus* ve *Mytilus galloprovincialis* türleri ile yapılan bir çalışmada Cd, Pb, Cr, Zn, Cu düzeyleri araştırılmıştır. Çalışmada Cd ve Cr seviyelerinin insan sağlığını olumsuz etkileyecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Bilgin ve Uluturhan-Suzer, 2017). Sunulan çalışma sonuçlarının literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür.

## Selenyum

Selenyumun düşük konsantrasyonları canlılar için önemli bir iz elementi olmakla beraber, yüksek konsantrasyonda zehirlidir. Balıkların 100 gramında 12-60  $\mu\text{g}$  selenyum bulunur (Eula vd., 2001).

Dört yaş grubunun karaciğer dokusunda en yüksek değerini 3,177 µg/g alan Se üç yaş grubunun kas dokusunda da tespit edilenler arasında en düşük değerini (0,449 µg/g) almıştır. Balığın 3 yaş itibariyle üremeye başlaması bu duruma sebep olmuş olabilir. Farklı balık türleri (*Salmo salar*, *Sardinella brasiliensis*, *Pomatomus saltatrix*, *Micropogonias furnieri*, *Cynoscion leiarchus*, *Caranx crysos*, *Priacanthus arenatus*, *Mugil cephalus*, *Genypterus brasiliensis*, *Lopholatilus villarii* ve *Pseudopercis numida*) ile yapılan çalışmada Se değerleri 0,1 ile 0,02 mg/kg aralığında değişim göstermektedir (Medeiros vd., 2012). Bunlara ilave olarak Se değerleri (*Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Ctenopharyngodon idella*) türlerinde 0,330 mg/kg ve 0,184 mg/kg aralığında görülmektedir (Qin vd., 2015). Ayrıca literatürde *Mugil cephalus* türünde 0,63 mg/kg düzeyinde Se tespit edilmiştir (Tüzen, 2009). Bu çalışma ile literatür sonuçlarının yakın olduğu görülmektedir.

### Nikel

Nikel, membranların yapı ve metabolizmasında rol oynar. Metaloenzimlerde kofaktör olarak görev yapar. Arginaz, karboksilaz ve asetil koenzim sentetaz gibi enzimleri, tripsin fermentini aktifleştirek, asit fosfatazın etkisini azaltarak yağ dokusu ve hormonları etkiler. Demir elementinin canlılar tarafından daha fazla değerlendirilmesi için gerekli bir elementtir (Gözükara, 1990).

Çalışmada dikkat çekecek düzeyde beyin dokusunun Ni düzeylerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3). Tokatlı vd. (2016) Emet Çayı Havzası'nda yer bulunan *Squalius cii*, *Capoeta tinca* ve *Barbus oligolepis* balık türlerinde nikel, çinko, arsenik, bor, kadmiyum, bakır, mangan, kurşun, gümüş ve krom element düzeylerini araştırmıştır. Yapılan çalışmada bulunan değerlerin sunulan çalışma ile uyum içinde olduğu görülmüştür. *Alburnus alburnus*, *Gobio occitaniae* türlerinde Merciai vd. (2014) Ni değerini 15,68 mg/kg ve 0,34 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir. Mendil ve Uluözlü (2007) yaptıkları çalışmada en yüksek *Carassius gibelio* 5,6 µg/g ve en düşük *Silurus glanis* 1,3µg/g değerlerini tespit etmişlerdir. Bu değerler çalışmada tespit edilen Ni değerleri ile örtüşürken beyin dokusunun değerleri her grupta daha yüksek bulunmuştur.

### Mangan

Canlılarda karaciğer, kemikler ve böbreklerde bulunur ve çeşitli enzimlerin kofaktörü olarak görev alır. Normal iskelet gelişmesinde, glukoz, lipit ve protein metabolizmasında, tiroid hormonu sentezinde ve gonadların biyokimyasal reaksiyonlarının enzimatik aşamalarında önem taşır (Ası, 1995). Van balığının Mn düzeylerine bakıldığında karaciğer ve solungaç dokularında istatistiki anlamda farklılıklar gözlenmiştir ( $p<0,05$ ) (Tablo 3). Honda vd. (1983) *Stenella coeruleoalba* ile yaptığı çalışmada karaciğer, kas ve böbrek dokularında 6,71 µg/g ve 0,15 µg/g aralığında değerler bulmuşlardır. Tüzen (2009) en düşük Mn düzeyini *Mugil cephalus* 0,07 mg/kg ve en yüksekini *Scomberomorus brasiliensis* 7,3 mg/kg olarak tespit etmiştir. Mendil vd. (2010), (*Sarda sarda*, *Mullus barbatus ponticus*, *Trachurus trachurus* ve *Merlangius merlangus*) balık türleri ile yaptıkları çalışmada en yüksek *Leuciscus cephalus* 9,4 µg/g ve en düşük *Oncorhynchus mykiss* 1 µg/g değerlerini tespit etmişlerdir. Bu çalışma ile karşılaştırıldığında değerlerin yaklaşık aynı aralıkta değiştiği görülmektedir.

**Table 3.** Yaşa göre Van Balığı'nın eser element (Ni, Mn, Co, Cr, Li), düzeylerinin bazı dokulardaki değişimi ( $\mu\text{g/g}$ ).

		Kas	Karaciğer	Solungaç	Beyin	Böbrek	Bağırsak	Gonad
Ni	3 yaş	0,15±0,13 <sup>a</sup>	1,30±3,53 <sup>a</sup>	0,28±0,25 <sup>a</sup>	36,46±12,07 <sup>a</sup>	0,50±0,08 <sup>a</sup>	0,74±0,41 <sup>a</sup>	0,20±0,06 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,07±0,06 <sup>a</sup>	2,46±8,21 <sup>a</sup>	0,35±0,46 <sup>a</sup>	41,54±31,74 <sup>a</sup>	0,42±0,22 <sup>a</sup>	1,22±0,48 <sup>a</sup>	0,35±0,28 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,17±0,29 <sup>a</sup>	5,92±9,45 <sup>a</sup>	0,26±0,27 <sup>a</sup>	16,64±6,31 <sup>a</sup>	0,50±0,23 <sup>a</sup>	0,36±0,05 <sup>a</sup>	0,54±0,18 <sup>a</sup>
Mn	3 yaş	0,10±0,07 <sup>a</sup>	2,06±0,96 <sup>a</sup>	1,46±0,53 <sup>ab</sup>	0,74±0,19 <sup>a</sup>	0,98±0,41 <sup>a</sup>	0,79±0,29 <sup>a</sup>	1,54±1,07 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,11±0,10 <sup>a</sup>	2,13±0,88 <sup>a</sup>	1,71±0,51 <sup>b</sup>	0,52±0,31 <sup>a</sup>	1,07±0,68 <sup>a</sup>	1,96±1,52 <sup>a</sup>	1,36±1,01 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,08±0,05 <sup>a</sup>	6,54±5,96 <sup>b</sup>	1,17±0,46 <sup>a</sup>	0,68±0,24 <sup>a</sup>	1,14±0,35 <sup>a</sup>	0,57±0,15 <sup>a</sup>	1,96±0,96 <sup>a</sup>
Co	3 yaş	0,02±0,01 <sup>a</sup>	0,06±0,05 <sup>a</sup>	0,04±0,07 <sup>a</sup>	0,55±0,29 <sup>a</sup>	0,41±0,19 <sup>a</sup>	0,19±0,10 <sup>a</sup>	0,09±0,11 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,01±0,01 <sup>a</sup>	0,16±0,48 <sup>a</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>	1,05±1,47 <sup>a</sup>	0,39±0,34 <sup>a</sup>	0,32±0,43 <sup>a</sup>	0,03±0,03 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,01±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>a</sup>	0,02±0,01 <sup>a</sup>	1,22±1,02 <sup>a</sup>	0,55±0,21 <sup>a</sup>	0,12±0,08 <sup>a</sup>	0,04±0,03 <sup>a</sup>
Cr	3 yaş	0,04±0,05 <sup>a</sup>	0,30±0,53 <sup>a</sup>	0,27±0,10 <sup>a</sup>	0,21±0,16 <sup>a</sup>	0,13±0,06 <sup>a</sup>	0,10±0,06 <sup>a</sup>	0,21±0,10 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,05±0,03 <sup>a</sup>	1,40±0,69 <sup>a</sup>	0,30±0,10 <sup>a</sup>	0,13±0,13 <sup>a</sup>	0,17±0,16 <sup>a</sup>	0,16±0,15 <sup>a</sup>	0,17±0,09 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,04±0,02 <sup>a</sup>	1,76±2,27 <sup>a</sup>	0,57±1,07 <sup>a</sup>	0,19±0,14 <sup>a</sup>	0,14±0,03 <sup>a</sup>	0,16±0,07 <sup>a</sup>	0,21±0,12 <sup>a</sup>
Li	3 yaş	0,05±0,03 <sup>a</sup>	0,20±0,07 <sup>a</sup>	0,54±0,21 <sup>a</sup>	2,75±1,46 <sup>a</sup>	0,16±0,10 <sup>a</sup>	0,26±0,23 <sup>a</sup>	0,21±0,49 <sup>a</sup>
	4 yaş	0,06±0,03 <sup>a</sup>	0,22±0,11 <sup>a</sup>	0,65±0,33 <sup>a</sup>	0,14±0,06 <sup>a</sup>	0,26±0,23 <sup>a</sup>	0,20±0,19 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>a</sup>
	5 yaş	0,06±0,05 <sup>a</sup>	0,28±0,12 <sup>a</sup>	0,52±0,25 <sup>a</sup>	0,17±0,13 <sup>a</sup>	0,23±0,15 <sup>a</sup>	0,09±0,07 <sup>a</sup>	0,09±0,08 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup>: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

## Kobalt

Vitamin B12 sentezi için gerekli bir maddedir. Kobalt yetersizliğinde üreme performansının düştüğü, ovaryumda işlevsel yetersizlik, gebelik ve yavru verimi oranında düşme gözlemlendiği bildirilmektedir. Deri altı enjeksiyon yoluyla alınan kobalt büyük ölçüde plazma proteinlerine bağlanarak başta böbrekler olmak üzere vücut dokularına yayılır. 25 saat içinde yarı ömrü tamamlanan kobalt idrar yoluyla vücudu terk eder (Gal vd., 2008).

Oğuz ve Yeltekin (2014) tarafından yapılan bir çalışmada Van gölü suyunun Co düzeyi 0,12 mg/L olarak tespit edilmiştir. Çalışmada Van balığının beyin dokusunun Co değerlerinin diğer dokulardan daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 3). Medeiros vd. (2012), tarafından yapılan çalışmada Co değeri en düşük *Mugil cephalus* 0,007 mg/kg ve en yüksek *Caranx crysos* 0,02 mg/kg olarak bulmuşlardır. Merciai vd. (2014), ise en yüksek Co düzeyini *Gobio occitaniae* 1,47 mg/kg ve en düşüğünü *Lepomis gibbosus* 0,039 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada bulunan değerlere paralellik gösterdikleri görülmektedir. Yine *Capoeta trutta*'nın kas dokusunda bulunan Co düzeylerinin mevsimlere göre 0,001 ile 0,07  $\mu\text{g/g}$  aralığında değiştiği ve bizim çalışmamızda bulunan değerler ile aynı aralıklarda olduğu görülmüştür (Kırcı vd., 2013).

## Krom

Canlıların beslenmesi için esansiyel bir iz element olan ve glikoz tolerans faktör olarak bilinen krom; şeker metabolizması üzerinde etkili olup, insülin ile birlikte hareket ederek glikozun hücre içine girmesini sağlamaktadır. Optimum düzeylerdeki krom, vücudun gerek duyduğu insülin miktarında azalma sağlamakta ve bu etkisini insülin reseptörlerinin sayısını artırarak gerçekleştirmektedir (Kroliczewska vd., 2004).

Türkmen ve Ciminli (2007) tarafından yapılan çalışmada *Clarias gariepinus*, *Carasobarbus luteus*, *Unio terminalis* ve *Potamida littoralis* türlerinin kas, karaciğer,



solungaç ve deri örneklerinde eser element düzeyleri araştırılmıştır. Bulunan sonuçlar arasında en yüksek Cr değeri *Carasobarbus luteus* türünün karaciğerinde 0,125 µg/g, en düşük Cr değerini de *Potamida littoralis* türünün kas dokusunda 0,01µg/g olarak tespit etmişlerdir. Qin vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada en yüksek Cr düzeyi *Ctenopharyngodon idellus* türünün kas dokusunda 0,196 mg/kg, en düşük Cr düzeyini ise *Cyprinus carpio* türünün kas dokusunda 0,059 mg/kg olarak bulunmuştur. Bu çalışmaların yapılan çalışma ile örtüştüğü görülmektedir.

### Lityum

Lityum elementi metabolik olaylarda sodyum ve potasyumun yerini alır (Gözükara, 1990). *Alosa immaculata* türü ile yapılan bir çalışmada erkeklerin karaciğerinde en yüksek Li düzeyi 4,41 µg/g, en düşüğünü de dişilerin kas dokusunda 0,14 µg/g olarak tespit etmişlerdir (Visnjic-Jeftic vd. 2010). Ayrıca Qin vd. (2015), tarafından yapılan çalışmada en yüksek Li konsantrasyonunu *Ctenopharyngodon idellus* türünde 0,007 mg/kg, en düşük *C. carassius* türünde 0,015 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada Li düzeylerinin literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir (Tablo 3).

### Makro elementler

#### Kalsiyum, Magnezyum, Sodyum ve Potasyum

Tüm metabolizmalarda temel görevlere sahip olan ve organizmaların yapısında miligram düzeyinde bulunan elementlerdir. Kalsiyum özellikle kemik yapısında, kan dolaşımında, kas ve sinir iletiminde önemli görevlere sahiptir. Magnezyum yine kemik, kas ve sinir yapısında bulunmaktadır (Ası, 1995).

Çalışmada makro elementlerin solungaç dokusu değerlerinin genel olarak tüm dokulardan yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4). Kırlangıç balığının kas dokusunda yapılan bir çalışmada %38,3 düzeyinde Ca tespit edilmiştir (Sturgeon vd., 2005). Magnezyum düzeyinin karaciğerde 5 yaş grubunda daha yüksek olduğu ve istatistiksel olarak da anlam ifade ettiği görülmektedir. Solungaç dokusunun da Mg düzeyinin tüm dokulardan yüksek olduğu, kas dokusunun ise ortalama olarak değerlerin diğer dokulardan daha düşük olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ) (Tablo 4). Visnjic-Jeftic vd. (2010), Ringa balığının cinsiyetine göre yaptıkları çalışmada, bizim yaptığımız çalışma ile paralel olarak erkek balıkların solungaç dokularında Mg değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kırlangıç balığının kas dokusunda 23,6 ppm düzeyinde Mg tespit edilmiştir (Sturgeon vd., 2005).

Sodyum ve potasyum birbirleri ile çok yakın ilişkiler içerisinde bulunan elementlerdir. Organizmada Na en çok kıkırdak ve deride K ise karaciğer böbrek ve dalakta daha yüksek düzeylerde bulunur. Na özellikle osmotik basıncın dengede tutulmasında önemlidir (Ası, 1995). Bu bilgilerle paralellik gösteren çalışmada Na elementi en fazla solungaçta tespit edilirken, beyindeki değerlerinde oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Gruplandırma ise sadece 5 yaş karaciğer dokusu Na değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Tablo 4). Potasyum elementinin ise genelde karaciğer dokusunda daha yüksek değerler aldığı görülmektedir (Tablo 4). Çalışmada karaciğer ve solungaç dokusu K sonuçları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ) (Tablo 4). Sturgeon vd. (2005), yaptığı çalışmada Na düzeylerinin 2594 (µg/L) olduğu ve çalışma ile paralellik gösterdiği gözlenmiştir. *Triglia lucerna*, *Lophius budegassa*, *Solea lascaris* balık türlerinden alınan kas, karaciğer ve deri örneklerinde makro element düzeyleri tespit edilmiştir. Bu

çalışmada tespit edilen Na ve K değerlerinin bizim çalışmamıza göre daha düşük olduğu görülmüştür (Yılmaz vd., 2010).

**Table 4.** Yaşa göre Van Balığı'nın makro element (Ca, Mg, Na, K), düzeylerinin bazı dokulardaki değişimi ( $\mu\text{g/g}$ ).

	Kas	Karaciğer	Solungaç	Beyin	Böbrek	Bağırsak	Gonad	
Ca	3 yaş	199,74±498,18 <sup>a</sup>	77,20±39,46 <sup>a</sup>	4752,07±3361,66 <sup>a</sup>	789,93±1652,20 <sup>a</sup>	157,84±197,92 <sup>a</sup>	215,18±126,87 <sup>a</sup>	132,03±74,76 <sup>a</sup>
	4 yaş	336,58±796,15 <sup>a</sup>	430,26±1304,57 <sup>a</sup>	3842,71±4242,07 <sup>a</sup>	257,90±165,76 <sup>a</sup>	980,96±2904,06 <sup>a</sup>	155,68±86,67 <sup>a</sup>	130,51±79,00 <sup>a</sup>
	5 yaş	105,77±98,44 <sup>a</sup>	93,07±20,09 <sup>a</sup>	3444,77±2880,93 <sup>a</sup>	1168,69±1565,89 <sup>a</sup>	136,13±24,25 <sup>a</sup>	168,84±37,46 <sup>a</sup>	142,76±68,06 <sup>a</sup>
Mg	3 yaş	77,16±32,13 <sup>a</sup>	176,12±69,29 <sup>a</sup>	289,01±127,03 <sup>a</sup>	86,57±14,86 <sup>a</sup>	97,67±30,86 <sup>a</sup>	140,64±93,10 <sup>a</sup>	180,34±45,66 <sup>a</sup>
	4 yaş	80,06±42,32 <sup>a</sup>	209,42±59,24 <sup>ab</sup>	362,07±145,31 <sup>a</sup>	87,51±9,67 <sup>a</sup>	139,33±119,83 <sup>a</sup>	128,77±78,50 <sup>a</sup>	153,72±55,62 <sup>a</sup>
	5 yaş	71,69±37,44 <sup>a</sup>	245,84±53,49 <sup>b</sup>	259,11±94,50 <sup>a</sup>	97,25±32,37 <sup>a</sup>	120,41±17,44 <sup>a</sup>	112,52±46,01 <sup>a</sup>	162,28±77,87 <sup>a</sup>
Na	3 yaş	248,32±117,09 <sup>a</sup>	1053,01±365,78 <sup>a</sup>	1694,00±577,24 <sup>a</sup>	1716,65±400,53 <sup>a</sup>	1071,26±375,05 <sup>a</sup>	1570,57±892,95 <sup>a</sup>	634,19±190,22 <sup>a</sup>
	4 yaş	255,05±129,35 <sup>a</sup>	1197,47±359,15 <sup>ab</sup>	1940,82±831,59 <sup>a</sup>	1601,80±317,74 <sup>a</sup>	1332,19±747,04 <sup>a</sup>	1322,17±1157,44 <sup>a</sup>	506,78±184,94 <sup>a</sup>
	5 yaş	232,37±168,85 <sup>a</sup>	1429,73±483,13 <sup>b</sup>	1530,19±555,03 <sup>a</sup>	1671,20±442,69 <sup>a</sup>	1408,24±232,32 <sup>a</sup>	847,54±395,95 <sup>a</sup>	588,01±325,24 <sup>a</sup>
K	3 yaş	800,69±546,13 <sup>a</sup>	2661,38±1058,83 <sup>a</sup>	2058,64±667,49 <sup>ab</sup>	1471,5±244,82 <sup>a</sup>	2012,55±630,84	2025,58±1154,63 <sup>a</sup>	3044,16±1663,79 <sup>a</sup>
	4 yaş	852,46±679,56 <sup>a</sup>	3003,55±1034,92 <sup>ab</sup>	2496,12±650,45 <sup>b</sup>	1511,36±206,11 <sup>a</sup>	2339,63±1341,26 <sup>a</sup>	2056,66±1185,67 <sup>a</sup>	2358,75±1037,87 <sup>a</sup>
	5 yaş	699,08±707,41 <sup>a</sup>	3820,83±887,00 <sup>b</sup>	1668,07±586,48 <sup>a</sup>	1527,03±263,98 <sup>a</sup>	2444,13±402,03 <sup>a</sup>	1681,41±458,15 <sup>a</sup>	2450,18±1684,29 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup>: Aynı sütunda farklı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p < 0,05$ ).

## SONUÇ

Bu çalışmada, Van balığının yaş değişkenine bağlı olarak metal konsantrasyon düzeylerindeki değişim araştırılmıştır. Bu konsantrasyon değerlerinin büyük çoğunluğunun diğer balık türleri ile uyum içinde olduğu gözlenmiştir. Oldukça toksik olan Be, Bi, Pb ve Cd elementleri Van balığı dokularında tespit edilmiştir. Özellikle de beyin dokusunda konsantrasyonların daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Eser elementler (Fe, Cu, Zn, Se, Ni, Mn, Co, Cr ve Li) ve makro elementler (Ca, Mg, Na, K) olarak araştırılmıştır. Ni metalinin beyin dokusu konsantrasyonunun diğer dokulara oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Üç, dört yaş itibarıyla üreme dönemine giren balıkların metabolizmasının daha ileri yaştaki balıklara göre daha hızlı çalıştığı için daha fazla eser element bulundurduğu düşünülebilir. Beş yaş grubunda ise ağır metal birikiminin eser element birikimine göre daha fazla olmasının ilerleyen zamana alakalı olduğu düşünülebilir. Ayrıca balıklarda bulunan toksik elementleri genel olarak sinek ile beslenen Van Balıklarına sineklerden aktarıldığı da düşünülebilir.

## KAYNAKLAR

- Alam, M.G.M., Tanaka, A., Allinson, G., Laursen, L. J. B., Stagnitti, F. & Snow, E. (2002). A comparison of trace element concentrations in cultured and wild carp (*Cyprinus carpio*) of lake Kasumigaura, Japan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 53, 348–354.
- Anonim, (2002). Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ. 23.09.2002-24885.
- Asi, T. (1995). Tablolarla biyokimya cilt1. <http://veterinary.ankara.edu.tr/fidanci> İstanbul.
- Bilgin, M. & Uluturhan-Suzer, E. (2017). Assessment of trace metal concentrations and human health risk in clam (*Tapes decussatus*) and mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea). *Environ Sci Pollut Res.*, 24, 4174–4184 DOI 10.1007/s11356-016-8163-2.

- Cahu, C., Salen, P. & De Lorgeril, M. (2004). Farmer and wild fish in prevention of cardiovascular diseases: assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 14, 34-41.
- Çetin, E., Güher, H. & Gürsoy Gaygusuz, Ç. (2016). Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne-Türkiye) yaşayan bazı balık türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*. 31(1), 1-14.
- Das, S. K. & Ray, K. (2006). Wilson's disease: an update. *Nat Clin Pract Neurol*. Sep;2(9),482-93. Review.
- Demirezen, D. & Uruç, K. (2006). Comparative study of trace elements in certain fish, meat and meat products. *Meat Science*,74, 255-260
- EPA. (2001). Chronic Toxicity Summary, "Beryllium and Beryllium Compounds", Aralık 2001.
- Eula, B., Barbara, C. & Charles, H.P. (2001). "Patty's Toxicology (5th Edition) Toxicological Issues Related to Metals: Neurotoxicology and Radiation Metals and Metal Compounds", *John Wiley & Sons*, Vol II, ISBN: 0-471-31943-0,
- Erer, H. (2002). Balık Hastalıkları. Selçuk Üniversitesi Basımevi, 2. Baskı. Konya, 198s.
- Farkas A., Salanki, J. & Specziar, A. (2003). Age- and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis brama* L. populating a low-contaminated site. *Water Research*, 37, 959-964.
- Ferenci, P. (2004). Pathophysiology and clinical features of Wilson disease. *Metab Brain Dis.*, 19(3-4),229-39. Review.
- Fowler, B. A. & Sexton, M. J. (2007). Arsenic. In G. Nordberg, B. Fowler, M. Nordberg, & L. Friberg (Eds.), *Handbook on the toxicology of metals* (pp. 433e443).
- Föstner, U. & Wittman, G.T.W. (1983). *Metal Pollution in the Aquatic Environments*. Springer Verlag, Berlin, Germany.486p.
- Gál, J., Hursthouse, A., Tatner, P., Stewart, F. & Welton, R. (2008). Cobalt and secondary poisoning in the terrestrial food chain: data review and research gaps to support risk assessment. *Environmental International*, 34, 821-838.
- Gözükara, E.M. (1990). Biyokimya, Ofset Pepianat Ltd. Gti. Ankara .
- He, Z.P., Song, J.M., Zhang, N.X., Zhang, P. & Xu, Y.Y. (2009). Variation characteristics and ecological risk of heavy metals in the south Yellow Sea surface sediments. *Environ. Monit. Assess.*, 157, 515-528.
- Honda, K., Tatsukawa, R., Itano, K., Miyazaki, N. & Fujiyama, T. (1983). Heavy metal concentrations in muscle, liver and kidney tissue of striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, and their variations with body length, weight, age and sex. *Agric. Bioi. Chem.*, 47 (6), 1219-1228.
- John, H. (1980). *Duffus, "Environmental toxicology"*, New York: Wiley.
- Kasassi, A., Rakimbei, P., Karagiannidis, A., Zabaniotou, A., Tsiouvaras, K. & Nastis, A. (2008). Soil contamination by heavy metals: Measurements from a closed unlined landfill. *Bioresource Technology*, 99, 8578-8584.
- Karayakar, F., Bavbek, O. & Cıcık, B. (2017). Mersin Körfezi'nde avlanan balık türlerindeki ağır metal düzeyleri. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 3(3), 141-150, doi: 10.3153/JAEFR17017
- Kırıcı, M., Taysı, MR., Bengü, A. Ş. & İspir, Ü. (2013). Determination of some metal concentrations in *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) caught from Murat River. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 3(1), 85-90.
- Khaled, A. (2009). Trace metals in fish of economic interest from the west of Alexandria, *Egypt. Chem. Ecol.* 25, 229-246.
- Kroliczewska, B., Zawadzki, W., Dobrzanski, Z. & Kaczmarek-Oliwa, A. (2004). Changes in selected serum parameters of broiler chicken fed supplemental chromium. *J. Anim. Physiol.a. Anim. Nutr.*, 88, 393-400.

- Kromhout, D. Bosschieter, E.B. & Lezenne, C.C. (1985). The inverse relation between fish consumption and 20-year mortality from coronary heart disease *N. Engl J Med.*, 312, 1205-1209.
- Lin, H., Wong, S. & Li, G. (2004). Heavy metal content of rice and shellfish in taiwan. *Journal of Food and Drug Analysis*, 12(2), 167-174.
- Markowitz, M., Kliegman, R.M., Behrman, R.E., Jenson, H.B. & Stanton, B.F. (2007). Lead Poisoning In: Nelson Textbook of Pediatrics.18 th ed. Saunders. pp: 2913-2917.
- Medeiros, R., Santos, L. M., Freire,AS., Santelli, RE., Braga, A.M.C.B., Krauss, T.M. & Jacob, S.C. (2012). Determination of inorganic trace elements in edible marine fish from Rio de Janeiro State., *Brazi. Food Control*, 23, 535-541.
- Mendil, D. & Ulugözlü, O. D. (2007). Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry* 101, 739–745.
- Mendil,D., Demirci, Z., Tüzen, M. & Soylak, M. (2010). Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 865–870.
- Merciai, R., Guasch,H., Kumar, A., Sabater, S. & García-Berthou, E. (2014). Trace metal concentration and fish size: Variation among fish species in a Mediterranean river. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 107,154–161.
- Murai, T., Andrews, J.T. & Smith, R.G. (1981). Effects of dietary copper on channel catfish. *Aquaculture*, 22, 353-357.
- Oğuz, A.R. & Kankaya, E. (2013). Determination of selected endocrine disrupting chemicals in Lake Van, Turkey. *Bull Environ Contam Toxicol* 91(3),283–286.
- Oğuz, A.R. & Yeltekin, A. (2014). Metal levels in the liver, muscle, gill, intestine, and gonad of lake van fish (*Chalcalburnus tarichi*) with abnormal gonad. *Biol Trace Elem Res* 159, 219-223
- Qin, D., Jiang, H., Bai, S., Tang, S. & Mou, Z. (2015). Determination of 28 trace elements in three farmed cyprinid fish. *Food Control*, 50, 1-8.
- Rahimi, E. & Gheysari, E. (2016). Evaluation of lead, cadmium, arsenic and mercury heavy metal residues in fish, shrimp and lobster samples from Persian Gulf. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*.22(2),173-178.
- Sturgeon, R. E., Willie, S. N., Yang, L., Greenberg, R., Spatz, R. O., Chen, Z., Scriber, Clancy, C.V., Lama, J. W. & Thorrold, S. (2005). Certification of a fish otolith reference material in support of quality assurance for trace element analysis. *J. Anal. At. Spectrom.*, 20, 1067-1071.
- Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H. & Başkurt, S. (2016). Maden Havzası Balıklarında Vücut Ağırlığı İle Ağır Metal Biyoakümülyasyon İlişkileri: Emet Çayı Havzası. *Anadolu University Journal of Science and Technology C- Life Science and Biotechnology*. 4(2), 57-72. DOI: 10.18036/btdc.73675
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y. & Akyurt, İ. (2005). Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry* 91, 167–172.
- Türkmen, M. & Ciminli, C. (2007). Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Food Chemistry* 103, 670–675.
- Tüzen, M. (2009). Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1785-1790.
- Visnjic-Jeftic, Z., Jaric a, I., Jovanovic, L., Skoric S., Smederevac-Lalic M., Nikcevic M. & Lenhardt, M. (2010). Heavy metal and trace element accumulation in muscle, liver and gills of the Pontic shad (*Alosa immaculata* Bennet 1835) from the Danube River (Serbia). *Microchemical Journal* 95, 341–344.

- Yılmaz, AB., Sangun, MK., Yağlıoğlu, D. & Turan, C. (2010). Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from İskenderun Bay, Turkey. *Food Chemistry* 123, 410–415.
- Yılmaz, İ. & Öktem, B. (2007). Contents of some toxic and trace elements in Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in Turkey. 5th International Congress on Food Technology Greece “Consumer protection trough Food Process Improvement & Innovation in The World” Proceedings Volume 1, 462-466.