

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**LADİK GÖLÜ'NDE YAŞAYAN TATLISU LEVREĞİ (*Perca fluviatilis*
L.,1758)'NİN AĞIR METAL, HEMATOLOJİK, BİYOKİMYASAL VE
HİSTOPATOLOJİK YÖNDEN ARAŞTIRILMASI**

NAGEHAN CANYAŞAR

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

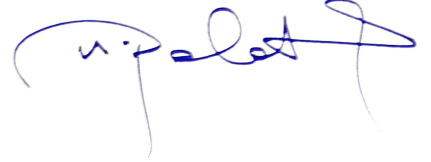
SAMSUN
2019

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Nagehan Canyaşar tarafından hazırlanan “Ladik Gölü’nde Yaşayan Tatlısu Levreği (*Perca fluviatilis* L., 1758)’nin Ağır Metal, Hematolojik, Biyokimyasal ve Histopatolojik Yönden Araştırılması” adlı tez çalışması 31/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Nazmi POLAT
Biyoloji Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. Nazmi POLAT
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı



Üye Prof.Dr. İbrahim ÖRÜN
Aksaray Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı



Üye Prof. Dr. Savaş YILMAZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Biyoloji Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım. .../.../2019

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

31/07/2019



Nagehan Canyaşar

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

LADİK GÖLÜ'NDE YAŞAYAN TATLISU LEVREĞİ (*Perca fluviatilis* L.,1758)'NİN AĞIR METAL, HEMATOLOJİK, BİYOKİMYASAL VE HİSTOPATOLOJİK YÖNDEN ARAŞTIRILMASI

Nagehan CANYAŞAR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nazmi POLAT

Tez çalışmasının amacı Ladik Gölü'nün su ve sedimenti ile gölge yaşayan tatlısu levreği (*Perca fluviatilis* L., 1758)'nin bazı dokularında, biyokimyasal, hematolojik ve histopatolojik yönden ağır metal düzeyinin belirlenmesidir. Çalışmada, Ladik Gölü'nün farklı bölgelerinden her mevsim yakalanan balık örnekleri incelenmiştir. Örneklerin ağır metal analizi için ICP-OES cihazı kullanılarak Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V ve Zn ağır metallerinin analizi yapılmıştır. TP, ALB, Chol, Trigl, BUN, Gluc, ALT, AST, LDH, ALP, Ca, Cl, Na, K, Fe, P ve Cort parametreleri biyokimyasal otoanalizör cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Hematolojik parametrelerden total lökosit, granülosit, agranülosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit ve trombosit ölçümü Ms4 kan sayım cihazı ile yapılmıştır. Leica TP1020 model doku takip cihazı ile karaciğer ve solungaç dokusundaki anormallikler belirlenmiştir. Ladik Gölü pH değeri 7.5-8.1 arasında ölçülmüştür. Alınan su örnekleri su kalite kriterleri yönetmeliğine göre mevsimsel olarak incelendiğinde ağır metallerden Al, Ba ve Cr seviyelerinin yaz ve kış mevsiminde Sınıf III, ilkbahar ve sonbahar mevsiminde ise Sınıf II; Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ise Sınıf IV kategorisine girdiği görülmüştür. Sedimentte metal yoğunluğu yaz ve ilkbahar mevsimlerinde artış, kış ve sonbahar mevsimlerinde ise azalma eğilimi göstermiştir. Biyokimyasal parametrelerden TP, ALB; yaz>ilkbahar>sonbahar=kış, Gluc, Chol, Trigl, BUN, Cort; yaz>ilkbahar>sonbahar=kış, AST, ALT, ALP, LDH; ilkbahar>yaz>sonbahar=kış, Na, K, Cl; ilkbahar>yaz>sonbahar>kış iken Ca, P, Fe; yaz>sonbahar>kış>ilkbahar şeklinde belirlenmiş olup bulgular anlamlıdır (p<0.05). Hematolojik parametrelerden total lökosit-trombosit sayıları, granülosit, agranülosit oranları, hemoglobin miktarı ve hematokrit değerler arasında mevsimlerle ilişkili anlamlı farklılıklar belirlenmiştir (p<0.05). Histopatolojik incelemede; karaciğer dokusunda çok fazla toksipatolojik lezyon görülmemiştir. Solungaç dokusunda ise çeşitli lezyonlar izlenmiştir. Bu çalışma *Perca fluviatilis*'in dokularında ağır metal düzeylerinin mevsimlere bağlı olarak biyokimyasal hematolojik ve histopatolojik yönden araştırıldığı ilk çalışma olma niteliğindedir.

Temmuz 2019, 77 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metal kirliliği, Ladik Gölü, *Perca fluviatilis*, sedimet, su

ABSTRACT

Master's Thesis

INVESTIGATION OF EUROPEAN PERCH (*Perca fluviatilis* L., 1758) INHABITING IN LAKE LADIK IN TERMS OF HEAVY METAL, HEMATOLOGY, BIOCHEMISTRY AND HISTOPATHOLOGY

Nagehan CANYAŞAR

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Nazmi POLAT

The aim of this study was to determine the heavy metal levels both in Lake Ladik's water and sediment and in some tissues of European perch (*Perca fluviatilis* L., 1758) living in the lake in terms of biochemistry, hematology, and histopathology. In this study, fish samples obtained from different regions of Lake Ladik in all seasons were examined. Al, As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V and Zn heavy metals were analysed in the samples by using ICP-OES device. TP, ALB, Chol, Triglyceride, BUN, Glucose, ALT, AST, LDH, ALP, Ca, Cl, Na, K, Fe, P and Cort parameters were measured using biochemical autoanalyser device. Hematological parameters like total leukocytes, granulocytes, agranulocytes, erythrocytes, hemoglobin, hematocrit and platelet measurements were performed with Ms4 blood counting device. Abnormalities in liver and gill tissue were detected with Leica TP1020 model tissue tracker. Ladik Lake pH value was measured between 7.5-8.1. When the water samples were analyzed seasonally according to the water quality criteria, the heavy metals Al, Ba and Cr levels were in Class III in summer and winter and Class II in spring and autumn while Cu, Fe, Mn, Pb and Zn belong to Class IV category. Metal density in sediment showed an increasing trend in summer and spring seasons and a decrease in winter and autumn seasons. Biochemical parameters were determined as follows: TP, ALB; summer>spring>autumn=winter, Glucose, Chol, Triglyceride, BUN, Cort; summer>spring>autumn=winter, AST, ALT, ALP, LDH; spring>summer>autumn=winter, Na, K, Cl; spring, summer>autumn>winter, Ca, P, Fe; summer>autumn>winter>spring and the findings were significant ($p < 0.05$). From the hematological parameters, significant differences were found total leukocyte-platelet counts, granulocyte, agranulocyte ratio, and between hemoglobin amount and hematocrit values related to seasons ($p < 0.05$). In histopathological examination; there were not too many toxypathological lesions in liver tissue. However, various lesions were observed in the gill tissue. This study is the first to investigate the levels of heavy metal seasonally in the tissues of *Perca fluviatilis* in biochemical, hematological and histopathological ways.

July 2019, 77 pages

KeyWords: Heavy metal pollution, Lake Ladik, *Perca fluviatilis*, sediment, water

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bitmeyen sabrı ile bana yardım eden, yol gösteren, eğiten ve öğreten kıymetli danışman hocam ve büyüğüm Prof. Dr. Nazmi Polat'a en derin minnetlerimi ve saygılarımı sunuyorum. Onun hoşgörüsü ve desteği olmasaydı bugünlere gelemezdim.

Laboratuvar çalışmalarım için Aksaray Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarını kullanmama olanak sağlayan ve çalışmamın istatistiksel analiz kısmını ile ilgili tüm sorularıma itina ile cevap veren değerli hocam Prof. Dr. İbrahim Örün'e desteklerinden ötürü teşekkürü borç bilirim.

Tez yazım sürecinde desteğini her zaman hissettiğim Ondokuz Mayıs Üniversitesi Biyokimya Laboratuvarı mesai arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Tüm hayatım boyunca bana her zaman inanan ve destekleyen fedakar anne ve babama ne kadar teşekkür etsem azdır.

Eğitim hayatım boyunca beni her zaman teşvik eden özellikle tez yazım aşamasında bilgi ve tecrübesi ile beni yönlendiren ablam Öğr.Gör.Dr.Neslihan Beden'e ayrıca teşekkür etmek isterim.

Yüksek lisans eğitimim sırasında sabır ve hoşgörü ile bana her zaman destek olan, yükümü hafifleterek eğitimimi tamamlamam için benimle birlikte emek veren sevgili eşim Arda Canyaşar ile biricik yavrum ve motivasyon kaynağım İpek Canyaşar iyi ki varsınız.

Temmuz 2019, Samsun

Nagehan CANYAŞAR

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE METOT	15
3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	15
3.2. Çalışma Materyalinin Tanıtılması	17
3.2.1. Tatlısu levreği, <i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758)'in taksonomisi.....	17
3.2.2. Tatlısu levreğinin morfolojisi	17
3.2.3. Coğrafik dağılımı.....	18
3.2.4. Tatlısu levreğinin ekolojisi ve üreme biyolojisi	19
3.2.5. Tatlısu levreğinin beslenme özellikleri.....	19
3.2.6. Avcılık durumu	20
3.3. Araştırma Alanından Toplanan Örnekler ve Analizleri	20
3.3.1. Su analizi.....	20
3.3.2. Sediment analizi.....	23
3.3.3. Doku analizi.....	23
3.3.4. Biyokimyasal parametrelerin analizi	24
3.3.5. Hematolojik parametrelerin analizi	24
3.3.6. Histopatolojik inceleme	24
3.4. İstatistiksel Analiz	26
4. BULGULAR	27
4.1. Su Kalite Kriterlerinin Mevsimsel Dağılımı	27
4.2. Su-Sediment ve Balık Dokularında Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı	28
4.2.1. Su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı.....	28
4.2.2. Sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı	29
4.2.3. Balık dokusunda ağır metal seviyelerinin mevsimsel dağılımı	29
4.3. Balık Örneklerinde Biyokimyasal Parametrelerinin Mevsimsel Dağılımı.....	32
4.4. Balık Örneklerinde Hematolojik Parametrelerinin Mevsimsel Dağılımı.....	33
4.5. Balık Örneklerinde Çeşitli Dokuların (Solungaç ve Karaciğer) Histopatolojilerinin Mevsimsel Dağılımı	33
4.5.1. Karaciğer.....	33
4.5.2. Solungaç.....	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	39
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

'	: Dakika
%	: Yüzde
°	: Derece
°C	: Santigrat
μs	: Mikrosaniye
cm	: Santimetre
dL	: Desilitre
g	: Gram
kD	: Kilo dalton
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
L	: Litre
m	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mm ³	: Milimetrekare
nm	: Nanometre
nmol	: Nanomol
ppb	: Milyarda bir birim
rpm	: Dakikada devir sayısı
SE	: Standart hata
sn	: Saniye
UL	: Litre başı birim sayısı
X	: Ortalama
μ	: Mikro
μg	: Mikrogram

KISALTMALAR

AB	: Avrupa birliği
AES	: Atomik emisyon spektrofotometresi
Al	: Alüminyum
AlCl ₃	: Alüminyum klorür
ALP	: Alkalen fosfataz
ALT	: Alanin amino transferaz
As	: Arsenik
AST	: Aspartat amino transferaz
ATP	: Adenozin trifosfat
B	: Bor
Ba	: Baryum
BOİ	: Biyolojik oksijen ihtiyacı
Br ⁻	: Bromür
BUN	: Kan üre azotu
C ₈ H ₁₀ O ₂	: Fenoksietanol
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
Co	: Kobalt
Cort	: Kortizol
Chol	: Kolestrol
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
DSİ	: Devlet su işleri
EDTA	: Etilen diamin tetraasetik asit
EPA	: Çevre koruma ajansı
F ⁻	: Florür
FAO	: Gıda tarım örgütü
Fe	: Demir
Gluc	: Glukoz
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
Hb	: Hemoglobin
HCl	: Hidrojen klorür
HClO ₄	: Perklorik asit
Hct	: Hematokrit
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
HE	: Hematoksilen eozin
Hg	: Civa
HgCl ₂	: Civa klorür
HNO ₃	: Nitrik asit
ICP-OES	: İndüktif eşleştirilmiş plazma-optik emisyon spektrometresi
K	: Potasyum
LDH	: Laktat dehidrogenaz
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein
MCH	: Ortalama eritrosit hemoglobini
MCHC	: Ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonu
MCV	: Ortalama korpuskular hacim

Mg	: Magnezyum
Mn	: Manganez
MT	: Metallothionein
N	: Örnek sayısı
Na	: Sodyum
NH ₄ -N	: Amonyum azotu
Ni	: Nikel
NO ₂ ⁻	: Nitrit
NO ₂ -N	: Nitrit azotu
NO ₃ ⁻	: Nitrat
NO ₃ -N	: Nitrat azotu
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
PO ₄ ³⁻	: Fosfat
PO ₄ -N	: Orto fosfat fosforu
RBC	: Eritrosit
Se	: Selenyum
Si	: Silisyum
SO ₄ ²⁻	: Sülfat
TÇK	: Türkiye çevre kanunu
TGK	: Türk gıda kodeksi
TN	: Toplam azot
TOC	: Toplam organik karbon
TP	: Total protein
Trig	: Trigliserid
V	: Vanadyum
VLDL	: Çok düşük yoğunluklu lipoprotein
WBC	: Lökosit
WHO	: Dünya sağlık örgütü
Zn	: Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası	16
Şekil 3.2. Tatlısu levreği, <i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758).....	18
Şekil 3.3. Leica TP1020 model doku takip cihazı	25
Şekil 3.4. Leica EG1160 model doku bloklama cihazı.....	25
Şekil 3.5. Leica RM 2125RTS model döner mikrotom	26
Şekil 3.6. Leica DM3000 model ışık mikroskobu	26
Şekil 4.1. <i>Perca fluviatilis</i> karaciğer dokusunda küçük kanama bölgeleri	34
Şekil 4.2. <i>Perca fluviatilis</i> karaciğer dokusunda yağ bölgeleri.....	35
Şekil 4.3. <i>Perca fluviatilis</i> karaciğer dokusunda kanama, mononükleer hücre infiltrasyonu ve hepatosellüler dejenerasyon	35
Şekil 4.4. <i>Perca fluviatilis</i> solungaç dokusunda toksikopatolojik lezyonlar	37
Şekil 4.5. <i>Perca fluviatilis</i> solungaç dokusu (1: sekonder lamellerde kısalma, 2: sekonder lamellerde erime, 3: sekonder lamel uçlarında çomaklaşma, 4: sekonder lamellerde kalınlaşma, 5: epitelyumda vakuolleşme).....	37
Şekil 4.6. <i>Perca fluviatilis</i> (L., 1758) solungaç dokusu (1: sekonder lamellerde kısalma, 2: sekonder lamellerde erime, 3: sekonder lameller uçlarında çomaklaşma, 4: sekonder lamellerde kalınlaşma).....	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Su, sediment ve balık örneklerinde yapılan kimyasal analizler için kullanılan metotlar	21
Çizelge 3.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kalite kriterleri (Anonim, 2004a)	22
Çizelge 3.3. Farklı kirlenme basamaklarının istatistiksel ortalama değerlerine göre kimyasal parametrelerin dağılımı (Klee, 1991)	22
Çizelge 4.1. Ladik Gölü fiziko-kimyasal parametrelerinin mevsimsel dağılımı	27
Çizelge 4.2. Ladik Gölü su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı.....	28
Çizelge 4.3. Ladik Gölü sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı.....	29
Çizelge 4.4. <i>Perca fluviatilis</i> 'in dokularında bazı ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı.....	31
Çizelge 4.5. <i>Perca fluviatilis</i> 'in biyokimyasal parametrelerinin mevsimsel dağılımı.....	32
Çizelge 4.6. <i>Perca fluviatilis</i> kan parametrelerinin mevsimsel dağılımı	33
Çizelge 4.7. <i>Perca fluviatilis</i> karaciğer dokusunda görülen lezyonların mevsimsel dağılımı	34
Çizelge 4.8. <i>Perca fluviatilis</i> solungaç dokularında görülen lezyonların mevsimsel dağılımı	36
Çizelge 5.1. Ladik Gölü su örneklerinde ölçülebilen ağır metallerin önceki çalışmalar ile karşılaştırılması.....	43
Çizelge 5.2. Ladik Gölü'nde sediment örneklerinde ölçülebilen ağır metallerin önceki çalışmalar ile karşılaştırılması	45

1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak insanların tüketim hızı da artış göstermektedir. Toplumun besine olan ihtiyacı günden güne artarken; küresel ısınma, çevre kirliliği, yanlış tarım politikaları, hatalı arazi kullanımı, bilinçsiz avlanma gibi insan kaynaklı sebeplerle besin kaynakları hem kalite kaybına uğramakta hem de giderek daha kıt hale gelmektedir. Bu durum insanları birbirinin yerine geçebilecek besin kaynaklarına yönelmeye ve bu kaynakları verimli biçimde kullanmaya teşvik etmektedir. Besin probleminin çözümünde su ürünlerinin özellikle de balıkların değerlendirilmesi en akılcı yol olarak görülmektedir. Bu sebeple sucul ortam belirteci olan balıkların korumaya alınması ve yetiştiriciliğinin artırılması gerekmektedir. Buna rağmen Türkiye’de kültürü ve yetiştiriciliği yapılan balık türleri sayıca oldukça az ve sınırlıdır.

Balık türlerinin yayılım gösterdiği sucul ortamlar beslendikleri kaynakların kirlilik arz etmesi nedeniyle su kirliliği tehdidiyle karşı karşıyadır. Balıklar besin maddesi olarak tüketilmelerinin yanında sucul ortamın ağır metal yükünün belirteci olarak da kullanılmaktadır. Ağır metallerin vücuttaki aşırı birikiminin toksik etki oluşturması, bırakıldıkları ortamda uzun süre kalmaları ve besin zinciri yoluyla insan sağlığını tehdit etmesi nedeniyle güncel bir araştırma konusudur (Kankılıç vd, 2013).

Suların toksik kirliliği, sucul ortamda ortaya çıkan değişimler ve ekosistem sağlığı gibi konularda balıklar uygun bir indikatör yani belirteç canlı olarak kullanılmaktadır (Moiseenko vd, 2008). Ağır metaller sucul ortamdaki diğer tüketicilerden beslenen balıkların bünyesine besin zinciri vasıtasıyla girmektedir. Balık bünyesindeki ağır metal yoğunluğu balığın dokuları ve organları arasında, değişik beslenme türlerinden ötürü farklılık göstermektedir (Ağcasulu, 2007).

Küresel olarak artış gösteren kirlilik; balıkların popülasyon yoğunluğunu ve sağlığını olumsuz etkilediği gibi diğer taraftan da balıkları besin olarak tüketen insanlarda sağlık açısından dolaylı olarak bir tehdit oluşturmaktadır. Sucul ortam kirliliğinin en büyük nedeni evsel, endüstriyel ve tarımsal alanlarda üretilen atıkların suya karışmasıdır (Gupta vd, 2009). Bu alanlardan sucul ortama karışan, hayvan ve insan sağlığını etkileyecek ağır metaller arsenik (As), kadminyum (Cd), krom (Cr),

Çinko (Zn), kurşun (Pb) ve bakır (Cu) şeklinde sıralanır (Asuquo vd, 2004). Bununla birlikte sucul ortamın ağır metal kirliliği ile kanser türleri pozitif korelasyona sahip olduğu ve ağır metallerin insanlarda kansere yakalanma riskini arttırdığı rapor edilmiştir (Zhang vd, 2011; Sirot vd, 2009).

Balıklar, besin zincirinde beslenme basamaklarının en düşük düzeyinden en yüksek yüzeyine doğru her bir basamakta enerji taşıma özellikleri nedeniyle sucul ekosistemin besin döngüsünde önemli yere sahiptir (Beyer, 1996; Van der Oost vd, 2003). Yüksek kalitede protein ve aminoasit içeren balıklar sucul ekosistemin besin zincirinin üst basamaklarında yer almaları nedeniyle su kirliliğinden en yüksek oranda etkilenmektedirler (Ersoy ve elik, 2010; Prusty vd, 2011).

Su ortamındaki toksik maddelerin varlığı su kalite parametrelerini etkilediğinden, balıkların hematolojik, biyokimyasal ve histopatolojik yapıları olumsuz yönde etkilenmektedir (Kavitha vd, 2010). Bu yüzden, hematolojik ve biyokimyasal değişkenler gibi biyolojik izleme teknikleri su kalitesi, kirliliği ve sucul organizmaların genel sağlık durumunu değerlendirilmede önemli araçlar haline gelmiştir (Pimpao vd, 2007; Olufayo, 2009).

Sucul canlıların biyokimyasal analizleri, karaciğer ve böbrek gibi iç organların durumu, proteinler (albüminler, globülinler), kolesterol, trigliserid, glukoz gibi metabolik parametreler ile fosfor (P), klor (Cl), sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum (Ca) gibi elektrolitlere dair bilgi vermektedir (Allen, 1988; Duncan vd, 1994).

Kirleticilerin etkisinde kalan sucul organizmaların kan dokusundaki biyokimyasal etkileri doku ve organların hasar görmesiyle kendisini göstermektedir (Adhikari vd, 2004;  ner vd, 2008; Fırat vd, 2011). Dokuların hasarını, ekosistemdeki mevcut kirliliğin tipi ve derecesini balıkların biyokimyasal parametrelerinin değerlendirilmesiyle belirlenir (Petrivalsky vd, 1997).

Aspartat amino transferaz (AST), alkalın amino transferaz (ALT), alkalen fosfataz (ALP) ve laktat dehidrojenaz (LDH) balık dokularında oluşan hasarın kirleticiler tarafında meydana getirildiğini gösteren enzimlerdir (De la Tore vd, 2000). Hasar göstergesi olarak kullanılan enzimlerin, su kirlilik düzeylerini belirlediği düşünülmektedir ( zmen vd, 2006).

Balıkların fizyolojik durumu ve kas dokusundaki hasarların belirlenmesinde bilgi vermeleri açısından kolesterol serumu, total protein, glukoz ve kortizol; metabolit ve hormonal düzeyde önemli bileşenlerdir. Balıkların enerji metabolizması, iyon regülasyonun ve kirleticilerin detoksifikasyonunda bir stres hormonu olan kortizol önemli rol oynamaktadır (Fu vd, 1990; Wendelaar Bonga, 1997). Balıklar kirleticilerin neden olduğu olumsuz durumlarla mücadele edebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar. Balıklar stres metabolitlerine karşı dokuların ihtiyacı olan enerjiyi glukozdan sağlarlar. Glukozun tek başına yetersiz kaldığı durumlarda kortizol balıklarda glikojenoliz ve glukoneojenez vasıtasıyla glukoz üretimini artırarak plazma glukoz düzeyinde artışı sağlamaktadır (Iwama vd, 1999).

Sucul organizmaların dokularında gözlenen protein içeriği kirleticilerin canlılarda oluşturduğu stresin bir göstergesi olarak algılanmaktadır (Singh ve Sharma, 1998). Organizmalardaki total protein miktarı kirleticilerin karaciğerde neden olduğu hasarın göstergesi olarak bilinmektedir. Kolesterol ise ilerlemiş ve süregelen strese maruz balıklarda yine kirletici etkilerini açıklamakta kullanılan bir belirteçtir (Wedemeyer ve McLeay, 1981).

Na, K, Ca ve Cl gibi iyonların çoğu sudan solungaçlar vasıtasıyla alınırken, bu iyonlar büyüme ve iyon dengesinin sağlanması için gereklidir (Eddy, 1982). Sucul organizmaların kanındaki iyon düzeylerinin miktarı; organizmanın kimyasala maruz kalma düzeyini gösteren, kimyasalın etkilerine duyarlı bir biyolojik belirteç olarak kullanılmaktadır (Mayer vd, 1992).

Balık kanının biyokimyasal parametrelerindeki olası değişiklikler, kirleticiler ya da diğer çevresel faktörler tarafından tetiklenebilmektedir. Bu durum hayvanların fizyoloji ve fizyopatolojilerinin değerlendirilmesinde mutlak öneme sahiptir (Juneja ve Mahajan 1983; Ranzani-Paiva vd, 1997).

Balık dokularında ağır metal birikiminin yaşamsal faaliyetler üzerinde etkisi; türe, gelişim evresine, beslenme şekline, büyüklüğüne, birikim gösteren metalin cinsine, ortamın derişimine ve metale maruz kalma süresine bağlı olarak farklılık gösterir (Hilmy vd,1987).

Yapılan araştırmalarda balık ve çeşitli omurgasız hayvanların bünyelerinde ağır metal birikiminin en yoğun olduğu organların karaciğer ve böbrek olduğu görülmüştür (Gagne vd, 1990; Tulasi vd, 1992). Özellikle karaciğerin, besin

maddelerinin dönüşümünde, glikoz metabolizmasında ve ağır metalin regülasyonunda önemli bir rolü vardır (Miklovics vd. 1985; Bradley ve Morris, 1986; Heath, 1995). Karaciğer detoksifikasyon organı olarakta işlev görmektedir. Metallothioneinler (MT) sisteince zengin düşük molekül ağırlıklı bir protein olup karaciğerde sentezlenir. Sistein bakımından zengin bir diğer tripeptid ise glutatyondur. Bu iki protein, karaciğere yerleşmiş ağır metallerinin toksisitesini azaltmak için onlara bağlanarak detoksifike rolü oynarlar (Hodson, 1988; Chan ve Cherian, 1992).

Balıklarda ağır metaller solungaçlardan, besinler vasıtasıyla ve tüm vücut yüzeyinden emilim ile alınırlar. Su ile sürekli etkileşim halinde olan solungaçlar tüm kirleticilerin etkilerine açıktır. Solungaçların sekonder lamellerinde yapısal dejenerasyona sebep olan ağır metaller mukus salgısını artırmaları yoluyla da oksijen değişiminde azalmaya sebebiyet veririler. Bu durum anaerobik metabolizmaya geçişe diğer bir deyiş ile laktat düzeyinde artış ve adenosin trifosfat (ATP) düzeyinde düşüşe sebebiyet vermektedir (Arumugam ve Ravidranath, 1987; Tort vd, 1987; Cıık, 1995).

Kirleticilere maruz kalan balık dokularında sitozolik vakuolleşme, tek hücre nekrozu, fibröz, apoptoz ve tümör yükselmesi, birkaç saat içinde yoğun intrahepatik kanama ve ölümle sonuçlanan karaciğer yapısının bozulması gibi birkaç histolojik anormallik sergilediği bildirilmiştir (Abdel-Moneim vd, 2012)

Kas dokusu, balıklarda ve bazı sucul omurgasızlarda ağır metalleri bağlamada aktif doku değildir. Ancak kas dokuda biriken metalin besin zinciri yolu ile insana geçmesi nedeniyle bu konu üzerinde oldukça fazla araştırma yapılmıştır (Miller vd, 1992). Balık kas dokusundaki metal birikimi, dokuda histolojik değişikliklere, azalmış glikojen içeriğine, enzimatik aktivite ile karbonhidrat metabolizmasındaki değişikliklere sebep olması gibi elektrolit değerlerinin düşmesiyle enerjinin azalmasına sebep olur. Bunun yanı sıra dokudaki metal birikimi, ozmotik bozulmalara, nöro-kas iletiminde oluşan kasılmaların meydana getirdiği anormal davranışlara ve vücut deformasyonuna yol açar (Jezierska ve Witeska, 2001).

Sucul ortamların balıklarda oluşturduğu ağır metal birikiminin en önemli kaynağı bentik canlılar ve sedimenttir. Ayrıca, mevsimsel değişim, üreme, beslenme, lokomotor aktivite ve büyüme gibi fizyolojik olayların kontrolünde baskın etkiye

sahip olduğu bildirilmektedir (Morgan vd, 2008). Metal birikimi, balığın türü, beslenme biçimi, yaş, boy, ağırlık cinsiyete ve dokuya (solungaç, karaciğer, kas) göre değişmektedir (Squadrone vd, 2013; Carrasco vd, 2011; De Wet vd, 1991; Has-Schön vd, 2015). Temel metallerden olan Cu, Mn ve Zn biyolojik sistemlerde önemli rol oynamaktadır; Pb, Cd ve civa (Hg) iz elementlerinde bile toksiktir. Esansiyel metaller yüksek yoğunlukta toksik olabilir. Cu, Pb, Zn ve Cd, sucul ortamın en yaygın kirletici maddeleridir ve sudaki seviyeleri yaygın olarak izlenmektedir (Wang vd, 2010).

Sucul ortamların ağır metal yükünün belirlenmesi amacıyla su, sucul organizmaların dokuları (kas, solungaç, karaciğer vb.) ile sedimentte bulunan ağır metallerin yoğunluğunun ölçülmektedir (Jezierska ve Witeska, 2001).

Tez çalışmasında, anılan bilgilere benzer doğal ve atropojenik çevresel faktörlerin etkisi altında kalan Ladik Gölü'nden, mevsimsel olarak alınan sediment, su ve gölde yaşayan ekonomik öneme sahip Tatlısu Levreği *Perca fluviatilis* (L., 1758)' in mevsimsel değişimlere bağlı olarak kadminyum (Cd), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), kurşun (Pb), civa (Hg), arsenik (As), demir (Fe), bor (B), vanadyum (V), manganez (Mn), çinko (Zn), alüminyum (Al), baryum (Ba) ve krom (Cr) ağır metallerinin karaciğer-kas-solungaç dokularında birikimi, kan dokuda birikiminin biyokimyasal-hematolojik yönden ortaya konması, karaciğer ve solungaç dokuda birikiminin neden olduğu anormalliklerin histopatolojik yönden değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Ladik Gölü'nün gelecekteki durumunu kıyaslayabilmek ve ileride yapılacak çalışmalara referans olması amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Ayrıca Ladik Gölü'nün su kalitesinin tespit edilmesi, bazı toksik elementlerin suda, sedimentte ve bölgede yayılım gösteren *Perca fluviatilis* (L.,1758)'in dokularındaki birikim derecesinin belirlenmesi, ekosistem ve insan sağlığı açısından önem arz etmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Su kirliliğinin küresel çapta hızla artış gösteriyor olması evsel, endüstriyel ve tarımsal atıkların bilinçsizce lotik ve lentik sistemlere boşaltılmasından kaynaklanmaktadır. Hayvancılık, tarım, turizm, biyo-çeşitlilik ve sucül ekenomoik ürünler su kirliliğinden olumsuz yönde etkilenmektedirler. İnsan yaşamı için vazgeçilmez temel ihtiyaç olan suların kirletilmesi beraberinde pek çok bulaşıcı hastalığın ortaya çıkmasına ve yayılmasına sebep olmaktadır. Sucül ortamların kirlilik düzeyleri belirlenerek, su kirliliğine karşı alınacak önlemlerin belirlenmesi ve doğal yaşamı koruma politikalarının geliştirilmesine önemli rol oynayacaktır.

Karadede (1997) çalışmalarında yaşam alanı Atatürk Baraj Gölü olan *Mastacembelus simack* türü doku ve organlarında ağır metallere Cu, Fe ve Zn birikimini incelemişlerdir. Çalışmada incelenen doku ve organlardaki ağır metal birikiminin en çok karaciğerde olmak üzere; karaciğer>gonad>kas>solungaç>böbrek sıralamasını izlediği belirtilmiştir.

Rayment ve Barry (2000) çalışmalarında Raine adasında yer alan Büyük Set Resifi'nde yaşayan *Tridacna maxima* ve *Trochus niloticus* ile çalışmışlardır. Bu çalışmalarında *Tridacna maxima*'nın böbrek dokuları, viseral kitlesi ve indüktör kas dokularındaki, *Trochus niloticus*'un ise kas dokusunda Zn ve Ni ağır metallerinin birikimini incelemişlerdir. *Tridacna maxima* böbrek dokularındaki ağır metal birikiminin indüktör kaslarındaki birikimlerden Zn için 2 kat, Ni için ise 2780 kat fazla olduğunu belirtmiştir. Benzer sonuçları *Trochus niloticus* ile de elde etmişlerdir.

Çalta vd (2000) çalışmalarında Keban Baraj Gölü'nde yaşamakta olan *Capoeta trutta*'da Cu ağır metalinin sadece karaciğer ve deride biriktiğini, bununla birlikte Fe, Mn ve Zn ağır metallerinin ise en fazla karaciğerde biriktiğini ortaya koymuşlardır.

Henry vd (2004) Doğu İngiliz Kanalı ile Kuzey Denizi'nin güneyi arasındaki Fransız kıyıları boyunca yayılım gösteren olarak dört balık türünde (pisi balığı, dil balığı, kedi ve morina balığı) Cd, Cu, Mn ve Pb ağır metallerinin

konsantrasyonlarını ele aldıkları çalışmalarında, tüm türlerin karaciğer birikimlerinin aynı sonuçları verdiğini, kaslarda meydana gelen birikimlerin ise türden türe farklılık gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Habitatları ve beslenme ortamlarına uyumlu olarak kedi balığı kasında en yüksek birikimler, morina balığı kasında ise en düşük birikimler gözlenmiştir. Sucul canlılarda ağır metal yükünün canlının türü, beslenme şekli, cinsiyeti ile boy, ağırlık gibi metrik özellikleri ile ilişkili olduğunu, balıkların bazı dokularında (kas ve karaciğer) diğer doku ve organlara göre daha yüksek miktarda ağır metal birikimi gözlemlendiğini ortaya koymuşlardır.

Begum vd (2005) Bangladeş'in Dhanmondi Gölü'nde yaşayan *Tilapia nilotic*, *Cirrhina mrigala* ve *Clarius batrachus* türlerindeki ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Elementel konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak belirlemişler ve Ca 4999, Na 3183, magnezyum (Mg) 2193, Fe 131, Zn 60.1, manganez (Mn) 17.5, Cu 5.07, Pb 2.08 ve Ni 1.91 (ug/g kuru ağırlıkta) değerlerini elde etmişlerdir. Bangladeş'te tatlı su balık türlerinde Pb içeriğine dikkat edilmesi gerektiği ve yenilebilir tatlı su balıklarında ağır metal konsantrasyonunun sürekli izlenmesi gerektiği hususunda uyarılarda bulunmuşlardır.

Vinodhini ve Narayanan (2008) çalışmalarında ağır metallerce kirletilmiş su sistemine maruz kalan tatlısu balıklarının çeşitli organlarında (solungaç, karaciğer, böbrek ve kas) ağır metallerin biyolojik birikimini belirlemişlerdir. Ağır metale maruz kalma döneminde en çok birikimin karaciğerde artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ağır metal birikiminin solungaçlarda; Cd>Pb>Ni>Cr, karaciğerde; Pb>Cd>Ni>Cr, böbrekte; Pb>Cd>Cr>Ni ve kas dokusunda; Pb>Cr>Cd>Ni olarak belirlemişlerdir.

Öztürk vd (2009) çalışmalarında Avşar Baraj Gölü'nde yaşayan sazan balığının bazı dokuları ile baraj gölü su ve sediment örneklerinde ağır metal birikimini mevsimsel olarak araştırmışlardır. Su örneklerinde Fe değerinin referans kabul edilen değeri aştığını, sediment örneklerinde ise en fazla Fe'nin biriktiğini bunu sırasıyla Pb, Cd, Cr, Cu ve Ni'in takip ettiğini ortaya koymuşlardır. Sazan örneklerinin çalışılan dokularında gözlenen ağır metal birikiminin sıralaması ise kas dokusunda sırasıyla; Fe>Cu>Pb>Ni>Cr>Cd, solungaç ve karaciğer dokusunda ise sırasıyla; Fe>Cu>Ni>Pb>Cr>Cd şeklinde olduğunu belirlemişlerdir.

Kandemir vd (2010) alışmalarında Bafra Gölü'nde yaşayan sazanların bazı dokularında ağır metal birikimini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; Ni, Co, Cd, Fe, Cu, Cr, Se (Selenyum), Zn, As ve Mn değerlerini Avrupa Birliği (AB) ve Türk Gıda Kodeksi (TGK) limitlerinin altında bulmuşlardır. Ancak Cd ve Zn konsantrasyonlarının bazı dokularda, belirtilen diğer ağır metal konsantrasyonlarından daha yüksek değerlerde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Dostbil (2010) Mogan Gölü'nün su ve sediment örneklerinde Al, As, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb ve Zn miktarı ile gölde yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Tinca tinca*'nın solungaç ve karaciğer dokularındaki ağır metal yükünü ve ağır metal kaynaklı histolojik değişikleri incelemiştir. Sedimentte Cu, Cd, Pb ve Zn seviyeleri limit değerlerin altında saptamıştır. Araştırma sonucunda sedimentte belirlenen ağır metal düzeylerinin sırasıyla; Al>Fe>Zn>Ni>Cu>Pb>As>Cd>Hg, suda belirlenen ağır metal seviyelerinin ise; Pb>Al>Fe>As>Ni>Hg>Cu>Zn>Cd şeklinde olduğunu ortaya koymuştur.

Dural vd (2011) İskenderun Körfezi'nde yaptıkları çalışmada ipuranın kas, karaciğer, solungaç, deri ve bağırsaklarında atomik emisyon spektrofotometresi (AES) yöntemiyle Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mg, Pb ve Zn düzeylerini araştırmışlardır.

Türkmen vd (2011) Paradeniz Lagünü'nde yaptıkları çalışmada üç tür balığın kas, karaciğer, gonad ve solungaçlarındaki Fe, Mn, Zn, Ni, Cd, Pb, Cu, Cd, Co ve Cr konsantrasyonunu belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada balıklardan alınan örneklerde Fe tüm dokularda yüksek seviyede belirlenmiş, Zn'nun onu takip ettiği görölmüştür. Cd, Co ve Pb ise çok düşük seviyelerde bulunmuştur. Yapılan istatistikler sonucunda metaller arasında anlamlı bir fark tespit edilememiştir.

Başyiğit ve Tekin-Özan (2013) Karataş Gölü'nde yayılım gösteren *Stizostedion lucioperca*'nın kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal miktarlarını araştırmışlardır. Balıklardaki ağır metal seviyeleri ile balıkların ağırlık-boy ölçümleri arasında negatif bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bu çalışmada sudaki metal miktarları ile suyun fiziko-kimyasal parametreleri arasındaki ilişkiler de tespit edilmiştir. Ağır metal seviyesi ile pH düzeyi ve oksijen miktarı arasında negatif bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Canpolat (2013) Elazığ Hazar Gölü'nde yayılım gösteren *Capoeta umbla*'nın kas, solungaç, deri, karaciğer, gonad ve böbreklerdeki bazı metallerin seviyelerini belirlemek üzere yapılan çalışmada ağır metal düzeylerinin en yüksek karaciğerde, en düşük kasta olduğu tespit edilmiştir. Kastaki metal miktarı ile balık boyu ve ağırlığı arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. FAO (Gıda tarım örgütü), WHO (Dünya sağlık örgütü), EPA (Çevre koruma ajansı) ve TGK tarafından kabul edilebilir değerler ile karşılaştırıldığında, limit değerlerinin altında olup insanlar tarafından tüketilmesinin herhangi bir risk taşımadığı bildirilmiştir.

Ahmad vd (2014) Panjkora Nehri'nde 2012-2013 yılları arasında yapılan çalışmada su, sediment ve *Shizothorax plagiostomus*'un dokularındaki metal birikimleri araştırılmış, suda ve balık dokularında en fazla biriken metalin Zn, sedimentte ise Cu olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada su ve kaslardaki metal birikiminin insan tüketimi için güvenli olduğunu bildirilmiştir.

Güldiren ve Tekin-Özan (2018) çalışmalarında metallerin kas, karaciğer ve solungaçtaki konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre metallerin genel olarak kış mevsiminde kas ve karaciğerde, yaz mevsiminde ise solungaç dokusunda arttığını saptamışlardır.

Sökmen vd (2018) Karasu Nehri'nden alınan su ve sediment örneklerinde, nehirden yakalanan *Capoeta umbla* balıklarının karaciğer, solungaç ve kas dokularında bazı ağır metallerin Al, As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn birikim düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Suda yapılan analizler sonucunda en fazla As ölçülürken, Al, Fe, Pb ve Zn metalleri suda tespit edilememiştir. Bununla beraber suda tespit edilen ağır metaller ile suda ölçülen sıcaklık, pH ve çözülmüş oksijen değerleri arasındaki ilişki karşılaştırılmıştır. Sedimentte en yüksek birikim Fe metalinde ölçülmüşken, Al, Cu ve Mn metalleri ise tespit edilememiştir. Ağır metal birikimi en fazla karaciğerde gözlenmiştir. Tüm dokularda ise en fazla birikim Fe'de iken en düşük birikim Pb'de görülmüştür.

Su ekosisteminde mevsimlere bağlı olarak meydana gelen değişimler balıklarda fizyolojik farklılıklarla kendini göstermektedir. Bu nedenle balık sağlığının değerlendirilmesinde ve olumsuzluklara karşı gereken önlemlerin alınmasında biyokimyasal ve hematolojik parametrelerin ve ağır metallerin

dokularda oluşturduğu histopatolojik etkilerin mevsimsel bazda değerlendirilmesi de gerekmektedir.

Lenhardt (1992) yaptığı çalışmada *Esox lucius*' un bazı kan parametrelerinin mevsimsel değişimlerini araştırmıştır. ALP seviyelerinin sadece erkek balıklarda, üre ve kreatinin seviyelerinin erkek ve dişide su sıcaklığı ile pozitif ilişki gösterdiğini bildirilmiştir. Ayrıca total protein (TP) yumurtlama döneminde en düşük seviyede, kreatinin ise hem eşey hem de mevsimlere bağlı olduğunu rapor etmişlerdir.

Collazos vd (1998) *Tinca tinca*'nın erkek ve dişi bireylerin kanındaki hematolojik parametrelerde kırmızı kan hücrelerinin (RBC), hematokrit (Hct), beyaz kan hücrelerinin (WBC) ve TP sayısının mevsimsel olarak dağılımını araştırılmıştır. RBC ve Hct değerlerinin erkeklerde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, sonbahar ve kiş mevsimine göre artış gösterdiği, dişi balıklarda ise RBC seviyelerinin dört mevsimde de sabit olduğu, buna karşın HCT değerlerinin erkek balıklara göre tam tersi değerde olduğu gözlenmiştir. WBC seviyeleri erkek ve dişi balıklarda ilkbahar ve kiş mevsimlerinde, yaz ve sonbahara göre önemli derecede azalmıştır. Erkek balıklarda TP seviyesi sonbahar ve kişın, ilkbahar ve yaza göre önemli derecede azalırken, dişilerde sadece kişın azalmıştır. Sonuç olarak; kan parametrelerinin erkek ve dişi bireylerde görünür biçimde mevsimlere göre değişim gösterdiğini ve bu değişimin balığın hayatta kalması için önemli rolü olduğunu ortaya koymuşlardır.

Levesque vd (2002) *Perca flavescens*'in çeşitli dokularında Cd, Zn ve Cu birikimleri üzerine çalışmışlardır. rnek aldıkları gölün maden işletmesine yakın olması nedeniyle balıkların sürekli ağır metal kirliliğine maruz kaldığını görmüşler ve bu nedenle balıklarda enzim aktiviteleri, intermediyer metabolizma ve büyüme faaliyetlerini araştırmışlardır. Örnekler üzerinde yaptıkları inceleme sonucunda karaciğer dokusunda trigliserit ve glikojen düzeylerinin sonbahara göre yazın daha yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır. Kirli bölgelerdeki balıklarda AST seviyelerinin sonbaharda daha yüksek iken, yazın daha düşük değerlerde olduğunu görmüşlerdir. Araştırmacılar çalışmalarının sonucunda kronik olarak ağır metale maruz kalmanın büyümeyi engellediğini, karaciğer trigliserit ve glikojen değerlerinin mevsimsel olarak değişkenlik gösterdiğini ve ayrıca mevsimsel bazda metabolik enzim aktivitelerinin de değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Guijarro vd (2003) çalışmalarında olgun erkek ve dişi *Tinca tinca* balığında mevsimsel farklılıkların kan parametreleri üzerine değişimlerini araştırılmışlardır. WBC RBC, Hct ve Hb (hemogloblin) değerlerinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Bu farklılıklar sonbahar-kış mevsimlerinde düşük, yaz mevsiminde yüksek değerlerde olduğu gözlenmektedir. Erkeklerde bu değerler dişilere göre daha yüksek bulunmuştur. Erkek ve dişi bireylerin karaciğer dokularında glikojen ve protein seviyeleri sonbaharda artarken, ilkbaharda karaciğerin yağ depoladığı görülmektedir.

Kavadias vd (2004) bir yıl boyunca yüzer deniz kafeslerinde beslenen balıkların kan parametrelerini aylık periyotlarda incelemişlerdir. Testosteron seviyelerinin Ocak ayında en yüksek seviyede, Mart ayında ise en düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Hct, RBC ve Hb seviyelerinin Kasım ayından Mart ayına kadar sıcaklardaki artışlarla orantılı olarak yükseldiği görülmüştür. Aynı parametlerin en yüksek değerleri Aralık ayında, en düşük değerleri ise Haziran ayında gözlenmiştir. WBC değerleri en yüksek Şubat ayında görülürken, en düşük değerlere Nisan ayında rastlanmıştır. WBC değerlerinin deniz suyu sıcaklığına, güneş ışığına ve günlük beslenmeye bağlı olmadığını ortaya koymuşlardır.

De Pedro vd (2005) çalışmalarında inceledikleri *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758)'da Hb ve Hct seviyelerinin ilkbahar ve yaz dönemlerinde aynı seviyede olduğunu, dişi bireylerde total lökosit değerlerinin yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre anlamlı çıktığını bildirmişlerdir. Ayrıca kış mevsiminde trigliserid ve kolesterol değerlerinde azalma görüldüğünü, total protein değerlerinde ise mevsimler arası anlamlı bir fark olmadığını, bununla beraber çevre kirliliğinin izlenmesinde bahsi geçen parametrelerin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Deniz (2007) Silifke ve Karataş ilçelerinde yer alan, farklı su kaynaklarına sahip yetiştiricilik istasyonlarından örneklenen *Cyprinus carpio* ve *Clarias gariepinus*'da eritrosit sayıları, hematokrit, glukoz, kortizol, AST, ALT ve elektrolit düzeyleri gibi kan parametrelerinin karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Kan parametreleri Silifke istasyonuna oranla Karataş istasyonunda yüksek bulunurken, materyal olarak kullanılan balıklardan *Clarias gariepinus*'a oranla *Cyprinus carpio*'da daha fazla ayırım göstermiştir. Kan parametrelerinde gözlenen değişimler istasyonlardaki su kalitesi ve türlerin ortam koşullarına hoşgörülerinin farklı olması ile açıklanmıştır.

Aras vd (2008) aylık olarak balıklarda biyokimyasal ve hematolojik parametreleri araştırmışlardır. Biyokimyasal parametreler incelendiğinde kolesterol, trigliserit, HDL (Yüksek yoğunluklu lipoprotein) ve VLDL (Çok düşük yoğunluklu lipoprotein) seviyelerinin en yüksek değerlerine yumurtlama öncesi dönem olan Mayıs ve Haziran ayında rastlamışlardır. LDL (Düşük yoğunluklu lipoprotein) değerleri kış mevsiminde, yılın geri kalan dönemlerine göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek RBC, HCT, MCV (Ortalama Korpuskular Hacim) ve WBC değerlerine Mayıs ayında, en düşük değerlere ise kış mevsiminde rastlanmıştır. Hb, MCH (Ortalama Eritrosit Hemoglobini) ve MCHC (Ortalama Eritrosit Hemoglobin Konsantrasyonu) değerleri en yüksek Ocak ayında görülürken, en düşük değerler bahar aylarında gözlenmiştir. Araştırmacılar çalışılan parametrelerin su sıcaklığı üreme döngüsü ve metabolik oran gibi çeşitli iç ve dış faktörlerden etkilendiğini bildirmişlerdir.

Fazio vd (2016) çalışmalarında İtalyan ve Türk çiftliklerinde yetiştirilen *Oncorhynchus mykiss*'in (Walbaum, 1792), hematolojik ve biyokimyasal parametrelerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesini amaçlamışlardır. İstatistiksel analizde iki alabalık grubu arasında ağırlık, uzunluk ve durum faktörü açısından anlamlı bir fark görülmemiştir. Hematolojik ve biyokimyasal parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($P < 0.05$). Bulgulara göre; İtalyan çiftliğinde yetiştirilen alabalıklarda RBC, Hct, Kolesterol ve TP değerlerinin, Türk çiftliğinde yetiştirilen alabalığa göre daha düşük değerlerde olduğu, MCV, MCH, MCHC, Glukoz, Trigliserit ve Albümin değerlerinin ise Türk çiftliğindeki balıklarda gözlenen değerlere göre anlamlı olarak daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında WBC ve Hb için istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamadıklarını bildirmişlerdir.

Coşkun vd (2016) Gökkuşuğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) bazı biyokimyasal kan parametreleri karşılaştırılmışlardır. Kan parametreleri açısından, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak mevsimsel değişikliklerin kan parametrelerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuşlardır. ALT değerleri ilkbaharda oldukça yüksek çıkarken, AST, BUN (Kan Üre Azotu), Ca, Fe ve TP değerlerinin yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, amilaz değerlerinin yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre

anlamalı derecede düşük, sonbaharda, ALP ve trigliserit değerlerinin diğer mevsimlere göre anlamalı derecede yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

Yılmaz vd (2018a) Tebukonazol uygulanan *Cyprinus carpio* (L., 1758)'nın doku histopatolojisi üzerine etkileri araştırmışlardır. Histopatolojik incelemede, tebukonazol uygulanan balıkların solungaç dokusunda, doz artışına bağlı olarak sekonder lamel epitelinde nekroz, dökülme ve hidropik dejenerasyon tespit etmişlerdir. Karaciğer dokusunda nekroz, vakuolar ve hidropik dejenerasyonlar gözlenmiştir. Böbrek dokusunda distal ve proksimal tübüllerde dejenerasyon ve mononükleer hücre infiltrasyonu gözlenmiştir. Bağırsak dokusunda çoğunlukla nekroz oluşumları ve dejenerasyonlar saptanmış, Tebukonazol uygulamasında, *Cyprinus carpio* (L., 1758)'nın karaciğer, böbrek, bağırsak ve solungaç dokuları üzerine dejeneratif etkilerinin olduğu sonucuna varmışlardır.

Yılmaz vd (2018b) çalışmalarında, $AlCl_3$ zehirlenmesinin *Capoeta capoeta*'nın serum proteinleri ve solungaç histopatolojisi üzerindeki etkileri incelenmişlerdir. Kontrol grubundaki balıkların protein bantlarına göre, 0.03mg/L, $AlCl_3$ uygulanan gruptaki balıkların 59 kD'luk protein bandında incelmeye, 94, 74, 46 ve 35 kD'luk protein bantlarında kalınlaşmalar meydana geldiği görülmüştür. 71 kD'luk protein bandının ise sentezlenmediği tespit edilmiştir. Yine kontrol grubu balıklara göre, 0.06 mg/L $AlCl_3$ uygulanan gruptaki balıklarda 101, 74, 71, 59, 46 ve 26 kD'luk protein bantlarında incelmeye ve 94 kD'luk protein bandında kalınlaşma gözlenmiştir. 86 kD'luk protein bandının da sentezlenmediği saptanmıştır. Histopatolojik incelemelerde, 0.03 mg/L $AlCl_3$ uygulanan gruptaki balıkların sekonder lamellerinin epitel hücrelerinde dejenerasyon, 0.06 mg/L $AlCl_3$ uygulanan gruptaki balıkların sekonder lamellerinin epitel hücrelerinde dejenerasyon, ayrıca hipersellülarite ve bazı sekonder lamellerin uçlarında kütleşme görülmüştür. Bu çalışmada, 0.03 ve 0.06 mg/L'lık $AlCl_3$ uygulamasının *Capoeta capoeta* için toksik olduğu sonucuna varılmıştır.

Önceki çalışmaların incelenmesi sonucunda Ladik Gölü'nde su ve sediment örnekleri ile gölde yaşayan balıkların dokusunda ağır metal birikimini biyokimyasal, hematolojik ve histopatolojik yönden araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tezde, Ladik Gölü'nün su, sediment ve Tatlısu Levreği (*Perca*

fluviatilis L., 1758) örneklerinde bazı ağır metal birikiminin incelenmesi amaçlanmaktadır.



3. MATERYAL VE METOT

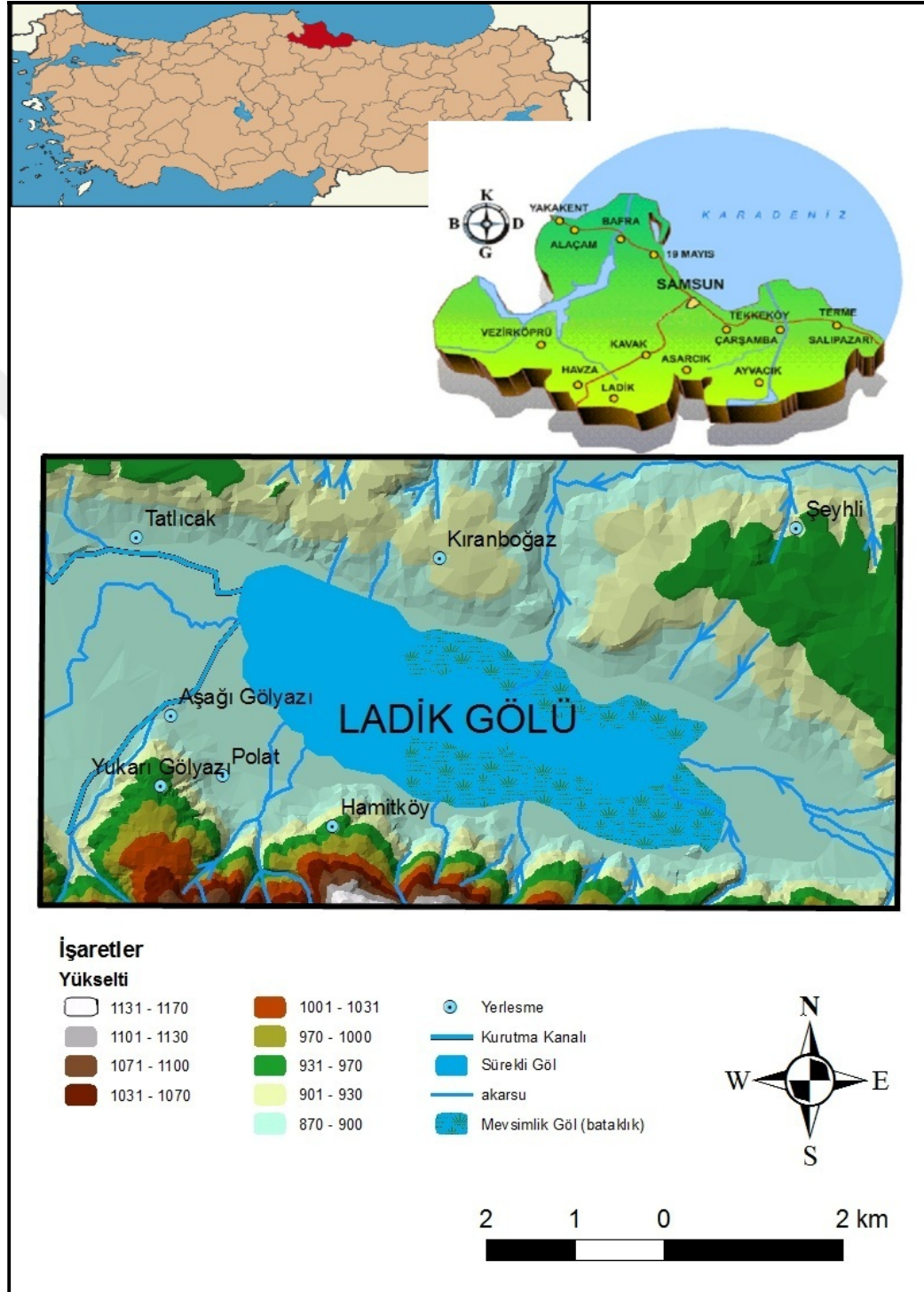
3.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı olarak seçilen Ladik Gölü Orta Karadeniz Bölgesi'nde, Samsun ilinin güneybatısında, 35°40'-36°05'doğu meridyenleri ile 40°50'-41°00' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Anonim, 1997). Ladik Gölü yer bulduru haritası Şekil 3.1'de verilmektedir. Samsun-Erzincan karayolunun 7. kilometresinde tektonik Ladik depresyonu içerisinde yer alan Ladik Gölü, Kuzey Anadolu fay hattı faaliyetleri sonucunda meydana gelen bir tektonik göldür (Maraşlıoğlu, 2001). Göl sistemi Akdağ'dan gelen Çakırgümüş ve Küpecik dereleri ile beslenirken, gölün deşarjı Yeşilirmak Nehri'ne bağlanan Tersakan çayı ile sağlanmaktadır. 558km² yüzölçüm alanına sahip olan Ladik Gölü'nün boyutları 5km uzunluk, 2km genişlik şeklindedir. Rakımı 867m olan gölün derinliği 2.5m'den yer yer 6m'ye ulaşmaktadır (Anonim, 2007; Polat, 2009). Ötrofik özellik gösteren Ladik Gölü sıcaklığı 7-28°C arasında değişmektedir (Maraşlıoğlu, 2001; Bulut, 2012). Ekosisteminde yaşayan canlı türlerinin yanı sıra Ladik Gölü zengin torf madeni ve yüzen adacıkları ile ilgi gören doğal bir sit alanıdır (Bulut, 2012). Ladik Gölü çevresinde ufak yerleşimler bulunmakla beraber, genel anlamda kırsal bir bölgedir. Göle 6km mesafede bir sanayi tesisi halihazırda işletmede bulunmaktadır.

Ladik Gölü'nde *Abramis brama* (L., 1758), *Capoeta tinca* (Heckel, 1843), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843), *Squalius cephalus* (L., 1758), *Scardinius erythrophthalmus* (L., 1758), *Perca fluviatilis* (L., 1758) ve *Barbatula kosswigi* (Erk'akan ve Kuru, 1986) gibi biyoçeşitlilik açısından değerli balık türleri yaşamaktadır (Uğurlu vd, 2009). 2007 yılından itibaren istilacı bir tür olan *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)'da gölde görülmeye başlanmıştır (Yılmaz vd, 2012).

Göl yatağının ıslah edilmesi için Devlet Su İşleri (DSİ) 1933 yılından itibaren çalışmalara başlamış ve 1951 yılında Mazlumoglu ve Kıranboğaz Köyleri arasında, Tersakan ırmağının membağına bir regülatör inşa edilmesiyle göl sularının akışı ıslah edilerek, daha düzenli akımlar elde edilmiştir (Anonim, 2009). 1973 yılında DSİ tarafından hazırlanmış olan Ladik Gölü Islah Planı kapsamında, 1986 yılında

regülatör yenilenerek ıslah çalışmalarına devam edilerek Ladik Gölü sulama amaçlı bir baraj gölü haline getirilmiştir (Anonim, 2007; Polat, 2009).



Şekil 3.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

3.2. Çalışma Materyalinin Tanıtılması

3.2.1. Tatlısu levreği, *Perca fluviatilis* (L., 1758)'in taksonomisi

Tatlısu levreğinin taksonomik yeri, Kuru (2009) esas alınarak aşağıda verilmiştir.

Alem	: Animalia
Şube	: Chordata
Grup-II	: Craniata
Alt Şube	: Gnathostomata
Üst Sınıf	: Pisces
Sınıf	: Osteichthyes
Alt Sınıf	: Actinopterygii
Üst Takım	: Teleostei
Takım	: Perciformes
Alt Takım	: Percoidei
Familya	: Percidae
Cins	: Perca
Tür	: <i>Perca fluviatilis</i> (Linneaus,1758)
Türkçe Adı	: Tatlısu levreği

3.2.2. Tatlısu levreğinin morfolojisi

Şekil 3.2'de gösterilen tatlısu levreği, *Perca fluviatilis* (L., 1758) Percidae familyasına ait balık türlerinden biridir. Ktenoid pullarla örtülü olan vücut, yanlardan biraz yassılaşmış ve oval şekillidir. Yanal çizgi yukarıya doğru kavis yapmıştır ve sırtın arteriyor bölgesi kambur görünüştedir. Ağız büyük yapılı olup, çene kemikleri ile platin ve vomer kemikleri üzerinde sivri dişler mevcuttur. Gözler arasında yer alan kafatası bölgesi pulsuz olmakla birlikte yanak kısımları ktenoid pullarla

örtülüdür. Gözler nispeten iri yapılı olup, çapları baş boyunun 1/5 ile 1/6'sı kadardır, başın tepe kısmına yakın yerde bulunurlar (Geldiay ve Balık, 2007).



Şekil 3.2. Tatlısu levreği, *Perca fluviatilis* (L., 1758)

I. dorsal yüzgeç, hemen ventrallerin hizasından başlar, serbest kenarı yuvarlaktır, yüksekliği ise önden arkaya doğru azalır. Anal yüzgeç II. dorsal yüzgece göre biraz daha geriden başlamaktadır. Kuyruk yüzgeci hafif girintili ve loplarının ucu yuvarlaktır. Vücudun genel rengi esmer-yeşil görünümündedir ve yan taraflarda sayıları 6-8 arasında değişen ve enine uzanan koyu-yeşil bantlar bulunur. I. dorsal yüzgecin posteriyor kısmında siyah renkli büyükçe bir benek mevcuttur. Anal ve kuyruk yüzgeci genellikle portakal kırmızısıdır (Geldiay ve Balık, 2007).

3.2.3. Coğrafik dağılımı

Dünyadaki dağılımı; Avrasya: Tür Avrupa'nın tamamından İber Yarımadası, İtalya merkezi ve Adriyatik Havzası hariç İskandinavya'nın en kuzeyine kadar; Mariza'da Ege Denizi Havzası'nda ve Struma'dan Aliakmon drenajına kadar; Aral Denizi Havzası: Sibirya'daki Arktik Okyanusun doğusundan Kolyma'ya kadar dökülen nehirlerde dağılım göstermektedir. Yaygın bir şekilde istilacı olup birkaç ülke istiladan sonra türün ortamda ekolojik açıdan negatif etki gösterdiği yönünde rapor bildirmişlerdir (Frose ve Pauly, 2019).

Türkiye'deki dağılımı: Marmara Bölgesi'ndeki göllerde, Sapanca ve Küçük Çekmece Gölleri'nde, Kuzey Anadolu Bölgesi'nde, Ladik ve Balık Gölleri ile Samsun, Bafra ve Terme yörelerindeki akarsular şeklindedir (Geldiay ve Balık, 2007). Derbent Baraj Gölü (Polat vd, 2004), Ürkmez Baraj Gölü (Beğburs, 2010) ve Tahtalı Baraj Gölü (İlhan vd, 2009)'nden tatlısu levreği farklı araştırmacılar tarafından örneklenmiştir.

3.2.4. Tatlısu levreğinin ekolojisi ve üreme biyolojisi

Hem durgun hem de akıntılı sularda yayılım gösteren balıklarından biri olan *Perca fluviatilis* (L., 1758) bir tatlı su balığı olmasına rağmen, hafif tuzlu sularda da (Taganrok Körfezi, Dinyeper-Bug limanı) bulunurlar (Slavtchenko, 1955-1956). Derelerde, akarsularda ve göllerde bulunan *Perca*, ılık sularda yaşadığı gibi, 1000 metreye kadarki yüksekliklerdeki serin yayla sularında da gözlenirler (Çelikkale, 1994). Sazlık, kamışlık bölgelerde büyük taşların ve kayaların arasında yaşarlar (Polat ve Uğurlu, 2011).

Kuzey Yarım Küre'de tatlısu levreği için yumurtlama ilkbahar mevsiminde su sıcaklığının 7-8°C olmasıyla başlar (Holcik, 1989). Geldiay ve Balık (2007) türün üreme zamanının ülkemiz sularında Nisan-Haziran ayları arasında olduğunu belirtmişlerdir. Tatlısu Levreğinin üreme dönemi enleme (enlem arttıkça daha geç tarihte yumurtlama başlar) bağlı olarak Şubat ayının sonundan Haziran ayının sonuna kadar sürebilmektedir (Thorpe, 1977). Türün erkek bireyleri eşeysel olgunluğa 2. yaşlarında ve 9-10cm boyda, dişileri 3 ve 4 yaşın sonlarında 15-20cm boyda ulaşırlar. Yaşadıkları habitatlara göre, bu yaş ve büyüklük değerleri önemli ölçüde değişiklik gösterir (Çelikkale, 1994).

3.2.5. Tatlısu levreğinin beslenme özellikleri

Makroomurgasızlardan balıklara doğru olan beslenme, türün boyu 18.0cm'nin üzerine çıktığında meydana gelir (Allen, 1935; Persson vd, 1991). Tatlısu levreğinin besini başlıca Krustaseler, böcek larvaları, balık yavruları ve küçük boylu balıkların erginleri oluşturur (Geldiay ve Balık, 2007). Gerçekleştirilen araştırmalarda ortamda bulunan besin varlığına ve habitata göre türün besinlerinin benzerlik ve farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Allen, 1935; Griffiths, 1976; Gargan ve O'Grady, 1992;

Jamet, 1994; Polat ve Kır, 1996; Lappalainen vd, 2001; Wziątek vd, 2004; Lorenzoni vd, 2007; Akın vd, 2011; Ceccuzzi vd, 2011).

3.2.6. Avcılık durumu

Bazı ülkelerde avcılık ve yetiştiriciliği birlikte gerçekleştirilirken, Türkiye’de Trakya yöresi ve Karadeniz Bölgesi’ndeki iç sularda avcılığı yapılmaktadır. Türün avcılığında kullanılan aletler; pinter (Le Cren, 1977), tuzaklar (Craig vd, 1979), uzatma ağlar (Beğburs, 2001), galsama ağlar (Hansson, 1985), çökertme ve dalyan (Slstenenko, 1995-1956) ile yapılmaktadır.

3.3. Araştırma Alanından Toplanan Örnekler ve Analizleri

3.3.1. Su analizi

Ladik Gölü’nden mevsimlik olarak alınan su örnekleri 1’er litrelik iki ayrı renkli şişelere konulmuştur. Suda ağır metal analizi yapılacak 1. plastik şişeye 5/1000mL oranında HNO_3 (nitrik asit) eklenmiştir. Nitrik asit, ortamda bulunan mikroorganizmaların biyolojik aktiviteleri sonlandırılarak, metallerin başka formlara dönüşmesini engeller. Su kalite kriterlerinin analiz edileceği 2. şişeye ise 40mg/L HgCl_2 (civa klorür) ilave edilmiştir. Civa klorür sudaki azot ve fosfor bileşenlerinin sabit kalmasını sağlamaktadır. Arazide su şişelerinin üzerine suyun alındığı yer, tarih ve saatini içeren etiketler yapıştırılarak laboratuvara getirilmiştir. Su örnekleri +4°C’de, analiz edilene kadar saklanmıştır. Göl suyunun sıcaklık ve pH değerlerinin arazide örnek toplama aşamasında gerçekleştirilmiştir. Su örneklerinde yapılacak analizler aşağıdaki çizelgede verilen metotlara uygun olarak belirtilen cihazlarda ikişer kez tekrarlanarak, sonuçlar Çizelge 3.1’de ortalama değer olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. Su, sediment ve balık örneklerinde yapılan kimyasal analizler için kullanılan metotlar

Parametre	Metot	Metot Numarası	Cihaz Marka/Model
pH	Elektrokimyasal Metot	SM 4500-H ⁺ B	WTW/pH330i/SET
İletkenlik	Laboratuvar Metodu	SM 2510 B	WTW/ LF330/SET
Toplam Sertlik	Hesap Metodu	SM 2340 B	-
Amonyum Azotu (NH ₄ ⁺ -N)	Titrimetrik Metot	SM4500-NH ₃ BC	VelpScientifica/UDK 127
Toplam Organik Karbon	Toplam Organik Karbon Tayini	TS 8195 EN 1484	Shimadzu/TOC-VCPN/TNM-1
Toplam Azot	Toplam Azot Tayini	TS EN 12260	Shimadzu/TOC-VCPN/TNM-1
Anyonlar (F ⁻ , Cl ⁻ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , Br ⁻ , PO ₄ ³⁻ , SO ₄ ²⁻) Metaller(nm; ppb) (Al 396.153; 0,9), (Ba233.527;0,555), (Cr267.716;0,744),(Cu 327.393; 1,41), (Fe 259.939; 0,2),(Mn257.610;0,095), (Pb220.353;2,21), (Zn206.200;1,19), Cd, Co, Ni, Hg, As, B, V	İyon Kromatografisi Metodu	SM 4110 B	Dionex/ICS 1000
	ICP OES Metodu	SM 3120 B	Perkinelmer/Optima 2100 DV

Gölden alınan su, sediment örnekleri ve tatlısu levreğinin solungaç karaciğer ve kas dokularından alınan örnekler ICP-OES (İndüktif Eşleştirilmiş Plazma Emisyon Spektrometresi)'de ağır metal düzeylerini belirlenmeden önce, prosedürü doğrulamak amacıyla yurtdışından temin edilen ve aşağıda verilen referans maddeler kullanılmıştır;

- ✓Yüzey suyunda ağır metal analizi için kullanılan standart referans madde; SPS-SW1 Bath 115, Spectrapure Stveards Form Oslo Norway,
- ✓Kas dokusu analizi için kullanılan standart referans madde; DORM-3 National Research Council Canada,
- ✓Karaciğer dokusu analizi için kullanılan standart referans madde; DOLT-4 National Research Council Canada,
- ✓Sediment analizi için kullanılan standart referans madde; WQB-1, sediment örneği.

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2872 Sayılı Çevre Kanunu'na (Anonim, 1983) ek olarak hazırlanan; Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne (Anonim, 2004a) göre kıta içi su kaynakları fiziko-kimyasal veriler kullanılarak dört kalite sınıfında değerlendirilmektedir, bu değerler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre kalite kriterleri (Anonim, 2004a)

	Parametreler	Sınıflar			
		I	II	III	IV
Fiziksel ve İnorganik/Kimyasal Parametreler	Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
	pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
	Çözülmüş oksijen (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	<3
	Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
	Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
	Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
	Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
Organik Parametreler	Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20

Suyun kalite kriterlerinde ölçülen parametre değerlerinin sonuçlarına göre suyun kalite sınıfları 4'e ayrılır. Bunlar; yüksek kalitede içme suyu olarak adlandırılan I. Sınıf sularıdır. Az kirlenmiş sular olarak adlandırılan arıtma ile içme suyu temini sağlanan II. Sınıf sularıdır. Kirlenmiş sular olarak adlandırılan ve sadece arıtma ile kaliteli su ihtiyacı olmayan alanlarda kullanılan III. Sınıf sularıdır. Çok kirlenmiş sular ise düşük kaliteli sular olan IV. Sınıf suların kullanım alanı yoktur.

Klee (1991)' e göre yapılan su kalitesi değerlendirilmesinde Fiziko-kimyasal verilerin ışığında Çizelge 3.3'de gösterilen dört ana ve üç ara sınıf olmak üzere yedi sınıf bulunmaktadır.

Çizelge 3.3. Farklı kirlenme basamaklarının istatistiksel ortalama değerlerine göre kimyasal parametrelerin dağılımı (Klee, 1991)

	Biyolojik Oksijen İhtiyacı	Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	Nitrit Azotu (NO ₂ -N)	Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	Orto-Fosfat Fosforu (PO ₄ -P)
I	1,1	0,08	0,006	1,2	0,06
	0,7-1,9	0,06-0,15	0,003-0,010	0,8-1,8	0,003-0,09
I-II	1,8	0,11	0,013	1,7	0,08
	1,2-2,8	0,09-0,21	0,008-0,033	1,0-3,9	0,04-0,21
II	3,2	0,16	0,03	3,0	0,19
	2,1-5,8	0,11-0,30	0,018-0,055	1,9-4,7	0,09-0,38
II-III	6,2	0,4	0,055	3,9	0,3
	4,1-7,8	0,14-0,8	0,025-0,104	2,4-6,4	0,09-0,82
III	9,9	0,9	0,11	4,4	1
	5,2-11,6	0,3-2,9	0,056-0,21	2,9-7,3	0,48-1,35
III-IV	10,8	2,48	0,19	7,0	1,7
	6,2-12,3	0,6-5,52	0,092-0,280	3,8-12,2	0,72-1,98
IV	14,2	12,2	0,28	2,6	2,48
	7,9-17	2,8-28	0,06-0,45	1,5-5,2	1,1-3,0

3.3.2. Sediment analizi

Analizi yapılacak olan sediment örnekleri, arazide ekman kepçesi yardımı ile gölü temsil eden orta bölgenin dip kısmından homojen şekilde alınmıştır. Alınan örnekler steril renkli kaplar içerisine konulup etiketlemeleri yapıldıktan sonra analizi yapılncaya kadar derin dondurucuda tutulmuştur. Analizi yapılacak sediment örneklerine, EPA 3051 A marka mikrodalga yardımıyla asit sindirim metodu uygulanmıştır. Kuru ağırlığı 0.5g olan sediment örnekleri mikrodalga çözünürleştirme tüplerine yerleştirilmiş ve üzerlerine 9mL (%65) nitrik asit (HNO_3) ve 3mL (%37) hidroklorik asit (HCl) eklenerek Milestone Start D marka mikrodalga cihazında sindirilmiştir.

Sindirilen örnekler SM 3120 B metot numaralı ICP-OES metoduna göre Perkinelmer Optima 2100 DV marka cihazda ağır metal (Cd, Co, Ni, Cu, Pb, Hg, As, Fe, B, V, Mn, Zn, Al, Ba, Cr) analizleri ikişer tekrarlı olarak yapılmış, sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir.

3.3.3. Doku analizi

Analizi yapılmak üzere laboratuvara getirilen balık örnekleri çalışma suyu ve bidistile su ile birkaç kez yıkanmışlardır. Pulları temizlenen balık örneklerine disseksiyon yapılmıştır. Disseksiyonu yapılan her balığın karaciğeri, solungaçlarının tümü ve sırtın yan tarafından dorsal yüzgeçlerinin ön kısmından yaklaşık 1.5-2.0g kadar kas örneği alınmıştır. EPA 3051 A mikrodalga yardımıyla asit sindirim metodu uygulanmıştır. Balık dokuları mikrodalga sindirim yöntemi ile çözünürleştirilmiştir. Belirli miktar doku örneği 2:1 oranında HNO_3 ve HClO_4 (perklorik asit) ile parçalandıktan sonra çift deiyonize su ile hacimleri sabitlenmiştir. Bu işlemde sonra balık dokuları SM 3120 B metot numaralı göre Perkinelmer Optima 2100 DV marka cihazda ICP-OES metodu kullanılarak ağır metallerin (Cd, Zn, Al, Ba, Ni, Cu, Pb, Hg, As, V, Fe, B, Mn, Co, Cr) analizleri ikişer tekrarlı olarak yapılmıştır ve sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir.

3.3.4. Biyokimyasal parametrelerin analizi

Araştırma alanından her mevsim *Perca fluviatilis* canlı kalacak şekilde yakalanmıştır. Analize hazır canlı balıklar araştırma yapılmak üzere hazırlanmış %5 lik fenoksietanol ($C_8H_{10}O_2$)’ün bulunduğu kabın içerisine konularak 5-10s bayıltılmıştır. Bayıltılan balıkların kanları “direkt kuyruk kesme yöntemi” ile dorsal aorttan cam tüplere 0.5mL alınmıştır. Alınan örnekler $+4^{\circ}C$ ’de ve 5000rpm’de 5 dakika santrifüjlenen kan örneklerinden serumlar elde edilmiştir. Elde edilen serumlar cam tüplere aktarıldıktan sonra etiketlemeleri yapılmış ve sıvı azot tankları yardımı ile 12 saat içerisinde analizi yapılmak üzere laboratuara getirilmiştir. Serumlar hazır ticari kitlerle çalışılan biyokimyasal otoanalizör (Siemens Adria 1800)’de TP, ALB, CHO, Trig, BUN, Gluc, ALT, AST, LDH, ALP, Ca, Cl, Na, K, Fe ve P’un serum biyokimyasal parametrelerinin analizi yapılmıştır.

3.3.5. Hematolojik parametrelerin analizi

Araştırma alanından canlı toplanıp bayıltılan *Perca fluviatilis* kanları “direkt kuyruk kesme yöntemi” ile dorsal aorttan EDTA (etilen diamin tetra asetik asit)’ lı tüplere 0.5mL kadar alınmıştır. Etiketlenen örnekler sıvı azot tankları yardımı ile laboratuvara getirilmiştir. Hematolojik parametrelerin (total lökosit, granülosit ve agranülosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit ve trombosit) analizi 30 dakika içerisinde veteriner amaçlı Ms4 (Melet Schloesing, Fransa) kan sayım cihazında hazır ticari kitler kullanılarak yapılmıştır.

3.3.6. Histopatolojik inceleme

Araştırma alanından elde edilen balık örneklerinin diseksiyon sonrası alınan doku örnekleri (karaciğer, solungaç), doku takip kasetlerine alınıp etiketlenmiştir. Kasetler yeni hazırlanmış tespit solüsyonuna (%10’luk formalin) konulmuştur. 24 saat fiksasyon için bekletilen dokular fiksatiften çıkarılınca 24 saat hafif akan çeşme suyunda yıkanmıştır. Yıkama işlemi biten dokular Şekil 3.3’de görülen Leica TP1020 model doku takip cihazına yerleştirilip dehidrasyon, saydamlaştırma ve parafin emdirme işlemleri sonrasında cihazdan çıkarılmıştır (Talas vd, 2014).



Şekil 3.3. Leica TP1020 model doku takip cihazı

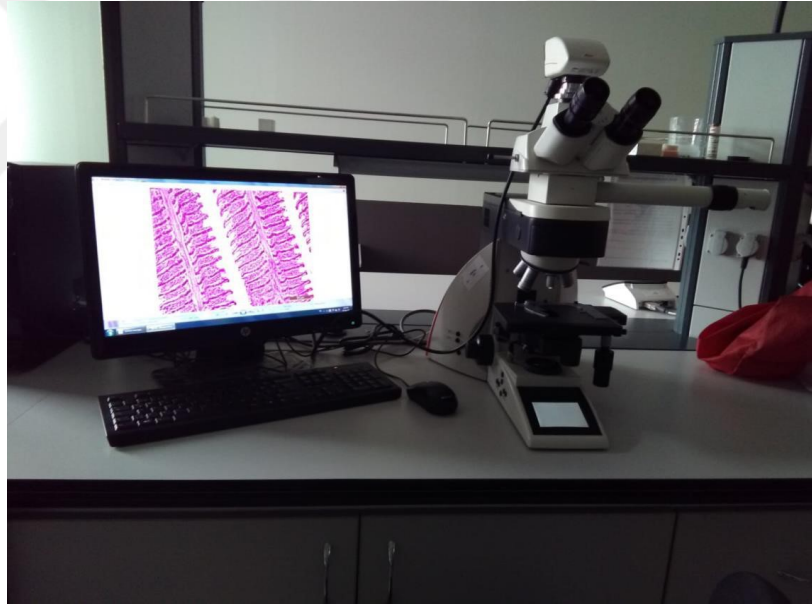
Örnekler, Şekil 3.4’de verilen Leica EG1160 model doku bloklama cihazı kullanılarak uygun parafin bloklarda stoklanmıştır. Şekil 3.5’de gösterilen Leica RM 2125RTS model döner mikrotomda 5-6 μ kalınlığında doku kesitleri alınarak lama yapıştırılmıştır. Alınan kesitler lama yapıştırıldıktan sonra, hücresel yapıda meydana gelen değişimleri gösterebilmek için Harris Hematoksilen Eozin (HE) boyama yapılmıştır. Boyanan preparatlar entellan ile kapatıldıktan sonra Şekil 3.6’da gösterilen Leica DM3000 model ışık mikroskopunda incelenerek fotoğraflanmıştır.



Şekil 3.4. Leica EG1160 model doku bloklama cihazı



Şekil 3.5. Leica RM 2125RTS model döner mikrotom



Şekil 3.6. Leica DM3000 model ışık mikroskobu

3.4. İstatistiksel Analiz

SPSS 15.0 istatistik paket programı kullanılarak elde edilen sonuçların analizi gerçekleştirilmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ONE WAY ANOVA)'da Duncan's modeli ile gruplar arası önem derecesi; Student-T testi ile de doz gruplarının süreye bağlı karşılaştırmaları hesaplanmıştır ($p < 0.05$).

4. BULGULAR

4.1. Su Kalite Kriterlerinin Mevsimsel Dağılımı

Ladik Gölü'nden alınan su örneklerinde ölçülen fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değişimlerinin ortalama değerleri ve standart hataları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ladik Gölü fiziko-kimyasal parametrelerinin mevsimsel dağılımı

Parametreler	Mevsimler			
	İlkbahar X ± SE	Yaz X ± SE	Sonbahar X ± SE	Kış X ± SE
Sıcaklık °C	15.4±0.12 ^b	21.2±0.40 ^a	10.4±0.32 ^c	2.2±0.21 ^d
Çözünmüş Oksijen mg/L	7.6±0.22 ^b	7.1±0.15 ^c	8.2±0.25 ^b	9.3±0.20 ^a
pH	7.5±0.03 ^b	7.2±0.07 ^b	8.0±0.08 ^a	8.1±0.02 ^a
Toplam Organik Karbon (TOC) (mg/L)	21.9±2.25 ^a	23.6±1.47 ^a	15.1±3.23 ^b	13.9±1.11 ^b
Toplam Organik Azot (mg/L) (TN)	1.5±0.20 ^b	2.2±0.21 ^a	1.4±0.14 ^b	1.1±0.17 ^c
Amonyum NH ₄ -N (mg/L)	0.5±0.06 ^a	0.4±0.03 ^a	0.3±0.03 ^b	0.2±0.02 ^c
Nitrit Azotu NO ₂ -N (mg/L)	0.02±0.003 ^b	0.04±0.002 ^a	0.02±0.005 ^b	0.02±0.009 ^b
Nitrat Azotu NO ₃ -N (mg/L)	3.9±0.23 ^b	4.8±0.07 ^a	1.8±0.25 ^c	1.6±0.59 ^c
Orto Fosfat Fosforu PO ₄ -P (mg/L)	1.7±0.16 ^a	1.5±0.27 ^a	0.6±0.05 ^b	0.4±0.21 ^b
Florür (mg/L)	0.2±0.001 ^b	0.3±0.01 ^a	0.2±0.01 ^b	0.2±0.01 ^b
Mg (mg/L)	5,1±0,13 ^a	5,4±0,12 ^a	2,3±0,07 ^b	2,2±0,09 ^b
Ca (mg/L)	36,4±1,21 ^a	37,2±2,41 ^a	27,7±3,12 ^b	26,4±2,08 ^b
Elektrik İletkenliği (µS/cm)	295.0±3.66 ^b	325.2±2.35 ^a	277.8±1.82 ^c	262.8±2.75 ^d
Sertlik (°dH)	110.2±3.18 ^c	114.6±3.25 ^b	104.4±6.48 ^a	102.4±3.51 ^b
Toplan Çözünmüş Katı Madde (mg/L)	207.6±4.13 ^b	168.6±5.39 ^c	212.6±1.12 ^b	241.0±3.12 ^a

[^{a, b, c, d}]: Her satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
X ± SE: Ortalama ± Standart hata, N:22

Çizelge 4.1'e göre gölde ölçülen ortalama sıcaklıklar içinde en yüksek değer yaz mevsiminde görülmektedir. Göl derinliğinde kış mevsiminde alçalmalar görülmektedir. Bu durum gölün düşük sıcaklıklarda daha kolay donmasına neden olmaktadır. Çözünmüş oksijen miktarı mevsimler arası sıcaklık farkı nedeniyle en yüksek kış mevsiminde görülmektedir. Göl suyu tüm mevsimlerde bazik özellik göstermekle birlikte en yüksek pH değeri 8.1 ile kış mevsiminde ölçülmüştür. Toplam organik karbon (TOC) seviyesinde ilkbahar ve yaz mevsiminde herhangi bir farklılık görülmemekle beraber sonbahar ve kış mevasimlerinde düşük seyretmektedir. Toplam organik azot yükü (TN) en yüksek yaz mevsiminde görülmektedir. Amonyum azotu değerleri ilkbahar ve yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre daha yüksek tespit edilmiştir. Orto fosfat fosforu ilkbahar ve yaz

mevsiminde yüksek değerlerde gözlenmiştir. Florür seviyeleri yaz mevsiminde yüksek, diğer mevsimlerde aynı değerlerde seyretmiştir. Magnezyum ve kalsiyum değerleri en yüksek ilkbahar ve yaz mevsimlerinde izlenmiştir. Suyun elektrik iletkenliğinin yaz mevsiminde en yüksek seviyelerde seyrettiği, kış mevsiminde ise düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Sertlik en çok yazın, toplam çözünmüş katı madde ise en yoğun kışın gözlenmiştir.

4.2. Su-Sediment ve Balık Dokularında Ağır Metallerin Mevsimsel Dağılımı

4.2.1. Su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı

Ladik Gölü'nden alınan su örneklerinde ölçülen ağırmetal (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının, ortalama değerleri ve standart hatalarının mevsimlere göre dağılımı Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ladik Gölü su örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı

Metaller (mg/L)	Mevsimler			
	İlkbahar X±SE Min.-Max.	Yaz X±SE Min.-Max.	Sonbahar X±SE Min.-Max.	Kış X±SE Min.-Max.
Al	0,5±0,07 ^a (0,4-0,6)	0,6±0,03 ^a (0,4-0,7)	0,1±0,03 ^b (0,1-0,2)	0,1±0,03 ^b (0,1-0,2)
Ba	0,04±0,001 ^b (0,03-0,04)	0,07±0,006 ^a (0,05-0,08)	0,03±0,008 ^b (0,02-0,04)	0,03±0,007 ^b (0,02-0,04)
Cr	0,04±0,001 ^a (0,03-0,06)	0,05±0,002 ^a (0,04-0,06)	0,02±0,004 ^b (0,01-0,03)	0,02±0,004 ^b (0,01-0,03)
Cu	0,5±0,03 ^b (0,3-0,8)	1,0±0,04 ^a (0,9-1,2)	0,4±0,03 ^b (0,2-0,6)	0,3±0,04 ^b (0,2-0,5)
Fe	11,3±1,03 ^b (6,6-11,7)	17,4±1,17 ^a (14,3-20,8)	7,32±1,34 ^b (6,2-9,4)	6,0±1,22 ^b (5,2-7,2)
Mn	0,9±0,01 ^a (0,5-1,6)	1,1±0,001 ^a (0,4-1,8)	0,2±0,02 ^b (0,1-0,3)	0,2±0,01 ^b (0,1-0,3)
Pb	0,4±0,02 ^a (0,2-0,7)	0,5±0,03 ^a (0,3-0,7)	0,1±0,001 ^b (0,07-0,16)	0,1±0,01 ^b (0,08-0,14)
Zn	1,8±0,12 ^a (1,2-2,7)	2,2±0,23 ^a (1,5-2,9)	0,7±0,04 ^b (0,5-1,0)	0,6±0,12 ^b (0,5-1,1)

[^{a,b,c,d}]: Her satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)
X ± SE: Ortalama ± Standart hata, Her mevsim için örneklenen numune sayısı N:22

Yapılan çalışmada ağır metallerin mevsimlere göre sıralamasının Cr, Al, Pb ve Mn'de Yaz=İlkbahar>Kış=Sonbahar, Ba, Fe ve Cu için Yaz>İlkbahar=Kış=Sonbahar ve Zn için ise Yaz>İlkbahar>Kış=Sonbahar şeklinde olduğu tespit edilmiştir. Çizelge

4.2’de yer almayan Hg, Cd, Co, Ni, As, B, V ağır metallerinin ölçüm değerleri limit değerinin altında olduğu için değerlendirmeye alınmamıştır.

4.2.2. Sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı

Ladik Gölü’nden alınan sediment örneklerinde ölçülen ağır metal (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn) konsantrasyonlarının mevsimlere göre dağılımı, ortalama değer ve standart hataları Çizelge 4.3’te verilmiştir. Buna göre sedimentteki ağır metal birikimi mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, Ba, Cu, Mn ve Pb’da Yaz>İlkbahar>Kış=Sonbahar, Fe’ de Yaz>İlkbahar=Kış=Sonbahar, Al’ da Yaz>İlkbahar>Kış= onbahar şeklinde dağılım gösterirken, Cr ve Zn seviyelerinde mevsimler arası anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Tabloda belirtilmeyen Cd, Co, Ni, Hg, As, B, V ağır metalleri ölçüm limit değerinin altında olduğu için değerlendirmeye alınmamıştır.

Çizelge 4.3. Ladik Gölü sediment örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı

Metaller (mg/L)	Mevsimler			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
	X±SE Min.–Max.	X±SE Min.–Max.	X±SE Min.–Max.	X±SE Min.–Max.
Al	87,3±10,72 ^a (80,5-118,5)	105,3±5,31 ^a (80,6-125,1)	50,3±1,32 ^b (46,7-52,9)	48,9±15,83 ^b (22,3-74,9)
Ba	3,4±0,07 ^a (1,6-4,8)	3,3±0,07 ^a (1,8-4,4)	2,3±0,06 ^b (1,5-3,4)	2,3±0,39 ^b (1,5-3,4)
Cr	7,7±1,24 ^a (4,5-10,0)	8,6±1,30 ^a (5,5-12,7)	5,2±1,12 ^b (4,1-9,1)	6,3±1,10 ^b (4,1-9,3)
Cu	13,5±1,62 ^a (12,3-24,9)	14,6±1,25 ^a (13,0-25,7)	7,0±1,19 ^b (6,9-11,9)	8,1±1,05 ^b (6,8-11,5)
Fe	84,0±10,6 ^a (56,1-142,6)	108,2±2,04 ^a (74,2-133,1)	61,2±1,52 ^b (58,6-65,3)	80,3±6,54 ^b (69,8-128,4)
Mn	152,0±10,14 ^a (111,3-210,8)	157,7±14,04 ^a (110,5-201,7)	71,6±10,12 ^b (51,3-101,8)	69,7±10,54 ^b (48,0-104,4)
Pb	4,3±0,33 ^a (4,7-6,30)	5,1±0,44 ^a (4,4-6,13)	2,8±0,26 ^b (2,7-3,14)	3,1±0,38 ^b (2,6-3,13)
Zn	155,1±16,42 ^a (74,3-209,6)	166,2±15,66 ^a (65,7-240,3)	120,4±12,15 ^b (41,8-203,2)	113,1±13,16 ^b (38,6-195,5)

[^{a,b,c,d}]: Her satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

X ± SE: Ortalama ± Standart hata, Her mevsim için örneklenen numune sayısı N=22

4.2.3. Balık dokusunda ağır metal seviyelerinin mevsimsel dağılımı

Ladik Gölü’nden alınan *Perca fluviatilis*’in dokularında ölçülen ağır metal düzeylerinin mevsimsel dağılımı, ortalama değer ve standart hataları Çizelge 4.4’de

verilmiştir. Çizelge 4.4'e göre tüm mevsimlerde Ba, Cr ve Mn ağır metallerinin yoğunluğunun dokulardaki dağılımı Solungaç>Karaciğer>Kas olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Cu ağır metalinin yoğunluğunun dokulardaki dağılımı ise Karaciğer>Solungaç>Kas şeklinde sıralama göstermektedir. Al, Fe, Pb ve Zn seviyelerinde mevsimler ve dokular arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. *Perca fluviatilis*' in farklı üç dokusundaki toplam ağır metal düzeylerinin en yoğun olduğu mevsimler incelendiğinde, kış mevsiminde; Al, Fe ve Pb ağır metalleri, ilkbahar mevsiminde; Ba, Cr, Mn ve Zn ağır metalleri ve yaz mevsiminde; sadece Cu ağır metalinde birikim gösterdiği belirlenmiştir.



Çizelge 4.4. *Perca fluviatilis*'in dokularında bazı ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel dağılımı

Ağır Metaller (µg/g)	Dokular	Mevsimler			
		İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
		X±SE Min.-Max.	X±SE Min.-Max.	X±SE Min.-Max.	X±SE Min.-Max.
Al	Kas	10,6±1,17 ^{ya} (6,3-12,8)	2,5±0,40 ^{yc} (1,8-3,2)	13,1±1,32 ^{ya} (11,8-14,5)	7,4±0,50 ^{yb} (6,4-8,0)
	Solungaç	105,7±19,85 ^{xb} (37,4-145,7)	73,0±3,12 ^{xb} (66,8-77,0)	253,3±51,25 ^{xa} (151,8-316,9)	275,7±65,5 ^{xa} (188,0-403,9)
	Karaciğer	32,6±7,45 ^{yb} (16,7-60,7)	8,1±0,86 ^{yc} (6,4-9,0)	4,0±0,03 ^{yc} (3,9-4,1)	169,5±1,33 ^{xa} (166,9-171,3)
Ba	Kas	3,6±0,93 ^{ya} (1,5-6,8)	1,3±0,05 ^{yc} (1,1-1,4)	0,4±0,03 ^{yc} (0,2-0,8)	3,4±0,09 ^{yab} (3,3-3,6)
	Solungaç	9,4±1,82 ^{xa} (2,7-13,4)	5,4±0,64 ^{xc} (4,1-6,1)	5,4±0,74 ^{xc} (3,9-6,5)	8,1±1,02 ^{xb} (7,0-10,2)
	Karaciğer	3,8±0,34 ^{ya} (2,4-4,3)	0,9±0,39 ^{yc} (0,1-1,4)	2,4±0,07 ^{yb} (2,2-2,5)	3,6±0,19 ^{ya} (3,2-3,9)
Cr	Kas	1,3±0,16 ^y (1,0-1,8)	1,0±0,12 ^y (0,8-1,2)	0,7±0,02 ^y (0,6-0,7)	1,2±0,18 ^y (0,9-1,5)
	Solungaç	2,5±0,49 ^x (0,6-3,3)	1,9±0,16 ^x (1,6-2,2)	2,7±0,31 ^x (2,1-3,1)	2,7±0,22 ^x (2,3-3,1)
	Karaciğer	1,4±0,51 ^y (0,7-3,4)	1,0±0,18 ^y (0,7-1,3)	1,0±0,08 ^y (0,9-1,1)	0,9±0,02 ^y (0,8-1,0)
Cu	Kas	0,9±0,06 ^{yb} (0,8-1,1)	0,9±0,20 ^{yb} (0,6-1,2)	0,7±0,07 ^{yb} (0,6-0,8)	1,7±0,23 ^{ya} (1,3-2,0)
	Solungaç	1,4±0,25 ^y (0,7-2,2)	0,8±0,09 ^y (0,6-0,9)	0,9±0,13 ^y (0,7-1,1)	1,3±0,25 ^y (0,9-1,8)
	Karaciğer	9,6±1,40 ^{xc} (6,1-13,5)	76,1±4,02 ^{xa} (70,3-83,8)	32,3±0,34 ^{xb} (31,8-33,0)	8,3±0,06 ^{xc} (8,2-8,4)
Fe	Kas	17,6±0,99 ^{yab} (14,3-19,8)	9,8±1,68 ^{yb} (7,4-13,0)	6,9±0,62 ^{zb} (6,2-7,5)	32,2±11,39 ^{za} (17,6-54,6)
	Solungaç	279,3±20,63 ^{xa} (213,5-333,0)	140,3±51,21 ^{xb} (62,1-236,8)	284,9±44,51 ^{ya} (196,0-333,0)	334,1±62,7 ^{ya} (244,4-455,0)
	Karaciğer	237,7±11,65 ^{xc} (202,9-269,8)	668,0±80,1 ^{yb} (565,1-838,5)	577,2±0,40 ^{xb} (576,4-577,8)	813,2±4,68 ^{xa} (806,9-822,4)
Mn	Kas	2,3±0,67 ^y (1,0-4,9)	0,6±0,16 ^y (0,4-0,9)	0,7±0,13 ^z (0,5-0,8)	2,0±0,8 ^y (0,7-4,1)
	Solungaç	29,6±5,34 ^x (12,5-45,4)	17,7±4,56 ^x (10,6-26,2)	23,0±4,44 ^x (14,3-29,1)	26,6±4,92 ^x (21,2-36,4)
	Karaciğer	9,3±1,78 ^{yab} (6,8-16,3)	5,5±0,17 ^{yb} (5,2-5,8)	9,5±0,08 ^{yab} (9,3-9,6)	11,1±0,07 ^{ya} (10,1-11,2)
Pb	Kas	1,0±0,13 ^{yb} (0,7-1,5)	4,1±1,88 ^a (1,3-7,6)	1,0±0,03 ^b (1,0-1,1)	2,8±0,15 ^{xab} (2,6-3,1)
	Solungaç	1,4±0,13 ^{xb} (1,1-1,9)	0,9±0,14 ^b (0,6-1,1)	0,9±0,21 ^b (0,4-1,1)	2,8±0,47 ^{xa} (1,9-3,5)
	Karaciğer	1,1±0,04 ^{xyb} (0,9-1,2)	1,3±0,32 ^{ab} (0,8-1,9)	1,1±0,01 ^b (1,0-1,2)	1,6±0,01 ^{ya} (1,5-1,7)
Zn	Kas	65,0±4,62 ^{ya} (56,2-82,9)	35,7±1,38 ^{zb} (33,3-38,0)	40,3±11,4 ^{zb} (28,8-51,6)	41,5±4,34 ^{yb} (37,8-46,3)
	Solungaç	223,3±17,38 ^{xa} (183,4-281,5)	101,8±14,73 ^{yc} (84,6-131,1)	136,5±15,14 ^{ybc} (109,7-162,1)	204,7±44,3 ^{xab} (152,5-292,9)
	Karaciğer	210,6±13,94 ^{xa} (166,8-245,2)	215,2±0,7 ^{xa} (213,8-216,0)	231,0±0,48 ^{xa} (230,1-232,0)	68,3±0,05 ^{yb} (68,2-68,4)

[a,b,c,d]: Her satırdaki farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

[x,y,z]: Her sütündeki farklı harfler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

X ± SE: Ortalama ± Standart hata, Her mevsim için örneklenen numune sayısı N=25

4.3. Balık Örneklerinde Biyokimyasal Parametrelerinin Mevsimsel Dağılımı

Ladik Gölü’nden alınan *Perca fluviatilis*’in biyokimyasal parametrelerinin mevsimlere göre dağılımı, ortalama değer ve standart hata Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. *Perca fluviatilis*’in biyokimyasal parametrelerinin mevsimsel dağılımı

Serum Biyokimyasal Parametreler	Mevsimler			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Metabolitler				
TP (mg/dL)	2,1±0,14 ^c	3,3±0,12 ^a	2,8±0,12 ^b	2,7±0,09 ^b
ALB (mg/L)	0,6±0,08 ^c	1,3±0,18 ^a	1,1±0,16 ^b	1,0±0,12 ^b
Gluc (mg/L)	124,2±5,04 ^b	152,6±10,23 ^a	66,5±2,27 ^c	64,5±2,10 ^c
Chol (mg/L)	158,8±5,60 ^b	194,7±7,50 ^a	132,8±4,21 ^c	128,8±4,21 ^c
Trig (mg/L)	245,8±3,47 ^b	335,6±5,72 ^a	110,5±5,43 ^c	107,5±5,16 ^c
BUN (mg/L)	4,1±0,14 ^b	4,7±0,27 ^a	2,4±0,60 ^c	2,2±0,51 ^c
Hormon				
Cort (µg/ dL)	1402,7±21,64 ^b	1598,6±26,86 ^a	648,8±28,54 ^c	628,8±25,32 ^c
Enzimler				
AST (U/L)	297,8±15,87 ^a	250,0±19,66 ^b	203,3±16,87 ^c	196,9±15,91 ^c
ALT (U/L)	39,8±5,15 ^a	24,0±3,96 ^b	13,5±2,03 ^c	11,5±1,87 ^c
LDH (U/L)	864,6±9,93 ^a	751,0±7,29 ^b	565,8±9,94 ^c	555,8±6,83 ^c
ALP (U/L)	6,2±0,45 ^a	4,5±0,27 ^b	2,5±0,64 ^c	2,2±0,41 ^c
Elektrolitler				
Ca (mg/L)	3,7±0,54 ^d	12,4±1,45 ^a	9,5±1,40 ^b	6,1±1,23 ^c
P (mg/L)	7,0±0,66 ^d	17,3±1,36 ^a	14,4±1,51 ^b	9,9±1,05 ^c
Fe (mg/L)	49,6±2,50 ^d	75,0±2,11 ^a	64,1±3,10 ^b	52,6±2,55 ^c
Na (nmol/L)	85,5±1,15 ^a	74,4±1,89 ^b	47,0±1,22 ^c	43,0±1,04 ^c
K (nmol/L)	13,3±1,44 ^a	8,8±1,22 ^b	2,1±0,89 ^c	2,2±0,75 ^c
Cl (nmol/L)	61,0±3,94 ^a	48,2±2,60 ^b	33,0±2,94 ^c	30,8±2,71 ^c

[^{a,b,c,d}]: Her satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).
Ortalama ± Standart hata, N:62

Çizelge 4.5’e göre kortizol hormonunun seviyesinin mevsimlere göre dağılımı; Yaz>İlkbahar>Sonbahar=Kış. Serum metabolitlerinden total protein ve albümin seviyelerinin mevsimlere göre dağılımı; Yaz>Sonbahar>Kış>İlkbahar, glikoz, kolesterol ve trigliserit seviyelerinin dağılımı Yaz>İlkbahar>Sonbahar=Kış şeklinde belirlenmiştir. Serum enzimleri ALT, AST, LDH, ALP seviyelerinin mevsimlere göre dağılımı; İlkbahar>Yaz>Sonbahar>Kış, serum elektrolitlerinden kalsiyum, fosfor, demir düzeylerinin mevsimlere göre dağılımı; Yaz>Sonbahar>Kış>İlkbahar

sodyum, potasyum ve klorür seviyelerinin ise İlkbahar>Yaz>Sonbahar=Kış şeklinde belirlenmiş, bulguların anlamlı olduğu gösterilmiştir ($p<0.05$).

4.4. Balık Örneklerinde Hematolojik Parametrelerinin Mevsimsel Dağılımı

Çizelge 4.6’da *Perca fluviatilis* (L., 1758)’in mevsimlere göre alınan kan örneklerinde incelenen parametrelere yer verilmiştir. Buna göre total lökosit-eritrosit-trombosit sayıları, granülosit, agranülosit oranları, hemoglobinin miktarı ve hematokrit değerler arasında mevsimlerle ilişkili anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu anlamlı farklılıklar; ilkbahardan yaz geçişinde total lökosit-eritrosit-trombosit sayıları, hemoglobinin miktarı, hematokrit değeri ve granülosit oranlarında artma, sonbahardan kışa doğru geçişte ise azalma yönünde gerçekleşmektedir. Ancak, agranülosit oranlarında ise tam tersi bir durum söz konusudur

Çizelge 4.6. *Perca fluviatilis* kan parametrelerinin mevsimsel dağılımı

Kan Parametreleri	Mevsimler			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Total Lökosit Sayısı $10^3/\text{mm}^3$	10.9±0.18 ^b	12.3±0.21 ^a	9.1±0.16 ^c	7.2±0.14 ^d
Granülosit Oran (%)	85.4±2.18 ^c	90.6±3.10 ^d	80.4±1.84 ^b	70.0±1.45 ^a
Agranülosit Oran (%)	14.6±2.18 ^b	9.4±3.10 ^a	19.6±1.84 ^c	30.0±1.45 ^d
Eritrosit Sayısı $10^6/\text{mm}^3$	2.5±0.17 ^b	2.9±0.22 ^a	1.8±0.24 ^c	1.6±0.25 ^d
Hemoglobinin Miktarı (g/dL)	11.7±0.32 ^b	13.3±0.36 ^a	10.2±0.41 ^c	9.60±0.03 ^d
Hematokrit Değeri Oran (%)	38.7±1.44 ^b	44.1±1.51 ^a	32.1±1.65 ^c	27.6±0.97 ^d
Trombosit Sayısı ($10^3/\text{mm}^3$)	412.2±5.80 ^b	482.7±6.40 ^a	365.1±4.56 ^c	332.4±4.68 ^d

[a,b,c,d]: Her sütunda farklı harfle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).
Ortalama ± Standart hata, N:56

4.5. Balık Örneklerinde Çeşitli Dokuların (Solungaç ve Karaciğer) Histopatolojilerinin Mevsimsel Dağılımı

Ladik Gölü’nden yakalanan *Perca fluviatilis* (L., 1758)’in karaciğer ve solungaç dokuları histopatolojik yönden incelenmiş olup, bu dokulardaki lezyon tipleri mevsimlere bağlı olarak Çizelge 4.7 (Karaciğer) ve Çizelge 4.8 (Solungaç)’de gösterilmiştir.

4.5.1. Karaciğer

Çizelge 4.7’de verilen karaciğer dokusunda gözlenen toksipatolojik lezyonların mevsimlere göre dağılımı dikkate alındığında özellikle toksik maddelere bağlı

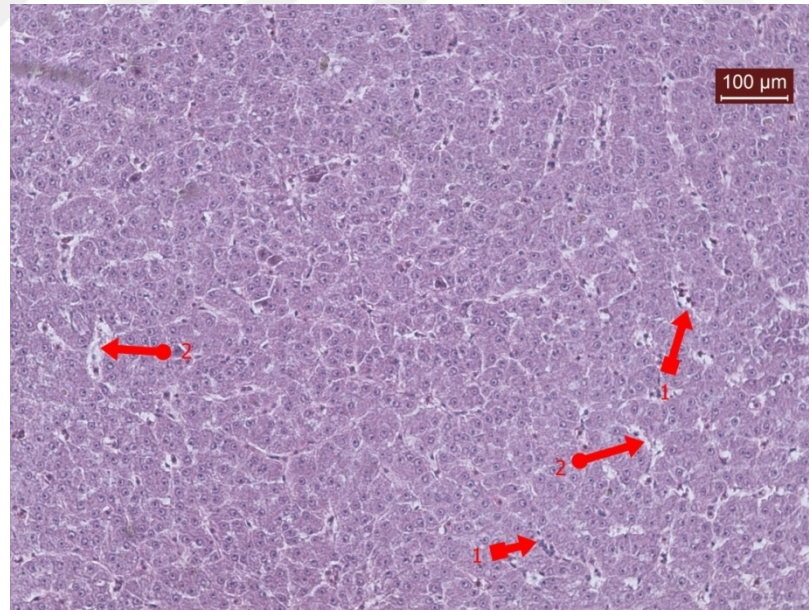
oluşabilecek çok fazla toksipatolojik lezyon görülmemektedir. Hücre şekillerinde değişim, doku içi kanama bölgeleri (Peteşi), mononükleer hücre infiltrasyonu ve hepatosellüler dejenerasyonun her mevsimde görülmektedir. Hiçbir mevsimde karaciğer dokusunda yağlanmaya rastlanmamıştır.

Çizelge 4.7. *Perca fluviatilis* karaciğer dokusunda görülen lezyonların mevsimsel dağılımı

Karaciğer dokusunda gözlenen toksikopatolojik lezyonlar	Mevsimler			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Hepatositlerde vakuolleşme	+	+		
Hücre şekillerinde değişim	+	+	+	+
Karaciğer dokusunda yağlanma				
Doku içi kanama bölgeleri	+	+	+	+
Mononükleer hücre infiltrasyonu	+	+	+	+
Periportal nekroz		+	+	+
Hepatoselüler dejenerasyon	+	+	+	+

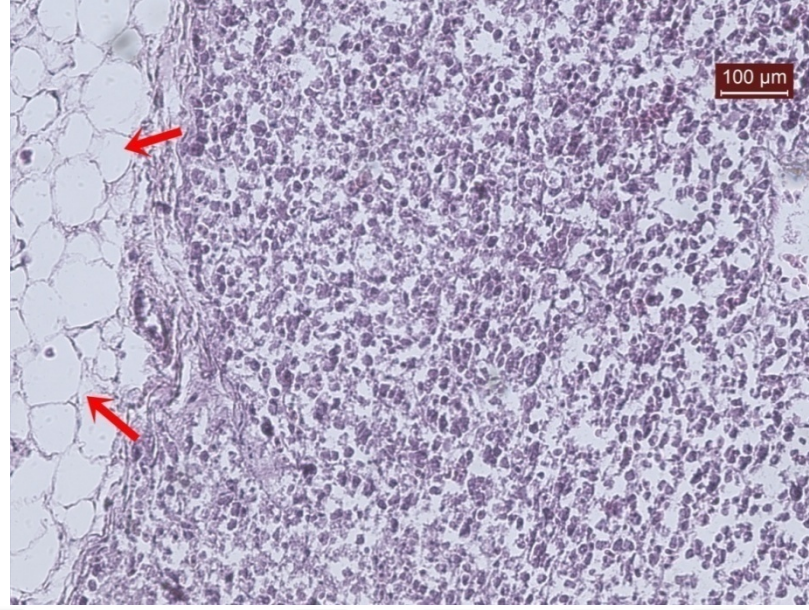
[+]: Karaciğer dokularında lezyon var

Şekil 4.1’de *Perca fluviatilis*’ in HE X200 ile incelenen karaciğer dokusu görülmektedir. 1 no’lu oklar küçük kanama bölgeleri olan peteşileri, 2 no’lu oklar ise hepatosellüler dejenerasyonları göstermektedir.



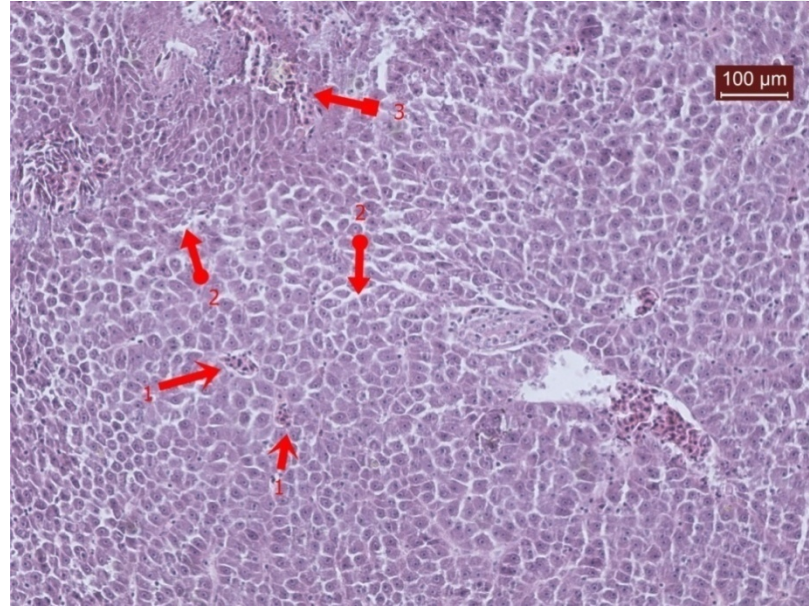
Şekil 4.1. *Perca fluviatilis* karaciğer dokusunda küçük kanama bölgeleri

Şekil 4.2’de ilkbahar döneminde *Perca fluviatilis*’ in HE X200 ile incelenen karaciğer dokusu görülmektedir. Oklar yağ dokularını göstermektedir.



Şekil 4.2. *Perca fluviatilis* karaciğer dokusunda yağ bölgeleri

Şekil 4.3’de ilkbahar döneminde *Perca fluviatilis*’ in HE X200 ile incelenen karaciğer dokusu görülmektedir. 1 no’lu oklar küçük kanama bölgelerini, 2 no’lu oklar hepatosellüler dejenerasyon bölgelerini, 3 no’lu oklar ise mononükleer hücre infiltrasyonu bölgelerini göstermektedir.



Şekil 4.3. *Perca fluviatilis* karaciğer dokusunda kanama, mononükleer hücre infiltrasyonu ve hepatosellüler dejenerasyon

4.5.2. Solungaç

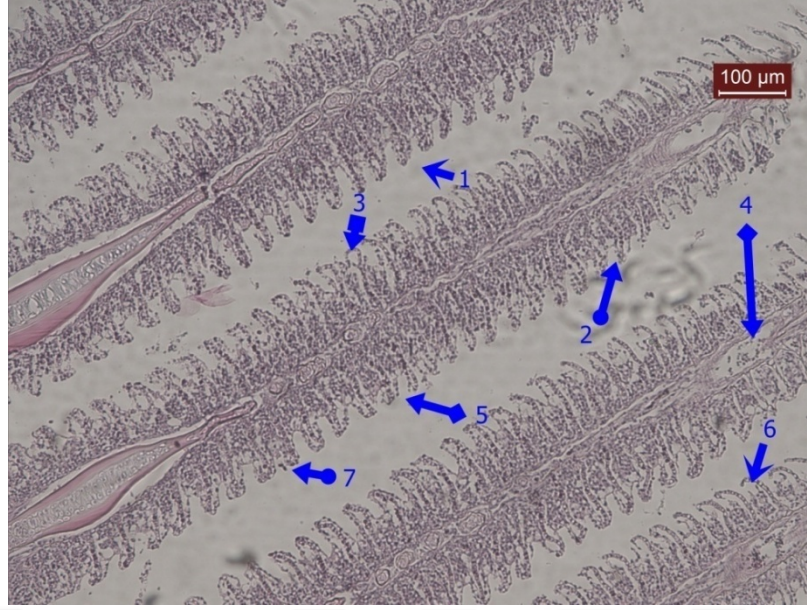
Solungaç dokuları dikkate alındığında toksik maddelere bağlı oluşabilecek toksipatolojik lezyonlardan en çok gözlenen bulgular; sekonder lamellerin arasındaki boşlukta azalma, sekonder lamellerinde erime, sekonder lamellerinde birleşme, sekonder lamellerinde kalınlaşma, sekonder lamellerinde balonlaşma, sekonder lamellerinde kısılma, epitelyumunda vakuolleşme ve kıkırdak doku (Kartilaj) kaybıdır. Ayrıca yaz ve sonbahar mevsimlerinde solungaçlarda görülen lezyonların artması, sulama amacı ile göl suyunun azalmasına bağlı olarak kirleticilerin konsantrasyonlarındaki artış sebep olabilir. Diğer mevsimlerde su seviyesinde artış olmasına rağmen, solungaç yüzeyinin azalması yönünde oluşan lezyonların devam etmesi, tüm mevsimlerde suya kirletici maddelerin karıştığı kanısını doğurmaktadır. Bunun sonucunda da tüm mevsimlerde ve tüm türlerde kirleticilere maruziyeti azaltmak amacı ile solungaç yüzeylerinde azalma eğilimi gözlenmiştir. Çizelge 4.8’de *Perca fluviatilis* (L., 1758)’in solungaç dokularında görülen lezyonların mevsimlere göre dağılımı verilmektedir.

Çizelge 4.8. *Perca fluviatilis* solungaç dokularında görülen lezyonların mevsimsel dağılımı

Solungaç dokusunda gözlenen toksikopatolojik lezyonlar	Mevsimler			
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Sekonder lameller arası boşlukta azalma	+	+	+	+
Sekonder lamellerde kısılma	+	+	+	+
Sekonder lamellerde erime	+	+	+	+
Sekonder lamellerde birleşme	+	+	+	+
Sekonder lamellerde kalınlaşma	+	+	+	+
Sekonder lamellerde balonlaşma	+		+	+
Sekonder lamel ucunda çomaklaşma				+
Epitelyumda vakuolleşme	+	+	+	
Kıkırdak doku hasarı		+	+	+

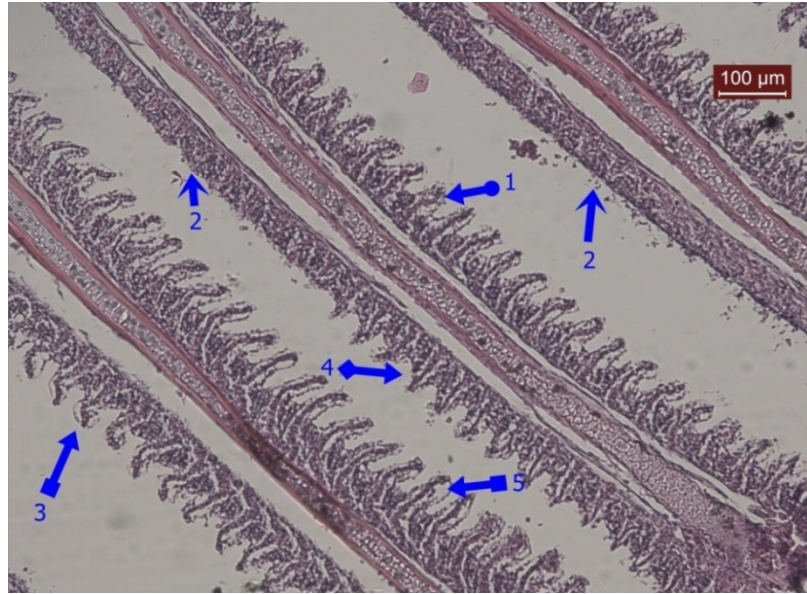
[+]:Solungaç dokularında lezyon var

Şekil 4.4’te *Perca fluviatilis* (L., 1758)’in HE X100 ile solungaç dokusunda gözlenen toksikopatolojik lezyonlar görülmektedir. 1 no’lu ok; sekonder lamellerde kısılmayı, 2 no’lu ok; sekonder lamellerde erimeyi, 3 no’lu ok; sekonder lamel uçlarında çomaklaşmayı, 4 no’lu ok; kartilaj hasarını, 5 no’lu ok; sekonder lamellerde kalınlaşmayı, 6 no’lu ok; epitelyumda vakuolleşmeyi, 7 no’lu ok; sekonder lamellerde birleşmeyi göstermektedir.



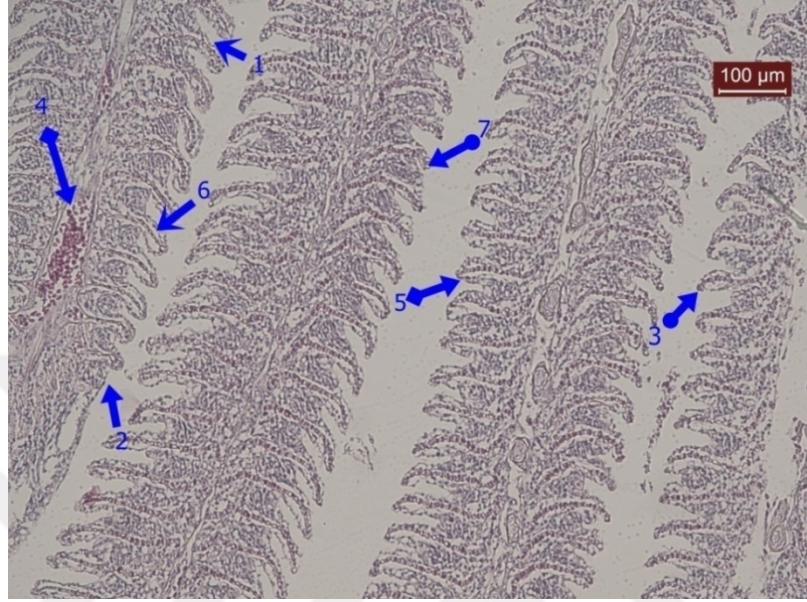
Şekil 4.4. *Perca fluviatilis* solungaç dokusunda toksikopatolojik lezyonlar

Şekil 4.5'te *Perca fluviatilis* (L., 1758)'in HE X100 ile solungaç dokusunda gözlenen toksikopatolojik lezyonlar görülmektedir. 1 no'lu ok; sekonder lamellerde kısalmayı, 2 no'lu ok; sekonder lamellerde erimeyi, 3 no'lu ok; sekonder lamel uçlarında çomaklaşmayı, 4 no'lu ok; sekonder lamellerde kalınlaşma, 5 no'lu ok; epitelyumda vakuolleşme göstermektedir.



Şekil 4.5. *Perca fluviatilis* solungaç dokusu (1: sekonder lamellerde kısalma, 2: sekonder lamellerde erime, 3: sekonder lamel uçlarında çomaklaşma, 4: sekonder lamellerde kalınlaşma, 5: epitelyumda vakuolleşme)

Şekil 4.6’da *Perca fluviatilis* (L., 1758)’in HE X100 ile solungaç dokusunda gözlenen toksikopatolojik lezyonlar görülmektedir. 1 no’lu ok; sekonder lamellerde kısalmayı, 2 no’lu ok; sekonder lamellerde erimeyi, 3 no’lu ok; sekonder lameller uçlarında çomaklaşma 4 no’lu ok; sekonder lamellerde kalınlaşma görülmektedir.



Şekil 4.6. *Perca fluviatilis* (L., 1758) solungaç dokusu (1: sekonder lamellerde kısalma, 2: sekonder lamellerde erime, 3: sekonder lameller uçlarında çomaklaşma, 4: sekonder lamellerde kalınlaşma)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hızlı sanayileşme, tarım alanlarında sıkça kullanılan kimyasallar ve evsel atıklar doğal su kaynaklarına arıtımsız deşarj edildiğinden sucul ortamlar her geçen gün daha çok kontamine olmaktadır. Bu yüzden suya bağılı olarak ekonomik göstergelerini ilerleten ülkeler su kirliliği protokollerini her geçen gün genişletmektedir. Çünkü gerek yaban hayatın korunması ve gerekse sucul ortamların indikatörü olan balıkların korunması bu ülkeler için (Norveç, Danimarka, İzlanda vb.) birinci derecede stratejik planlamalarda yer almıştır. Böylece dünyada çeşitli biyotopların ekolojik yıpranma indeksleri çıkarılarak ileriye yönelik olumsuz senaryolara karşı alınabilecek önlemleri belirlemeye çalışılmaktadır.

Günümüzde çevre kirliliğinin en yoğun gözleendiği sistemler sucul ekosistemler olup, balıkların besinsel tercihte ilk sıralarda yer alması nedeniyle yaşam alanlarının koruma altına alınması balık sağlığı hakkında önemli bilgiler sunması açısından yarar sağlamaktadır. Söz konusu durum geçmişten günümüze sucul ekosistemler üzerinde limnolojik, sistematik ve moleküler alanda araştırmaları fazlasıyla artırmıştır. Sudan geçebilecek hastalıkların toplum sağlığı bakımından değerlendirilmesi ve sucul ekosistemin ötrifikasyonun önlenmesi amacıyla çevre izleme çalışmaları artırılmıştır. Canlı yaşamında zorlu tedavi süreçlerine ihtiyaç duyulan ve canlının eski yaşamına dönüşünün mümkün olmadığı yeni ya da mutant hastalıkların ortaya çıkışının önlenmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

Biyoidikatör canlı olarak atfedilen balıklar üzerine yapılan birçok çalışmada sucul ekosistemin kirlilik miktarının belirlenmesi canlının yaşam alanının yıpranma hatta yok olma yolunda ilerliyor oluşunun ortaya konması sucul organizmaların sağlığını ve dolaylı yollardan ise toplum sağlığını ilgilendiren önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple insanlar tarafından severek tüketilen ve besin değeri oldukça yüksek olan balıkların, sağlık açısından mevcut durumlarının ortaya konulması zaruri bir hale gelmiştir (Örün, 2000).

Bu tez çalışmasında Samsun ili Ladik Gölü'nde yaşayan bir balık türü olan ve yöre halkı için ekonomik önem arz eden tatlısu levreği *Perca fluviatilis* (L., 1758)'de ağır metallerin mevsimsel periyotta biyokimyasal ve hematolojik parametrelere etkisi

ile balık dokularında biriken ağır metallerin histopatolojik açıdan değerlendirilmiş, bunun yanında gölden alınan su ve sediment örneklerinde ağır metal seviyeleri yine mevsimsel periyotta incelenmiştir.

Ladik Gölü'nden mevsimsel periyotlarda alınan su örneklerinin kalite kriterleri değerlendirildiğinde; Çizelge 4.1'de verildiği üzere amonyum azotunun ($\text{NH}_4\text{-N}$) en yüksek değerlere ilkbahar mevsiminde (0.5mg/L), en düşük değerlere (0.2mg/L) ise kış mevsiminde ulaştığı tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde $\text{NH}_4\text{-N}$ değerinde gözlenen artışların hava şartlarının iyileşmesi ile sıcaklığın artması ile birlikte akarsu kollarıyla göle taşınan evsel ve tarımsal atıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sularda bulunan nitrit azotu için ($\text{NO}_2\text{-N}$) azotlu gübreler ve organik maddeler birer kaynak vazifesi görmektedir. Çizelge 4.1'de verildiği üzere Ladik Gölü su kalite kriterlerinin analiz sonucunda $\text{NO}_2\text{-N}$ 'nin 0.04mg/L ile en yüksek değerine yaz mevsiminde ulaşmış olmasının; göle çevreden katılan evsel atık miktarının bu mevsimde arttığını göstermektedir.

Ladik Gölü su kalite ölçüm değerlerinden bir diğeri olan nitrat azotunun ($\text{NO}_3\text{-N}$) Çizelge 4.1'e göre en yüksek değerler olan 4.8mg/L ve 3.9mg/L seviyelerine ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, en düşük değer olan 1.6mg/L seviyesine ise kış mevsiminde ulaştığı tespit edilmiştir. Nitrat azotu seviyelerindeki artışa göl çevresinde bulunan meskun bölgelerin kanalizasyon sistemlerinin deşarjının artırılmadan göle yapılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yine Çizelge 4.1'e göre Ladik Gölü'nde ölçülen orto-fosfat fosforunun ($\text{PO}_4\text{-P}$) ilkbahar ve yaz mevsiminde en yüksek değerleri olan 1.7mg/L ve 1.5mg/L, kış mevsiminde ise en düşük değeri olan 0.4 mg/L'ye ulaştığı görülmüştür. Belirtilen dönemlerde göl kenarında hayvan sürülerinin otlatılıyor olması, göl çevresinde bulunan meskun bölgelerin kanalizasyon sistemlerinin deşarjının artırılmadan göle veriliyor olması ve bu dönemde çalışma alanı çevresinde tarımsal faaliyetlerin artış göstermesi; fosfor seviyesinde artışı beraberinde getirmektedir.

Araştırma alanının su analizine göre Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 de verildiği üzere ölçülen en yüksek toplam sertlik ($^{\circ}\text{dH}$) ilkbahar ve yaz mevsiminde 110.2mg/L-114.6mg/L seviyelerinde, kış ve sonbahar mevsiminde ise en düşük 104.4mg/L-102.4mg/L seviyelerinde ölçülmüştür. Su sertliği içerdiği kalsiyum, magnezyum alkali iyonları (Ca^{++} , Mg^{++}) ile baryum (Ba) ağır metali ile doğru orantılı

olup yine Çizelge 4.1’de aynı dönemde Ca ve Mg iyonları ile Ba’un en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.1’de Ca^{++} seviyesi 36.4mg/L-37.2mg/L ile en yüksek ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, Mg^{++} seviyesinin ise en yüksek 5.1mg/L-5.4mg/L ile ilkbahar ve yaz mevsimlerinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1’ e göre Ladik Gölü’nde ölçülen toplam organik azotun (TN), yaz mevsiminde en yüksek değeri 2.2mg/L, kış mevsiminde en düşük değeri ise 1.1mg/L olarak tespit edilmiştir.

Sucul sistemlerin çözünmüş oksijen (mg/L) miktarının sıcaklıkla ters orantılı olarak değiştiği bilinmektedir (Kocataş, 2006). Ladik Gölü’nde yaz mevsiminde en yüksek değer 21.2°C, kış mevsiminde ise en düşük değer 2.2°C olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.1’de Ladik Gölü’nde çözünmüş oksijen miktarına sıcaklığın etkisi incelendiğinde, en yüksek değer 9.3 mg/L ile kış mevsiminde, en düşük değer ise 7.1 mg/L ile yaz mevsiminde izlenmiştir. Sıcaklık değerleri ile bu değerlerin etkisi altında kalan çözünmüş oksijen (mg/L) miktarı irdelendiğinde; sıcaklığın canlıların yaşamsal faaliyetlerine ve dağılımlarına etki ettiği görülmektedir.

Suyun pH’ı, mevsimsel değişimler, sıcaklık değişiklikleri ve biyolojik aktiviteler nedeniyle zamanla büyük ölçüde değişir. Endüstriyel atıkların ve asitlerin drenajlarda bertaraf edilmesi nedeniyle pH’da önemli değişiklikler meydana gelir (Trivedy ve Goel, 1986). Sucul canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için optimum pH değerinin 6.5-8.5 civarında olması gerekmektedir. Bu sınırların aşan ya da altına düşen seviyelerin sucul canlı yaşamında negatif etki yaratabileceği ve bu etkinin öldürücü boyutlara ulaşabileceği bilinmektedir (Das, 1978).

Çizelge 4.1’e göre Ladik Gölü pH değerleri kış mevsiminde pH=8.1 ile en yüksek değerde, yaz mevsiminde ise pH=7.2 ile en düşük değerde izlenmiştir. Solunum ve fotosentez gibi çeşitli biyolojik aktiviteler, $CaCO_3$ ’ün çözünmesi ya da çökmesi CO_2 miktarını düşürüp yükselttiği için pH değerine etki etmektedir. Yine oksitlenme reaksiyonları pH seviyesini düşürürken, denitrifikasyon ve sülfatın indirgenmesi ise pH seviyesini yükseltmektedir (Stumm ve Morgan, 1996). pH değerinin kış mevsiminde yükseliyor olmasının sucul canlıları bu mevsimde negatif yönde etkileyebileceği bilinmektedir. Bu dönemde pH değerinin artmasına ise çevreden göle katılan endüstriyel atıkların sebep olabileceği görüşüne varılmıştır (Polat, 1997).

Çizelge 4.1'e göre elektriksel iletkenlik değerleri yaz mevsiminde en yüksek 325.2µS/cm seviyesine ulaşırken, kış mevsiminde ise 262.8µS/cm ile en düşük seviyededir. Yaz mevsiminde tarım faaliyetleri ve tarım kimyasallarının kullanımının artması ve yine evsel atıklarda artış olması göle fazlaca tuz girişine neden olarak yaz mevsiminde elektriksel iletkenlik seviyesini artırmaktadır.

Ladik Gölü'nden alınan sediment örneklerinde tespit edilen metallerin mevsimsel değişimleri incelendiğinde en fazla birikime yaz mevsiminde rastlanmıştır. Yaz mevsiminde artan buharlaşma ile gölde su seviyesi azalmakta, bu durum ise suda ağır metal yoğunluğunu artırarak göl sedimentine ağır metallerin geçişini kolaylaştırmakta ve artırmaktadır. Ayrıca yaz mevsiminde suda sirkülasyonun olmaması ağır metallerin sedimentte daha fazla birikmesine neden olur. Ağır metallerin en düşük seviyelerinin sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde görülmesi bu mevsimlerde su sirkülasyonun gerçekleşiyor olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ağır metal değerleri su ve balık dokularında gözlenen değerlere nazaran sediment örneklerinde daha yüksek çıkmıştır. Sediment su kitlelerinde ağır metallerin birikimi açısından bir depo vazifesi görmesi bu duruma sebebiyet vermektedir. Bunun sebebini sedimentin akarsu ve göllerde ağır metal birikimi açısından depo görevi görmesine bağlanabilir. Literatür taramasında ağır metal birikiminin en fazla sedimentte olduğu yönünde rapor edilmiştir (Mendil vd, 2005; Öner ve Çelik, 2011).

Çizelge 4.2'ye göre su örnekleri su kalite kriterleri yönetmeliğince mevsimsel olarak incelendiğinde Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn ağır metallerinden Al, Ba ve Cr, seviyelerinin yaz ve kış mevsiminde Sınıf III, ilkbahar ve sonbahar mevsiminde ise Sınıf II; Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn değerlerinin ise Sınıf IV kategorisine girdiği görülmüştür. Çizelge 4.3'e göre ağır metal düzeylerinin sediment örneklerinin genelinde Sınıf IV su kategorisine girmiştir. Ağır metal analizinde Cu ve Pb seviyelerinin yüksek çıkmasına yine göl çevresinden göle katılan evsel atıkların ve tarımsal faaliyetler ile ortaya çıkan kirleticilerin neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 5.1'e göre Ladik Gölü'nde tüm mevsimlerde suda en fazla gözlenen ağır metalin Fe'dir. Aynı çizelgede Cr, Mn ve Pb'nin yıllık ortalama değerlerinin

WHO standartlarının üzerinde olduğu, TÇK (Türkiye Çevre Kanunu)’e göre su kalitesinin Sınıf III ‘e yakın olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 5.1. Ladik Gölü su örneklerinde ölçülebilen ağır metallerin önceki çalışmalar ile karşılaştırılması

Lokasyonlar	Ağır metaller $\mu\text{g L}^{-1}$								Kaynaklar
	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	
Ladik Gölü, Türkiye	320	40	300	550	10500	600	270	1320	Mevcut çalışma
WHO	200	-	50	20	300	500	10	3000	Anonim, 2004b
TÇK									
Sınıf I	-	-	20	20	300	100	10	200	Anonim, 2004a
Sınıf II	-	-	50	50	1000	500	20	500	
Sınıf III	-	-	200	200	5000	3000	50	2000	
Sınıf IV	-	-	>200	>200	>5000	>3000	>50	>2000	
Tigris Nehri, Türkiye	-	-	<5	165	388	467	0.342	37	Varol ve Şen, 2012
Sakarya Nehri, Türkiye	-	-	228	4362	-	-	5789	1360	Dündar ve Altundağ, 2007
Challawa Nehri, Nijerya	-	-	924	390	5668	1681	840	2227	Dan’azumi ve Bichi, 2010
Beyşehir Gölü, Türkiye	-	-	-	100	100-2740	-	-	20-240	Tekin-Ozan ve Kır, 2008
Isıklı Gölü, Türkiye	-	11	4	7.5	360	50	9.2	440	Tekin-Ozan ve Aktan, 2012
Dianchi Gölü, Çin	-	-	4	2	225	256	266	17	Wang vd, 2014
Insko Gölü, Polonya	-	-	-	660	2180	850	-	1000	Rajkowska ve Protasowicki, 2011
Wiola Gölü, Polonya	-	-	-	510	2970	2510	-	1710	
Upper Gölü, Hindistan	-	-	30	12	-	-	330	300	Malik vd, 2010

Çizelge 5.1’de verilen önceki çalışmalarda, göllere göre akarsularda Cr konsantrasyonunun daha yüksek olduğu görülse de (Dündar ve Altundağ, 2007; Dan’azumi ve Bichi, 2010) Ladik Gölündeki Cr miktarı bazı çalışmalara göre düşük bulunmuş olup (Rajkowska ve Protasowicki, 2011) aynı zamanda standartların da üstünde olduğu görülmüştür (Anonim, 2004a; Anonim, 2004b). Ladik Gölü’nde Cr

birikiminin standartların üstünde olmasının plastik ve foseptik atıklar ile lağımlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.1’de Rajkowska ve Protasowicki (2011)’e göre Inskoand Wisola göllerinde çıkan yüksek Cu miktarı ile tez çalışması benzerlik göstermektedir. Bakır miktarının göllerde fazla bulunması o bölgelerde tarımsal kimyasalların ve evsel atıkların fazla deşarj edildiğinin göstergesidir. Pb miktarı Dianchi ve Upper Göllerine benzer bulunmuştur (Wang vd, 2014; Malik vd, 2010).

Ladik Gölü’nde Al miktarının standartların üzerinde olduğu, bununda göl kenarında konuşlandırılmış çimento fabrikasının atıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir (Anonim, 2004b). Mn seviyesinin standartların üzerinde bulunması, sürekli insan aktiviteleri (evsel atık) ve suyun derinliğinin az olmasıyla karakterize edilebilir (Lee vd, 2009).Yüzen adacıklarla ve su derinliğinin çok az olduğu ile karakterize edilen Ladik Gölü’nde ağır metal seviyelerinin yüksek çıkmasının nedeni, evsel, endüstriyel ve tarım kimyasallarından kaynaklanmaktadır. (Karouna-Renierand Sparling, 2001; Casey vd, 2007).

Göllerde sedimentte, gölün dip yapısı ve göle deşarj edilen evsel, endüstriyel ve tarımsal kirlenme sonucunda en hızlı ve ilk biriken ağır metallerin Cd ve Cu olduğu bildirilmektedir (Liang vd, 1999; Dawson ve Macklin, 1998). Benzer şekilde, Ladik Gölü’nde Cd belirlenememiş olup Cr ve Cu miktar yüksek bulunmuştur. Hatta Cu miktarı Insko ve Wiola Gölü’nde ölçülen miktara benzerdir (Benzer vd, 2013; Rajkowska ve Protasowicki, 2011).

Çizelge 5.2’de Fe konsantasyonu Isıklı, Mogan ve Karataş Göllerinde ölçülen miktara göre düşük, Dianchi, Insko ve Wiola göllerinde ölçülen konsantrasyonlara göre yüksek bulunmuştur. Mn Ladik Gölü’nde düşük çıkması dip çamur yüksekliğinin az olduğunun ve evsel atıkların fazla birikim göstermediğinin göstergesidir. Pb konsantrasyonu Mogan ve Karataş gölünde ölçülen konsantrasyona göre yüksek (Benzer vd, 2013; Başyigit ve Tekin-Özan, 2013), Çizelge 5.2’de verilen Veerenam, Dangting, Dianchi, Karla ve Manchar göllerinde ölçülen konsantrasyonlara göre ise oldukça düşük bulunmuştur (Suresh vd, 2012; Li vd, 2013; Wang vd, 2014; Skordas vd, 2015; Arain vd, 2008).

Çizelge 5.2. Ladik Gölü'nde sediment örneklerinde ölçülebilen ağır metallerin önceki çalışmalar ile karşılaştırılması

Lokasyonlar	Ağır metaller mg kg ⁻¹								Kaynaklar
	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn	
Ladik Gölü, Türkiye	72.9	2.8	6.9	10.8	83.4	112.7	3.8	108.6	Mevcut çalışma
Mogan gölü, Türkiye	-	-	28.5	15.3	3577	125.6	0.82	13.7	Benzer vd, 2013
Isikli gölü, Türkiye	-	85.7	94.6	22.7	16807.9	505.9	-	70.8	Tekin-Özan ve Aktan, 2012
Karataş Gölü, Türkiye	-	-	37.5	16.7	6968.4	227.2	0.88	28.1	Başıyigit ve Tekin-Özan, 2013
Hazar Gölü, Türkiye	-	-	45	38	-	-	-	79	Özmen vd, 2004
Veeranam Gölü, Hindistan	-	-	88.6	94.1	-	-	30.0	180.0	Suresh vd, 2012
Dangting Gölü, Çin	-	-	88.2	47.8	-	-	60.9	185.2	Li vd, 2013
Dianchi Gölü, Çin	-	-	78	71	23.3	757	189	140	Wang vd, 2014
Insko Gölü, Polonya	-	-	-	17.5	21.8	256	-	138.3	Rajkowska ve Protasowicki, 2011
Wiola Gölü, Polonya	-	-	-	19.5	13.7	189	-	149.6	
Karla Gölü, Yunanistan	-	-	298.8	38.3	-	-	34.3	31.2	Skordas vd, 2015
Manchar Gölü, Pakistan	-	-	20	21	-	-	18.9	96.6	Arain vd, 2008

Tez çalışmasında Ladik Gölü için ölçülen pH değeri 7.2-8.1 arasında belirlenmiştir. Belirlenen bu pH aralığında metaller çok az çözünür durumda olduğundan ya çok az tespit edilir ya da hiç tespit edilemeyebilirler. Yapılan çalışmada metal yoğunluğunun yaz ve ilkbahar mevsimlerinde daha fazla artış gösterdiği, kış ve sonbahar mevsimlerinde ise miktarında azalma olduğu belirlenmiştir. Metal birikiminin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artmasının sebebinin ilkbaharda göle akarsulardan, evsel ve tarımsal alanlardan gelen metallerin fazla deşarj edildiği şeklinde olduğu düşünülebilir. Kış ve sonbahar mevsimlerinde ise

seviyenin azalmasının sebebi buharlaşmanın az ve yağışın fazla olmasından kaynaklanabilir. Ladik Gölü suyunun pH'nın hafif alkali (7.2–8.1) olması, su örneklerinin ağır metal düzeylerinin sediment ve doku örneklerine göre düşük yoğunlukta çıkmasından kaynaklanmıştır (Karadede vd, 1997).

Sonuç olarak; Ladik Gölü'nün su ve sedimentinde ölçülen ağır metal seviyelerinin kabul edilebilir sınırlar üzerine çıktığı, gerekli önlemler alınmazsa ileriki yıllarda gölün doğal yapısının bozulabileceği öngörülmektedir. İlerleyen yıllarda metal birikiminin daha da artmasıyla gölde yaşayan balıkların dokularında da metal birikiminin artacağı ve dolaylı yoldan insan sağlığı açısından tehlikeli sonuçlar doğuracağı olasıdır.

Balıklarda biyokimyasal parametreler arasında bulunan serum kortizol (Wendelaar Bonga, 1997) ve glukoz (Kavitha vd, 2010) düzeyleri çevresel stresin duyarlı bir indikatörü olarak kullanılmaktadır. Bir stres hormonu olan kortizolun, glukoneogenez ve glikogenoliz yoluyla balıklarda glukoz üretimini artırdığı ve olasılıkla stresle ilişkili plazma glukoz düzeylerindeki artışlarda önemli bir rol oynadığı vurgulanmaktadır (Iwama vd, 1999). Plazma kortizol ve glukozun balıklarda metaller gibi toksik maddelerin etkisinde arttığı ve bu parametrelerin birbiriyle önemli ölçüde ilişkili olduğu bildirilmiştir (Monteiro vd, 2005). Yerleşim bölgelerinden geçen ve bu nedenle insan kaynaklı kirleticilerden büyük ölçüde etkilenen Cambe Nehri'nden (Brezilya) örneklenen *Prochilodus lineatus*'un serum kortizol ve glukoz düzeylerinin kirli bölgelerde çok yüksek olduğu rapor edilmiştir (Camargo ve Martinez, 2006). Tez çalışmasında da Ladik Gölü'nde yaşıyan *Perca fluviatilis*'in ilkbahar ve yaz mevsimlerinde serum kortizol ve glukoz düzeyindeki artışların büyük bir olasılıkla kirleticilerden kaynaklanan stres ile mücadele etmek ve organizmanın gereksinim duyduğu enerjiyi karşılamak için oluştuğu, bu nedenle de her iki parametrenin stres durumunun giderilmesinde önemli roller oynadığı düşünülmektedir.

Balıkların kan ve serum biyokimyasal içeriğinin mevsimsel değişiminin; beslenme, üreme, yaşadığı ortam özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Levesque vd, 2002; Lenhardt, 1992; Aras vd, 2008).

Lenhardt (1992)'a göre, tatlısu levreğinin total protein ve albümin miktarının mevsimlere göre en düşük ilkbahar döneminde çıkmasına üreme siklusu neden olmaktadır.

Guijarro (2003), *Tinca tinca*'da trigliserit, kolesterol, HDL ve VLDL seviyeleri en yüksek üreme öncesi dönem olan Mayıs ve Haziran aylarında belirlenmiştir. De Pedro vd (2005) çalışmalarında balıkların trigliserit ve kolesterol değerlerinin kış mevsiminde azaldığını rapor etmişlerdir. Balıklarda gözlenen AST seviyeleri ise kirliliğe bağlı olarak sonbaharda daha yüksek iken, yazın yüksek değildir. Araştırmacılar sub-letal dozda ağır metale maruz kalan balıklarda büyüme, mevsimsel değişimlerde karaciğerde glikojen ve trigliserit döngülerinin ve metabolik enzim aktivitelerinin etkilendiğini rapor etmişlerdir (Levesque vd, 2002).

Tezde *Perca fluviatilis* balıkları üzerine yapılan araştırma sonuçları yukarıda bahsedilen önceki çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

De Pedro vd (2005) yaptıkları çalışmada, *Tinca tinca*'da Hb ve Hct değerlerinin ilkbahar ve yaz dönemlerinde benzer çıktığını, Dişi bireylerde WBC değerlerinin yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre anlamlı çıktığı belirtmişlerdir. RBC ve Hct değerlerinin ise erkeklerde ilkbahar ve yazın, sonbahar ve kış mevsimine göre önemli derecede değiştiğini, WBC seviyeleri ilkbahar ve kış mevsimlerinde yaz ve sonbahara göre önemli derecede azaldığı bildirilmektedir (Collazos vd, 1998).

Örün ve Erdemli (2002) araştırmalarında *Capoeta trutta* ile çalışmış ve bu çalışmada sonucunda eritrosit miktarının bahar ve yaz aylarında artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır. MCV sadece bahar aylarında belirgin olarak artış göstermiştir. MCH, MCHC ve trombositte ise mevsimsel olarak herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Kan parametrelerinin yıllık olarak incelenmesi sonucunda değerlerin İlkbahar-Yaz döneminde yükseldiği, Sonbahar-Kış döneminde ise düştüğü gözlemlenmiştir.

RBC, Hct, MCV ve WBC değerleri Mayıs ayında, en düşük ise kış mevsiminde tespit edilmiştir. Hb, MCH ve MCHC için en yüksek değeri Ocak ayında iken en düşük değeri bahar aylarındadır. Sonuç olarak; araştırmacılar çalışılan parametrelerin üreme döngüsü, su sıcaklığı ve metabolik oran gibi pek çok iç ve dış faktörlerce etkilendiğini rapor etmişlerdir (Aras vd, 2008).

Tezde çalışılan *Perca fluviatilis* balıklarının kan parametrelerinin mevsimsel değişimi ilkbahar ve yaz mevsiminde artma, sonbahar ve kış mevsiminde azalma şeklindeki bulgular önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Balıklarda solungaçlar, osmoregülasyon ve boşaltım gibi biyolojik faaliyetlerden sorumlu organlar olup dış çevrenin olumsuz fiziksel ve kimyasal etkileri karşısında hızlı değişikliğe veya zarara uğrayacak organdır (Fernandes ve Mazon, 2003). Olumsuz çevre koşullarında balıkların solungaç dokuda sıkça görülen histopatolojik olguların sekonder lamellerde görülen (kalınlaşma, düzleşme, kısalma, hiperplazi, epitelde vakuolleşme ve hipertropi vb.) değişimler olduğu bildirilmektedir (Oliveira Ribeiro vd, 2000; Cerqueira ve Fernandes, 2002; Martinez vd, 2004). Tez çalışmasında da önceki çalışmalarda geçen lezyonlara benzer histopatolojiler görülmüştür. Görülen bu histopatolojik lezyonlar yaz mevsiminde daha çoktur. Bununla beraber, tüm mevsimlerde farklı şiddetle görülmesi, gerek suya kirleticilerin tüm mevsimlerde sürekli deşarj edildiği ve gerekse suyun farklı mevsimlerde azalıp çoğalmasından kirletici konantrasyonunun artıp azalmasından kaynaklanmış olabileceği kanaatine varılmıştır (Uçar ve Atamanalp, 2009).

Detoksifikasyon ve biyotransformasyon süreci ile en çok ilişkili organ karaciğerdir ve işlevi, pozisyonu ve kan beslemesi nedeniyle (Van der Oost vd, 2003) aynı zamanda sudaki kirleticilerden en çok etkilenen organlardan biridir (Rodrigues ve Fanta, 1998). Karaciğer de görülen histopatolojik lezyonların tarımsal kirleticilerin yapısında yer alan organofosfatlı bileşiklerden etkilendiği bildirilmiştir (Fanta vd, 2003). Ağır metaller ve su kalitesi ölçümü yapılan çalışmalarda karaciğerde belirlenen histopatolojik bulgular; hepatosit sitoplazmasındaki vakuollerde artış, lizozomlarda genişleme, hücre şekillerinde değişim, nekrozlar, iskemi (bir bölgenin geçici kansızlığı) ve yağ dejenerasyonlar olduğu bildirilmektedir.

Türk Gıda Kodeksine göre (TGK) (Anonim, 2002), balık dokularında Cu seviyelerinin izin verilen maksimum değeri 20 µg/g'dır. Tezde *Perca fluviatilis*' in kas ve solungaç dokularında bakır seviyeleri TGK nın belirlediği değerin altında iken, karaciğer dokusunda gözlenen Cu limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.

TGK'ya göre (Anonim, 2002), balık dokularında Zn seviyesi izin verilen maksimum değeri 50µg/g'dır. Tezde balık türünün solungaç ve karaciğer

dokularında belirlenen çinko değeri bu limitin üzerindedir. İlkbahar mevsiminde tatlısu levreğinin, kas dokularında Zn seviyelerinin limitlerin üzerinde çıkmasının bu dönemde bu balık türlerinin besleme ve üreme aktiviteleri ile alakalı olduğu düşünülebilir.

Cu ve Zn düzeylerinin karaciğer ve solungaç gibi dokularda yüksek çıkması bu dokuların metabolik olarak aktif doku olmaları ile açıklanabilir (Oymak vd, 2009).

Balıklarda izin verilen Pb değeri TGK' ya göre (Anonim, 2002), 0.4 µg/g'dır. Tezde çalışılan örneklerin dokularında Pb miktarları TGK' nın belirlediği limit değerinin üzerinde tespit edilmiştir.

TGK'da (Anonim, 2002), izin verilen Cr seviyeleri ile ilgili herhangi bir veri bulunmamaktadır. Ancak, Nauen (1983)'e göre balıklarda izin verilen maksimum Cr seviyesi 1.0 mg/kg şeklinde belirtilmiştir. Buna göre Ladik Gölü'nde yaşayan *Perca fluviatilis*'in dokularında Cr seviyelerinin belirtilen limite en yakın ya da limitin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

TGK'da (Anonim, 2002), izin verilen baryum (Ba) seviyeleri ile ilgili bir veri bulunmamaktadır. Ancak Milliour vd (2012) balık ve balık ürünlerinde Ba limit değerlerini 0.824 mg/kg olarak rapor etmiştir. Tezde örneklerin solungaç dokularında Ba seviyeleri limitlerin üzerinde çıkmıştır. Karaciğer ve kas dokularında ise limite yakın veya limitin üzerinde tespit edilmiştir.

Cu, Ba, Zn, Pb ve Cr seviyelerinin balık dokularında yüksek çıkmasının nedenleri evsel ve tarımsal faaliyetlerin yanı sıra Ladik Gölü çevresinde bulunan çimento fabrikasının emisyon ve atıksu deşarjından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

TGK'da (Anonim, 2002), Al seviyeleri ile ilgili herhangi bir veri bulunmamaktadır. Ancak Yılmaz vd (2010) çalışmalarında 2.23-16.6µg/g olarak seviyelerini bildirmektedir. Tez çalışmasında ise 1.0-275.7µg/g olarak seviyeleri belirlenmiştir.

TGK'da (Anonim, 2002) balıkların Fe seviyeleri ile ilgili bilgi verilmemiştir. Ancak, önceki çalışmalarda farklı balık tür ve dokularında 1.49-384µg/g Fe içerdiği bildirilmiştir (Doğru vd, 2011). Tez çalışmasında ise tatlısu levreği balığının

karaciğer dokusundaki demir seviyeleri sadece ilkbahardaki sonuçları önceki çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Önceki çalışmalarda balık dokularındaki Mn değeri solungaç ve karaciğer dokularında sırasıyla 2.06-26.55 ve 0.73-7.08µg/g olarak belirtilmiştir (Karadede-Akın ve Ünlü, 2007). Tezde incelediğimiz balık dokularında Mn seviyelerinin solungaç ve karaciğer dokularında sırasıyla 17.7-29.6 ve 5.5-11.1µg/g olduğu belirlenmiştir.

Perca fluviatilis mevsimsel olarak karaciğer ve solungaç dokusu incelenmiştir. Dokularda aşırı toksikopatolojik lezyonlara rastlanmamakla birlikte solungaçta meydana gelen lezyonlar, su içerisinde kirleticilerin bulunduğunu göstermektedir. Tüm mevsimlerde solungaç dokularında gözlenen, sekonder lameller arası boşlukta azalma, sekonder lamellerde erime, sekonder lamellerde birleşme, sekonder lamellerde kalınlaşma, sekonder lamellerde balonlaşma, sekonder lamellerde kısalma, epitelyumda vakuolleşme ve kıkırdak doku (Kartilaj) hasarı kirleticilerin varlığının bir göstergesidir. Bu kirleticiler tüm mevsimlerde ve balıkların solungaçlarında toksikopatolojik lezyonlara sebep olmuştur. Ancak yaz ve sonbaharda lezyonların artış göstermesi, göldeki suyun, sulama amacı ile kullanılmasına bağlı olarak göle bulunan kirletici maddeler göl suyundaki yoğunluğu arttırmış olabilir. Diğer mevsimlerde su seviyesinde artış olmakla birlikte kirleticilerin yoğunluğu yeterince azalmadığından dolayı balıklarda solungaç yüzeyini azaltma yönünde lezyonlar gözlenmiştir. Ayrıca tüm mevsimlerde suya, kirletici maddelerin karışması da söz konusu olabilir.

Tez çalışmasında Ladik Gölü'nün yaz mevsiminde su seviyesinde meydana gelen azalma, evsel atıklar, tarımsal kimyasallar, hayvansal gübre ve turistik amaçlı etkinliklerden kaynaklanan atıklardan oldukça fazla etkilenmektedir. Bunun sonucunda da su-sediment-balık üçlüsünde ağır metal birikimi artmaktadır. Ayrıca, bu kirliliğe bağlı olarak balıklarda meydana gelen hormonal, biyokimyasal, hematolojik ve histopatolojik olumsuzlukların düzeyi belirlenmiştir.

Balık dokularındaki ağır metal seviyeleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde; bazı ağır metal seviyelerinin TKG (Anonim, 2002) ve literatüre göre yüksek olması nedeni ile Ladik Gölü'nde ağır metal düzeylerinin takibe alınmasını gerekli kılmaktadır. Sanayi tesislerinin emisyon ve deşarj suyunun filtreleme sistemlerinin

yönetmeliklere uygun olup olmadığının kontrolü ve göl çevresindeki yerleşim yerlerinden gelen atık suların engellenmesi önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Moneim, A. M., Al-Kahtani, M. A. and Elmenshawy, O. M. 2012. Histopathological biomarkers in gills and liver of *Oreochromis niloticus* from polluted wetland environments, Saudi Arabia. *Chemosphere*, 88:8, 1028-1035. doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.04.001
- Adhikari, S., Sarkar, B., Chatterjee, A., Mahapatra, C. T. and Ayyappan, S. 2004. Effects of cypermethrin and carbofuran on certain hematological parameters and prediction of their recovery in a fresh water teleost, *Labeorohita* (Hamilton). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 58:2, 220-226. doi:10.1016/j.ecoenv.2003.12.003
- Ağcasulu, Ö. 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın dokularında ağır metal birikiminin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri, 43, Ankara.
- Ahmad, K., Azizullah, A., Shama, S. and Khattak, M. N. K. 2014. Determination of heavy metal contents in water, sediments, and fish tissues of *Shizothorax plagiostomus* in river Panjkora at Lower Dir, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Environmental monitoring and assessment*, 186:11, 7357-7366. doi: 10.1007/s10661-014-3932-1
- Akın, S., Şahin, C., Verep, B., Turan, D., Gözler, A. M., Bozkurt, A., Çelik, K., Çetin, E., Aracı, A. and Sargın, İ. 2011. Feeding habits of introduced European perch (*Perca fluviatilis*) in an impounded large river system in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 6:18, 4293-4307. Doi:10.1071/ZO15083
- Allen, J. L. (Editor) 1988. *Exotic Animals*. Churchill Livingstone, 143-157, New York.
- Allen, K.R. 1935. The food and migration of the perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere. *The Journal of Animal Ecology*, 4:2, 264-273. doi:10.2307/1016
- Anonim, 1983. 2782 sayılı Çevre Kanunu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Resmi Gazete.
- Anonim, 1997. Ladik projesi İbi ve Havza Ovaları sulaması planlama raporu. DSİ VII. Bölge Müdürlüğü, Planlama Şube Müdürlüğü, 135, Samsun.
- Anonim, 2002. Türk Gıda Kodeksi, Resmi Gazete, No:24885, 23 Eylül 2002.
- Anonim, 2004a. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Resmi Gazete.
- Anonim, 2004b. World Health Organization (WHO). *Guidelines for drinking-water quality*, 1, 366, Geneva, French.

- Anonim, 2007. Doğal Alanları, Kuş ve Balık Çeşitliliği ile Geleceğe İyi Bir Miras; Temiz Ladik Gölü. Ladik Doğayı ve Çevreyi Koruma Derneği Yayınları, 2, Samsun.
- Anonim, 2009. Sempozyum ‘Ladik İlçesinin Dünü Bugünü’, 14-15 Kasım, Samsun.
- Arain, M. B., Kazi, T. G., Jamali, M. K., Jalbani, N., Afridi, H. I. and Shah, A. 2008. Total dissolved and bioavailable elements in water and sediment samples and their accumulation in *Oreochromis mossambicus* of polluted Manchar Lake. *Chemosphere*, 70:10, 1845-1856.
- Aras, M., Bayir, A., Sirkecioğlu, A. N., Polat, H. and Bayir, M. 2008. Seasonal variations in serum lipids, lipoproteins and some haematological parameters of chub (*Leuciscus cephalus*). *Italian Journal of Animal Science*, 7:4, 439-448.
- Arumugam, M. and Ravindranath, M. H. 1987. Copper toxicity in the crab, *Scylla serrata*, copper levels in tissues and regulation after exposure to a copper-rich medium. *Bulletin Of Environmental Contamination and Toxicology*, 39:4, 708-715.
- Asuquo, F. E., Ewa-Obobo, I., Asuquo, E. F. and Udo, P. J. 2004. Fish species used as biomarker for heavy metal and hydrocarbon contamination for Cross River, Nigeria. *Environmentalist*, 24:1, 29-37.
- Başıyigit, B. and Tekin-Özan, S. 2013. Concentrations of some heavy metals in water, sediment, and tissues of pike perch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, fish size and seasons. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22:3, 633-644.
- Begum, A., Amin, M. N., Kaneco, S. and Ohta, K. 2005. Selected elemental composition of the muscle tissue of three species of fish, *Tilapia nilotica*, *Cirrhina mrigala* and *Clarius batrachus*, from the fresh water Dhanmondi Lake in Bangladesh. *Food Chemistry*, 93:3, 439-443.
- Beğburs, C. R. 2001. Ürkmez Baraj Gölü’ndeki tatlısu levreği (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) popülasyonuna yönelik bazı biyolojik özelliklerin belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlanma ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, 105, İzmir.
- Beğburs, C.R. 2010. Investigation of growth features of perch (*Perca fluviatilis* L.1758) population in Urkmez Dam Lake (Izmir-Turkey). *2nd International Symposium on Sustainable Develeopment*, June 8-9, 693-699, Antalya.
- Benzer, S., Arslan, H., Uzel, N., Gül, A. and Yılmaz, M. 2013. Concentrations of metals in water, sediment and tissues of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) from Mogan Lake (Turkey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12:1, 45-55.
- Beyer, J. 1996. Fish biomarkers in marine pollution monitoring; evaluation and validation in laboratory and field studies. Academicthesis, Bergen Universities, Department Of Marina Biology, Norway.
- Bradley, R. W. and Morris, J. R. 1986. Heavy metals in fish from a series of metal-contaminated lakes near Sudbury, Ontario. *Water, Air and Soil Pollution*, 27:3-4, 341-354.
- Bulut İ. 2012. *Türkiye’nin Yüzen Adaları*. I. Baskı, Megaoffset Matbacılık, Erzurum.

- Camargo, M. M. and Martinez, C. B. 2006. Biochemical and physiological biomarkers in *Prochilodus lineatus* submitted to in situ tests in an urban stream in southern Brazil. *Environmental toxicology and pharmacology*, 21:1, 61-69.
- Canpolat, Ö. 2013. The Determination of Some Heavy Metals and Minerals in the Tissues and Organs of the *Capoeta umbla* Fish Species in Relation to Body Size, Sex and Age. *Ekoloji*, 22 :87, 64-72.
- Carrasco, L., Barata, C., García-Berthou, E., Tobias, A., Bayona, J. M. and Díez, S. 2011. Patterns of mercury and methylmercury bioaccumulation in fish species downstream of a long-term mercury-contaminated site in the lower Ebro River (NE Spain). *Chemosphere*, 84:11, 1642-1649.
- Casey, R. E., Simon, J. A., Atueyi, S., Snodgrass, J. W., Karouna-Renier, N. and Sparling, D. W. 2007. Temporal trends of trace metals in sediment and invertebrates from stormwater management ponds. *Water, air, and soil pollution*, 178:1-4, 69-77.
- Ceccuzzi, P., Terova, G., Brambilla, F., Antonini, M. and Saroglia, M. 2011. Growth, diet, and reproduction of Eurasian perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) in Lake Varese, northwestern Italy. *Fisheries Science*, 77:4, 533-545.
- Cerqueira, C. C. and Fernandes, M. N. 2002. Gill tissue recovery after copper exposure and blood parameter responses in the tropical fish *Prochilodus scrofa*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 52:2, 83-91.
- Chan, H. M. and Cherian, M. G. 1992. Protective roles of metallothionein and glutathione in hepatotoxicity of cadmium. *Toxicology*, 72:3, 281-290.
- Cicik, B. 1995. *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)'da Bakır, Çinko ve Bakır + Çinko Karışımında Solungaç, Karaciğer ve Kas Dokularındaki Metal Birikiminin Nicel Protein, Glikojen ve Kandaki Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 120, Adana.
- Collazos, M. E., Ortega, E., Barriga, C. and Rodriguez, A. B. 1998. Seasonal variation in haematological parameters in male and female *Tinca tinca*. *Molecular and cellular Biochemistry*, 183:1-2, 165-168.
- Coşkun, O. F., Aydın, D. and Duman, F. 2016. Comparison of some blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in running and still water. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15:1, 497-507.
- Craig, J. F., Kipling, C., Le Cren, E. D. and McCormack, J. C. 1979. Estimates of the numbers, biomass and year-class strengths of perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) in Windermere from 1967 to 1977 and some comparisons with earlier years. *Journal of Ecology*, 48, 315-325.
- Çalta, M., Canpolat, O. ve Nacar, A. 2000. Elazığ Keban Baraj Gölü'nde yakalanan *Capoeta trutta*'nın (Heckel, 1843) bazı ağır metallerinin seviyesinin belirlenmesi. *Doğu Anadolu Bölgesi IV. Balıkçılık Sempozyumu*, 28-30 Haziran, 799-811, Erzurum.
- Çelikkale, M.S. 1994. *İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, 37, Trabzon.

- Dan'Azumi, S. and Bichi, M. H. 2010. Industrial pollution and heavy metals profile of challawa river in Kano, Nigeria. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 5:1, 56-62.
- Das, S. M. 1978. Pollution in lake Nainital (Uttar Pradesh) as evidenced by biological indicators. *Toxicological as bioassay water research*, 11, 117-121.
- Dawson, E. J. and Macklin, M. G. 1998. Speciation of heavy metals in floodplain and flood sediments: a reconnaissance survey of the Aire Valley, West Yorkshire, Great Britain. *Environmental Geochemistry and Health*, 20:2, 67-76.
- De la Torre, F. R., Salibian, A. and Ferrari, L. 2000. Biomarkers assessment in juvenile *Cyprinus carpio* exposed to waterborne cadmium. *Environmental Pollution*, 109:2, 277-282.
- De Pedro, N., Guijarro, A. I., López-Patiño, M. A., Martínez-Álvarez, R. and Delgado, M. J. 2005. Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture research*, 36:12, 1185-1196.
- De Wet, L. M., Schoonbee, H. J., De Wet, L. P. D. and Wiid, A. J. B. 1991. Bioaccumulation of metals by the southern mouthbrooder, *Pseudocrenilabrus philander* (Weber, 1897) from a mine-polluted impoundment. *Water SA*, 17:2, 119-126.
- Deniz, H. 2007. *Cyprinus carpio* ve *Clarias gariepinus*'da hematolojik parametrelerin Silifke ve Karataş örneklerinde karşılaştırılması. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 29, Adana.
- Doğru, M. I., Örün, I., Doğru, A., Kandemir, Ş., Altaş, L., Erdoğan, K., Örün, G. and Polat, N. 2011. Evaluation of metal accumulation, oxidative stress, biochemical and hematological parameters in *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758) from Bafra (Samsun) Fish Lakes. *Fresenius Environmental Bulletin*, 20:10, 2731-2736.
- Dostbil, M. 2010. Mogan Gölü'nde su ve sedimentte ağır metal düzeylerinin tespiti; sazan (*Cyprinus carpio*) ve kadife (*Tinca tinca*) balık dokuları üzerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 102, Ankara.
- Duncan, J. R., Prasse, K. W. and Mahaffey, E. A. 1994. Proteins, lipids, and carbohydrates. *Veterinary laboratory medicine clinical pathology*, 112-129.
- Dural, M., Genç, E., Sangun, M. K. and Güner, Ö. 2011. Accumulation of some heavy metals in *Hysterothylacium aduncum* (Nematoda) and its host sea bream, *Sparus aurata* (Sparidae) from North-Eastern Mediterranean Sea (Iskenderun Bay). *Environmental monitoring and assessment*, 174:1-4, 147-155.
- Dündar, M. S. and Altundağ, H. 2007. Investigation of heavy metal contaminations in the lower Sakarya river water and sediments. *Environmental monitoring and assessment*, 128:1-3, 177-181.

- Eddy, F. B. 1982. Osmotic and ionic regulation in captive fish with particular reference to salmons. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 73:1, 125-141.
- Ersoy, B. and Çelik, M. 2010. The essential and toxic elements in tissues of six commercial demersal fish from Eastern Mediterranean Sea. *Food and chemical toxicology*, 48:5, 1377-1382.
- Fanta, E., Rios, F. S. A., Romão, S., Vianna, A. C. C. and Freiburger, S. 2003. Histopathology of the fish *Corydoras paleatus* contaminated with sublethal levels of organophosphorus in water and food. *Ecotoxicology and environmental safety*, 54:2, 119-130.
- Fazio, F., Saoca, C., Piccione, G., Kesbiç, O. S. and Acar, Ü. 2016. Comparative study of some hematological and biochemical parameters of Italian and Turkish farmed rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16:3, 715-721.
- Fernandes M.N. and Mazon F. (Editors) 2003. *Fish adaptations*. Science Publishers, 203-231, Enfield.
- Fırat, Ö., Cogun, H. Y., Yüzereroğlu, T. A., Gök, G., Fırat, Ö., Kargın, F. and Kötemen, Y. 2011. A comparative study on the effects of a pesticide (cypermethrin) and two metals (copper, lead) to serum biochemistry of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 37:3, 657-666.
- Froese, R. and Pauly D. (Editors) 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (02/2019).
- Fu, H., Steinebach, O. M., Van den Hamer, C. J. A., Balm, P. H. M. and Lock, R. A. C. 1990. Involvement of cortisol and metallothionein-like proteins in the physiological responses of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to sublethal cadmium stress. *Aquatic toxicology*, 16:4, 257-269.
- Gagné, F., Marion, M. and Denizeau, F. 1990. Metallothionein induction and metal homeostasis in rainbow trout hepatocytes exposed to mercury. *Toxicology letters*, 51:1, 99-107.
- Gargan, P. G. and O'Grady, M. F. 1992. Feeding Relationships of trout *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758) Perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) and Roach *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) in Lough Sheelin, Ireland. *Irish Fisheries Investigations Series A*, 35, 1-22.
- Geldiay, R. ve Balık, S. 2007. *Türkiye Tatlısu Balıkları*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 644, Bornova- İzmir.
- Griffiths, W. E. 1976. Feeding and gastric evacuation in perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758). *Mauri Ora*, 4, 19-34.
- Guijarro, A. I., Lopez-Patiño, M. A., Pinillos, M. L., Isorna, E., De Pedro, N., Alonso-Gómez, A. L., Alonso date Bedate M. and Delgado M.J. 2003. Seasonal changes in haematology and metabolic resources in the tench. *Journal of Fish Biology*, 62:4, 803-815.

- Gupta, A., Rai, D. K., Pandey, R. S. and Sharma, B. 2009. Analysis of some heavy metals in the riverine water, sediments and fish from river Ganges at Allahabad. *Environmental monitoring and assessment*, 157:1-4, 449.
- Güldiren, O. ve Tekin-Özan, S. 2018. Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nda yaşayan sazan *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)'in kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9:2, 157-167.
- Hansson, S. 1985. Local growth differences in perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758)' in a Baltic archipelago. *Hydrobiologia*, 121:1, 3-10.
- Has-Schön, E., Bogut, I., Vuković, R., Galović, D., Bogut, A. and Horvatić, J. 2015. Distribution and age-related bioaccumulation of lead (Pb), mercury (Hg), cadmium (Cd), and arsenic (As) in tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) and European catfish (*Sylurus glanis*) from the Buško Blato reservoir (Bosnia and Herzegovina). *Chemosphere*, 135, 289-296.
- Heath, A.G. 1995. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press, 359, New York.
- Henry, F., Amara, R., Courcot, L., Lacouture, D. and Bertho, M. L. 2004. Heavy metals in four fish species from the French coast of the Eastern English Channel and Southern Bight of the North Sea. *Environment International*, 30:5, 675-683.
- Hilmy, A. M., Daabees, A. Y. and Abdel, H. L. 1987. Some physiological and biochemical indices of zinc toxicity in two freshwater fishes, *Clarias lazera* and *Tilapia zilli*. *Comparative biochemistry and physiology. C, Comparative pharmacology and toxicology*, 87:2, 297-301.
- Hodson, P. V. 1988. The effect of metal metabolism on uptake, disposition and toxicity in fish. *Aquatic toxicology*, 11:1-2, 3-18.
- Holcík, J. (Editor) 1989. *Freshwater fishes of Europe General Introduction to Fishes and Acipenseriformes*. Aula Verlag, 469, Wiesbaden.
- Iwama, G. K., Vijayan, M. M., Forsyth, R. B. and Ackerman, P. A. 1999. Heat shock proteins and physiological stress in fish. *American Zoologist*, 39:6, 901-909.
- İlhan, A., Ustaoglu, M. R., Sarı, H. M., Başiaçık, S. ve Gürleyen, N. 2009. Tahtalı Baraj Gölü (İzmir) Tatlısu Levreği *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) Populasyonunun Üreme Özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 26:4, 257-260.
- Jamet, J. L. 1994. Feeding activity of adult roach *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) and ruffe *Gymnocephalus cernuus* (Linnaeus, 1758)'in eutrophic Lake Aydat (France). *Aquatic Sciences*, 56:4, 376-387.
- Jezierska, B. and Witeska, M. 2001. Metal Toxicity to Fish. *University of Podlasie Publisher*, 318, Siedlce.
- Juneja, C. J. and Mahajan, C. L. 1983. Hematological and haemopoietic changes in fish *Channa punctatus* due to mercury pollution in water. *Indian Journal of Animal*, 17:2, 63-71.

- Kandemir, Ş., Örün, İ., Talas, Z., Örün, G. N., Erdoğan, K., Işık, M., Altaş, L. and Duran, A. 2010. Effects on mortality of biochemical and limnological properties on some fish species in Sultansuyu Dam Lake (Malatya), Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10:3, 431-437.
- Kankılıç, G. B., Tüzün, İ. and Kadioğlu, Y. K. 2013. Assessment of heavy metal levels in sediment samples of Kapulukaya Dam Lake (Kırıkkale) and lower catchment area. *Environmental monitoring and assessment*, 185:8, 6739-6750.
- Karadede, H. 1997. Atatürk Baraj Gölü' nde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, 72, Diyarbakır.
- Karadede, H., Cengiz, E. I. and Ünlü, E. 1997. Investigation of heavy metal accumulation in *Mastacembelus simack* (Walbaum, 1792) from the Atatürk Dam Lake. In *IX. National Aquaculture Symposium*, 1, 399-407, Isparta, Turkey.
- Karadede-Akin, H. and Ünlü, E. 2007. Heavy metal concentrations in water, sediment, fish and some benthic organisms from Tigris River, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 131:1-3, 323-337.
- Karouna-Renier, N. K. and Sparling, D. W. 2001. Relationships between ambient geochemistry, watershed land-use and trace metal concentrations in aquatic invertebrates living in stormwater treatment ponds. *Environmental Pollution*, 112:2, 183-192.
- Kavadias, S., Castritsi-Catharios, J., Dessypris, A. and Miliou, H. 2004. Seasonal variation in steroid hormones and blood parameters in cage-farmed European sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 20:1, 58-63.
- Kavitha, C., Malarvizhi, A., Kumaran, S. S. and Ramesh, M. 2010. Toxicological effects of arsenate exposure on hematological, biochemical and liver transaminases activity in an Indian major carp, *Catla catla*. *Food and Chemical Toxicology*, 48:10, 2848-2854.
- Klee, O. 1991. *Angewandte Hydrobiologie*. Georg Thieme Verlag, 272, Stuttgart-New York.
- Kocataş, A. 2006. *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi Basımevi, 51, 597, İzmir.
- Kuru, M. 2009. *Omurgalı Hayvanlar*. Palme Yayıncılık, 271, Ankara.
- Lappalainen, A., Rask, M., Koponen, H. and Vesala, S. 2001. Relative abundance, diet and growth of perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) and roach (*Rutilus rutilus*) at Tvaerminne, northern Baltic Sea, in 1975 and 1997: responses to eutrophication?. *Boreal Environment Research*, 6:2, 107-118.
- Le Cren, E. D. 1977. A study of the numbers, biomass and year class strengths of Perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) in Windermere from 1941 to 1966. *Journal of Animal Ecology*, 46, 281-307.

- Lee, S. W., Hwang, S. J., Lee, S. B., Hwang, H. S. and Sung, H. C. 2009. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landscape Planning*, 92:2, 80-89.
- Lenhardt, M. 1992. Seasonal changes in some blood chemistry parameters and in relative liver and gonad weights of pike *Esox lucius* (Linnaeus, 1758) from the River Danube. *Journal of Fish Biology*, 40:5, 709-718.
- Levesque, H. M., Moon, T. W., Campbell, P. G. C. and Hontela, A. 2002. Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquatic Toxicology*, 60:3-4, 257-267.
- Li, F., Huang, J., Zeng, G., Yuan, X., Li, X., Liang, J., Wang, X., Tang, X. and Bai, B. 2013. Spatial risk assessment and sources identification of heavy metals in surface sediments from the Dongting Lake, Middle China. *Journal of Geochemical Exploration*, 132, 75-83.
- Liang, Y., Cheung, R. Y. H. and Wong, M. H. 1999. Reclamation of wastewater for polyculture of freshwater fish: bioaccumulation of trace metals in fish. *Water Research*, 33:11, 2690-2700.
- Lorenzoni, M., Carosi, A., Pedicillo, G. and Trusso, A. 2007. A comparative study on the feeding competition of the european perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) and the ruffe *Gymnocephalus Cernuus* (Linnaeus, 1758) In Lake Piediluco (Umbria, Italy). *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*, 387, 35-57.
- Malik, N., Biswas, A. K., Qureshi, T. A., Borana, K. and Virha, R. 2010. Bioaccumulation of heavy metals in fish tissues of a freshwater lake of Bhopal. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160:1-4, 267.
- Maraşlıoğlu, F. 2001. Ladik Gölü'nün (Ladik-Samsun-Türkiye) fitoplanktonu ve kıyı bölgesi algleri üzerine bir araştırma. *Ondokuz Mayıs University*, 61, Samsun.
- Martinez, C. B. R., Nagae, M. Y., Zaia, C. T. B. V. and Zaia, D. A. M. 2004. Acute morphological and physiological effects of lead in the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. *Brazilian Journal of Biology*, 64:4, 797-807.
- Mayer, F.L., Versteeg, D.J., McKee, M.J., Folmar, L.C., Graney, R.L., McCume, D.C. and Rattner, B.A. (Editors) 1992. *Proceedings of the Eighth Pellston Workshop*, Lewis Publishers, 5-85, Boca Raton, USA.
- Mendil, D., Uluözlü, Ö. D., Hasdemir, E., Tüzen, M., Sari, H. and Suicmez, M. 2005. Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey. *Food chemistry*, 90:1-2, 175-179.
- Miklovics, M.H., Kovács, E. and Szakolczai, J. (Editors) 1985. *Heavy Metals in Organisms*. Akademiai Kiado, 111-118, Budapest.
- Miller, M. A., Madenjian, C. P. and Masnado, R. G. 1992. Patterns of organochlorine contamination in lake trout from Wisconsin waters of the Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 18:4, 742-754.
- Millour, S., Noël, L., Chekri, R., Vastel, C., Kadar, A., Sirot, V., Leblanc, J-C. and Guérin, T. 2012. Strontium, silver, tin, iron, tellurium, gallium, germanium,

- barium and vanadium levels in foodstuffs from the second french total diet study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 25:2, 108-129.
- Moiseenko, T. I., Gashkina, N. A., Sharova, Y. N. and Kudryavtseva, L. P. 2008. Ecotoxicological assessment of water quality and ecosystem health: A case study of the Volga River. *Ecotoxicology and environmental safety*, 71:3, 837-850.
- Monteiro, S. M., Mancera, J. M., Fontainhas-Fernandes, A. and Sousa, M. 2005. Copper induced alterations of biochemical parameters in the gill and plasma of *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology*, 141:4, 375-383.
- Morgan, A. L., Thompson, K. D., Auchinachie, N. A. and Migaud, H. 2008. The effect of seasonality on normal haematological and innate immune parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Linnaeus,1758), *Fish and shellfish immunology*, 25:6, 791-799.
- Nauen, C. E. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fisheries Circular*, 764,102.
- OliveiraRibeiro, C., Pelletier, E., Pfeiffer, W. C. and Rouleau, C. 2000. Comparative uptake, bioaccumulation, and gill damages of inorganic mercury in tropical and nordic freshwater fish. *Environmental Research*, 83:3, 286-292.
- Olufayo, M. O. 2009. Haematological characteristics of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) juveniles exposed to Derri elliptica root powder. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9:3, 920-933.
- Oymak, S. A., Karadede-Akin, H. and Doğan, N. 2009. Heavy metal in tissues of *Tor grypys* from Atatürk Dam Lake, Euphrates River-Turkey. *Biologia*, 64:1, 151-155.
- Öner, M., Atli, G. and Canli, M. 2008. Changes in serum biochemical parameters of freshwater fish *Oreochromis niloticus* following prolonged metal (Ag, Cd, Cr, Cu, Zn) exposures. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 27:2, 360-366.
- Öner, Ö. ve Çelik, A. 2011. Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan alınan su ve sediment örneklerinde bazı kirlilik parametrelerinin incelenmesi. *Ekoloji*, 20:78, 48-52.
- Örün, I. and Erdemli, A. O. 2002. A study on blood parameters of *Capoeta trutta* (Heckel, 1843). *OnLine Journal of Biological Sciences*, 2:8, 508-511.
- Örün, İ. 2000. Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan ve ekonomik öneme sahip bazı balıkların *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Leuciscus cephalus orientalis* (Nordmann, 1840), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843), *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) ve *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) hematolojik yönden incelenmesi. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı,182, Malatya.
- Özmen, H., Külahçı, F., Çukurovalı, A. and Doğru, M. 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). *Chemosphere*, 55:3, 401-408.

- Özmen, M., Güngördü, A., Küçükbay, F. Z. and Güler, R. E. 2006. Monitoring the effects of water pollution on *Cyprinus carpio* in Karakaya Dam Lake, Turkey. *Ecotoxicology*, 15:2, 157-169.
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O. and Minareci, E. 2009. Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avsar Dam Lake in Turkey. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 6:2, 73-80.
- Persson, L., Diehl, S., Johansson, L., Andersson, G. and Hamrin, S. F. 1991. Shifts in fish communities along the productivity gradient of temperate lakes-patterns and the importance of size-structured interactions. *Journal of Fish Biology*, 38:2, 281-293.
- Petrivalský, M., Machala, M., Nezveda, K., Piačka, V., Svobodová, Z. and Drábek, P. 1997. Glutathione-dependent detoxifying enzymes in rainbow trout liver: Search for specific biochemical markers of chemical stress. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 16:7, 1417-1421.
- Pimpao, C. T., Zampronio, A. R. and De Assis, H. S. 2007. Effects of deltamethrin on hematological parameters and enzymatic activity in *Ancistrus multispinis* (Pisces, Teleostei). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 88:2, 122-127.
- Polat N. 2009. Ladik Gölü'nün biyolojik zenginlikleri. *Ladik ilçesinin dünü bugünü sempozyumu*, 14-15 Kasım 2009, Ladik ilçesinin dünü bugünü sempozyumu kitapçığı, 68-76, Ladik-Samsun.
- Polat, M. 1997. Akarsu ve göllerde izlenen fiziksel ve kimyasal parametreler. *Su kalitesi yönetimi semineri bildiri kitabı*, 45-57, Ankara.
- Polat, N. ve Kır, İ. 1996. Suat Uğurlu Baraj Gölü'nde yaşayan tatlısu levreği *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758)'nin besin organizmaları üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 5, 67-81.
- Polat, N. ve Uğurlu, S. 2011. *Samsun ili tatlısu balık faunası*. Ceylan Ofset, Samsun.
- Polat, N., Bostancı, D. and Yılmaz, S. 2004. Age analysis on different bony structures of perch *Perca Fluviatilis* (Linnaeus, 1758) inhabiting Derbent Dam Lake (Bafra, Samsun). *Turkish Journal Of Veterinary And Animal Sciences*, 28:3, 465-469.
- Prusty, A. K., Kohli, M. P. S., Sahu, N. P., Pal, A. K., Saharan, N., Mohapatra, S. and Gupta, S. K. 2011. Effect of short term exposure of fenvalerate on biochemical and haematological responses in *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. *Pesticide biochemistry and physiology*, 100:2, 124-129..
- Rajkowska, M. and Protasowicki, M. 2011. Distribution of selected metals in bottom sediments of lakes Insko and Wisola (Poland). *Ecological Chemistry and Engineering A*, 18:5-6, 805-811.
- Ranzani-Paiva, M. J. T., Ishikawa, C. M., Campos, B. D. E. S. D. and Eiras, A. C. D. 1997. Haematological characteristics associated with parasitism in mullets, *Mugil platanus* Günther, from the estuarine region of Cananéia, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14:2, 329-339.

- Rayment, G. E. and Barry, G. A. 2000. Indicator tissues for heavy metal monitoring—additional attributes. *Marine Pollution Bulletin*, 41:7-12, 353-358.
- Rodrigues, E. D. L. and Fanta, E. 1998. Liver histopathology of the fish *Brachydanio rerio* Hamilton-Buchman after acute exposure to sublethal levels of the organophosphate Dimethoate 500. *Revista Brasileira de Zoologia*, 15:2, 441-450.
- Singh, R. K. and Sharma, B. 1998. Carbofuran-induced biochemical changes in *Clarias batrachus*. *Pesticide Science*, 53:4, 285-290.
- Sirot, V., Guérin, T., Volatier, J. L. and Leblanc, J. C. 2009. Dietary exposure and biomarkers of arsenic in consumers of fish and shellfish from France. *Science of the Total Environment*, 407:6, 1875-1885.
- Skordas, K., Kelepertzis, E., Kosmidis, D., Panagiotaki, P. and Vafidis, D. 2015. Assessment of nutrients and heavy metals in the surface sediments of the artificially lake water reservoir Karla, Thessaly, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 73:8, 4483-4493.
- Slastenenko, E. 1955-1956. *Karadeniz Havzası Balıkları*. Et ve Balık Kurumu UmumMüdürlüğü Yayınları, 711, İstanbul.
- Sökmen, T. Ö., Güneş, M. ve Kırıcı, M. 2018 Karasu Nehri'nden (Erzincan) alınan su, sediment ve *Capoeta umbla* dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5:4, 578-588.
- Squadrone, S., Prearo, M., Brizio, P., Gavinelli, S., Pellegrino, M., Scanzio, T., Guarise, S., Benedetto, A. and Abete, M. C. 2013. Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian Rivers. *Chemosphere*, 90:2, 358-365.
- Stumm, W. and Morgan, J. 1996. *Aquatic Chemistry: An Introduction Emphasizing Chemical Equilibria in Natural Water*. Wiley, New York.
- Suresh, G., Sutharsan, P., Ramasamy, V. and Venkatachalapathy, R. 2012. Assessment of spatial distribution and potential ecological risk of the heavy metals in relation to granulometric contents of Veeranam lake sediments, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 84, 117-124.
- Talas, Z. S., Gülhan, M. F., Erdoğan, K. and Örün, I. 2014. Antioxidant effects of propolis on carp *Cyprinus carpio* exposed to arsenic: biochemical and histopathologic findings. *Diseases of aquatic organisms*, 108:3, 241-249.
- Tekin-Özan, S. and Aktan, N. 2012. Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* (L., 1758) from Isikli Lake (Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, 44:5, 1405-1416.
- Tekin-Özan, S. and Kir, İ. 2008. Seasonal variations of heavy metals in some organs of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) from Beyşehir Lake (Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, 138:1-3, 201-206.
- Thorpe, J. E. 1977. Morphology, physiology, behavior, and ecology of *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) and *Perca flavescens* (Linnaeus, 1758) Mitchill. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 34:10, 1504-1514.

- Tort, L., Torres, P. and Flos, R. 1987. Effects on dogfish haematology and liver composition after acute copper exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 87:2, 349-353.
- Trivedy, R. K. and Goel, P. K. 1986. Chemical and Biological methods for water pollution studies. *Environmental Publication*, 35, Karad, India.
- Tulasi, S. J., Reddy, P. U. M. and Rao, J. R. 1992. Accumulation of lead and effects on total lipids and lipid derivatives in the freshwater fish *Anabas testudineus* (Bloch). *Ecotoxicology and environmental safety*, 23:1, 33-38.
- Türkmen, M., Türkmen, A. and Tepe, Y. 2011. Comparison of metals in tissues of fish from Paradeniz Lagoon in the coastal area of Northern East Mediterranean. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 87:4, 381.
- Uçar, A. ve Atamanalp, M. 2009. Balıklarda toksikopatolojik lezyonlar. *Atatürk Üniversitesi II. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40:1, 95-101.
- Uğurlu, S., Polat, N. and Kandemir, Ş. 2009. Changes in the Lake Ladik fish community (1972-2004) and ichthyofauna of its inlet and outlet streams (Samsun, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 33:4, 393-401.
- Van der Oost, R., Beyer, J. and Vermeulen, N. P. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 13:2, 57-149.
- Varol, M. and Şen, B. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. *Catena*, 92, 1-10.
- Vinodhini, R. and Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 5:2, 179-182.
- Wang, Y., Chen, P., Cui, R., Si, W., Zhang, Y. and Ji, W. 2010. Heavy metal concentrations in water, sediment, and tissues of two fish species (*Triplophysa pappenheimi*, *Gobio hwanghensis*) from the Lanzhou section of the Yellow River, China. *Environmental monitoring and assessment*, 165:1-4, 97-102.
- Wang, Z., Yao, L., Liu, G. and Liu, W. 2014. Heavy metals in water, sediments and submerged macrophytes in ponds around the Dianchi Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 107, 200-206.
- Wedemeyer, G. A. and McLeay, D. J. (Editors) 1981. *Stress and fishes*. Academic Press, 247-275, London.
- Wendelaar Bonga, S. E. 1997. The stress response in fish. *Physiological reviews*, 77:3, 591-625.
- Wziątek, B., Poczyczński, P., Kozłowski, J. and Wojnar, K. 2004. The feeding of sexually mature european perch *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758) in Lake Kortowskie in the autumn-winter period. *Archives of Polish Fisheries*, 12:2, 197.

- Yılmaz, A. B., Sangün, M. K., Yağlıoğlu, D. and Turan, C. 2010. Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, Turkey. *Food chemistry*, 123:2, 410-415.
- Yılmaz, M., Özgür, E., Ersan, Y. and Evren, K. O. Ç. 2018a. Tebukonazol (Fungusit)'un *Cyprinus Carpio* (L. 1758)'nun karaciğer, solungaç, böbrek ve bağırsak histopatolojisi üzerine etkilerinin incelenmesi. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11:2, 94-108.
- Yılmaz, M., Yanar, S. G., Koç, E. and Ersan, Y. 2018b. Alüminyum zehirlenmesinin *Capoeta capoeta* 'nın serum proteinleri ve solungaç histopatolojisi üzerine etkileri. *Caucasian Journal of Science*, 5:2, 17-26.
- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Erbaşaran, M., Esen, S., Zengin, M. and Polat, N. 2012. Length-weight relationship and relative condition factor of white bream, *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758) from Lake Ladik, Turkey. *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 18:3, 380-387.
- Zhang, L. X., Ulgiati, S., Yang, Z. F. and Chen, B. 2011. Emergy evaluation and economic analysis of three wetland fish farming systems in Nansi Lake area, China. *Journal of Environmental Management*, 92:3, 683-694.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Nagehan Canyaşar
Doğum Yeri : Havza
Doğum Tarihi : 16.03.1989
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : 100.Yıl Süper Lisesi (2003-2007)
Üniversite : Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
Biyoloji Ana Bilim Dalı (2009-2013)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Ondokuz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi/Biyolog (2014- Devam etmekte)