

**KARASU NEHRİ'NDE (ERZURUM) YAŞAYAN
Capoeta capoeta VE *Leuciscus cephalus*'UN
SOLUNGAÇ, KARACİĞER VE BÖBREK
DOKULARINDAKİ HİSTOPATOLOJİK
DEĞİŞİKLİKLER**

Hatice DANE

**Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı
Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN
2013**

Her Hakkı Saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARASU NEHRİ'NDE (ERZURUM) YAŞAYAN *Capoeta capoeta* VE
Leuciscus cephalus'UN SOLUNGAÇ, KARACİĞER VE BÖBREK
DOKULARINDAKİ HİSTOPATOLOJİK DEĞİŞİKLİKLER

Hatice DANE

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2013

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

KARASU NEHRİ'NDE (ERZURUM) YAŞAYAN *Capoeta capoeta* VE *Leuciscus cephalus*'UN SOLUNGAÇ, KARACİĞER VE BÖBREK DOKULARINDAKİ HİSTOPATOLOJİK DEĞİŞİKLİKLER

Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN danışmanlığında, **Hatice DANE** tarafından hazırlanan bu çalışma 04/01/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fatime GEYİKOĞLU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Hasan TÜRKEZ

İmza :

Üye : Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARASU NEHRİ'NDE (ERZURUM) YAŞAYAN *Capoeta capoeta* VE *Leuciscus cephalus*'UN SOLUNGAÇ, KARACİĞER VE BÖBREK DOKULARINDAKİ HİSTOPATOLOJİK DEĞİŞİKLİKLER

Hatice DANE

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN

Erzurum Ovası'nın tek akarsuyu olan Karasu Nehri ünlü nehir Fırat'ın kaynağını oluşturmaktadır. Tarımsal kaynaklı suni gübrelere, insektisitlere, kanalizasyon, sanayi ve fabrika atıklarının bu nehri kirlettiği düşünülmektedir. Bu nehirdeki kirlilik Fırat Havzası'nı tehdit eder niteliktedir. Balıklar yaşadıkları çevreyle temas halindedirler ve bu yüzden sucul kirlilik tespitinde oldukça sık kullanılırlar. Bu çalışmada iki farklı balık türü, *Capoeta capoeta* ve *Leuciscus cephalus* Karasu Nehri'nin üç farklı bölgesinden (Aşkale, Dumlu ve Serçeme) yakalandı. Balıkların solungaç, karaciğer ve böbreklerdeki histolojik değişiklikler mikroskopik olarak gözlemlendi ve kantitatif olarak değerlendirildi. Ayrıca belirtilen bölgelerden alınan yüzey suyu örneklerinde ağır metallerin tespiti yapıldı. Sonuçlar özellikle Aşkale bölgesi yüzey suyunun çeşitli ağır metallerle kirlendiğini gösterdi. Aşkale istasyonu yüzey suyunda tespit edilen Cd, Al, As, Pb ve Mn oranları TSE tarafından belirlenen seviyelerin üzerinde bulundu. Aynı zamanda iki balık türünün solungaç, karaciğer ve böbreklerinde de çeşitli histopatolojik anormallikler tespit edildi. Solungaç filamentlerinde anörizm, pekuliar malformasyon, vazodilatasyon, lamellerde dejenerasyon ve hipertrofi, konjesyon, filamenter dilatasyon ve lamellar füzyon gibi anormallikler gözlemlendi. Karaciğerde ise melanomakrofajlarda birikme, homojen olmayan parankima, hepatopankreasta proliferasyon ve hipertrofi, hepatositlerde vakuolizasyon ve hipertrofi, merkezi vena konjesyon ve dejenerasyon, safra kanalı proliferasyonu, sinuzoidal dilatasyon, vasküler dejenerasyon ve fibrozis en önemli patolojik bulgularıdır. Böbrekte ise gözlenen değişiklikler Bowman kapsülü yarılmasıyla oluşan glomerulopati, renal parankima ve tubullerde dejenerasyon, melanomakrofajlarda artış, vakuolizasyon, glomerular pleomorfizm ve konjesyondur. Bu anormalliklerin tamamı her iki balık türünde de gözlemlendi. Anormallik sıklığı bakımından aralarında önemli bir istatistiksel farkın olmadığı bulundu. Histopatolojik anormallikler bakımından Serçeme Deresi ve Dumlu Deresi'nden yakalanan balıklarda istatistiksel olarak bir artış gözlenmedi. Ancak Aşkale lokalitesinden yakalanan balıklarda patolojinin arttığı ve istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edildi. Histolojik lezyonlar karşılaştırıldığında en çok karaciğerin etkilendiği görüldü. Histopatolojideki artışla, Karasu Nehri'nin toksik kimyasallarca kirlendiği ve gözlenen bu anormalliklerin nehre bırakılan atıklarla ilgili olduğu sonucuna varıldı.

2013, 94 sayfa

Anahtar Kelimeler: Su Kirliliği, Karasu Nehri, Histopatoloji, Solungaç, Karaciğer, Böbrek, *Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*.

ABSTRACT

MS Thesis

HISTOPATHOLOGICAL CHANGES IN GILL, LIVER AND KIDNEY OF *Capoeta capoeta*
AND *Leuciscus cephalus* LIVING KARASU RIVER, ERZURUM

Hatice DANE

Atatürk University
Gradute School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

Karasu River, the only river in the Erzurum plain, is the source of the famous river Euphrates. It is considered that artificial fertilizers, insecticides, municipal sewage, industrial and factory wastes are polluted the river. The pollution in the Karasu River also threatens the Euphrates basin. Fish live in direct contact with their immediate external environment. Therefore, fish are frequently used to determinate the aquatic pollution. In this study, *Capoeta capoeta* and *Leuciscus cephalus* were caught at three different sites in Karasu River, namely Aşkale, Dumlu and Serçeme. The histological changes in gill, liver and kidney of fish were detected microscopically and evaluated with quantitative analyses. Also, heavy metals have been determined in the surface water samples from these sites. Results showed that Aşkale site was polluted by different kinds of heavy metals. In Aşkale site, some heavy metals such as Cd, Al, As, Pb and Mn levels were mostly detected at concentrations above than the accepted values by TSE. Meanwhile, various histopathological abnormalities were observed in gill, liver and kidney of the fish specimens. In gill filaments, the presence of aneurysmal areas, pekuliar malformation, vasodilatation, lamellar degeneration and hypertrophy, blood congestion, filamenter dilatation and lamellar fusion were observed. In the liver, there were an increase in the number and size of melanomacrophage centers, non-homogenous parenchyma tissue, proliferation and hypertrophy of the hepatopancreas, vacuolization and hypertrophy of the hepatocytes, blood congestion and degeneration of central vein, bile duct proliferation, sinusoidal dilatation, vascular degeneration and fibrosis. The observed changes in kidney included glomerulopathy with dilated Bowman's space, degenerations of renal parenchyma and tubuli, melanomacrophages agregates, vacuolisation, glomerular pleomorphism and blood congestion. All of abnormalities were observed in both fish species. It was found that pathological frequency was not statistically significant between the fish species. The histopathologic abnormalities did not show significant increasing between fish species caught from Serçeme and Dumlu streams, statistically. But, pathology increased in Aşkale locality and this increase was found to be statistically significant. The histological lesions were comparatively most severe in liver. The increase in histopathology consider that Karasu River is contaminated with toxic pollutants and the observed abnormalities are related to discharge of wastes into river water.

2013, 94 pages

Keywords: Water Pollution, Karasu River, Histopathology, Gill, Liver, Kidney, *Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu alıőma Atatürk Üniversitesi Fen Fakóltesi Biyoloji Bölümü Hayvan Fizyolojisi ve Histolojisi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalıőmalarımın her aőamasında bana yardımcı olan, bilgi, deneyim ve önerileriyle bana yol gösteren tez danışmanım, değerli hocam Sayın Doç. Dr. Turgay ŐŐŐMAN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

alıőlarımda kullandığım balık türlerinin yakalanmasında ve tür teőhisinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Ümit İNCEKARA, Sayın Arş. Gör. Yahya TEPE'ye ve laboratuvar alıőlarıma yardımcı olan değerli arkadaşlarım Zehra YAZICI, Tülay ÖZHAN BAKIR, Őeymanur AYDIN'a en içten duygularımla teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi manevi destekleriyle daima yanımda olan ve üzerimde sayısız emekleri bulunan kıymetli anne ve babama yürekten teőekkürlerimi sunarım.

Hatice DANE

Ocak 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Türkiye'nin Su Potansiyeli	3
1.2. Sularda Kirlenme.....	4
1.3. Sulara Karışan Atık Maddeler ve Kaynakları	5
1.3.1. Evsel atıklar	6
1.3.2. Endüstriyel faaliyetler ve atıkları	7
1.3.2.a. Fiziksel kirlilik.....	8
1.3.2.b. Kimyasal kirlilik.....	9
1.3.2.c. Biyolojik kirlilik	10
1.3.2.d. Radyoaktif kirlilik	11
1.3.2.e. Isısal kirlilik.....	13
1.3.3. Tarımsal atıklar.....	13
1.4. Sularda Kirlenmeye Neden Olan Unsurlar.....	15
1.4.1. Organik kirleticiler	16
1.4.2. İnorganik kirleticiler.....	18
1.4.2.a. Ağır metaller.....	19
2. KAYNAK ÖZETLERİ	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
3.1. Çalışma Bölgesi ve İstasyonların Belirlenmesi.....	34
3.2. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri.....	36
3.3. Çalışmada Örnekleme Yapılan Balık Türleri	37
3.4. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar.....	39
3.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar.....	39

3.6. Histopatolojik yöntem	39
3.7. Mikroskopik Analiz.....	45
3.8. İstatistik	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
4.1. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları.....	47
4.2. Histopatolojik Bulgular	48
4.2.1. Solungaçlarda durum.....	50
4.2.2. Karaciğerde durum	54
4.2.3. Böbrekte durum.....	58
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	63
KAYNAKLAR	73
EKLER	92
EK 1.....	92
EK 2.....	93
EK 3.....	94
ÖZGEÇMİŞ	95

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde konsantrasyon
°C	Santigrat derece
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre
cm	Santimetre
g	Gram
g/cm ³	1 cm ³ çözelti içerisinde çözünmüş maddenin gram cinsinden miktarı
km	Kilometre
L	Litre
m	Metre
m ³	Metre küp
mg	Miligram
mg/L	Miligram/litre
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mmHg	Milimetre civa
nm	Nanometre
Yy	Yüzyıl
µg/g	Mikrogram/gram
µg/L	Mikrogram/litre
µm	Mikrometre

Kısaltmalar

A.Ş.	Anonim Şirketi
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
ÇO	Çözünmüş Oksijen

DDT	Dikloro Difenil Trikloroetan
DOA	Dioktil Adipat
DTC	Degree of Tissue Change
EPA	Environmental Protection Agency
EROD	7-etoksiresorufin O-deetilaz
FAO	Food and Agriculture Organization
FP	Fenpiroksimat
LC ₅₀	Canlıların yarısını öldüren konsantrasyon
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
PCB	Poliklorlu Bifenil
SMART	Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi
SWCNT	Single Walled Carbon Nanotubes
WHO	World Health Organization

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye'nin su potansiyeli ve kullanılma durumu.....	3
Şekil 1.2. Metalin su ortamında izlediği yol.....	21
Şekil 1.3. Vücut sıvısındaki konsantrasyonuna göre ağır metallerin etkileri	22
Şekil 1.4. Toksik elementlerin organizmadaki fizyolojik yolları ve biyolojik yanıtları	23
Şekil 1.5. Sucul ekosistemdeki besin zinciri.....	25
Şekil 3.1. Karasu Nehri ve örnekleme yapılan istasyonlar	35
Şekil 3.2. Aşkale (Karasu Nehri), örneklemenin yapıldığı alan	35
Şekil 3.3. Dumlu Deresi, örneklemenin yapıldığı alan.....	36
Şekil 3.4. Serçeme Deresi, örneklemenin yapıldığı alan	36
Şekil 3.5. <i>Leuciscus cephalus</i> (Tatlısu kefali)	37
Şekil 3.6. <i>Capoeta capoeta</i> (Siraz balığı)	38
Şekil 3.7. Laboratuvarında kullanılan mikrotom cihazı.....	41
Şekil 3.8. Parafin bloklar	42
Şekil 3.9. Hematoksilen & Eosin boyama seti.....	45
Şekil 4.1. Serçeme istasyonu <i>Capoeta capoeta</i> 'sının (A) ve <i>Leuciscus cephalus</i> 'unun (B) solungaç histolojisi	51
Şekil 4.2. Aşkale istasyonundan yakalanan <i>Leuciscus cephalus</i> 'ta solungaç anormallikleri	52
Şekil 4.3. Aşkale istasyonundan yakalanan <i>Capoeta capoeta</i> 'da solungaç anormallikleri	53
Şekil 4.4. Serçeme istasyonu <i>Capoeta capoeta</i> 'sının normal karaciğer histolojisi.	54
Şekil 4.5. Serçeme istasyonu <i>Leuciscus cephalus</i> 'unun normal karaciğer histolojisi. ...	55
Şekil 4.6. Aşkale istasyonundan yakalanan <i>Capoeta capoeta</i> 'da karaciğer anormallikleri	56
Şekil 4.7. Aşkale istasyonundan yakalanan <i>Leuciscus cephalus</i> 'ta karaciğer anormallikleri	57
Şekil 4.8. Serçeme istasyonu <i>Capoeta capoeta</i> 'sının (A) ve <i>Leuciscus cephalus</i> 'unun (B) normal böbrek histolojisi.	59

Şekil 4.9. Aşkale istasyonundan yakalanan <i>Capoeta capoeta</i> (A) ve <i>Leuciscus cephalus</i> 'un (B) böbreklerdeki anormallikler	60
Şekil 4.10. Aşkale istasyonundan yakalanan <i>Leuciscus cephalus</i> 'un böbrek proksimal tubul epitel hücrelerinde vakuolizasyon.....	60
Şekil 4.11. Aşkale istasyonundan yakalanan <i>Capoeta capoeta</i> 'un böbrek proksimal tubullerde ve renal parankimada tam dejenerasyon	61
Şekil 4.12. Aşkale istasyonundan yakalanan A) <i>Leuciscus cephalus</i> 'un böbrek Bowman kapsülünde glomerular pleomorfizm, B) <i>Capoeta capoeta</i> 'nın böbrek renal parankimasında konjesyon	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünyadaki su kaynakları	5
Çizelge 1.2. Doğada kirletici etkileri en fazla gözlenen ağır metaller.....	19
Çizelge 1.3. Sanayi atık sularının içindeki ağır metal içerikleri	20
Çizelge 3.1. İstasyonlardan yakalanan balıkların ağırlıkları ve boy uzunlukları.....	38
Çizelge 3.2. Araştırmalar esnasında kullanılan aletler ve cihazlar	39
Çizelge 4.1. İstasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları	47
Çizelge 4.2. Aşkale, Dumlu Deresi ve Serçeme Deresi'nden alınan su örneklerinde bulunan ağır metal oranları ve insani tüketim amaçlı sularda kabul edilebilir ağır metal oranları	48
Çizelge 4.3. Aşkale, Dumlu ve Serçeme lokalitelerinden yakalanan <i>Leuciscus cephalus</i> balıklarının solungaç, karaciğer ve böbreklerinde tespit edilen histolojik anormallikler.....	49
Çizelge 4.4. Aşkale, Dumlu ve Serçeme lokalitelerinden yakalanan <i>Capoeta capoeta</i> balıklarının solungaç, karaciğer ve böbreklerinde tespit edilen histolojik anormallikler	50
Çizelge 4.5. Her iki balık türü için hesaplanan solungaç DTC değeri.....	54
Çizelge 4.6. Her iki balık türü için hesaplanan karaciğer DTC değeri	58
Çizelge 4.7. Her iki balık türü için hesaplanan böbrek DTC değeri.....	62

1. GİRİŞ

İlk çağdan günümüze kadar insanlar faaliyetleriyle çevrelerini değiştirmişlerdir. Başlangıçta çevre açısından geniş çapta zararı olmayan bu faaliyetlerin etkileri zamanla ortaya çıkmıştır. İnsanların ihtiyaçlarını karşılamak için kullandıkları ateş, çevre kirliliğine yol açan ilk unsur olmuştur.

19. yy. da İngiltere’de başlayan Sanayi Devrimi tüm dünyada kısa sürede bol miktarda ürün elde edilmesini sağlayarak ülkelerin ekonomilerini olumlu etkilerken bu durum aynı zamanda atık miktarındaki artışa neden olmuştur. Dolayısıyla Endüstri Devrimi yani 1800’lü yıllar çevre kirliliğinin başlangıcı sayılmaktadır (Parlak vd 2009). Sanayi Devrimiyle sayıları gün geçtikçe artan fabrikalar zamanla gelişen teknolojiyle birlikte tüm ülkelerde yaygınlaşmıştır. Fabrikaların bulunduğu endüstriyel bölgeler iş istihdamı olanaklarına sahip oluşlarıyla insanların o bölgelere yerleşmelerini sağlayarak nüfusun ülke geneline dengesiz dağılmasına ve kirliliğin belirgin bir şekilde diğer yerlerden fazla olmasına yol açmıştır. Nüfusun yoğunlaştığı bu bölgelerde doğal olarak yaşayan canlıların işgal edilen habitatlarında değişen çevre koşullarına adaptasyonu oldukça zorlaşmıştır. II. Dünya Savaşı’ndan sonra çok sayıda toksik kimyasalın çevreye atılması ile doğal kaynaklar daha fazla kirlenmiş ve bu kimyasallardan insan ve diğer canlılar belirgin bir şekilde olumsuz etkilenmeye başlamıştır.

Günümüzde artan nüfus, plansız kentleşme, hızlı endüstrileşme ve yoğun tarımsal mücadelenin beraberinde getirdiği kirlilik, gün geçtikçe daha fazla büyüyen bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Şanlı 1979). Hava, toprak, su kirliliği artık insanları ve tüm organizmaları etkileyen ve doğal kaynakları ciddi şekilde tehdit eden, yeryüzünün en önemli problemlerinden biridir (Khan *et al.* 2000; Koca *et al.* 2008).

İnsanlığın gelecekteki yaşam kalitesini belirleyecek en önemli faktörlerden biri olan çevre kirliliği kapsamındaki su kirliliği ise her geçen gün daha da önem kazanmakta ve güncellenmektedir. Kaynağından kullanım aşamasına kadar en kolay kirlenen madde

sudur. Çünkü eritir, taşır, bırakır ve akar (Güler ve Çobanoğlu 1994). Su, atıklar için bir alıcı ve uzaklaştırıcı olarak kullanıldığından, ekosistemde hava ve toprağa kıyasla daha fazla kirlenmeye uğramaktadır (Gökkuş 2008; Ünal 2010).

Ülkemizde de su sistemlerine, insan kaynaklı yüzlerce kirletici bırakılmaktadır. Bu kirleticilerden ağır metaller sudaki canlılar tarafından doğrudan absorbe edilerek veya besinlerle alınarak özellikle metabolik aktivitenin yoğun olduğu organlarda depolanmaktadır. Su kaynaklarına giren bu metaller, hoşgörüsü düşük olan türlerde doğrudan mortaliteye ya da habitat değişimine neden olurken, hoşgörüsü yüksek olan türlerde birikebilmekte ve derişimleri besin zinciri yoluyla sonraki basamaklarda artarak biyolojik bozukluklara neden olmaktadır (Wong and Wong 2000; Timoçin 2008).

Balıklar sucul ekosistemlerdeki kirliliğin izlenmesi için genel olarak en uygun organizmalar olarak görülmektedir (Van der Oost *et al.* 2003). Balıklar kirlilik artışı gibi çevresel değişikliklere karşı çok hassas olduklarından tüm akuatik ekosistemin genel durumunun belirlenmesinde güvenilir bir göstergedir. Öte yandan insan beslenmesinde önemli yeri olan balıklar kirleticilere maruz kaldıklarında insan sağlığını da tehdit eder duruma gelirler. Kirleticilerin ilk belirgin etkileri canlıların davranış veya dış görünümde ortaya çıkmadan önce doku ya da hücre seviyesinde görülür. Duyarlı parametreler olarak bilinen histolojik analizler, hedef organlarda hücresel değişimlerin belirlenmesinde gereklidir. Dolayısıyla balık popülasyonlarının ve sucul ekosistemin sağlık durumunu tespit etmek amacıyla histolojik araştırmaların yapılması oldukça önemlidir (Dutta 1996; Uçar ve Atamanalp 2009).

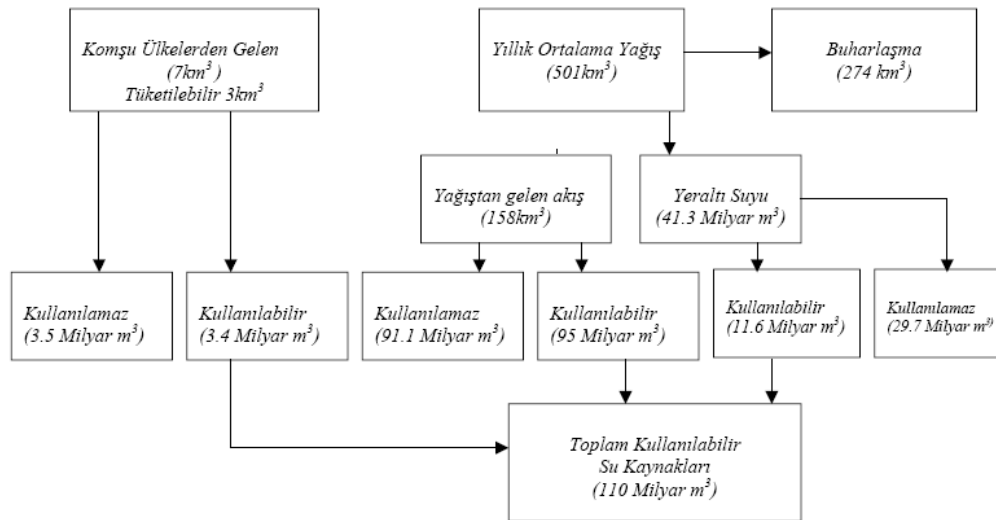
Doğal kaynakların sınırlı oluşunun fark edilmesi, kirliliğin insan hayatına doğrudan etkilerinin görülmesi insanların çevreye bakış açılarını değiştirerek onları kaynakların kullanımı ve özellikle su kirliliği konusunda daha duyarlı olmaya sevk etmektedir.

Bu çalışma ile su ortamlarındaki kirliliğin tüm ekosistem için ciddi bir risk oluşturduğu göz önüne alınarak Erzurum ili sınırlarında bulunan ve il içindeki endüstriyel, tarımsal ve evsel atıkların deşarj edildiği Karasu Nehri'ndeki kirliliğin bu nehirde yaşayan bazı

balık türleri üzerine olası toksik etkileri histopatolojik yöntemle tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan histopatolojik araştırmalar uluslar arası boyut kazanan su kirliliği probleminin tehlikeli boyutlarını göstermesi, su kaynaklarının ve canlı türlerinin tahribatını en aza indirecek önlemler almaya teşvik etmesi bakımından önemlidir.

1.1. Türkiye'nin Su Potansiyeli

Ülkemiz dünyanın yarı kurak bir bölgesinde yer alır. Dünya yüzüne düşen yağış ortalaması yaklaşık 800 mm iken bu değer Türkiye'de yılda ortalama 643 mm'dir. Bu miktar ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. 501 m³ suyun 274 milyar m³'ü buharlaşarak atmosfere geri dönerken 158 milyar m³'ü yağışla yüzey sularını, 69 milyar m³'ü yeraltı suyunu oluşturur. Oluşan yeraltı suyunun 28 milyar m³'ü kaynak suyu halinde tekrar yüzey sularına katılmaktadır. 158 m³ yüzey suları ve komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su ile toplam ülkemizin brüt su potansiyeli 193 m³'dür. Teknolojik ve ekonomik imkanlarımız doğrultusunda tüketilebilir yüzey ve yeraltı suyu potansiyelimiz ise yılda ortalama 110 milyar m³'dür (Şekil 1.1). Bu miktarın 95 milyar m³'ü yurdumuzdan doğan akarsulardan, 3 milyar m³'ü yurt dışından giriş yapan akarsulardan, 12 milyar m³'ü ise yeraltı suyundan sağlanmaktadır (Burak vd 1997; Akın ve Akın 2007).



Şekil 1.1. Türkiye'nin su potansiyeli ve kullanılma durumu (Anonim-1 2012)

Türkiye bugün yaklaşık 1 600 m³/yıl kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli ile dünya ortalamasına göre su zengini olmayan ülkeler arasında yer almaktadır (Akkaya vd 2006; Akın ve Akın 2007; Anonim-2 2012). Ülkemizde su ihtiyacı ve tüketimi her geçen yıl biraz daha artmakta buna karşın su kaynakları hızlı bir şekilde kirletilmektedir (Altaş vd 2001; Kankaya 2008; Aksever 2010). Su ortamındaki kirlenmenin bu denli artması sucul ekosistemin yanı sıra toplum açısından da birçok olumsuzluk demektir. Su kaynakları tüm insanlığa aittir dolayısıyla giderek azalan ve kirletilen temiz su kaynakları hızla artan dünya nüfusunun su talebini karşılayamayınca gelecekte evrensel bir su probleminin kaçınılmaz olacağı da söylenebilir (Akkaya vd 2006; Gültepe 2006; Turan ve Eren 2008).

1.2. Sularda Kirlenme

Yaşam için hayati öneme sahip olan su, bütün canlılar için en önemli doğal kaynaklardan biridir. %60-90'ı su olan organizmaların tüm metabolik olayları suyun varlığında gerçekleşir.

Su, canlılar için bir yaşam ortamıdır. Su kaynakları sahip olduğu ekolojik özellikleri sayesinde birçok canlı türüne ev sahipliği yaparlar. Böylece biyolojik çeşitliliğin en fazla olduğu doğal yaşam alanlarını oluştururlar (Özen ve Korkmaz 2005).

Canlıların yaşamı için vazgeçilmez olan tatlı su doğada çok kısıtlı olarak bulunmaktadır. Dünyadaki suyun %97,6'sı okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunurken (Güler ve Çobanoğlu 1997) kullanılabilir tatlı su göller ve akarsularda yer almaktadır (Çizelge 1.1). Kullanılabilen su miktarı ise toplam suların ancak %3,5'i kadardır. Bu miktarın %1,74'ü buzullarda katı halde, %1,66'sı sıvı halde yer altı boşluklarında bulunmaktadır (Sampat 2001). Bu kadar sınırlı olan su kaynaklarının kirlenmeden korunabilmesi canlılığın devamı için gereklidir. Su ancak temiz ve sağlıklı olduğu durumda yararlı olabilir.

Çizelge 1.1. Dünyadaki su kaynakları (Aksungur ve Sumae- Firidin 2008)

Karalardaki suyun bulunduğu mekân	Miktar (milyon km ³) Toplam	Tatlı su miktarına oranı (%)
Buzullar	24	1,74
Yeraltı suları	23	1,66
Göller, Akarsular, Atmosfer	1	0,10
TOPLAM	48	3,50

Su kirliliği, genel olarak suyun kalitesini düşürecek veya kullanımını engelleyecek derecede suyun içerisinde organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik bir maddenin bulunması olarak tanımlanmaktadır (Aksu 1988; Atımtay ve Yetiş 1992; Lloyd 1992; Yaman 2012).

Ülkemizde hızlı nüfus artışı, kentleşme, hızlı sanayileşme, altyapıların yetersizliği ve yeterli sayıda atık arıtım tesislerinin bulunmayışı ya da var olan arıtım tesislerinin verimli işletilememesi gibi sebeplerle yüzey sularında kirlenmenin boyutları artmaktadır (Akman vd 2004; Toroğlu vd 2006). Su kaynaklarının sorumsuzca kirletilmesi, başta canlı dokularda olmak üzere geri dönüşü olanaksız sorunların çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Haviland 2002; Akın ve Akın 2007; Carson 2011).

1.3. Sulara Karışan Atık Maddeler ve Kaynakları

Son yıllara kadar doğal olarak bozunmaları için su kaynaklarına bırakılan çeşitli atık maddeler suyun kendini temizleme kapasitesinin aşılması sonucunda su kirliliğine yol açmıştır (Gidirişlioğlu vd 1998). Çeşitli yollarla su ortamına karışan toksik atıkların sucul organizmalar üzerindeki etkileri oldukça ciddi ve önemlidir. Bu toksik atıklar canlılarda kanser de dâhil olmak üzere birçok hastalığa neden olabilmektedir (Wegrzyn and Czyn 2003; Göğtepe 2010).

Su kirliliğine sebep olan atıkların başlıca kaynakları evler, endüstriyel kuruluşlar ve tarımsal faaliyetler olarak sınıflandırılabilir (Kaplan vd 1996; Uzun 1999).

Sulara evsel, endüstriyel ve zirai atıkların atılmasıyla suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinde istenmeyen bir değişim ortaya çıkar (Basha and Rani 2003; Kara ve Çömlekçioğlu 2004; Parlak vd 2009; Atamanalp vd 2012). Bu kaynaklardan sulara karışan atıklar sonucu ülkemizde pek çok su kaynağında kirliliğin önemli boyutlara ulaştığı bilinmektedir (Macit 2010; Altun 2011; Nalbantçılar 2011; Şimşek 2011).

1.3.1. Evsel atıklar

Evlerde mutfak ve banyoda kullanılan sular ile okul, hastane, otel gibi küçük işletmelerden kaynaklanan insanların günlük yaşam faaliyetlerindeki ihtiyaçları sırasında kullanmalarıyla oluşan atık sular evsel su kirliliğine sebep olmaktadır.

Evsel atıklar, kanalizasyon suları ve çöpler olarak gruplandırılmaktadır. Her türlü kirletici parametreyi ihtiva eden kanalizasyon ve çöp sızıntı suları, kontrol altına alınmadığında hem yeraltı hem de yüzeysel su kaynaklarını kirletmektedir (Yeniçerioğlu 2006).

Evsel atıklardan olan kanalizasyon suları, çoğunlukla akarsulara, göllere, denizlere boşaltılmaktadır. Kanalizasyon atık suları içerisindeki yüksek deterjan içeriği ve patojen mikroorganizmalar suları kirletmekte (Mascher 1987; De *et al.* 1993; Uslu 1993; Toroğlu vd 2006) ve bu da sucül yaşamın tehdit edilmesine yol açmaktadır. Deterjanların asıl temizlik etken maddesi olan yüzey aktif maddeleri ve temizlemeye yardımcı olan katkı maddeleri su ekosistemlerine önemli ölçüde zarar vermektedir (İzören 1992; Vural ve Duydu 1992). Suda devamlı fakat az miktarda deterjan bulunması balıklarda metabolizmanın bozulması ve kuluçka süresinin uzaması gibi farklı birçok problem oluşturmaktadır (Yanık ve Atamanalp 2001). Arıtılmadan sucül ortamlara boşaltılan lağım suları ise mikrobiyal kirlenmeye ve patojen mikroorganizmaların insanlara bulaşmasına sebep olmaktadır (Oğur ve Tekbaş 2005).

Dünyada tahminen yıllık olarak 450-500 milyon ton evsel katı atık meydana gelmektedir. Bu miktarın 320-350 milyon tonu ise katı atık depo sahalarına

gömülmektedir (Karamete 2008). Çöplerin depolama sahalarında parçalanmasıyla oluşan yüksek kirlilik derecesine sahip sızıntı suları yağmur sularıyla yıkanma ve diğer faktörlerin etkisiyle zemin suyuna karışmaktadır (Kalebaşı 1994).

Evsel atık suların atık su arıtma tesislerinde arıtılarak alıcı ortamlara verilmeleri, alıcı ortamlarda meydana gelebilecek kirliliği önlemede oldukça önemlidir (Uğur vd 2000).

1.3.2. Endüstriyel faaliyetler ve atıkları

Endüstri kuruluşlarından, organize sanayi bölgelerinden kaynaklanan her türlü işlem ve yıkama artığı suları ile karıştırılmadan ayrı olarak işlem görüp uzaklaştırılan kazan ve soğutma sularından kaynaklanan atık sular endüstriyel su kirliliğe sebep olmaktadır (Demir 2009).

Her yıl milyonlarca atık madde su kaynaklarına boşaltılmaktadır. **Bir litre arıtılmamış atık su sekiz litre temiz suyu kirletmekte ve kullanılmaz duruma getirmektedir** (Aksungur ve Sumae-Firidin 2008). Sadece deri sanayisinde 1 ton ham derinin işlenmesi sonucu 30-50 m³ atık su oluşmaktadır. Deri sanayisinde oluşan atık sular yüksek miktarda kirletici içermektedir (Öztürk 2008).

Gübre, nitroselüloz, gıda, deri, bira, su endüstrileri ve mezbahalar su ortamına önemli miktarda azot vermektedir (Vural 2011). Kömür işletmeleri, petrol arıtım tesisleri, kâğıt hamuru ve kâğıt ağartma tesisleri, reçine, pestisit endüstrilerinin atık sularında bol miktarda fenolik bileşenler; soğutucu, yangın söndürücü, çözücü, boya endüstrileri atık sularında haloaromatik kirleticiler bulunmaktadır (Tan 2006). Bu endüstrilerin arıtma teknolojisi atığın özelliğine uygun olmadığında yeterli verimde çalışmamakta ve arıtma tesisi drenaj suları atık suyun özelliğine bağlı olarak deşarj edildikleri ortamın ekolojik özelliklerini bozmaktadır (Karamete 2008).

Tekstil, deri, kâğıt, ilaç ve gıda sanayi gibi endüstrilerden kaynaklanan atık sular, fazla miktarda ve genellikle biyolojik olarak bozunmaları zor olan sentetik boyar madde

içererek ciddi ekolojik problemlere neden olmaktadır (Allen *et al.* 2005). Dünyada boyama endüstrilerinden tahminen her yıl 50 000 ton atık boya meydana gelmekte (Brown 1987) olup boyar madde içeren bu atık sular, boya ve bozunma ürünlerinin özelliğine bağlı olarak toksik, mutajen, kanserojen olabilmektedir (Heiss *et al.* 1992; Hu and Wu 2001; Chen *et al.* 2003; Mercimek 2007; Özcan 2010).

Endüstriyel atıklar birçok farklı kimyasal ve bu kimyasalların kompleks karışımlarını içermektedir (Çavaş 2004). Görüldüğü gibi endüstri kuruluşlarının çeşidine göre su kaynaklarına verilen atık maddeler farklı olduğundan endüstriyel faaliyetler fiziksel, kimyasal, biyolojik, radyoaktif ve ısıl kirlilik gibi kirlilik türlerine sebep olmaktadır.

1.3.2.a. Fiziksel kirlilik

Çeşitli endüstri kuruluşlarından sulara karışan organik ve inorganik atıklar fiziksel kirlenmeye sebep olarak sucul hayatı olumsuz etkileyebilmektedir. Fiziksel kirlilik suyun rengi, bulanıklılığı, tadı, kokusu, sıcaklığı gibi özelliklerine etki eder.

Sulardaki doğal renk genellikle negatif yüklü kolloidal partiküllerden kaynaklanmaktadır. Yüzeysel suların rengi, içerdikleri çözünmüş veya askıda maddelerin türüne bağlı olarak farklılık gösterir. Örneğin tanin, lignin, hümik asit gibi maddeler ve demir bileşikleri suya renk verirler. Renkli atık sular, yüzeysel suların doğal renginin bozulmasına neden olur. Tekstil endüstrisinde boyama işlemleri sırasında ve kâğıt endüstrisinde kâğıt hamuru üretimi sırasında meydana gelen atık sular alıcı ortamın görünümünü olumsuz etkilemektedir (Gümüştöre 2007; Demir 2009).

Su içinde askıda bulunan kil, silis, çökebilir haldeki kalsiyum karbonat, demir hidroksit gibi maddeler ışığın suya girişini engelleyerek sularda bulanıklığa yol açarlar (Besli 2011). Ayrıca sularda miktarı artan mikroorganizmalar da bulanıklığa ve dolayısıyla fiziksel kirliliğe sebep olurlar. Bulanıklılıktan kaynaklanan kirliliğin yüzeysel sularından giderilmeden bu sularının kullanılması uygun değildir. Askıdaki organik maddelerin az bir kısmı zemin erozyonundan çoğu ise evsel ve endüstriyel atık sulardan

kaynaklanır. Yine sularının yüzeyinde bulunan katı ve sıvı maddelerden katı olanlar arıtılmamış atık sulardan kaynaklanan fekal maddeler ve biyo-endüstri atıklarından, sıvı olanlar ise mineral kökenli yağlardan ve kimyasal endüstri atıklarından meydana gelir.

Azotlu maddeler bakımından zengin olan gıda sanayi atıkları ve şehir kullanma suyu atıkları ise sularda kötü kokuya sebep olur. Endüstri atık suları demir, mangan, bakır, özellikle fenol ve fenollü bileşikler gibi kimyasal maddeleri ihtiva etmeleri durumunda suya, hoş olmayan bir koku ve tat verirler (Güler ve Çobanoğlu 1997; Tan 2006). Örneğin, kükürt kirliliğine uğramış sularda pH 7'nin altında ise çürük yumurta kokusu oluşur.

Sularda fiziksel kirliliğe sebebiyet veren kaynaklardan olan termal enerji üreten istasyonların atık suları, göl ve akarsuların sıcaklıklarını yükseltmektedir (Tan 2006). Bu durum su ortamındaki birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayı etkiler. Bu etkileme çözülmüş oksijen (ÇO), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) gibi birçok kalite parametresinin değerinde belirleyici rol oynar. Öte yandan bu sulardan elde edilen içme suyunun özellikleri, akarsu etrafında sis oluşumu ve sıklığı gibi birçok olay suyun sıcaklığı ile yakından ilişkilidir (Dişli vd 2003). Sıcaklığın, su ortamı için ise doğrudan önemi vardır. Artan sıcaklık sudaki ÇO miktarını azaltarak sucul organizmaları olumsuz etkiler.

1.3.2.b. Kimyasal kirlilik

Kimyasal kirlilik, doğal çevreyi oluşturan unsurların kimyasal özelliklerinin insan faaliyetleri ya da doğal nedenler sonucu canlıların hayati faaliyetlerini ve aktivitelerini olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulmasıdır. Su sistemlerinin kimyasal kirliliğine, ekonomik olması bakımından su kaynaklarının yakınına kurulan endüstriyel kuruluşların atık maddelerini su kaynaklarına boşaltması ve zamanla karasal ortamdaki kimyasal atıkların çeşitli doğal etkenlerle sulara karışması gibi durumlar sebep olmaktadır (FAO 1985). Sularda kimyasal kirliliği tespit etmek için suyun pH, iletkenlik, toplam çözülmüş madde, renk, bulanıklık, toplam sertlik, organik madde,

ağır metal, deterjan, kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı gibi parametrelerinin analizleri yapılır.

Süt endüstrisi, Şeker, konserve, yağ, alkaloid, mezbaha, un, maya, deri, boya, kimyasal madde, gübre, kömür, demir-çelik, tekstil, kâğıt, metal, tuz, petrol atıkları gibi çok çeşitli endüstri kuruluşlarının varlığı ve atıklarının geniş bir alana yayıldığı düşünöldüğünde kimyasal kirliliğın en yaygın ve kontrol edilmesi en zor kirlilik şekli olduğu söylenebilir.

Çeşitli fabrika katı ve sıvı atıklarının akarsu ve göllere boşaltılması söz konusu akarsu ve göllerin zararlı ağır metallere kimyasal kirlenmeye maruz kaldığını gösterir. Kimyasal kirliliğe yol açan ağır metallere, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda birikebilmeleri nedeni ile diğere kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadır (Uzunoğlu 1999; Çalışkan 2005; Gökkuş 2008). Birikim sonucu canlıların vücudunda miktarı daha da fazlalaşan bu elementler belli bir konsantrasyon değerine ulaştıklarında hastalıklara ve mortaliteye sebep olabilmektedirler (Beyazıt ve Peker 1998; Dethloff *et al.* 1999; Gökkuş 2008).

Endüstriyel atık suların su kaynaklarına verdikleri ve önemli derecede kimyasal kirliliğe yol açan diğere atık maddelere örnek olarak ise protein, yağ, karbonhidrat, aminoasit, gıda maddeleri gibi doğal organik atıklar; plastik ve plastikleştiriciler, ilaç, elyaf, besin katkı maddesi, çözücüler, klorlu solventler, aromatik ve alifatik hidrokarbonlar gibi sentetik organik atıklar verilebilir. Tüm bu kirleticiler hem karasal hem de akuatik canlılar üzerinde toksik etkiye yol açmaktadır (Sparling and Fellers 2007; Bedük 2010).

1.3.2.c. Biyolojik kirlilik

Organik kirleticilerin etkisiyle üreyen bakteri, alg, mantar, virüs gibi mikroorganizmalar sulara biyolojik kirliliğe neden olabilmektedir (Hız 2000; Taş 2006; Tan 2008).

Mezbahane, mandıra, şeker fabrikaları gibi gıda sanayilerinin yüksek oranda kirletici olan atıkları, suların biyolojik kirlenmesine neden olan kaynaklardandır (Toroğlu vd 2006). Endüstri atık maddelerinin ve kanalizasyon sularının arıtılmadan su kaynaklarına dökülmesi suların tifo, kolera, amipli dizanteri gibi çeşitli hastalık yapan organizmalarla kirlenmesine sebep olmaktadır. Kirli sulardan yakalanan ve elde edilen bitkisel ve hayvansal gıdaların yenmesi tehlikelidir ve su kaynaklarına karışan bu hastalık etkenleri geniş çaplı salgınlara neden olabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Bir toplumda su ile ilgili olarak karşılaşılabilecek en önemli ve riskli tehlikelerden birisi suda fekal kontaminasyona bağlı olarak gelişecek enfeksiyonlardır. Atık sular, işlendikten sonra suyun içme ve kullanma güvenilirliğini tespit etmek için bakteriyolojik testlere tabi tutulur ve sonra çevreye bırakılır. Dolayısıyla içme sularının mikrobiyolojik analizi kullanılan suyun hijyenik kalitesini ortaya koymada en önemli basamaklardan biridir. Mikrobiyolojik su kalitesi için EPA ve WHO toplam koliform ve fekal koliform miktarını standart olarak kabul etmektedir (Hurst *et al.* 1997; Koloren vd 2011). Sularda kirlilik göstergesi olarak insan ve hayvanların bağırsaklarında yaşayan ve fekal koliform olarak tanımlanan bakterilerin büyük çoğunluğunu oluşturan *E. coli* (koli basili) kullanılmaktadır (Çakır 2000; Demir 2009; Altun 2011; Şimşek 2011). Bir suda koli basilinin bulunması o suyun lağım sularıyla kirlendiğini gösterir. Koliform bakterilerinin belirli bir miktardan fazla bulunması ise su kaynaklarında tehlikeye işaret eder (Kıvanç vd 1996; Oğur ve Tekbaş 2005).

1.3.2.d. Radyoaktif kirlilik

Atmosferdeki atom patlamaları ve nükleer santrallerin atık maddeleri radyoaktif kirlenmeye neden olan kaynaklardandır. Maden işletme yataklarında, doğal su kaynakları içerisinde ve toprakta; gerek insan faaliyetleri sonucu, gerekse doğal olarak bulunan radyoaktif maddeler alfa, beta, gama gibi ışınlar yayarak parçalanırlar (Anonim-3 2011). Bu ışınlar, radyoaktif çekirdeğin cinsine, miktarına, vücutta kalma süresine ve kana karışıp karışmadığına bağlı olarak canlılara zarar verir (Tan 2006).

Günümüzde radyoaktif izotopların fizyonundan açığa çıkan nükleer enerji artan enerji talebini karşılamak için kullanılmaktadır. Nükleer enerjiyle çalışan araçlar; bir arıza veya kaza durumunda potansiyel tehlike olarak kabul edilmektedir. Nükleer atıkların yeraltında veya denizaltında uzun zaman saklanması için kullanılan kaplardan kaynaklanabilecek sızmalar bu maddelerin oluşturabileceği toksik etkiler açısından önem taşımaktadır.

Nükleer silah denemeleri ve atmosferdeki nükleer patlamalarla salınan radyoaktif maddelerle yüklü toz bulutları, stratosfere yerleşerek, yağmurla veya serpinti olarak yeryüzüne inip yüzeysel suların kirlenmesine sebep olmaktadır (Carson 2011). Radyoaktif maddelerle kirlenmiş sular kullanıldığında içerdikleri radyoaktif metaller canlıların vücudunda birikir. Az miktarda alınan radyoaktif maddeler balıkların vücudunda büyük miktarlara ulaşır ve besin zinciri boyunca gıda zincirinin üst halkasını teşkil eden insanlara ulaşır (Güler ve Çobanoğlu 1994).

Canlıda biriken radyoaktif maddeler ölümle sonuçlanan çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır. Toryum, radyum, stronsiyum 90 kimyasal özellikleri bakımından kalsiyuma benzediğinden kemiklerde ve dişlerde birikir (Carson 2011). Kemiklerde biriken stronsiyum kan hastalıklarına sebep olurken kimyasal özellikleri potasyumunkine benzeyen sezyum 137 insanın özellikle adalelerine yerleşerek canlıların yapısında kalıcı hasarlara neden olmaktadır (Anonim-4 2011).

İyonlaşabilen elektromanyetik radyasyonları, hücrenin genetik materyali olan DNA'yı parçalayabilecek kadar enerji taşımaktadır. DNA'da çok az bir zedelenme, kansere yol açabilecek kalıcı değişikliklere sebep olur. DNA'da hasara yol açan genotoksik etmenlerin (Brusick 1987) etkisiyle somatik hücrelerde bireysel hücre ölümü veya kanserleşme; germinal hücrelerde ise oğul döllere aktarılacak dominant ve resesif genetik hasarlar meydana gelebilmektedir (Çavaş 2004).

1.3.2.e. Isısal kirlilik

Elektrik santrallerinde ve nükleer reaktörlerde soğutma amacıyla yararlanılan su yüksek sıcaklık derecelerine kadar ısınır. Bu endüstrilerin atık sularının akarsulara ya da göllere akıtılması, ortamdaki suyun ısınmasına ve sularda ısısal kirliliğe neden olmaktadır. Artan su sıcaklığına bağlı olarak su canlılarının çoğunun metabolik reaksiyonları hızlanır ve oksijen gereksinimleri daha da artar. Sıcaklığın artması organik atıkların daha büyük bir hızla parçalanmasına ve sudaki çözülmüş O₂'nin azalmasına neden olur. Sıcaklıkla oksijen gazının da çözünürlüğünün azalması nedeni ile birçok su canlısının hayatı tehlikeye girmekte ve özellikle balıklar oksijensiz kalarak ölmektedir (Güler ve Çobanoğlu 1994; Doğan ve Soylak 2000).

1.3.3. Tarımsal atıklar

Her türlü tarım faaliyeti sonucu meydana gelen katı ve sıvı atıklar tarımsal kirliliğe sebep olmaktadır. Hızla artan nüfusu besleyebilmek için yoğunlaşan tarımsal faaliyetlerde düşük maliyetle birim alandan elde edilen ürün miktarını artırma ihtiyacı, insanları ürününe zarar veren canlılarla mücadele için kimyasal maddeleri kullanmaya sevk etmiştir. Tarımsal çalışmalar kapsamında yer alan sulama uygulamaları, kimyasal gübre kullanımı, erozyon, hayvancılık ve tarımsal mücadele ilaçları tarımsal kirlilik nedeni olabilmektedir.

Sulama; Yanlış sulama uygulamaları gübre ve kimyasal ilaç kalıntılarının sulama suyuyla derine inmesi, sulamadan dönen suların tuz konsantrasyonlarını artırarak yeraltı ve yerüstü sularına karışması, iz elementlerin su kaynaklarında birikmesi gibi sorunlara neden olmaktadır.

Kimyasal gübreler; Dünyada ve ülkemizde en fazla kullanılan ticari gübreler azotlu ve fosforlu gübrelerdir. Tarımsal üretimde bilinçsiz ve aşırı miktarda kullanılan kimyasal gübreler; topraktan yıkanmalarla içme suları ve akarsularda nitrat miktarında artışa, fosforlu gübrelerin yüzey akışlarıyla taşınması sonucu içme sularında ve diğer

akarsulardaki fosfat miktarında yükselmeye sebep olur. Sulardaki bitki besin maddelerinden olan nitrat ve fosfat oranının yükselmesi alg ve diğer su bitkilerinin gelişmesine ve sürekli olarak organik madde üretilmesine neden olur. Organik maddelerin parçalanması için ise suyun oksijeni kullanılmakta ve sulardaki oksijen azalmasıyla sekonder su kirlenmesi ortaya çıkmaktadır (Vural 2011).

Erozyon; Tarımsal faaliyetlerin sebep olduğu toprak erozyonu da benzer şekilde tarım arazilerinden fosforu sedimentlerle akarsulara ve göllere taşıyarak ötrofikasyona ve böylece yüzeysel sularda kirlenmeye yol açar. Kirlenmiş bu sularda bozulan fotosentez solunum ilişkisi, akarsularda mevcut olan doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır.

Hayvancılık; Tarımsal çalışmalar içerisinde yer alan hayvancılık faaliyetleri diğer bir tarımsal kirlilik kaynaklarıdır. Besi hayvancılığı ve tavukçuluğunun yaygın olarak yapıldığı modern şehirlerin etrafında zamanla hayvan atıklarının yağmurla yıkanarak su kaynaklarına karışması ile su sistemleri kirlenmektedir (Tan 2006).

Tarım ilaçları; Tarım ilaçları; su içindeki veya kenarındaki canlıların doğrudan ilaçla teması, ilaçlanmış bitki ve toprak yüzeyinden ilaçların yağmur suları ile yıkanması, ilaç endüstrisi atıklarının sulara boşaltılması, boş ambalaj kaplarının su kaynaklarında yıkanması ile su ekosistemine bulaşabilmektedir (Anonim-5 2011). Üretimleri kolay ve ucuz, etkileri ise çok kuvvetli olan ve zararlılara karşı kullanılan bu ilaçların özellikleri şöyle sıralanabilir;

1. Klorlu hidrokarbon bileşimindeki tarım ilaçlarının çoğu hedef organizmaya yeterli seçicilik gösteremedikleri için hedef canlı dışındaki organizmalara da zarar verir (Wu *et al.* 2007). İlacın solunması, yenmesi veya deriye teması ile akut, ilaç kalıntılarını içeren bitkisel ve hayvansal besin maddelerinin yenmesi suretiyle ise kronik zehirlenmeler meydana gelebilmektedir (Erik 2007).

2. Kullanılan ilaçların büyük kısmı uygulama yerlerinden başka yerlere taşınmaktadır. Tarım ilaçları hava, su, toprak, evde kullanım ve yiyecekler aracılığıyla yayılarak farklı yerlere ulaşırlar (Ormad *et al.* 2008; Doğan 2011). Örneğin; DDT'nin pestisit özelliğinin keşfinden bugüne kadar biyosfere yayılan miktarı 450 000 ton olarak hesaplanmıştır (Anonim-5 2011).

3. Bu ilaçların düşük miktarları bile oldukça zararlıdır. Dünya Sağlık Örgütü'nün yaptığı sınıflandırmada en çok kullanılan 700 civarındaki pestisitlerin 33'ü insan sağlığına çok zararlı, 48'i oldukça tehlikeli, 118'i orta derecede tehlikeli ve 239'u da daha az tehlikeli grupta yer almaktadır (Anonim-5 2011).

4. Klorlu hidrokarbon bileşimindeki tarım ilaçlarının doğal çevredeki biyokimyasal süreçlerle indirgenmesi çok yavaştır. Bu ilaçlardan çoğunun yarı ömrü 10-15 yıl arasında olduğundan ekosistemde uzun bir süre etkilerini sürdürmektedirler (Ertürk 2005).

5. Bu ilaçlar birikici özelliğe sahiptir suda ve kanda çözünmez, yağda erirler. Örneğin DDT'nin suda yaşayan organizmaların bünyelerinde biriken konsantrasyon değeri çevredeki mevcut konsantrasyonu değerine göre 10^6 defa fazla olduğu tespit edilmiştir (Tan 2006).

6. Ekim alanlarına, ormanlara ya da bahçelere püskürtülen kimyasallar aynı zamanda yer altı sularına karışarak bu sularla yeryüzüne çıktığında hava ve güneşin simyasıyla zararlı etkiler yapan yeni biçimlere dönüştürülürler (Carson 2011).

1.4. Sularda Kirlenmeye Neden Olan Unsurlar

Suyun kirlenmesine neden olan kirleticiler organik ve inorganik kirleticiler olarak 2 önemli başlık altında incelenebilir.

1.4.1. Organik kirleticiler

Organik kirleticiler su ortamında büyük partiküller halinde ($> 0,45 \mu\text{m}$) veya çözünmüş haldedirler. Çözünmüş organik maddeler, doğal organikler, sentetik organikler ve bunların hidroliz, fotoliz ve biyolojik yükseltgenme ürünleridir (Langlais *et al.* 1991; Bedük 2010).

Çözünabilir organik kirleticiler sulara çözünmüş oksijeni tüketerek kirlenmeye sebep olur. Suyun yeterince oksijen içermemesi o suyun kirli olduğunun bir göstergesidir. Organik kirleticilerin, suda bakteriler tarafından aerobik parçalanmaları sırasında sudaki oksijen kullanılır (Besli 2011) ve ortamın çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Azalan oksijen miktarına bağlı olarak organik kirlenme, su ortamında tabandaki canlıların türlerini ve türlerdeki bireylerin sayısını değiştirir (Karpuzcu 2007) ve sudaki oksijen belli bir düzeyin altına düşünce toplu ölümüne sebep olacak şekilde sucul canlıları olumsuz etkilemektedir (Conte 2004; Moraes 2004; Keleştemur ve Özdemir 2010).

Organik kirleticilerden kalıcı organik kirleticiler bulaştıkları ortamda uzun süre kalabilmektedir. Bu kirleticiler çevreden solunum, temas, sindirim yoluyla vücuda alınıp (Atamanalp ve Yanık 2001) organizmalar tarafından absorbe edildiklerinde farklı organ ve dokularda birikim gösterirler (Overstreet 1988). Bunların besin zinciri boyunca biyoakümülyasyona uğraması ile başlangıçta düşük miktarda alınan kimyasal maddeler canlıların vücudunda belirli dokularda birikerek çok yüksek miktarlara ulaşabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu 1994; Ayaş *et al.* 1997).

Sentetik organik kirleticilerden olan pestisitler, zirai verimi arttırmak amacıyla, zararlı organizmalara karşı kullanılan kimyasallardır. Pestisit kalıntıları, fiziksel veya biyolojik olarak indirgenmiş halleriyle havada, suda ve gıdalarda bulunmaktadır (Bolognesi 2003). Bir pestisit; bileşimi, toksisitesi, uçuculuğu, sudaki çözünürlüğü ve toprak adsorpsiyonuna bağlı olarak suları kirletir (Delen vd 2005). Pestisitlerin sucul, karasal organizmalar ve insan için akut ve kronik toksik etkisi vardır (Güler ve Çobanoğlu

1997; Kankaya 2008; Bedük 2010; Doğan 2011). Pestisitlerin hedef olmayan canlılar üzerindeki etkileri mutajenik, karsinojenik ve teratojenik olarak sınıflandırılmaktadır (Vural 1984; Barlas 1996).

Kalıcı organik kirleticilerden sentetik boyalar tekstil, boya, kağıt ve baskı endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Boyar madde içeren atık suların bir kısmının toksik etkileri söz konusudur (Hu and Wu 2001; Mercimek 2007; Özcan 2010) ve bu atık sular su ortamının görünümünü, ışık geçirgenliğini ve gaz çözünürlüğünü etkilemektedir (Banat *et al.* 1996).

Petrol, petrokimya sanayi, kömür işletmeleri, fenolik reçine üretimi gibi birçok sanayinin üretim işlemleri sonucunda atık suyunda bulunan en yaygın organik kirleticilerden biri de fenollerdir. Toksisitelerinin yanı sıra çok küçük konsantrasyonları bile sularda kötü tat ve kokuya sebep olmaktadır (Turhan ve Uzman 2008).

Dünya enerji ve petrokimya sektörünün en önemli maddesi olan ham petrol ve ürünleri de organik kirleticilerdendir ve bunların nakliye sırasında oluşabilecek kazalarla geniş alanlara yayılması, ekosistemde ciddi problemlere yol açmaktadır (Önen vd 2011). Ham petrolün suda çözünebilen kısmını oluşturan hidrokarbonlar, öncelikle sucul canlıları ve balıkları, besin zinciri uzantısında da diğer canlıları ciddi ölçüde etkilemektedir (Uysal 2006).

Deterjanlar, kimyasal yapılarına bağlı olarak su kaynaklarında çeşitli düzeylerde kirliliğe neden olan organik kirleticilerdendir. OECD su kaynaklarında 3 mg/l'den daha fazla deterjan yoğunluğunun tüm balık cinsleri ve su bitkileri için zararlı olabileceğini bildirmektedir. Deterjanların sularda oluşturduğu köpük suyun estetik görünümünü bozmakta, suyun havalanmasına ve O₂ alış verişine engel olmaktadır. Deterjanlarda yüzey aktif maddelerin etkinliğini artırmak, suyu yumuşatmak için kullanılan katkı maddeleri, içerdikleri yüksek düzeydeki fosfor ile sularda ötrofikasyona neden olmaktadır. Deterjanların ham maddesinin su ortamında parçalanması ise zordur ve

çözünme sırasında ortamdaki O₂ miktarının azalmasına sebep olmaktadır (İzgören 1992; Tan 2006; Ekici ve Yarsan 2009).

1.4.2. İnorganik kirleticiler

Sucul ekosistemlerin kirlenmesine neden olan tuz, metal, mineral asitler ve mineraller inorganik kirleticilerdendir. Hidroklorik asit, sodyum klorür ve sodyum karbonat gibi inorganik kirleticiler sudaki etkilerini suyun asitliğini, tuzluluğunu, toksikliğini artırarak göstermektedir.

Asit yağmurları veya madencilik endüstrisi gibi çeşitli endüstrilerin asidik nitelikteki inorganik kirleticilerle yoğun atık sularının su kaynaklarına deşarjı suyun pH'sını azaltmaktadır. Azalan pH özellikle pH=4 ve altı akuatik hayatı olumsuz etkilemektedir. Her canlının belli bir pH aralığına toleransı vardır ve balıklar pH 6,4-8,6 arasında yaşayabilirler. Asidik sularda bozulan CO₂, CO₃, ve HCO₃ dengesi ve buna paralel olarak suda artan CO₂ nedeni ile balıkların difüzyonla kanlarındaki CO₂'i suya vermesi zorlaşmaktadır. Bu durum balıkta kanın asitliğinin artmasına ve oksijen taşıma kapasitesinin düşmesine neden olarak organizmanın hayatını tehlikeye sokmaktadır (Çelik vd 2008; Keleştemur ve Özdemir 2010).

Balıklarda tuzluluk genel olarak osmotik ve iyonik düzenlemeler için gerekli enerji ihtiyacını, besin alımını, metabolik düzenleme ve büyümeyle ilişkili osmotik basıncı düzenleyici hormonların uyarılmasını etkilemektedir (Laiz-Carrion *et al.* 2005; Baysoy 2012). Atık sulardaki tuz tabiatındaki inorganik kirleticiler sudaki mevcut osmotik dengeyi bozarak ve toksik metal konsantrasyonlarını artırarak sucul canlılara zarar vermektedir. Tatlı su balıklarının yaşadığı sudaki tuz yoğunluğunun artması canlının osmozla ortama su verip plazmolize uğrayarak ölmesine sebep olmaktadır.

İnorganik kirleticilerden olan ağır metalleri içeren atık sular genellikle BOİ değeri düşük ve asidik bir yapıya sahiptir. Suda sediment tabakasında biriken ağır metaller suyun toksikliğini artırmakta, akuatik organizmalarda habitat değişimlerine, toplu

ölümlere veya hoşgörüsü yüksek türlerde yaşamsal olaylarda değişikliklere neden olmaktadır (Mallat 1985; Heath 1995).

1.4.2.a. Ağır metaller

Radyoaktif elementler ile sulara en çok rastlanan civa, kurşun, krom, kadmiyum, nikel, demir, bakır, çinko gibi metaller (Çizelge 1.2) su kirliliğine neden olan unsurlardandır (Özer *et al.* 1996). Sucul ekosistemlerde önemli bir kirlilik kaynağı olan ağır metaller, periyodik cetvelin 2A-3A grupları arasında yer alan, yoğunlukları 5 g/cm^3 'ten büyük (Seregin and Ivanov 2001; Timoçin 2008; Marangoz 2009; Göğtepe 2010) B grubu geçiş elementleridir. Ağır metaller doğada genellikle silikatlar içinde hapsedilmiş olarak veya karbonat, silikat, oksit ve sülfür halinde kararlı bileşikler halinde bulunmaktadırlar (Baş ve Demet 1992; Alpat 2009; Koç 2009).

Çizelge 1.2. Doğada kirletici etkileri en fazla gözlenen ağır metaller (Forster and Wase 1997)

Kadmiyum (Cd)	Kalay (Sn)
Nikel (Ni)	Bakır (Cu)
Krom (Cr)	Çinko (Zn)
Gümüş (Ag)	Kurşun (Pb)
Kobalt (Co)	Civa (Hg)

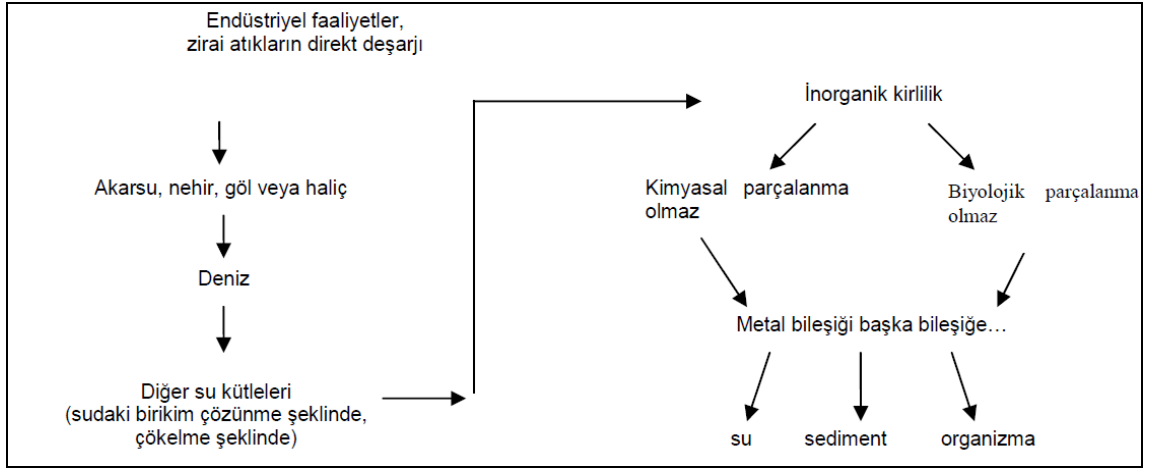
Sucul ortamlarda doğal koşullarda düşük derişimlerde bulunan ağır metaller genellikle antropojenik faktörlerin etkisiyle yüksek derişimlere ulaşmaktadır. Metal endüstrisi, boya, pil üretimi, madencilik, kömür madenciliği ve petrol rafinerisi gibi endüstrilerin işletme ve atık suları, kentleşme, pestisit ve gübre kullanımı gibi tarımsal etkinlikler (Grobler *et al.* 1989; Wepener *et al.* 2001; Cicik 2003; Tan 2008; Timoçin 2008; Göğtepe 2010; Aydın 2012), asit yağmurları, yanardağ faaliyetleri, erozyon, yangınlar su sistemlerindeki ağır metal miktarını artıran kaynaklardandır (Sawyer *et al.* 1994; Arellano *et al.* 1999; Topçuoğlu 2005; Gökkuş 2008). Metallerin çok geniş bir sahada kullanılması ve giderek de kullanım alanlarının artması nedeniyle sulardaki

konsantrasyonları da günden güne artmaktadır (Yarsan 2000). Çizelge 1.3’de çeşitli sanayilerden kaynaklanan ağır metaller görülmektedir.

Çizelge 1.3. Sanayi atık sularının içindeki ağır metal içerikleri (Volesky 2001)

Endüstri Türü	Metaller	Bulunması Muhtemel Diğer Maddeler
Maden prosesleri	Anyonlar: Cr, As, Se vb. Katyonlar: Cu, Zn, Pb, Mn, U vb.	Fe, Al, Sülfatlar, Fosfatlar
Akım ile kaplama prosesleri	Cr, Ni, Cd, Zn	Fe, yüzey aktif maddeler
Metal işleme	Cu, Zn, Mn	Fe, Al, yüzey aktif maddeler
Yanmış kömür güç kaynakları	Cu, Cd, Mn, Zn, vb	Fe, Al
Nükleer endüstri	U, Th, Ra, Sr, Eu, Am, vb	Fe
Özel prosesler	Hg, Au ve değerli maddeler	

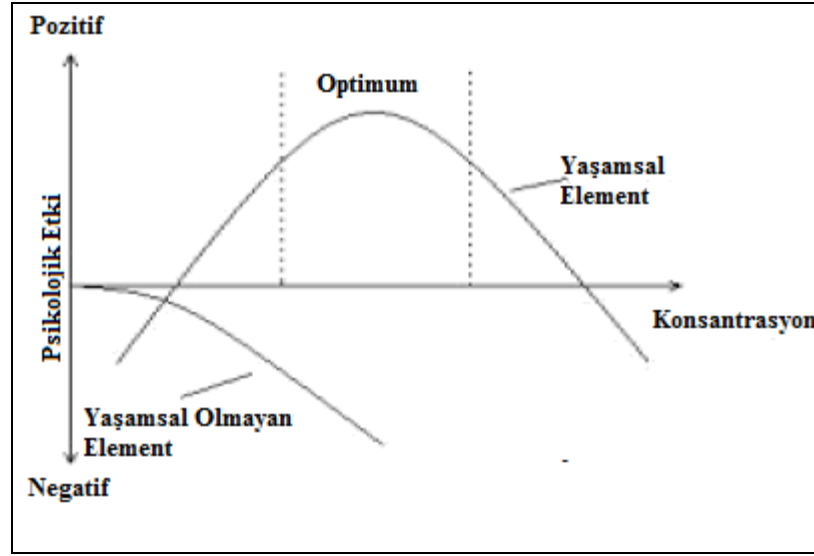
Ağır metaller suda, sedimentte ve vücuda giriş hızı dışarı atılış hızından yüksek ise organizmaların vücudunda birikir (Şekil 1.2). Metallerin birikiminin belirlenmesi ortamın kirlilik düzeyini yansıtması bakımından önemli olduğundan ağır metallerin birikimi ile ilgili gerek yurtiçinde gerek yurtdışında çok sayıda araştırma yapılmıştır (Cabrera *et al.* 1992; Seng *et al.* 1995; Rubio *et al.* 2000; Çiçek ve Koparal 2001; Akcay *et al.* 2003; Tüzen 2003; Özmen vd 2004; Morillo *et al.* 2004; Katalay vd 2005; Kayhan 2006; Akgün vd 2007; Köse ve Uysal 2008; Vinodhini and Narayanan 2008; Özen vd 2009; Aslanyavrusu 2010; Kayhan vd 2010; Tumantozlu 2010).



Şekil 1.2. Metalin su ortamında izlediği yol (Taylan ve Özkoç 2007)

Ağır metallerin canlılar üzerindeki etkisi; metal iyonunun çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekli, çevrede bulunma sıklığı, lokal pH değeri gibi özelliklerine (Nicholson and Szefer 2003; Tan 2008; Timoçin 2008), maruz kalınan konsantrasyona (Tan 2008), canlının türüne (Douben 1989; Tan 2008), türün gelişme evresine (Beaumont *et al.* 2000), organizmanın biyolojik özelliklerine (Douben 1989; Liang *et al.* 2004; Timoçin 2008) ve ortamın fiziksel-kimyasal özelliklerine (Erdem 1990; Licata *et al.* 2004; Timoçin 2008) bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Hg, Pb, Cd, Co gibi toksik ağır metallerin çok az miktarları bile organizmalar için tehlikeli durumlara sebep olmaktadır (Parlak 1985; Gökkuş 2008; Duran 2011). Ksenobiyotik grubuna giren bu metallerin organizmada herhangi bir biyolojik işlevi yokken Cu, Zn, Fe gibi diğer bazı ağır metallerin ise çeşitli biyokimyasal olaylarda rolü vardır ve bu nedenle organizmanın yaşamı için eser miktarlarda bulunması gerekir (Amundsen *et al.* 1997). Ancak bu metaller de çoğunlukla belli bir konsantrasyon değerini aştıkları zaman toksik etki gösterirler (Şekil 1.3) (Beğenirbeş 2002; Sağlamtimur vd 2004; Ağcasulu 2007; Karaytuğ *et al.* 2007; Sönmez 2011).

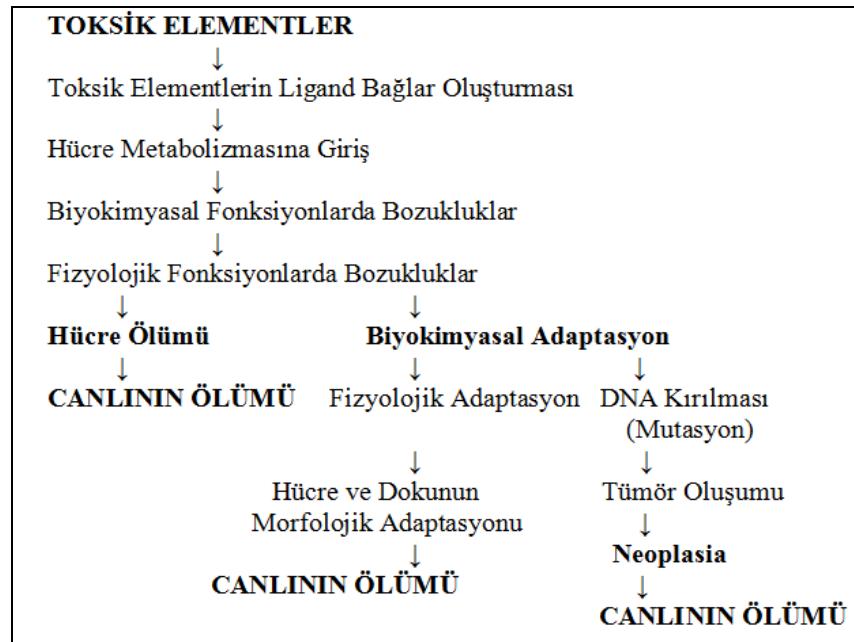


Şekil 1.3. Vücut sıvısındaki konsantrasyonuna göre ağır metallerin etkileri (Kahvecioğlu vd 2008)

Ağır metaller metabolize edilmelerinin ardından protein, enzim ve nükleik asit gibi makromoleküllere bağlanarak hücrelerin yapı ve fonksiyonlarını etkilemekte (Landis and Yu 1999; Dündar 2010) ve yüksek toksisiteye sahip metaller, enzimlerin yapısını bozabilmektedir (Yazkan vd 2004). Toksik maddeyle karşılaşan organizmaların doku ve organlarındaki enzim aktivitesindeki değişim, ölümle sonuçlanabilecek büyük metabolik bozukluklara neden olabilmektedir (Huang *et al.* 1997; Sturn *et al.* 1999; Minier *et al.* 2000; Çapkın 2011).

Balıklarda ağır metallerin su ortamından alınımı türe, türün yaşam ve beslenme şekline bağlı olarak değişim gösterir. Sucul ortamdaki ağır metaller balıklar tarafından en fazla solungaçlar, vücut yüzeyi ve oral yol ile vücuda alınmaktadır (Kraal *et al.* 1995; Szebedinszky *et al.* 2001; Çetinbaş 2003; Timoçin 2008; Kayhan vd 2009). Sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcal damarlardan geçmesi sırasında, suda çözülmüş veya askıda bulunan maddelerle birlikte ağır metaller de solungaç lamelleri tarafından vücuda alınır. Balıklarda zehirlenmeler en çok ağız yoluyla olduğundan gastrointestinal absorpsiyon da oldukça önemlidir. Deride stratum corneum tabakası epidermik bir bariyer olarak birçok kimyasal maddenin geçişini önlemektedir. Bu nedenle balıkların ağır metallerle bu yolla zehirlenmeleri daha az görülür (Carpene and Vasak 1989).

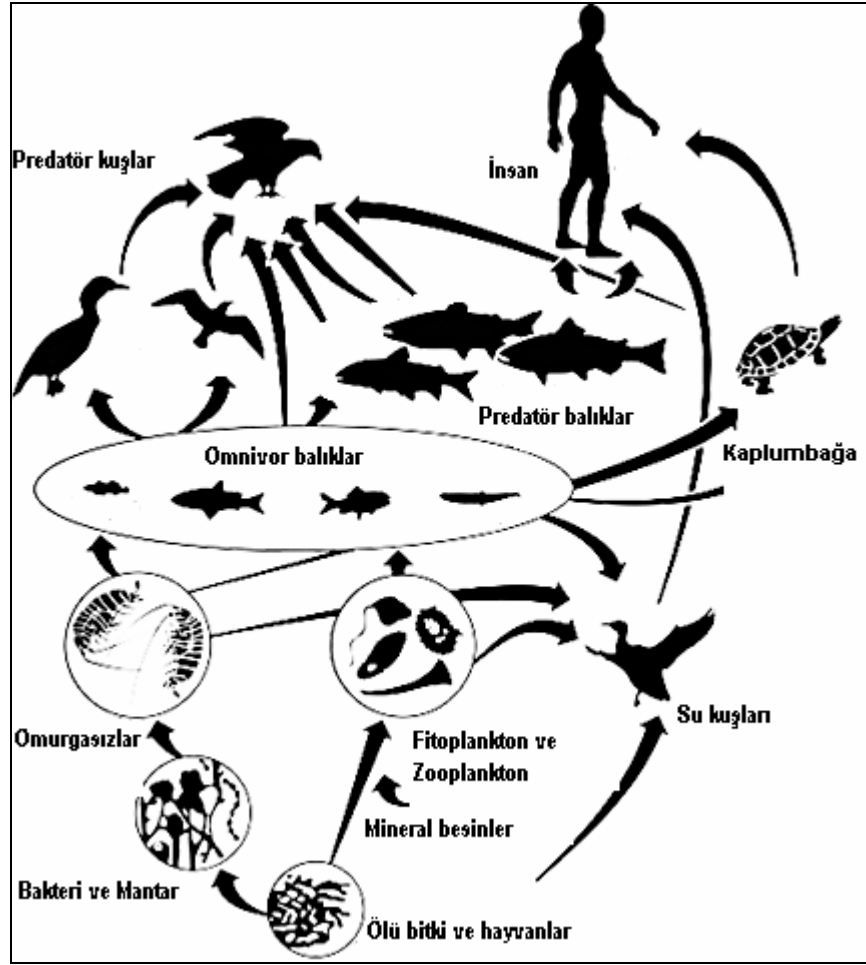
Akuatik ortamlarda ağır metal kirliliğine bağlı olarak balıklarda gelişen stres sonrasında homeostazisi sağlamak amacıyla primer ve sekonder yanıtlar gelişmekte, hematolojik, osmolalitik, hormonal ve enerji metabolizmasını düzenleyen birtakım fizyolojik değişiklikler şekillenmektedir (Yavuzcan Yıldız ve Pulatsü 1999; Cengizler ve Şahan Azizoğlu 2000; Kayhan vd 2009). Ağır metallerin düşük konsantrasyonları dahi balıkta fizyolojik bozukluklara, hüresel ve moleküler düzeyde yapısal işlev bozukluklarına, DNA kırılma frekanslarında artışa (Giordano *et al.* 1989; Levesque *et al.* 2002; Kalay ve Karataş 2004; Kayhan vd 2009), genotoksisiteye (Çavaş 2004), bağışıklık sisteminde zayıflamaya (Larsson and Haux 1985), yüzme hareketlerinde koordinasyon bozukluğu, çeşitli fiziki etkilerle besin almaya karşı duyarsızlık gibi çeşitli davranış değişikliklerine (Hilmy *et al.* 1987; Gül vd 2004), dokularda çeşitli histopatolojik hasarlara (Del Valls *et al.* 1998; Paris-Palacios *et al.* 2000; Riba *et al.* 2005; Figueiredo-Fernandes *et al.* 2007; Göğtepe 2010), gelişme ve üreme bozukluklarına (Coyle *et al.* 1993; Atamanalp 2004; Canpolat 2007; Oğuzhan ve Atamanalp 2008) ve yüksek konsantrasyonları ölüme sebep olmaktadır (Myers *et al.* 1991; Tümen vd 1992 ; Coello and Khan 1996; Van den Belt *et al.* 2000; Hollis *et al.* 2000; Posthaus *et al.* 2001; Tkatcheva *et al.* 2004). Şekil 1.4'de toksik elementlerin organizmadaki fizyolojik yolları ve biyolojik yanıtları gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Toksik elementlerin organizmadaki fizyolojik yolları ve biyolojik yanıtları (Kayhan vd 2009)

Balıklar, biyomonitör özellikleri ile sucul ekosistemlerde kirliliğin göstergesi olarak kabul edilmektedir (Kock *et al.* 1996; Çelik ve Bircan 2004; Dautremepuits *et al.* 2004; Begum *et al.* 2005; Canpolat 2007; Figueiredo-Fernandes *et al.* 2007). Balık dokuları ağır metal konsantrasyon derecesini belirlemek için indikatör olarak kullanılmaktadır. Yüksek metabolik hıza sahip balıklar, kirleticileri daha hızlı biriktirirler (Koç 2009). Ağır metallerin subletal derişimleri balıkların özellikle karaciğer, böbrek ve dalak gibi metal metabolizması ve metal detoksifikasyonu ile ilgili organlarda yüksek düzeyde birirmektedir (Kargın ve Erdem 1992; Özkurt 2000; Canpolat ve Çalta 2001; Erdem vd 2005; Kayhan vd 2009).

Akuatik ortamın her yerinde bulunan canlı türü olan balıklar daha yüksek trofik düzeylere doğru enerji taşıma özellikleri ile akuatik besin zincirinde önemli ekolojik rol oynamaktadır (Beyer 1996; Alıcı 2012). Balıklarda dokularda biriken ağır metaller histopatolojik değişikliklere neden olurken artan derişimlerde besin zinciri aracılığı iletimi ile de üst trofik düzeydeki canlıları olumsuz etkilemektedir (Heath 1995; Bayram *et al.* 2010; Montaser *et al.* 2010). İnsanlar için önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda giderek artan ağır metal kirliliği sadece balık popülasyonlarını değil biyolojik çevrimin bir halkasını oluşturan insanları da etkilemektedir (Merlini 1971; Gavriescu 2004; Uysal ve Atalay 2007; Tan 2008) (Şekil 1.5). Canlılarda meydana gelen bu biyolojik birikim birçok biyolojik hasar meydana getirebilmektedir (Wright and Mason 1999; Farkas *et al.* 2002; Demirak *et al.* 2006; Eraslan *et al.* 2007; Figueiredo-Fernandes *et al.* 2007). Örneğin kemiklerde biriken kurşun çözünerek böbreklerde tahribata ve nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına yol açmaktadır (Kahvecioğlu vd 2002). Diğer yandan ağır metaller içinde suda çözünme özelliği en yüksek ve bu nedenle doğada yayılma hızı da oldukça fazla olan kadmiyum ve sebep olduğu kronik zehirlenmede ortaya çıkan en önemli etki özellikle akciğer ve prostat kanseridir (Kahvecioğlu vd 2002). 1953 yılında Japonya Minimata Körfezi'nde ve Nijgatai'de aşırı derecede Hg biriktiren balıkların tüketimi ile ortaya çıkan hastalık ve ölümler ise durumun ciddiyetinin apaçık bir göstergesidir (Vostal 1976; Vural 1993).



Şekil 1.5. Sucul ekosistemdeki besin zinciri (Öz 2006)

Yukarıda anlatılanlardan hareketle yapılan çalışmamız ve amaçları şöyle sıralanabilir:

1. Araştırma, Erzurum sınırları içinde kalan Karasu Nehri'nin üç farklı noktasından (Serçeme, Dumlu, Aşkale) yakalanan iki balık türünün solungaç, karaciğer, böbrekleri kullanılarak yapılmıştır.
2. Karasu Nehri'ndeki kirlilik önce su analizi ile belirlenmiştir.
3. Histopatolojik olarak bu üç organdaki hasarın kantitatif ölçümü yapılmıştır.
4. Su analizi sonuçlarına ve patolojik gözlemlere dayanarak kirlenen Karasu Nehri bölgesinin tespiti yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Koyma and Ozaki (1984), farklı konsantrasyonlarda Cd içeren ortamlarda tutulan sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarının hematolojik değişimlerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda karaciğer dokusunda tahribat gözlemlenmiştir.

Lang *et al.* (1987), 4 hafta boyunca 25 mg/L toplam amonyağa maruz kalmış genç alabalık (*Salmo gairdneri*) yavrularında solungaç yapısında önemli sayılabilecek proliferasyonlar saptamışlardır.

Couillard *et al.* (1988), gökkuşuğu alabalıkları ile yaptıkları çalışmada kağıt endüstrisi atık sularının yüksek dozlarının karaciğer, böbrek ve dalakta histopatolojik değişimlere neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Daud *et al.* (1988), hibrit kırmızı tilapia yavrularında (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) iyonize olmamış amonyağın etkisini araştırdıkları çalışmalarında ölmeden önce balıkların solungaç filamentlerinde hemoraji saptamışlardır.

Simpson (1992), Kuzey Denizi'nde kirliliğin daha yoğun olduğu bölgede, pisi balıklarının (*Limanda limanda*) karaciğerlerinde fazla miktarda yağlanma belirlemiştir.

Kirk and Lewis (1993), farklı süre ve konsantrasyonda NH₃'e maruz kalan gökkuşuğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) solungaçlarında lamel deformasyonlarını çalışmışlardır.

Wajsbrodt *et al.* (1993), 20 gün süreyle, yaklaşık 2,5 aylık çipura (*Sparus aurata*) yavrularının kullanıldığı kronik toksisite çalışmalarında amonyağa maruz bırakılan balıkların solungaç, karaciğer, böbrek ve dalaklarında histolojik değişiklikleri incelemişlerdir. Karaciğerde hepatositlerde bir miktar atrofi, sitoplâzma ayrışma ve

yağ vakuolasyonu görülmüştür. Solungaç, böbrek ve dalakta ise herhangi bir patolojik bulguya rastlanmamıştır.

Canlı *et al.* (1998), Seyhan Nehri'nde 5 istasyondan yakalanan *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*'un dokularında Cd, Cr, Cu, Ni ve Pb düzeylerini araştırmışlar ve istasyonlara göre dokularda biriken ağır metal düzeylerinin farklı olduğunu saptamışlardır.

Karapire (1998), Gediz Nehri'nde endüstriyel ve tarımsal etkinliklerin yoğun olduğu yerlerde suda, krom, mangan, kurşun ve bakır derişimlerinin yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Katalay (1998), İzmir Körfezi'nin çeşitli istasyonlarından toplanan *Gobius niger*'de kan parametrelerini araştırmıştır. Mikroskopik incelemeler sonucunda fusiform ve küresel şekilli eritrositler, anormal, kalın ve yoğun lenfositler gibi birtakım histopatolojik değişiklikler saptanmıştır.

Hargreaves and Küçük (1999), Mavi tilapia (*Oreochromis aureus*)'da subletal amonyak toksisitesini araştırdıkları çalışmalarında balıkların solungaç lamellalarında hiperplazi, anevrizma ve hemoraji; karaciğerlerinde hidropik dejenerasyon saptarken böbrek dokularında ise histopatolojik bir bulguya rastlamamışlardır.

Atamanalp (2000), çalışmasında pestisite maruz kalan gökkuşığı alabalıklarının böbrek dokularında vasküler dilasyon, glomerüllerde hücresel proliferasyon, nekroz, fibrin, kanama, iltihabi hücre infiltrasyonları gözlemlemiştir.

Atamanalp vd (2002), Erzincan ilinin Tercan ilçesinde kanalizasyon sularının deşarj edildiği ve üzerinde Tercan Barajı'nın yer aldığı Tuzla Çayı'nda, belirlenen iki istasyondan yakalanan toplam 50 balıktan alınan kan örneklerinde hematokrit ve sediment seviyelerini araştırmışlardır. Deşarj bölgesi aşağısında, kontrol noktasına göre hematokrit seviyesinde düşme, sediment değerinde ise artış belirlenmiştir.

Darwish *et al.* (2002), araştırmalarında potasyum permanganatın subletal dozlarına maruz bırakılan kanal kedi balığının solungaçlarında hipertrofi, hiperplazi ve nekrozlar gözlemlenmişlerdir.

Peyghan and Takamy (2002), amonyağa maruz bırakılan pullu sazan balıklarında, histopatolojik incelemeler sonucu solungaçlarda hiperemi, ödem ve anevrizma; böbrekte tübül ve glomerulide dejeneratif değişiklikler, Bowman kapsülünde genişleme, hiperemi, kongesyon ile hemoraji; karaciğerde hiperemi, dejenerasyon ve bazı nekrotik alanlar saptamışlardır.

Akçay *et al.* (2003), Büyük Menderes ve Gediz Nehirlerinden yaz ve kış mevsimlerinde alınan su örneklerinde Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn metallerinin birikimini incelemişlerdir.

Fanta *et al.* (2003), Organofosfatlı metil paration'un subletal dozunun su ve besin yoluyla kontaminasyon etkilerini, tatlı su balığı *Corydoras paleatus* üzerinde araştırmışlardır. Balığın kimyasala karşı absorpsiyon tepkisi için solungaç, metabolizma tepkisi için karaciğer dokusunu inceledikleri histopatolojik çalışmalarında solungaç lamellalarında epitel hiperplasi, ödem ve ayrılmaların meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Karaciğerde ise açık olmayan şişlik, safrada durgunluk, fokal nekroz, atrofi ve vakuolizasyon oluştuğunu belirlemişlerdir.

Çavaş (2004), endüstriyel atıkların genotoksik etkilerini *Oreochromis niloticus* ve *Mugil cephalus*'da mikronükleus testi ve interfaz AgNOR analiz tekniklerini kullanarak *in situ* ve laboratuvar koşullarında araştırmıştır. Mikronükleus anomali frekanslarının ve interfaz AgNOR parametrelerine ait değerlerin seçilen kirli bölgelerde (Karaduvar ve Mersin limanında) referans bölgeden fazla ve yazın en yüksek olduğunu belirlemiştir.

Gül vd (2004), Seyhan Baraj Gölü'nün kirli sularından aldıkları balıkların karaciğerlerinde iltihaplı hücre infiltrasyonu, dalgalı dejenerasyonlar, kan toplanması ve mikro-makro kabarcıklı yağlı dejenerasyonlar saptamışlardır.

Cengiz (2006), sazan balığının böbrek ve solungaçlarında deltametrinin histopatolojik etkilerini araştırmıştır. Böbreklerde renal tübüllerin epitellerinde dejenerasyon, büzüşme, glomerular kapillerde sulanma; solungaçlarda ise nekroz, lamellar epitelyumda ödem, hiperplazi gibi çeşitli deformasyonlar gözlemlenmiştir.

Demirak *et al.* (2006), termal enerji santrali havzası Yatağan'da Dipsiz Çayı'ndan yakalanan *Leuciscus cephalus* türünün kas, solungaç dokularında, su ve sedimentte Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır.

Akgün vd (2007), Çeltikçe Çayı'nda (Sakarya Nehri) yaşayan *Leuciscus cephalus* (L., 1758) bireylerinin karaciğer, kas ve solungaçlarında Zn, Cd, Pb ve Cu'nun birikim düzeylerini araştırmışlardır. Ağır metallerin dokulardaki birikim düzeyinin Zn, Cd ve Pb'nin karaciğer>kas>solungaç; Cu'nun ise kas>karaciğer>solungaç şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Canpolat (2007), Elazığ ilinde Etibank Ferro Krom A.Ş. (Örencik) ve Deri Fabrikası (Ağın)'nın Keban Baraj Gölü'ne deşarj ettikleri atık suların içerdikleri ağır metallerin su, sediment ve *Capoeta trutta* bireylerindeki miktarları ve ağır metal kirliliğinin bu balık türünün gelişimi ve üreme biyolojisi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Atık sularının, içerdikleri yüksek miktarlardaki ağır metaller nedeniyle Keban Baraj Gölü'nün su kalitesinde ve balıkların gelişimi ve üremeleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Figueiredo-Fernandes *et al.* (2007), her iki cinsiyette *Oreochromis niloticus* türünü, tatlı suda 21 gün boyunca 3 farklı bakır konsantrasyonuna maruz bırakmışlardır. Solungaçlarda ödem, lamel epitelinde ayrılma, vasodilatasyon, lamellerde anevrizma, az miktarda epitel filamentlerinin proliferasyonuna bağlı lamellar füzyon ve karaciğerde vakuolasyon ve nekroz gözlemlenmişlerdir.

Katalay vd (2007), İzmir Körfezi'nin temiz ve kirli farklı iki bölgesinden toplanan kaya balıklarında (*Gobius niger*) histopatolojik çalışma ile toksisitenin solungaç dokusundaki

etkisi ve beslenme yolu ile sığanlara olan yansımasını araştırmışlardır. Çalışma sonunda solungaçlarda, minimal düzeyde epitel ve lameller hasar gözlemlenmiş; bu balıklarla beslenen sığanların gebe kalmalarında, gelişmelerinde, doğan yavruların gelişimlerinde, ergenliğinde ve üreme yeteneklerinde ise hiçbir patoloji saptanmamıştır.

Mendil ve Uluözlü (2007), yaptıkları çalışmada Yeşilirmak Nehri'nden toplanan balık ve sediment örneklerinde bazı ağır metallerin konsantrasyonlarını incelemiştir.

Smith *et al.* (2007), sucul yaşam üzerinde ekotoksitesitesi hakkında sınırlı bilgi bulunan karbon nanotüplerinin, solunum toksisitesini, organ patolojisini ve diğer fizyolojik etkilerini gökkuşuğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) araştırmışlardır. SWCNT maruziyetine bağlı olarak beyinde anevrizma ve beyinciğin ventral yüzeyinde şişkinlik tespit edilmiştir. Karaciğerde, anormal çekirdek bölünmeleri gösteren hücreler ve deney sonunda ise agresif davranışa bağlı mortalite gözlemlenmiştir.

Ulutaş (2007), yoğun sanayileşmenin yaşandığı İzmir yakınlarındaki Aliğa ve Foça Körfez'lerinde seçilen bölgelerden alınan kefal balıklarının karaciğerlerinde 7-etoksiresorufin O-deetilaz (EROD) aktivitesi ve kas dokularında Pb, Cd, Cu, ve Cr metallerinin miktarları araştırılmıştır.

Atamanalp *et al.* (2008), çalışmalarında bakır sülfatın subletal dozlarının gökkuşuğu alabalıklarının karaciğerlerinde hepatositlerde dejenerasyona, kupfer hücrelerinin sayısında artışa, vasküler ve sinozoidal dejenerasyona sebebiyet verdiğini tespit etmişlerdir.

El-Sherif and El-Feky (2008), *Oreochromis niloticus* türü balıkları amonyağın 4 farklı konsantrasyonuna 75 gün boyunca maruz bırakarak balıklarda büyüme oranlarını, hematokrit ve hemogloblin parametrelerini, böbrek, karaciğer, solungaçlarındaki histopatolojik değişiklikleri belirlemiştir.

Fontainhas-Fernandes *et al.* (2008), yaptıkları bir araştırmada 24, 48, 72 ve 96 saatlik sürelerle kanalizasyon arıtma tesislerindeki atık sulara maruz bırakılan *Oreochromis niloticus*'un solungaç dokularında çeşitli histopatolojik değişiklikler saptamışlardır.

Atlı (2009), Tatlısu balığı *Oreochromis niloticus*'u farklı derişimlerdeki Cu^{+2} , Cd^{+2} , Cr^{+6} , Ag^{+} ve Zn^{+2} 'nin 96 saat süreyle ve aynı metallerin 0,05 $\mu g/mL$ derişimindeki farklı sürelerle etkisine ayrı ayrı maruz bırakmıştır. Deney süreleri sonunda solungaç, böbrek ve kas dokularında Na^{+}/K^{+} -ATPaz, Mg^{+2} -ATPaz, Toplam-ATPaz, Ca^{+2} -ATPaz enzim aktiviteleri ile toplam protein, metal ve iyon düzeyleri ölçülmüştür.

Marangoz (2009), ağır metal kirliliğinin olası etkilerini Tekirdağ İli sahillerinden avlanan Akdeniz Midye (*Mytilus galloprovincialis*)'si ve Karides (*Metapenaeus longirostris*), Mezgit (*Merluccius merluccius*), Karagöz İstavrit (*Trachurus mediterraneus*) ve Lüfer (*Pomatomus saltatrix*)'de araştırmıştır. Çalışma sonucunda Akdeniz Midye (*Mytilus galloprovincialis*)'sine ait kadmiyum, kurşun ve bakır ve Karides (*Metapenaeus longirostris*)'e ait civa ve kadmiyum ağır metal düzey değerleri ortalamaları arasında istatistiki açıdan çok önemli bir fark olduğunu, çinko ağır metal düzey değerleri ortalamaları arasındaki farkın ise istatistiki açıdan önemli olduğunu saptamıştır. Karagöz İstavrit (*Trachurus mediterraneus*), Mezgit (*Merluccius merluccius*), ve Lüfer (*Pomatomus saltatrix*) türü balıklarda bulunan ağır metal konsantrasyonları arasında istatistiki olarak herhangi bir fark gözlememiştir.

Van Dyk *et al.* (2009), Pretoria yakınlarında düzensiz yerleşmeler, kanalizasyon ve sanayi atıkları gibi sebeplerle kirlenen Marais ve Rietvlei barajlarında kirliliğin *Clarias gariepinus* türünün solungaçlarına olan histopatolojik etkilerini araştırmışlardır. Yaygın olarak telanjiektazi, epitelde ayrılma, mukoza ve epitel hücrelerinde hiperplazi, primer ve sekonder lamellerde füzyon gözlemlenmiş ve Marais barajında balıklarda ölçülen histolojik indeks değerlerinin Rietvlei barajındakilere göre istatikselsel olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ünal (2010), Tokat il sınırları içerisinde kalan Yeşilirmak Nehri'nden alınan balık (*Leuciscus cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Chondrostoma regium*, *Oncorhynchus mykiss*, *Capoeta tinca*) ve sediment numunelerinde eser element tayinini çalışmıştır. Sediment ve balık numunelerindeki Fe, Zn, Cu, Pb, Mn, Ni ve Cd konsantrasyonlarını AAS ile tayin etmiştir.

Doğan (2011), meyve bahçelerinde sıklıkla kullanılan bir akarisit olan Fenpiroksimat'ın (FP) farklı konsantrasyonlarının akut toksik etkilerini, balığın davranışı, karaciğer histolojisi ve biyokimyası üzerine olan olumsuz etkileri ile LC₅₀ değerlerini ergin lepistes balıklarında (*Poecilia reticulata*) araştırmıştır. Uygulanan subletal FP dozlarının antioksidan aktivitede herhangi bir değişikliğe yol açmadığı, FP'nin düşük konsantrasyonlarının balıkta düzensiz yüzme, denge kaybı ve uyuşukluk gibi anormalliklere; karaciğer histolojisinde ise kanlanma, piknotik çekirdek, sinuzoidal dilatasyon, melanomakrofajik birikimler ve endotel dejenerasyonu gibi çeşitli patolojik hasarlara yol açtığını gözlemlemiştir.

Çapkın (2011), Karadeniz Bölgesi'nde kullanılan pestisitlerden karbosulfanın gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin enzim aktivitesi üzerine olan kronik etkilerini araştırmıştır. Ortama alıştırılan gökkuşuğu alabalıkları 60 gün süreyle akarsu sisteminde belirlenen dozda karbosulfanın toksik etkisine maruz bırakılmıştır. Kronik test süresince gökkuşuğu alabalıklarının eritrosit asetilkolinesteraz aktivitesi ölçülerek inhibisyon oranı ve enzim aktivitesindeki değişimin balıkların davranışları üzerine etkisi belirlenmiştir.

Önen vd (2011), 15 gün süreyle %40'lık subletal konsantrasyonda ham petrolün suda çözünebilen kısımlarına maruz bırakılan *Pelvicachromis pulcher*'in bağırsaklarında ülserasyon, deskuamasyon, lenfosit infiltrasyonu ve nekroz gibi histolojik değişimler saptanmıştır.

Vural (2011), azotlu gübrenin Kars Çayı'ndan yakalanan *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstteadt 1772)'nin karaciğer, bağırsak, solungaç, böbrek histopatolojisi ve serum

proteinleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın sonunda azotlu gübre uygulaması ile oluşturulan gruplardan elde edilen karaciğer, bağırsak, solungaç ve böbrek dokularında yapılan histopatolojik incelemelerde doz artışıyla orantılı olarak dejenerasyon, nekroz ve yangısal hücre infiltrasyonları tespit edilmiştir.

Alıcı (2012), Adıyaman şehrinden gelen kentsel, endüstriyel ve tarımsal atık sular tarafından kirlenen Türkiye'nin en büyük barajı olan Atatürk Baraj Gölü'nün kirli (Sitelce bölgesi) ve temiz bölgelerinden (Samsat bölgesi) rneklenen *Cyprinus carpio* türü balıkların kan dokusundaki bazı biyokimyasal parametreleri kullanarak baraj glnn kirlilik durumunu belirlemeye çalışmıştır. Samsat bölgesinden örneklenen balıklarla karşılaştırıldığında Sitilce bölgesinden örneklenen balıkların serumundaki alanin aminotransferaz, aspartat aminotransferaz, alkalen fosfataz ve laktat dehidrojenaz enzim aktiviteleri ile kortizol, glukoz ve potasyum düzeyleri daha yüksek; total protein, kolesterol, kalsiyum, sodyum ve klor düzeyleri daha düşük bulunmuştur.

Yazıcı (2012), Erzurum Karasu Nehri ve onu besleyen iki kolu olan Serçeme Deresi ve Dumlu Deresi'nden yakalanan balıklarda (*Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*, *Gobius niger*, *Salmo trutta*) su kirliliğinin genotoksik etkilerini araştırmıştır. Çalışma sonunda eritrositlerde mikroçekirdek, böbrek şekilli çekirdek, çentikli çekirdek, çift çekirdek, loplu çekirdek, tomurcuklu çekirdek anormallikleri; solungaç epitel hücrelerinde ve hepatositlerde ise mikroçekirdek oluşumu tespit edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Bölgesi ve İstasyonların Belirlenmesi

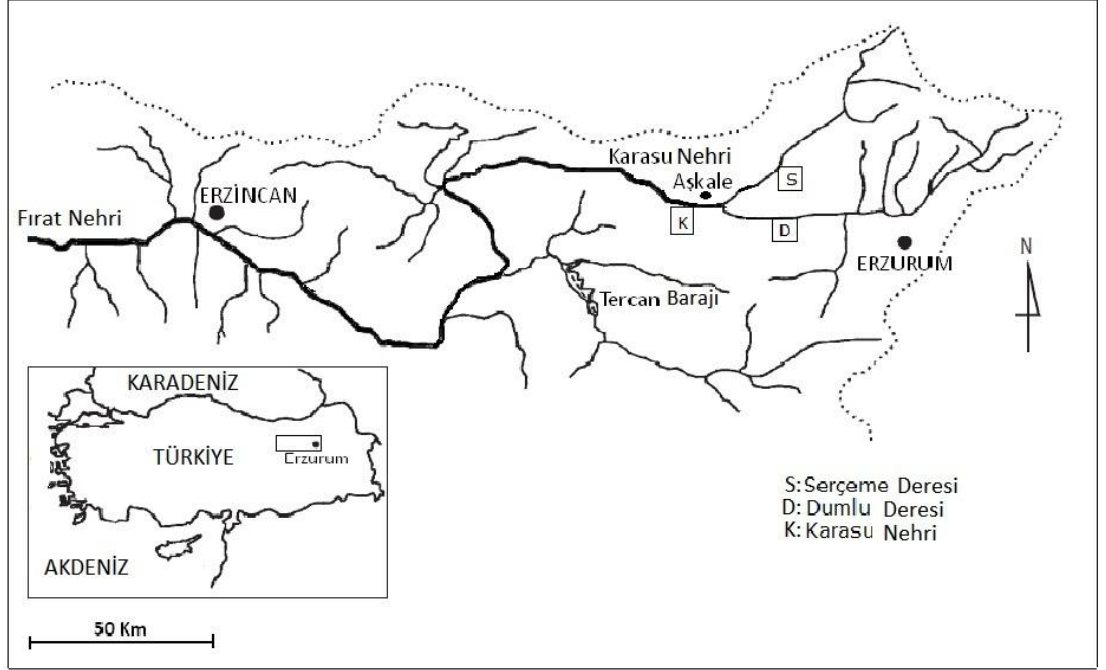
Fırat Nehri'nin önemli iki kolundan biri olan Karasu Nehri, Erzurum sınırları içinde Dumlu Dağı'nın eteklerinden doğar ve Erzurum Ovası'nı doğu-batı yönünde geçerek ovanın kuzeydoğusundaki 3000-3500 m yükseklikteki Karacağız, Güvercin ve Kandil Dağları'ndan gelen Köşk, Karagöbek ve Dumlu Derelerinin birleşmesinden sonra Karasu adını alır. Önce güneybatıya doğru akar, sonra batıya yönelir. Ilıca ilçesinden Pulur Çayı'nı alır ve İspir yolu üzerinde bulunan Serçeme Deresi'yle de birleşerek ovayı terk eder. Suyunu Fırat Nehri üzerine kurulmuş Elazığ'da bulunan Keban Baraj Gölü'ne ulaştırmaktadır. Karasu Nehri'nin Erzurum ili içindeki drenaj alanı 1642 km² ve ortalama akımı 4,304 m³/sn dir (Sönmez 2011).

Araştırmamızda kirliliğin çok ve az olma durumu göz önüne alınarak 3 istasyon seçilmiştir. Bunlardan ilki Karasu Nehri'ndeki kirliliğin hat safhaya ulaştığı düşünülen Aşkale ilçesinin çıkışı olmuştur. Diğeri gerisinde çok az yerleşim yeri olan ve nehri besleyen ana kollardan biri olan Dumlu Deresi olup Dumlu Beldesi'nin giriş bölümü örnekleme yeri olarak seçilmiştir. Son istasyon ise gerisinde herhangi bir yerleşim yeri olmayan ve üzerinde Kuzgun Barajı inşa edilmiş olan Serçeme Deresi olmuştur. Her istasyondan aynı ay içerisinde balık örnekleri ve su numuneleri alınmıştır. Örnekleme yerleri yapıldığı istasyonlar (Şekil 3.1):

K. Aşkale (Karasu nehri): Aşkale ilçesi çıkışı. Erzurum- Bayburt Karayolu 58. km (Şekil 3.2)

D. Dumlu deresi: Erzurum-Artvin Karayolu 21. km (Şekil 3.3)

S. Serçeme deresi: Kuzgun Barajı Erzurum- İspir Karayolu 74. km (Şekil 3.4)



Şekil 3.1. Karasu Nehri ve örnekleme yapılan istasyonlar



Şekil 3.2. Aşkale (Karasu Nehri), örneklemenin yapıldığı alan



Şekil 3.3. Dumlu Deresi, örneklemenin yapıldığı alan



Şekil 3.4. Serçeme Deresi, örneklemenin yapıldığı alan

3.2. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

2012 yılının Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında belirtilen istasyonlardan alınan su örnekleri yüzeyden 0,5 m derinlikten alınmıştır. Örnekler fiziksel ve kimyasal değerlerinin ölçümü için Erzurum Halk Sağlığı Müdürlüğü'ne gönderilmiştir. Analizler çeşitli su kalite parametreleri için NH_4 , NO_2 , NO_3 , Na, Fe, SO_4 , Cl gibi standart metotlar kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde Perkin Elmer 306 model Atomik

Absorbsiyon Spektrofotometre cihazı kullanılmış (APHA–AWWA–WPCF 1998) ve örneklerdeki ağır metaller tespit edilmiştir.

3.3. Çalışmada Örnekleme Yapılan Balık Türleri

Çalışmada seçilen merkezlerin doğal faunasını oluşturan balıklardan iki tür kullanılmıştır. Örnekler 2012 yılı Mayıs, Haziran ve Temmuz ayları içinde alınmıştır. Bunun için gerekli izinler olan Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan Etik Kurulu İzni (**EK 1**), Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'ndan Araştırma İzni (**EK 2**), Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan Araştırma İzni (**EK 3**) çalışma başlamadan önce ilgili yerlere müracaat edilerek alınmıştır. Her üç istasyondan da *Leuciscus cephalus* (Tatlısu kefali) (Şekil 3.5) ve *Capoeta capoeta* (Siraz balığı) (Şekil 3.6) türleri yakalanmıştır. Balıkların tür teşhisi Arş. Gör. Yahya TEPE ve Doç. Dr. Ümit İNCEKARA tarafından yapılmıştır.



Şekil 3.5. *Leuciscus cephalus* (Tatlısu kefali)



Şekil 3.6. *Capoeta capoeta* (Siraz balığı)

Her istasyondan eşit sayıda yakalanan balıklar laboratuara canlı olarak getirilmiş ve histopatolojik çalışma aşamasına geçmeden ağırlıkları ve boyları belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. İstasyonlardan yakalanan balıkların ağırlıkları ve boy uzunlukları (Ort±S.H.)

İstasyon	Türler	Ağırlık	Boy
Aşkale	<i>Leuciscus cephalus</i>	102,00±4,95	25,80±3,42
	<i>Capoeta capoeta</i>	63,20±6,97	19,40±2,07
Dumlu	<i>Leuciscus cephalus</i>	44,20±5,35	18,40±1,14
	<i>Capoeta capoeta</i>	62,60±33,96	18,20±3,96
Serçeme	<i>Leuciscus cephalus</i>	48,80±12,41	16,80±4,14
	<i>Capoeta capoeta</i>	51,40±15,17	13,60±2,30
Genel Toplam (A + D + S)		61,64±28,20	18,16±3,22

*(A:Aşkale, D:Dumlu, S:Serçeme)

3.4. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Balıklardan alınan doku parçalarının boyanmasında Buffer Solüsyonu (CAS No: 1.09461.1000) ve Etanol (CAS No: 1.00983.2500); solungaç ve karaciğer dokuları için Asetik asit (CAS No: 64-19-7, %20), Buffer Solüsyonu ve Etanol kullanılmıştır. Adı geçen kimyasallar Sigma® ve Merck® firmalarından temin edilmiştir. Çalışmada hematoksilen (H3136-100 g), eozin (E4382-100g), Alüminyum potasyum sülfat (şap), glasiyal asetik asit Riedel-de Haent® firmasından; etanol, hidroklorik asit (HCl), entellan, formaldehit, ksilol, parafin, civa oksit Merck® firmasından temin edilerek kullanılmıştır.

3.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar

Araştırmalar esnasında kullanılan aletler ve cihazlarla ilgili bilgiler Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırmalar esnasında kullanılan aletler ve cihazlar

Aletler ve Cihazlar	Temin Edildikleri Firmalar
Saf su cihazı	Easypure RF compact ultarpure ws, USA
Etüv	Heraeus FB 420, Germany
Hassas terazi	Sartorius AG, Germany
Mikroskop	Prior T-100 mA, England
Otomatik pipet	Finpipette Labsystems, Finland
Mikrotom	Leica EG 1160
Parafin blok dökücü	Leica RM 2265
Dijital kamera destekli mikroskop	Nikon SMZ 1000

3.6. Histopatolojik yöntem

Çalışmada, sucul ekosistemde kirlilik düzeyini hassas bir şekilde gösteren histopatolojik yöntem tercih edilmiştir (Arellano *et al.* 1999; Camargo and Martinez 2007). Arazi

çalışmalarında, kirleticilere maruz kalan balıkların sağlığını değerlendirmede biyobelirteç olarak histopatolojik yöntemler uzun zamandan beri yaygın olarak kullanılmaktadır (Schwaiger *et al.* 1997; Teh *et al.* 1997). Çevresel kirliliği izlemede histopatolojik biyobelirteç kullanmanın en önemli avantajlarından biri solunum, salgılama, birikim, ksenobiyotiklerin balıkta biyotransformasyonu gibi hayati fonksiyonlardan sorumlu solungaç, böbrek, karaciğer gibi spesifik hedef organları araştırmaya uygun olmasıdır (Hinton and Lauren 1993; Gernhofer *et al.* 2001; Parikh *et al.* 2010).

Çalışmada lokalitelerden yakalanan balıklar aynı gün laboratuara getirilmiştir ve içinde buzlu su bulunan beherlere yerleştirilerek balıkların hareketsiz kalmaları sağlanmıştır. Daha sonra solungaçların altından anüse kadar karın yarılarak iç organlar dışarı alınmıştır. Solungaç, karaciğer ve böbrekler ayrılarak 24 saat süreyle Bouin solüsyonunda fikse edilmiştir. Fiksasyondan sonra da 12 saat Buffer tamponunda bekletilmiştir. Dehidrasyon ve şeffaflaştırmayı takiben organlar parafine gömülmüştür. Mikrotomda 5 µm kalınlığında kesitler alınmıştır (Şekil 3.7). Kesitlerin Hematoksilen&Eosin ile boyanmasından sonra ışık mikroskopunda incelenerek fotoğrafları çekilmiştir.



Şekil 3.7. Laboratuvarda kullanılan mikrotom cihazı

Parafine gömme

1. Parçalar 24-48 saat fiksatiflerde bekletildi.
2. 12 saat Buffer tamponda tutuldu.
3. Dokular çeşme suyu altında 4 saat boyunca yıkandı.
4. Dehidrasyon işlemi için 4 saat %70'lik alkolde
5. 1 gece %80'lik alkolde
6. 1 saat %96'lık alkol I'de
7. 1 saat %96'lık alkol II'de
8. 1 saat %96'lık alkol III'de
9. 1 saat %96'lık alkol IV'de bekletildi.
10. Şeffaflaştırma işlemi için 15 dakika ksilol I'de
11. 15 dakika ksilol II'de
12. 15 dakika ksilol III'de bekletildi.
13. Daha sonra 58°C'lik etüvde erimiş parafin I içerisine alınan parçalar 1 saat

14. Parafin II'de 1 saat

15. Parafin III'de 1 saat bekletildi.

16. Daha sonra etüvden çıkarılan parçalar parafine gömülerek bloklandı (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Parafin bloklar

Hematoksilen & Eosin boyama

Solüsyonlar;

Hematoksilen'in Hazırlanışı:

Hematoksilen, kristal : 5 gr

Etil alkol : 50 ml

Potasyum amonyum sülfat (şap): 100 gr

Distile su : 1000 cc

Civa oksit : 2.5 gr

Asetik asit : 50 cc

5 gr hematoksilen 50 ml etil alkolde çözülmüştür. Daha sonra 100 gr potasyum amonyum sülfata (şap) 1 lt distile su ilave edilerek saç ayak üzerinde kaynatılmıştır. Diğer taraftan da hematoksilen manyetik ısıtıcıda en son sıcaklık derecesinde kaynatılmıştır. Üzerine kaynamış olan potasyum amonyun sülfat çözeltisi yavaş yavaş sızdırma şeklinde ilave edilerek manyetik ısıtıcıda karıştırılarak kaynatılmaya devam edilmiştir. Daha sonra 2.5 gr civa oksit ilave edilmiştir. Civa oksit katıldıktan sonra tortu tabakası oluşmuştur. Bu tabaka yok oluncaya kadar kaynatma işlemine devam edilmiştir. Süzgeç kağıdı ile boyanın rengi kontrol edilip, koyu mor bir renk alınca kadar işlem sürdürülmüştür. Renk oluşuktan sonra kaynatma işlemine son verilmiş ve soğuk su içerisinde boyanın soğuması beklenildikten sonra üzerine 50 cc asetik asit ilave edilip karıştırılmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra sargı bezi ile boya süzölmüştür.

Asit Alkol'ün Hazırlanışı:

Etil alkol : 300 cc
HCl : 10 cc
Distile su :700 cc

Eozin'in Hazırlanışı:

Eozin : 4-5 gr
Distile su : 50 cc
Asetik asit : 4-5 cc
Etil alkol : 500 cc

Eozin suda çözülmüş ve karıştırıcıya yerleştirildikten sonra üzerine 500 cc etil alkol ilave edilmiştir. Karıştırmaya 10-15 dk tortu oluşmayıncaya kadar devam edilmiş, bu işlem bittikten sonra 4-5 cc asetik asit ilave edilmiştir.

Boyama Tekniği;

1. Ksilol I'de 15 dk
2. Ksilol II'de 15 dk
3. Ksilol III'de 15 dk bekletilmiştir.
4. Daha sonra %70'lik alkolde 10 dk
5. %80'lik alkolde 10 dk
6. %96'lik alkolde 10 dk bekletilmiştir.
7. eşme suyunda 15 dk yıkanmıştır.
8. Hematoksilen'de 30 dk bekletilmiştir.
9. Preparatlar üç defa Asit alkole batırılıp çıkarılmıştır.
10. Eozin'de 1 dk bekletilmiştir.
11. Saf suda 1 dk bekletilmiştir.
12. %96'lik alkolde 10 dk
13. %80'lik alkolde 10 dk
14. %70'lik alkolde 10 dk bekletilmiştir.
15. Ksilol I'de 15 dk
16. Ksilol II'de 15 dk
17. Ksilol III'de 15 dk bekletilmiştir.
18. İşlemler tamamlandıktan sonra preparatlar entellan ile kapatılmıştır.

Hematoksilen & Eozin rutin bir boyama işlemidir. Sonuç olarak hücrelerin çekirdekleri mavi-siyah, diğer kısımlar ise eozin (pembe) boyanacaktır (Bancroft and Stevens 1982). Şekil 3.9'da Hematoksilen & Eosin boyama seti gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Hematoksilen & Eosin boyama seti

3.7. Mikroskopik Analiz

Her organdaki histolojik lezyon varlığı Doku Değişim Derecesi (DTC = Degree of Tissue Change) yardımıyla kantitatif olarak belirlenmiştir. DTC, lezyonların görülme sıklığı esasına dayanan gözlem parametresidir. DTC hesaplanması için her organdaki anormallikler hasarın evresine göre sınıflandırılmıştır. Bu evreler şunlardır:

- I. Evre: Dokunun normal fonksiyon gösteren durumu.
- II. Evre: Dokunun normal fonksiyonunun orta şiddette bozulması durumu.
- III. Evre: Dokuda geriye dönüşümsüz ortaya çıkan kuvvetli hasar durumu.

Her balık için aşağıdaki formül kullanılarak DTC değeri belirlenmiştir.

$$DTC = (1 \times EI) + (10 \times EII) + (100 \times EIII)$$

EI, EII ve EIII sırayla evrelerde görülen anormalliklerin toplam sayısını göstermektedir.

Her balık için DTC değeri belirlendikten sonra her istasyon için ortalama endeks hesaplanmıştır. Bu endeks şu verilere göre yorumlanmıştır. DTC'nin 0-10 arasında çıkması organın fonksiyonlarının normal çalıştığının göstergesi olarak kabul edilir. 11-20 arasında çıkması organda hafif bir hasarın, 21-50 organda orta dereceli hasarın, 51-100 arası ise organda kuvvetli lezyonların olduğunu gösterir. 100'ün üzerindeki DTC değeri ise organda geriye dönüşümsüz hasarın varlığına işaret etmektedir (Poleksic and Mitrovic-Tutundzic 1994).

3.8. İstatistik

Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi SPSS 15.0 programı kullanılarak yapılmıştır. Her istasyon için elde edilen ortalama DTC değerlerinin karşılaştırılmasında ANOVA ve LSD testleri kullanılmıştır. Aradaki fark $P < 0.05$ seviyesinde anlam yönünden değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

İstasyonlardan alınan su örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre istasyonlar arasında sıcaklık ve pH seviyelerinde büyük farklılıklar gözlenmezken; tespit edilen diğer parametreler için Aşkale ve Dumlu istasyonlarından alınan örnekler Serçeme istasyonuna kıyasla daha yüksek seviyededir. Ancak fizikokimyasal parametrelere göre Aşkale istasyonunun yüzey suyu III. sınıf sulama suyu olarak kabul edilmektedir (Resmi Gazete 1991) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. İstasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları

Fizikokimyasal Parametreler	TS 266 ^a	Serçeme İstasyonu	Dumlu İstasyonu	Aşkale İstasyonu
Sıcaklık (°C)	20-30	25,20	25,20	25,80
pH	6,50-9,50	6,80	7,10	7,30
Elektriksel iletkenlik (µS/m)	2500	329	485	848
Çözünmüş O ₂ (mg/L)	5-8	6,70	4,40*	3,40*
Fe (µg/L)	200	25,70	168,10	252,30*
Na (mg/L)	200	27,70	46,40	57,70
Cl (mg/L)	250	109,20	113,40	250,40*
NH ₄ (mg/L)	0,50	0,12	0,16	0,56*
NO ₂ (mg/L)	0,50	0,02	0,28	0,44
NO ₃ (mg/L)	50	7,10	12,5	25,64
SO ₄ (mg/L)	250	20,71	67,92	97,28

* TS266 ve İstasyonlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

^a TSE 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular.

İstasyonlardan alınan örneklerde tespit edilen ağır metal oranları ve TS266'ya göre kabul edilebilir ağır metal oranları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir. Tespit edilen toplam ağır metal konsantrasyonları Serçeme istasyonunda Dumlu ve Aşkale istasyonlarına göre daha düşük değerlerdedir. Aşkale istasyonu yüzey suyunda tespit edilen Cd, Al,

As, Pb ve Mn oranları Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen seviyelerin üzerinde bulunmuştur (TSE 2005).

Çizelge 4.2. Aşkale, Dumlu Deresi ve Serçeme Deresi'nden alınan su örneklerinde bulunan ağır metal oranları ve insani tüketim amaçlı sularda kabul edilebilir ağır metal oranları

Metaller	TS 266 ^a	Serçeme İstasyonu	Dumlu İstasyonu	Aşkale İstasyonu
Cd (µg/L)	5,00	<0,05	6,60	7,10*
Al (µg/L)	200	69,20	192,10	287,80*
As (µg/L)	10	2,20	10,40	12,50*
Pb (µg/L)	10	3,05	6,25	11,30*
Cu (mg/L)	2	<0,10	0,13	0,15
Mn (µg/L)	50	23,40	29,20	85,35*
Cr (µg/L)	50	16,30	26,70	45,80

* TS266 ve İstasyonlar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

^a TSE 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular.

4.2. Histopatolojik Bulgular

Aşkale, Dumlu ve Serçeme bölgelerinden yakalanan balıkların solungaç, karaciğer ve böbrek dokularındaki histolojik lezyonlar *Leuciscus cephalus* için Çizelge 4.3'de, *Capoeta capoeta* için Çizelge 4.4'de verilmiştir. Balık türleri arasında anormallik çeşidi ve görülme sıklığı bakımından herhangi bir fark gözlenmemiştir. Bu nedenle karşılaştırmalar balık türleri arasında değil lokaliteler arasında yapılmıştır. Bu lokalitelerden Serçeme'de balıkların dokularında çok az anormallik gözlenmiştir. Anormallik Dumlu istasyonu balıklarında biraz artmış, ancak bu artışta istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Lezyon gradientinin Aşkale lokalitesi balıklarında ise önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4).

Çizelge 4.3. Aşkale, Dumlu ve Serçeme lokalitelerinden yakalanan *Leuciscus cephalus* balıklarının solungaç, karaciğer ve böbreklerinde tespit edilen histolojik anormallikler (Dokudaki hasar DTC evrelerine göre frekans olarak verilmiştir)

Organ	Lezyon	DTC evresi	Serçeme	Dumlu	Aşkale
Solungaç	Anörism	II	0	0+	++
	Pekuliar malformasyon	I	0+	+	++
	Vazodilatasyon	I	+	+	++
	Lamellerde dejenerasyon	I	0+	+	++
	Konjesyon	II	0	0+	+
	Filamenter dilatasyon	I	0	+	++
	Lamellerde hipertrofi	I	0+	+	++
	Lamellar füzyon	II	0	0	+
Karaciğer	Melanomakrofajlarda birikme	I	+	++	+++
	Homojen olmayan parankima	I	+	+	++
	Hepatopankreasta proliferasyon	I	0+	+	+
	Hepatositlerde vakuolizasyon	II	0	+	++
	Merkezi vende konjesyon	I	+	+	+
	Merkezi ven epitel dejenerasyonu	II	0	+	++
	Merkezi vende dejenerasyon	II	0	0+	++
	Safra kanalı proliferasyonu	II	0	+	++
	Sinuzoidal dilatasyon	I	+	+	++
	Vasküler dejenerasyon	II	0	+	+
	Hepatopankreasta hipertrofi	I	0+	+	++
	Hepatositlerde hipertrofi	I	0+	+	++
	Fibrozis	III	0	++	+++
Böbrek	Glomerulopati	I	0	+	++
	Renal dejenerasyon	II	0	0	+
	Melanomakrofaj artışı	I	0+	+	+
	Vakuolizasyon	II	0	0	+
	Glomerular pleomorfizm	I	0+	+	++
	Konjesyon	II	0	0	0+

0: anormallik yok, 0+: anormallik çok nadir, +: anormallik frekansı düşük, ++: anormallik frekansı orta derecede, +++: anormallik frekansı çok yüksek. Evreler verilirken Abdel-Moneim *et al.* (2012)'den yararlanılmıştır.

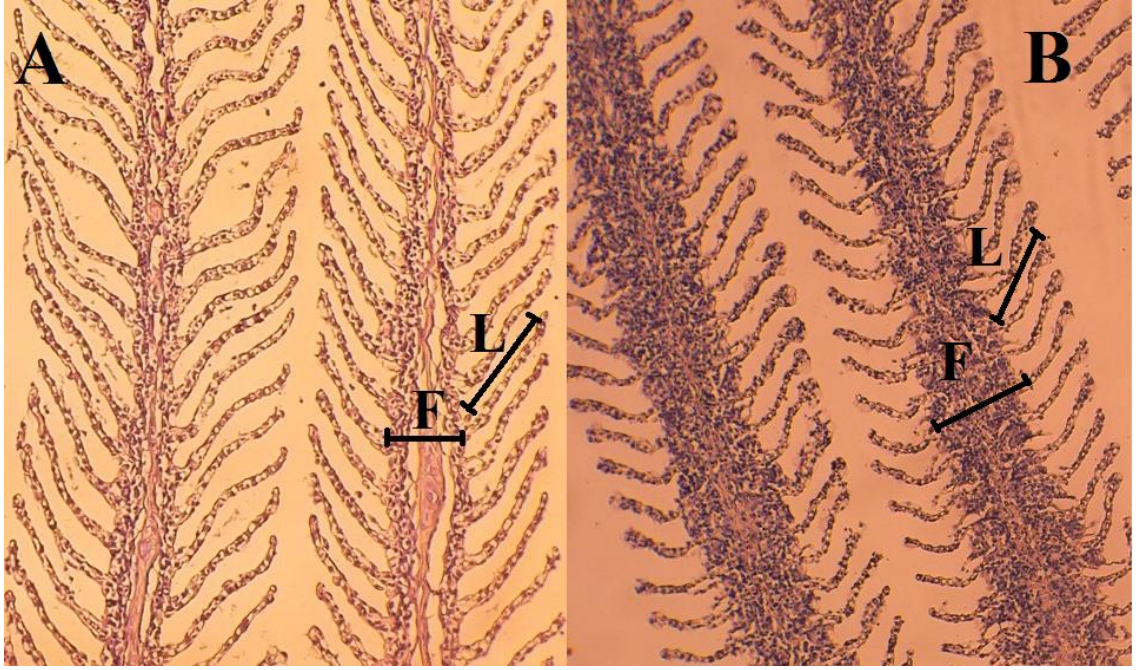
Çizelge 4.4. Aşkale, Dumlu ve Serçeme lokalitelerinden yakalanan *Capoeta capoeta* balıklarının solungaç, karaciğer ve böbreklerinde tespit edilen histolojik anormallikler (Dokudaki hasar DTC evrelerine göre frekans olarak verilmiştir)

Organ	Lezyon	DTC evresi	Serçeme	Dumlu	Aşkale
Solungaç	Anörism	II	0	0+	+
	Pekuliar malformasyon	I	0+	+	++
	Vazodilatasyon	I	0+	+	+
	Lamellerde dejenerasyon	I	0+	+	++
	Konjesyon	II	0	0+	+
	Filamenter dilatasyon	I	0	+	++
	Lamellerde hipertrofi	I	0	+	+
	Lamellar füzyon	II	0	0	+
Karaciğer	Melanomakrofajlarda birikme	I	+	++	+++
	Homojen olmayan parankima	I	0+	++	+++
	Hepatopankreasta proliferasyon	I	+	+	++
	Hepatositlerde vakuolizasyon	II	0	+	+
	Merkezi vende konjesyon	I	+	++	+++
	Merkezi ven epitel dejenerasyonu	II	0	0+	+
	Merkezi vende dejenerasyon	II	0	+	++
	Safra kanalı proliferasyonu	II	0	+	++
	Sinuzoidal dilatasyon	I	+	+	++
	Vasküler dejenerasyon	II	0	+	+
	Hepatopankreasta hipertrofi	I	+	+	++
	Hepatositlerde hipertrofi	I	+	++	++
	Fibrozis	III	0	0+	+
Böbrek	Glomerulopati	I	0	+	+
	Renal dejenerasyon	II	0	0	++
	Melanomakrofaj artışı	I	0+	0+	+
	Vakuolizasyon	II	0	0	0
	Glomerular pleomorfizm	I	0+	+	++
	Konjesyon	II	0	0	+

0: anormallik yok, 0+: anormallik çok nadir, +: anormallik frekansı düşük, ++: anormallik frekansı orta derecede, +++: anormallik frekansı çok yüksek. Evreler verilirken Abdel-Moneim *et al.* (2012)'den yararlanılmıştır.

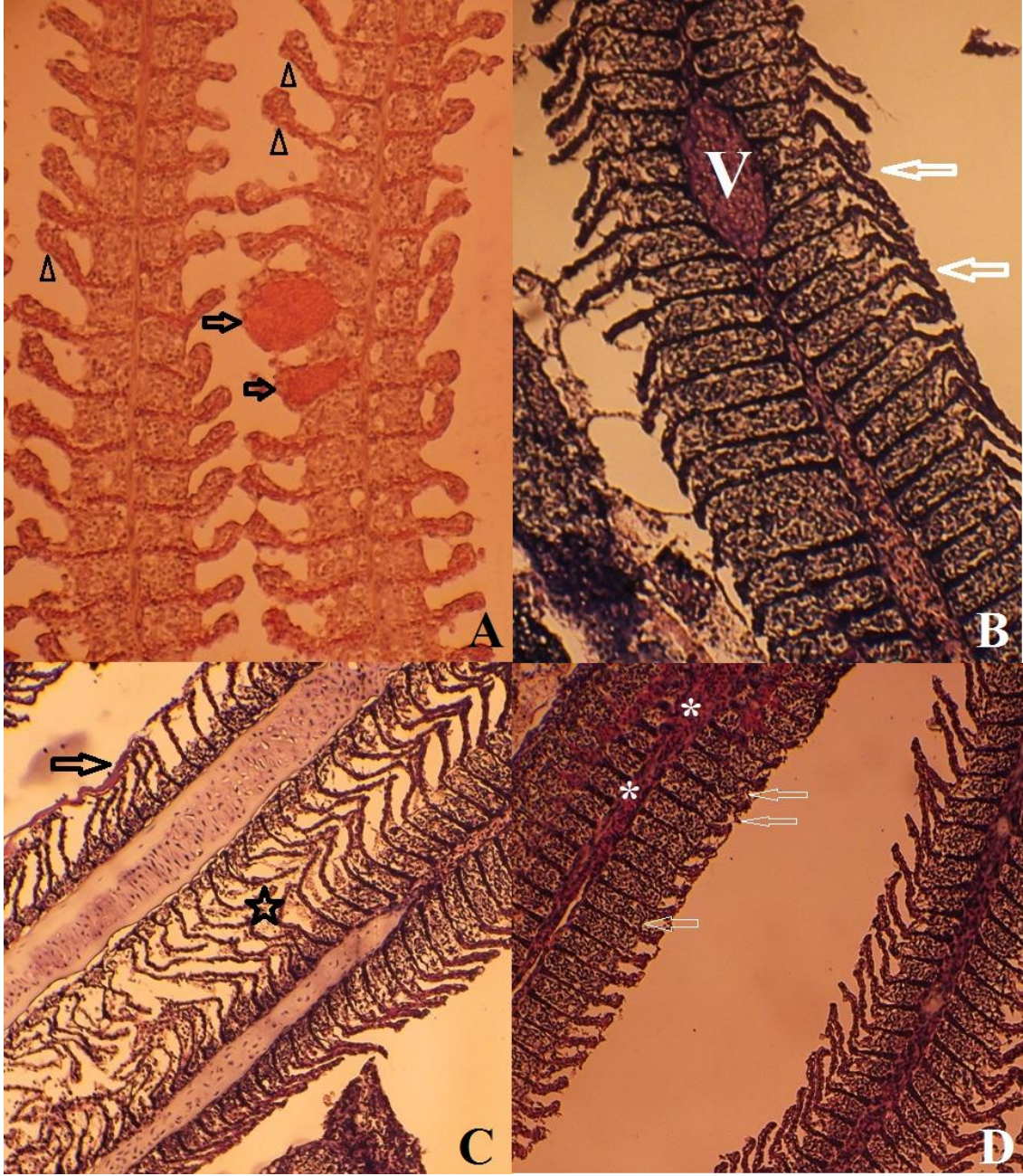
4.2.1. Solungaçlarda durum

Serçeme bölgesi balıklardan hazırlanan solungaç preparatlarında filamentlerin ve lamellerin düzgün, solungaç epitel hücrelerinin normal görünümlü ve dizilimli olduğu görüldü (Şekil 4.1A ve B).



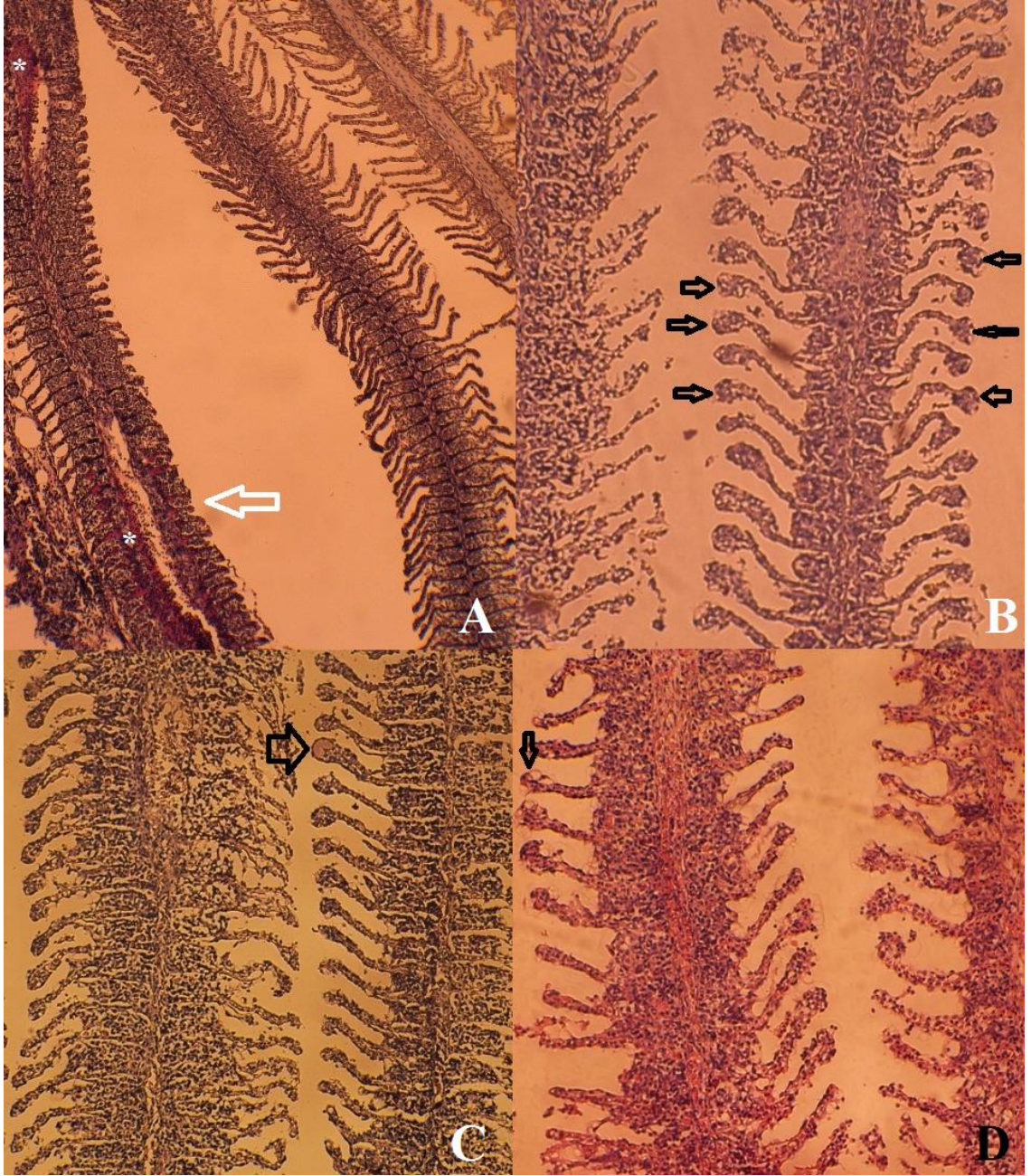
Şekil 4.1. Serçeme istasyonu *Capoeta capoeta*'sının (A) ve *Leuciscus cephalus*'unun (B) solungaç histolojisi. Normal görünümlü filamentler (F) ve lameller (L) (H&E X40)

Ancak Dumlu ve daha çok Aşkale balıklarının solungaçlarında histopatolojik anormalliklerin arttığı görüldü. Tespit edilen lezyonlar ise telenjiekteziya da denen anörizm (Şekil 4.2A), sekonder lamellerde pekuliar malformasyon (Şekil 4.2A, Şekil 4.3B), filamenter vazodilatasyon (Şekil 4.2B), lamellerde çeşitli dejenerasyonlar (Şekil 4.2B, Şekil 4.2C, Şekil 4.2D) konjesyon (Şekil 4.2D ve Şekil 4.3A), filamenter dilatasyon (Şekil 4.3A), lamellerde hipertrofi (Şekil 4.3C) ve füzyon (Şekil 4.3D) olarak tespit edildi.



Şekil 4.2. Aşkale istasyonundan yakalanan *Leuciscus cephalus*'ta solungaç anormallikleri

A) Anörizm (telenjiektezya, siyah oklar) ve sekonder lamellerde pekuliar malformasyon (küresel yapılar, ok başları), B) Filamenter vazodilatasyon (V) ve dejenere olmuş lameller (beyaz oklar), C) Lamellar epitelde ayrılma (siyah ok) ve lamellerde incelme (yıldız), D) Konjesyon () ve dejenere olmuş lameller (beyaz oklar) (H&E X40)



Şekil 4.3. Aşkale istasyonundan yakalanan *Capoeta capoeta*'da solungaç anormallikleri
 A) Filamenter dilatasyon (beyaz ok) ve konjesyon (), B) Pekuliar malformasyon (siyah oklar), C) Lamellar hipertrofi (siyah ok), D) Lamellar füzyon (siyah ok) (H&E X40)

Solungacın normal fonksiyonunun göstergesi olarak hesaplanan DTC değerleri ise Aşkale için 43.44 ± 3.85 ve 42.43 ± 3.20 , Dumlu için 18.56 ± 3.57 ve 17.96 ± 3.09 , Serçeme için 4.44 ± 2.52 ve 4.57 ± 2.97 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Bu sonuçlara göre Serçeme Deresi balıklarının solungaçlarının normal çalıştığı, Dumlu Deresi balıklarının

solungaçlarında hafif dereceli bir hasarın olduğu, Aşkale bölgesi balıklarının solungaçlarında ise orta şiddette patolojik hasarın olduğu tespit edilmiştir.

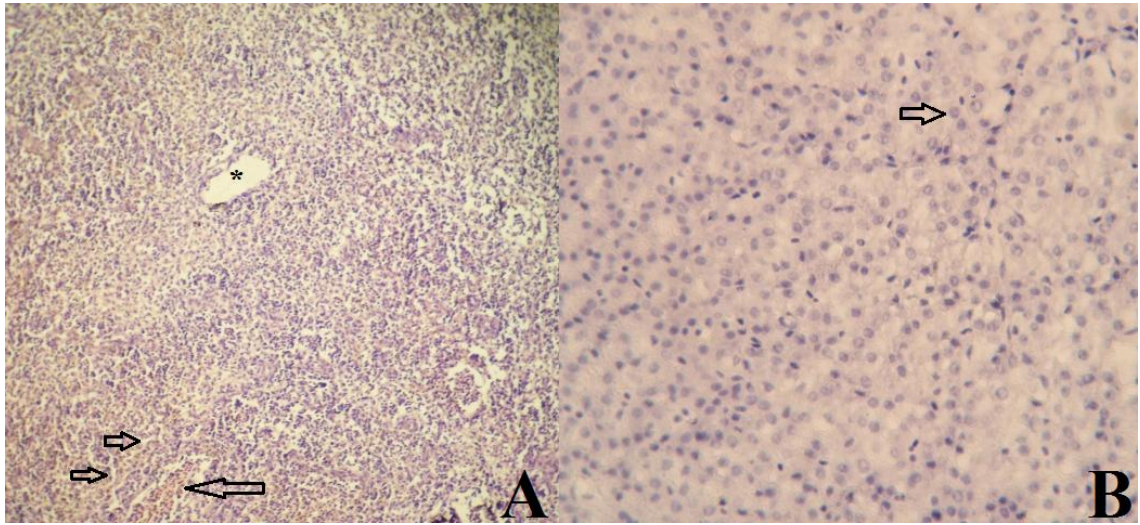
Çizelge 4.5. Her iki balık türü için hesaplanan solungaç DTC değeri

Lokalite*	<i>Leuciscus cephalus</i>	<i>Capoeta capoeta</i>
Serçeme	4.44±2.52 ^a	4.57±2.97 ^a
Dumlu	18.56±3.57 ^b	17.96±3.09 ^b
Aşkale	43.44±3.85 ^c	42.43±3.20 ^c

*Değerler ortalama ± standart sapma olarak sunulmuştur (n=3). Aynı sütundaki farklı harfler P<0.05 düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir.

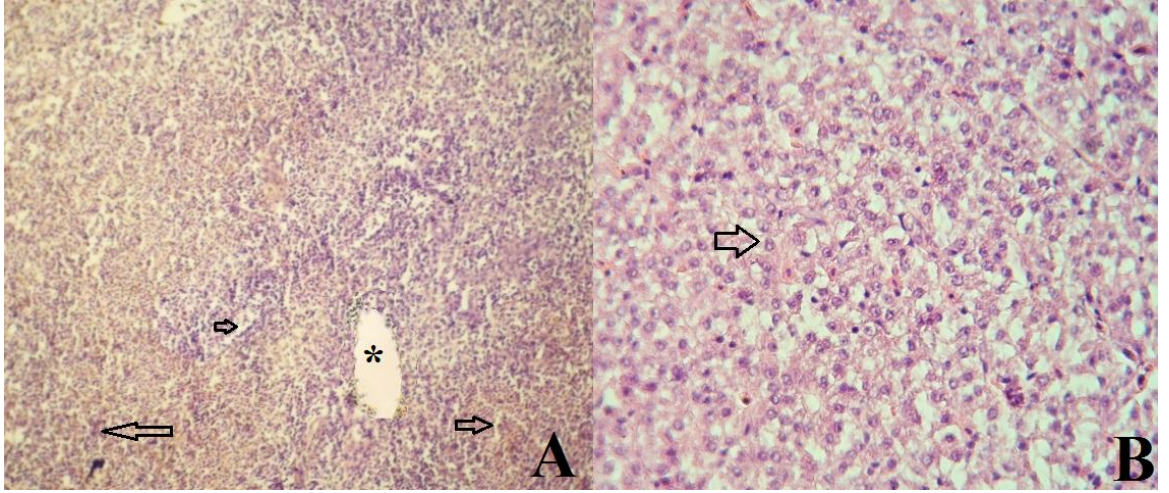
4.2.2. Karaciğerde durum

Serçeme bölgesi balıklardan hazırlanan karaciğer preparatlarında hepatositlerin çokgen şekilli, bazılarının çift çekirdekli ve birbirlerinden sinuzoidlerle belirgin şekilde ayrılmış oldukları gözlenmiştir. Kan damarları ve hepatopankreas net bir şekilde ayırt edilmiş, toplayıcı kanallar etrafındaki sinuzoidlerin belirgin olmadığı saptanmıştır. Hepatosit sitoplâzmaları granüler yapıdadır. Çekirdekler koyu renkli olup çoğunda merkezi yerleşimlidir ve rahatça ayırt edilebilir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Serçeme istasyonu *Capoeta capoeta*'sının normal karaciğer histolojisi

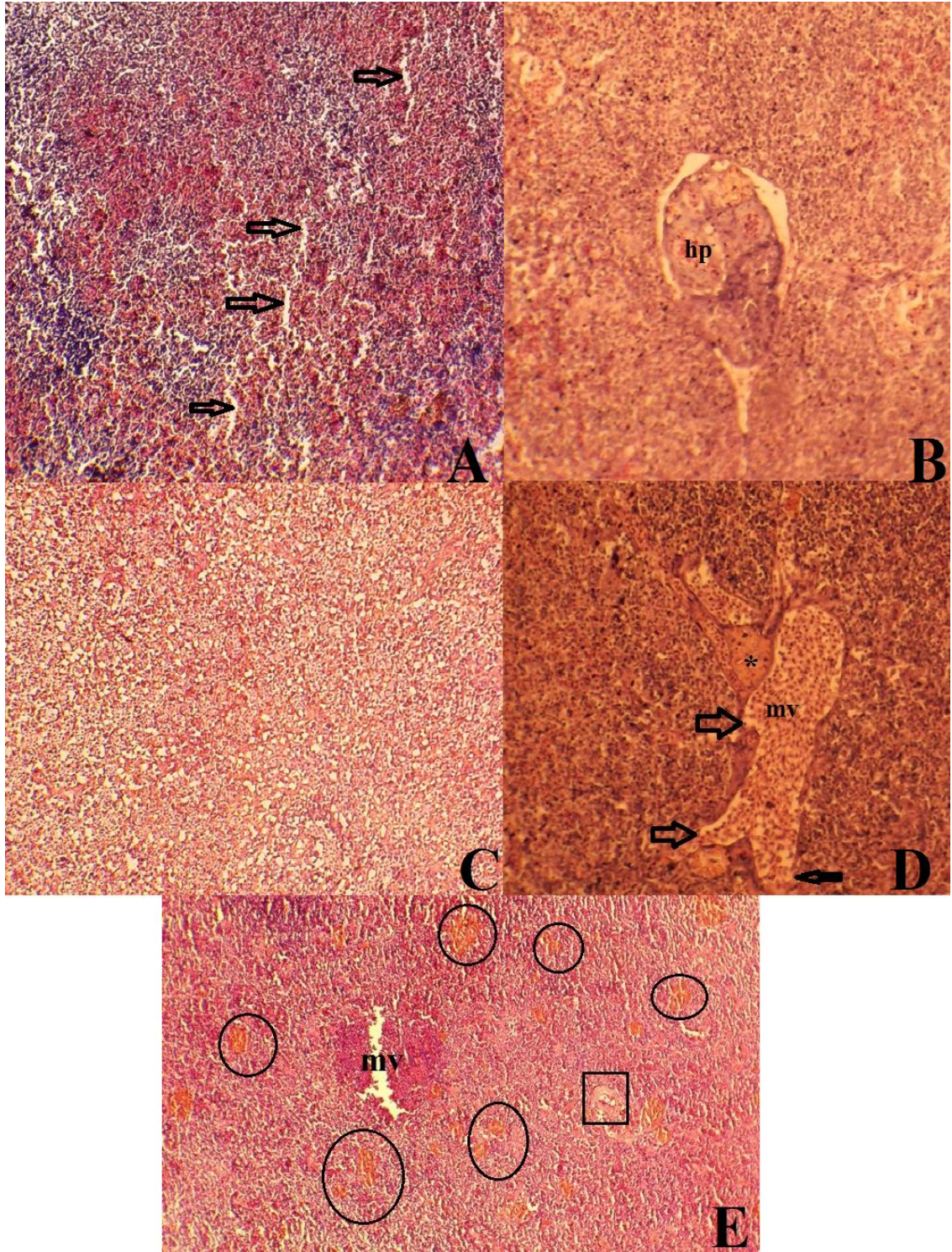
A) transversal düzende sinuzoidler (kısa siyah oklar), merkezi kanal (), melanomakrofajik bölge (uzun siyah ok), (H&E X10). B) Normal görünümlü hepatositler ve normal yerleşimli çekirdekleri (ok), (H&E X40)



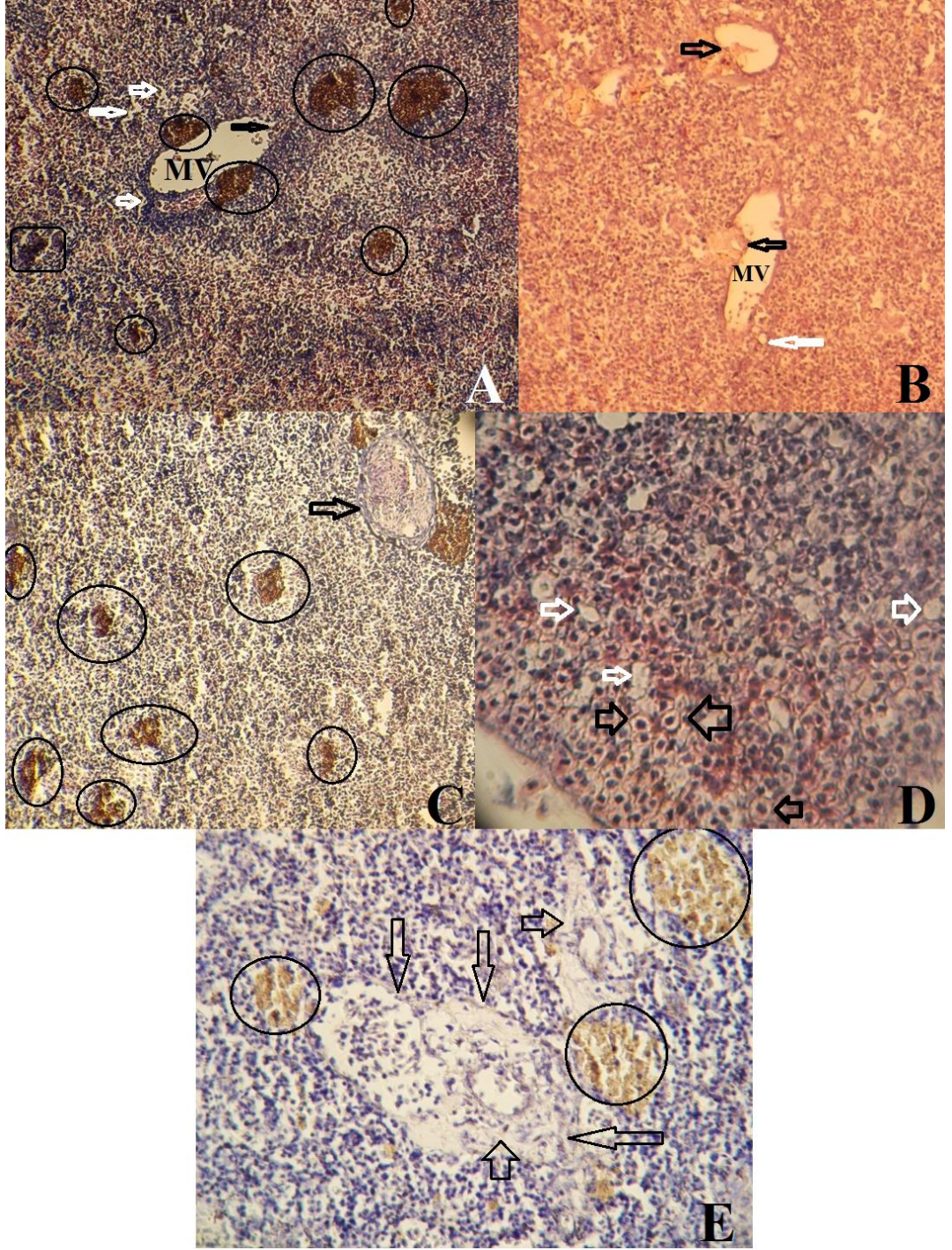
Şekil 4.5. Serçeme istasyonu *Leuciscus cephalus*'unun normal karaciğer histolojisi

A) transversal düzende sinuzoidler (kısa siyah oklar), merkezi kanal () ve melanomakrofajik bölge (uzun siyah ok), (H&E X10) B) Normal görünümlü hepatositler ve normal yerleşimli çekirdekleri (ok), (H&E X40)

Ancak Dumlu ve daha çok Aşkale balıklarının karaciğerlerinde histopatolojik anormalliklerde artış görüldü. Özellikle Aşkale'den yakalanan balıkların karaciğerlerinde homojen olmayan karaciğer parankiması (Şekil 4.6A), hepatik pankreasta proliferasyon (Şekil 4.6B), hepatositlerde vakuolizasyon (Şekil 4.6C, Şekil 4.7B, 7D), merkezi vende konjesyon (Şekil 4.6D, 6E), merkezi ven epitel dejenerasyonu (Şekil 4.6D, Şekil 4.7A, B), hepatik pankreasta proliferasyon (Şekil 4.6D), merkezi vende tam dejenrasyon (Şekil 4.6E), melanomakrofajik bölgelerde artış (Şekil 4.6E, Şekil 4.7A, 7C, 7E), heaptik pankreasta hipertrofi (Şekil 4.6E), sinuzoidal dilatasyonlar (Şekil 4.7A), safra kanalında proliferasyon (Şekil 4.7C), hepatositlerde hipertrofi (Şekil 4.7C) ve fibrozis (Şekil 4.7E) gibi histopatolojik bulgular elde edildi.



Şekil 4.6. Aşkale istasyonundan yakalanan *Capoeta capoeta*'da karaciğer anormallikleri
 A) Homojen olmayan bölgeler (koyu ve açık renkli boyanan hepatositler) ve sinuzoidal dilatasyonlar (siyah oklar), B) Hepatik pankreasta (hp) proliferasyon, C) Hepatositlerde vakuolizasyon, D) Merkezi vende (mv) konjesyon, epitel dejenerasyonu (oklar) ve hepatik pankreasta proliferasyon (), E) Merkezi vende (mv) konjesyon ve tam dejenrasyon, MMC artışı (daireler), hepatic pankreasta hipertrofi (kare) (H&E X10)



Şekil 4.7. Aşkale istasyonundan yakalanan *Leuciscus cephalus*'ta karaciğer anormallikleri

*A) Melanomakrofajik bölgelerin artışı (daire içindeki alanlar), sinuzoidal dilatasyonlar (beyaz oklar), merkezi ven (MV) epitelinde dejenerasyon (siyah oklar), B) Merkezi ven (MV) epitelinde dejenerasyon (siyah oklar), hepatosit sitoplazmasında vakuolizasyon (beyaz ok), C) Melanomakrofajik bölgelerin artışı (daire içindeki alanlar) ve safra kanalında proliferasyon (siyah ok). (H&E X10), D) hepatositlerde hipertrofi (siyah oklar) ve vakuolizasyon (beyaz oklar), E) Melanomakrofajik bölgelerin artışı (daire içindeki alanlar) ve fibrozis (oklar), (H&E X40)

Karaciğerin normal fonksiyonunun göstergesi olarak hesaplanan DTC değerleri ise Aşkale için 85.88 ± 20.07 ve 87.88 ± 22.08 , Dumlu için 47.55 ± 10.80 ve 45.35 ± 15.09 , Serçeme için 5.35 ± 3.09 ve 6.05 ± 2.09 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Bu sonuçlara göre Serçeme Deresi balıklarının karaciğerinin normal çalıştığı, Dumlu Deresi balıklarının karaciğerinde orta dereceli bir hasarın olduğu, Aşkale bölgesi balıklarının karaciğerinde ise kuvvetli patolojik hasarın olduğu tespit edilmiştir.

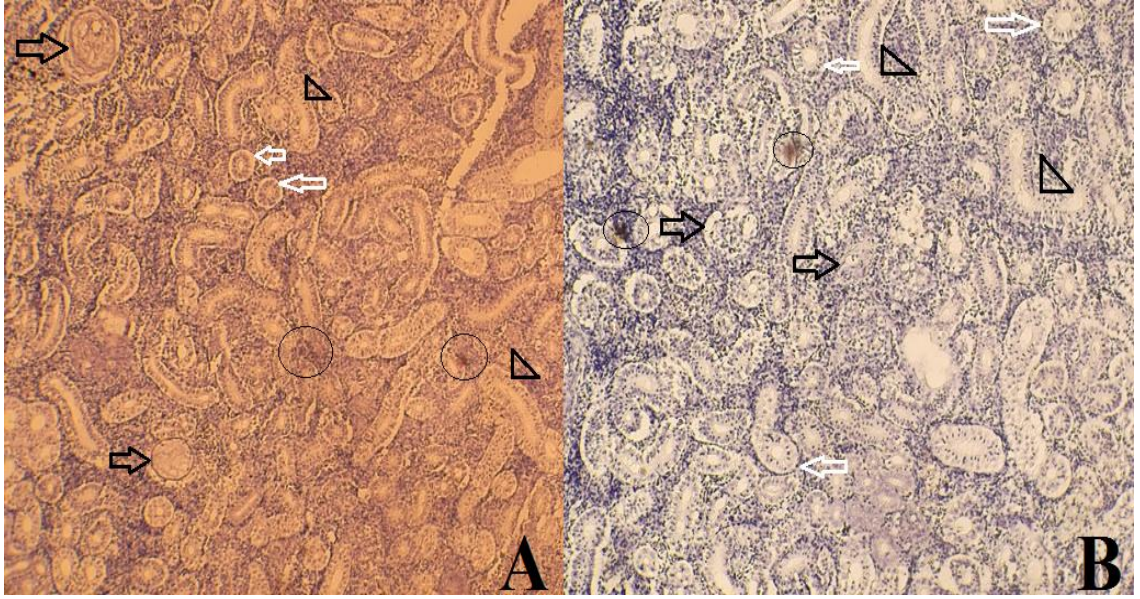
Çizelge 4.6. Her iki balık türü için hesaplanan karaciğer DTC değeri

Lokalite*	<i>Leuciscus cephalus</i>	<i>Capoeta capoeta</i>
Serçeme	5.35 ± 3.09^a	6.05 ± 2.09^a
Dumlu	47.55 ± 10.80^b	45.35 ± 15.09^b
Aşkale	85.88 ± 20.07^c	87.88 ± 22.08^c

*Değerler ortalama \pm standart sapma olarak sunulmuştur (n=3). Aynı sütundaki farklı harfler $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir.

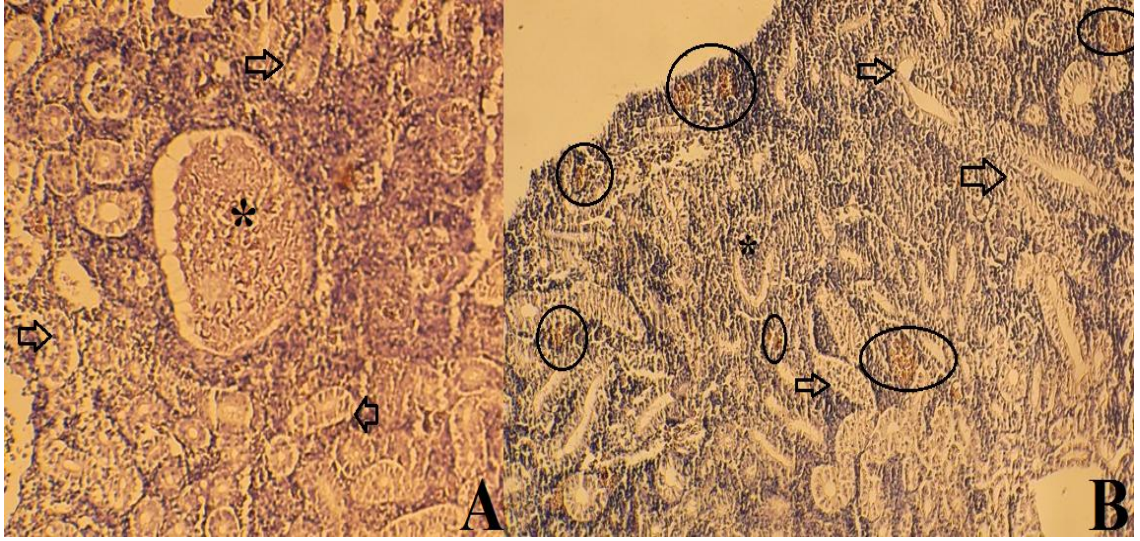
4.2.3. Böbrekte durum

Serçeme bölgesi balıklardan hazırlanan böbrek preparatlarında renal parankimanın normal görünümlü olduğu, bowman kapsülünün, proksimal ve distal tubullerin yerleşiminin ve lümenlerinin düzenli olduğu gözlemlendi. Herhangi bir konjesyonun olmadığı saptandı (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Serçeme istasyonu *Capoeta capoeta*'sının (A) ve *Leuciscus cephalus*'unun (B) normal böbrek histolojisi. Bowman kapsülü (siyah oklar), proksimal böbrek tübüleri (beyaz oklar), distal tubuller (ok başları), tubuller etrafında normal renal parankima, melanomakrofajlar (daire içindeki alanlar), (H&E X10)

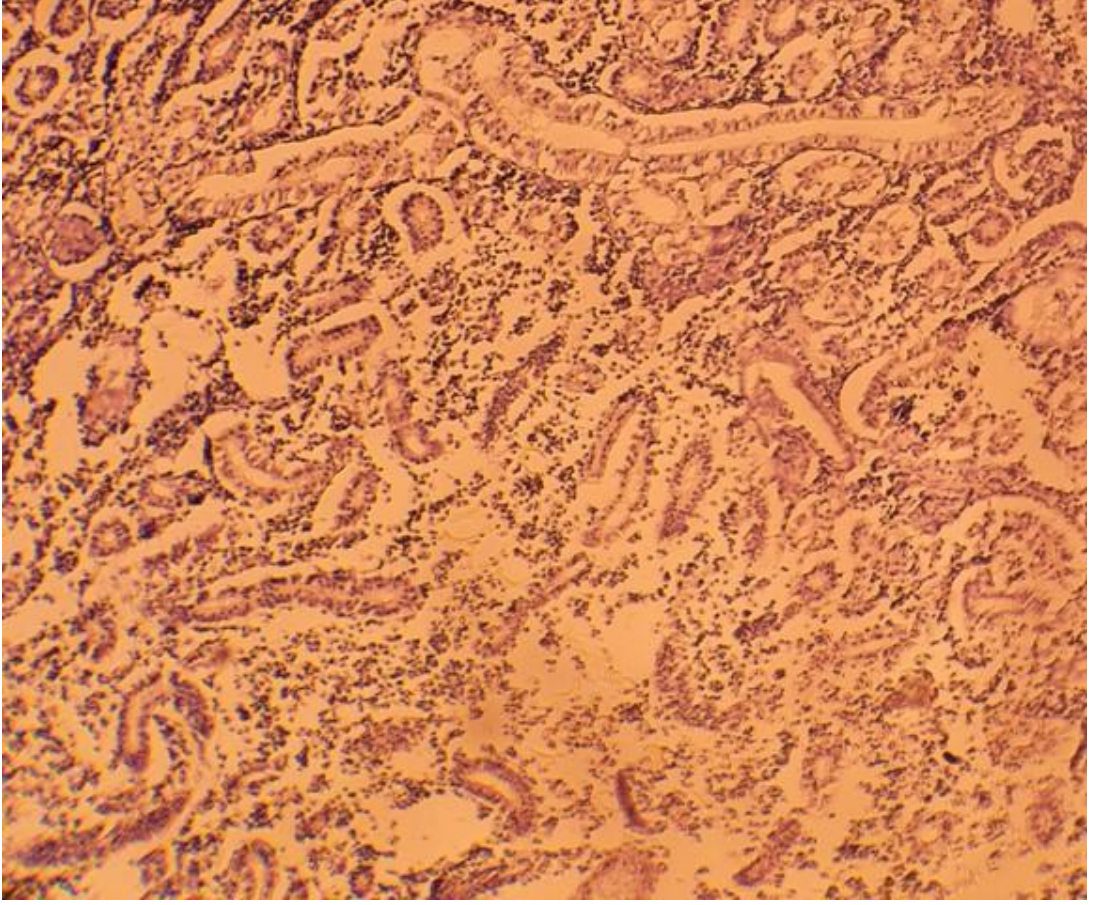
Ancak Dumlu ve özellikle Aşkale balıklarının böbreklerinde histopatolojik anormalliklerde artış görüldü. Özellikle Aşkale'den yakalanan balıkların böbreklerinde Bowman kapsülünde glomerulopati (Şekil 4.9), tubullerde dejenerasyon (Şekil 4.9, Şekil 4.11), melanomakrofajların artışı (Şekil 4.9B), proksimal tubul epitel hücrelerinde vakuolizasyon (Şekil 4.10), renal parankimada tam dejenerasyon (Şekil 4.11) glomerular pleomorfizm (Şekil 4.12A) ve renal parankimada konjesyon (Şekil 4.12B) gibi çok çeşitli patolojik bulgular elde edildi.



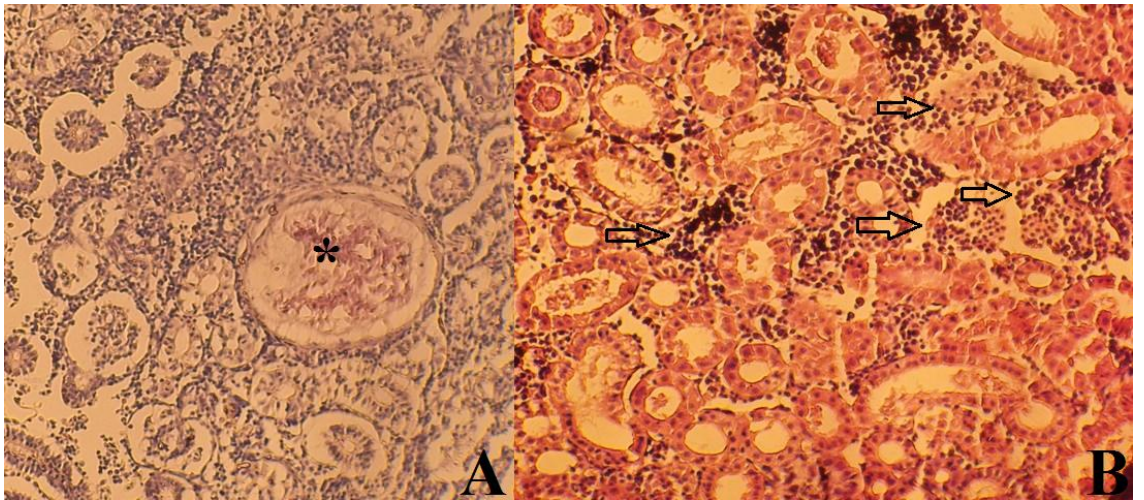
Şekil 4.9. Aşkale istasyonundan yakalanan *Capoeta capoeta* (A) ve *Leuciscus cephalus*'un (B) böbreklerindeki anormallikler; Bowman kapsülünde glomerulopati (*), tubullerde dejenerasyon (siyah oklar) ve melanomakrofajların artışı (daire içindeki yerler), (H&E X10)



Şekil 4.10. Aşkale istasyonundan yakalanan *Leuciscus cephalus*'un böbrek proksimal tubul epitel hücrelerinde vakuolizasyon (oklar), (H&E X40)



Şekil 4.11. Aşkale istasyonundan yakalanan *Capoeta capoeta*'nın böbrek proksimal tubullerinde ve renal parankimasında tam dejenerasyon (H&E X10)



Şekil 4.12. Aşkale istasyonundan yakalanan A) *Leuciscus cephalus*'un böbrek Bowman kapsülünde glomerular pleomorfizm (*), B) *Capoeta capoeta*'nın böbrek renal parankimasında konjesyon (oklar), (H&E X20)

Böbreğin normal fonksiyonunun göstergesi olarak hesaplanan DTC değerleri ise Aşkale için 23.24 ± 3.90 ve 24.34 ± 5.02 , Dumlu için 3.58 ± 1.25 ve 3.92 ± 1.08 , Serçeme için 1.40 ± 0.30 ve 1.57 ± 0.50 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). Bu sonuçlara göre Serçeme ve Dumlu Deresi balıklarının böbreklerinin normal çalıştığı, Aşkale bölgesi balıklarının böbreklerinde orta dereceli bir hasarın olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Her iki balık türü için hesaplanan böbrek DTC değeri

Lokalite*	<i>Leuciscus cephalus</i>	<i>Capoeta capoeta</i>
Serçeme	1.40 ± 0.30^a	1.57 ± 0.50^a
Dumlu	3.58 ± 1.25^a	3.92 ± 1.08^a
Aşkale	23.24 ± 3.90^b	24.34 ± 5.02^b

*Değerler ortalama \pm standart sapma olarak sunulmuştur (n=3). Aynı sütundaki farklı harfler $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel farklılığı ifade etmektedir.

Tüm bu bulgulardan elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

1- Kirlilik yönünden Aşkale bölgesi yüzey suyunun kirli olduğu, Serçeme Deresi'nin neredeyse kirlenmemiş, Dumlu Deresi'nin ise çok az kirlendiği bulunmuştur.

2- Aşkale bölgesinde yaşayan iki balık türünde solungaç ve böbreklerden ziyade karaciğerde hasar oranı daha fazla tespit edilmiştir. Hasar oranı en az olan organın böbrekler olduğu bulunmuştur.

3- Kirlilikten her iki balık türü aynı oranda etkilenmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Ekosistemde canlılar birbirlerinden bağımsız olmadıklarından artan su kirliliğinin olumsuz etkileri sadece balıklarda ve sucul ekosistemdeki diğer canlı türlerinde değil aynı zamanda önemli bir besin kaynağı olarak balıkların tüketilmesiyle besin zinciri uzantısıyla veya doğrudan ya da dolaylı yollarla insanlarda letal olabilecek hasara yol açabilir. Evsel özellikle endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu kirlenen doğal su kaynaklarımızdan elde edilen su ürünlerinin insan sağlığı yönünden doğurabileceği sakıncaların değerlendirilebilmesi için suların içeriklerinin yanı sıra biyoişaretçi olarak balıkların gözlemlenmesi oldukça önemlidir.

Akarsularda etkisi en çok gözlenen kirleticilerden olan ağır metaller besin zinciri yoluyla birikerek yüksek derişime ulaşabilir, toksik etkisi ile doğal denge ve insan sağlığı açısından tehlikeli olabilir.

Sucul ortamlarda meydana gelen kirlilik, özellikle bazı noktalarda tehlikeli boyutlara ulaşarak sucul ekosistemlerin kendi kendini temizleme kapasitesini bozmaktadır. Bu yüzden su ortamlarında meydana gelen tehlikenin belirlenmesi için sucul organizmalardan yararlanılmaktadır. Buradan yola çıkarak çalışmamızda Erzurum ili içinde yerleşim merkezlerinden geçerek suyunu Fırat Nehri'ne ulaştıran Karasu Nehri'ndeki kirliliğin nehrin doğal faunası üzerine olan histopatolojik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Karasu Nehri'ni birçok yan dere beslemektedir. Bu derelerin çoğu yazın Karasu'ya ulaşmadan kurur. Karasu Nehri belirli bir kesimden sonra şehrin kanalizasyon atıklarını, sanayi bölgesinin, et kombinalarının, şeker, çimento ve boya fabrikalarının artıklarını alarak büyük ölçüde kirlenmektedir. Eylül ayı içerisinde başlayan şeker fabrikasının pancar kampanyası döneminde nehirdeki bulanıklık hat safhaya ulaşmaktadır. Öte yandan Karasu Nehri'nde 10 yıl ara ile iki defa tekrarlanan toplu balık ölümleri de suyun kirlilik boyutunu gözler önüne sermektedir (Sönmez 2011).

Yaptığımız çalışmada Karasu Nehri'nde belirlenen üç istasyondan (Aşkale, Dumlu, Serçeme) yakalanan *Leuciscus cephalus* ve *Capoeta capoeta* balıklarında su kirliliğinin etkileri histolojik yöntemlerle belirlenmiştir. Bu amaçla balıkların solungaç, karaciğer ve böbrek dokularından hazırlanan histolojik preparatlarda çeşitli patolojik anormallikler tespit edilmiştir. Solungaç filamentlerinde anörism, pekuliar malformasyon, vazodilatasyon, lamellerde dejenerasyon, konjesyon, filamenter dilatasyon, lamellerde hipertrofi ve lamellar füzyon gibi anormallikler gözlemlendi. Karaciğerde ise melanomakrofajlarda birikme, homojen olmayan parankima, hepatopankreasta proliferasyon ve hipertrofi, hepatositlerde vakuolizasyon ve hipertrofi, merkezi vende konjesyon ve dejenerasyon, safra kanalı proliferasyonu, sinuzoidal dilatasyon, vasküler dejenerasyon ve fibrozis en önemli patolojik bulgulardı. Böbrekte ise gözlenen değişiklikler Bowman kapsülü yarılmasıyla oluşan glomerulopati, renal parankima ve tubullerde dejenerasyon, melanomakrofajlarda artış, vakuolizasyon, glomerular pleomorfizm ve konjesyondur. Ayrıca aynı bölgelerden alınan yüzey suyu örneklerinde de fizikokimyasal özellikler ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışma sonunda Aşkale İstasyonu'ndaki kirliliğin özellikle ağır metal yönünden diğer iki merkeze oranla önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Bu bulgu Aşkale İstasyonu balıklarında tespit edilen patolojinin diğer istasyonlardan fazla çıkmasıyla da doğrulanmıştır. Dumlu İstasyonu'nda ise Serçeme İstasyonu'na kıyasla patolojik anormalliklerin frekansında biraz artışın olduğu gözlemlenmiştir. Literatürde Karasu Nehri'ndeki kirlilik ile ilgili olarak son yıllarda yapılmış olan birkaç çalışma da bulgularımızı destekler niteliktedir.

Erzurum Et Kesimhanesi, et işleme tesisleri ve yerleşim yeri atık sularının Karasu Nehri'ne olan etkilerinin incelendiği çalışmada, 8 ayrı noktadan alınan su örneklerinin laboratuvar analizi sonucunda en fazla kirliliğe et kesim noktasından alınan örneklerde rastlanıldığı belirtilmiştir. Bu kirliliğin kesim esnasında arta kalan yağ, kıl, et parçaları gibi atıkların atık su kanalına boşaltılması ile toplam katı madde derişiminin artmasıyla gerçekleştiği bildirilmiştir (Danış 1996). Şişman *et al.* (2008), Erzurum'da faaliyet gösteren bir yağ fabrikasının atıklarının Karasu Nehri'ne karıştığı yerden alınan su örnekleriyle yaptıkları *in vivo* çalışmada, su örneklerinin Zebra balığı (*Danio rerio*)

embriyolarında gelişimde gerilemeye, teratojeniteye ve koryondan çıkışta gecikmeye neden olduğunu tespit etmişler ve buna neden olarak fabrika atıklarıyla suya karışan ağır metalleri göstermişlerdir. Türkez *et al.* (2009), Erzurum Ilıca ilçesinde Karasu Nehri'ne dökülen bir yağ fabrikasının atıklarının genotoksik etkisini insan kan hücrelerinde SCE yöntemi ile araştırmışlar ve sonuçta atık su örneklerinin SCE frekansını önemli ölçüde arttırdığını ve SCE frekansı ile atık su konsantrasyonları arasında pozitif bir korelasyonun varlığını tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Erzurum'da yerel bir yağ fabrikasının atıklarının Karasu Nehri'ne döküldüğü noktadan alınan yüzey su örneklerinin mutasyon ve rekombinasyon oranlarına olan etkisi Somatik Mutasyon ve Rekombinasyon Testi (SMART) ile araştırılmıştır. Çalışmada fabrika atıklarının suya karıştığı noktadan alınan örneğin toplam mutant klon frekansını artırdığı tespit edilmiştir. Bu duruma ise atıkların karıştığı noktada daha yüksek olduğu belirlenen metal iyon konsantrasyonunun neden olabileceği öne sürülmüştür (Aşkın and İncekara 2010). Yazıcı (2012) ise Karasu Nehri ve onu besleyen iki kolu olan Serçeme Deresi ve Dumlu Deresi'nden yakalanan balıklarda (*Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*, *Gobius niger*, *Salmo trutta*) su kirliliğinin genotoksik etkilerini araştırmıştır. Araştırma aynı yolla yakaladığımız balıkların etkilendiğini doğrulaması açısından çok önemlidir. Aynı bölgelerde flora ile ilgili yapılan iki önemli çalışma da bizim bulgularımızı doğrular niteliktedir. Erdal and Demirtaş (2010), Aşkale Çimento Fabrikası baca tozlarının Karasu Nehri'ndeki sucul bitki çeşitliliğine ve stres parametreleri üzerine etkisini araştırmışlar ve baca tozu içinde yüksek miktarda bulunan ağır metallerin bitki çeşitliliğini ve sayısını azalttığını ve bitkilerde oksidatif strese yol açtığını tespit etmişlerdir. Mutlu *et al.* (2012), Aşkale Çimento Fabrikası baca tozlarının fabrika çevresinde yetişen yabancı bitkilerde P, S, K ve Cl elementlerinde artışa, Ca ve Fe'de azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Karasu Nehri'ndeki tarımsal ve endüstriyel kaynaklı sucul kirlenmenin doğal fauna ve florayı olumsuz yönde etkilediği yaptığımız bu çalışma ve diğer çalışmalarla net olarak gösterilmiştir. Yurdumuzun diğer akarsularında yapılmış olan benzer çalışmalardan da aynı sonuçların elde edilmiş olması su kirliliğinin sucul ekosistem üzerine önemli bir tehdit oluşturduğunun bir işaretidir. Koca *et al.* (2005) Çine Çayı'nda yaşayan *Lepomis*

gibbosus balığı üzerine su kirliliğinin toksik etkilerini araştırmışlar ve suda bulunan yüksek metal iyonu konsantrasyonunun balığın solungaç dokusunda lamellerde kısalma, sekonder lamellerde füzyon ve proliferasyon, balon gibi şişme dejenerasyonları, nekrotik ve hiperplastik dejenerasyonlar, karaciğerde ise non-homojen bölgeler, parankima hücrelerinde şişme ve kopma, vakuolizasyon, hepatositlerde glikojen birikiminin azalması gibi patolojik anormalliklere neden olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda tespit ettiğimiz patolojik anormalliklerin hepsi bu çalışma ile birebir örtüşmektedir. Yine aynı araştırmacıların yaptığı bir diğer çalışmada ise Büyük Menderes Nehri'nde yaşayan iki balık türü (*Barbus capito pectoralis* ve *Chondrostoma nasus*) üzerine su kirliliğinin genotoksik ve histopatolojik etkileri araştırılmış, sonuçta Zn seviyesi yüksek olan yüzey suyunun balık solungaç epiteli ve karaciğerinde benzer patolojik bozukluklara yol açtığı bulunmuştur (Koca *et al.* 2008). İzmir Körfezi'nin temiz ve kirli farklı iki bölgesinden toplanan kaya balıklarının (*Gobius niger*) solungaçlarında ise nadir olarak kistik oluşumlar, minimal düzeyde kanama ve inflamasyon alanları görülmüştür. Kirli alan örneklerinde daha belirgin olan, epitelde dökülme, kalınlaşma ve lamellalarda büzüşmeye ek olarak lamellerin incelmeleri, epitelin bozulması ve dejenerasyon gibi bulgular da saptanmıştır (Katalay vd 2007). Kars Çayı'nda yapılan 3 farklı araştırmada çaydan yakalanan *Capoeta capoeta capoeta* (L., 1758)'nin karaciğer, solungaç, bağırsak dokularında civa (II) klorüre maruz kalma süresine bağlı olarak dejenerasyon ve nekroz tespit edilmiştir (Erdoğan 2009). Diğer çalışmada ise *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstaedt 1772) balıklarının karaciğer ve bağırsak dokularında kobalt II klorür'ün etkisiyle dejenerasyonlar gözlemlenmiştir (Bayram *et al.* 2010). Alüminyum klorür ($AlCl_3$) zehirlenmesinin *Capoeta capoeta capoeta*'nin serum proteinleri ve solungaç histopatolojisi üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada ise balıkların sekonder lamellerin epitel hücrelerinde dejenerasyon, hiper sellülerite ve sekonder lamellerin uçlarında kütleşme gözlemlenmiştir (Göğtepe 2010). Yurdumuzda yapılan bir diğer çalışmada Manisa ili Gölarmara Gölü'nde su yüzeyinde, sedimentte ve *Cyprinus carpio* türünün solungaç, karaciğer, kas dokularında Zn, Pb, Fe, Co, Mn, Cr, Ni, Cu, Cd ağır metallerinin konsantrasyonları ve histopatolojik değişimler tespit edilmiştir (Gürcü *et al.* 2010).

Su kirliliğinin balıkların solungaç ve karaciğerden başka böbreklerini de etkilediği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Örneğin; Yukarı Sakarya Havzası'nda tespit edilen beş istasyondan alınan sazanların (*Cyprinus carpio*) böbrek tübül epitel hücrelerinde hipertrofi, nükleer piknoz ve absorpsiyon yüzeyinde tahribat gözlemlenmiştir. Ayrıca solungaç epitelinde hiperplazi, müköz hücrelerinin hipersegresyonu ve primer lamelin ayrılması, sekonder solungaç lamellerinin birbiri ile kaynaşması şeklinde histopatolojik lezyonlar saptanmıştır. Karaciğer dokusunda ise hipertrofi, konjesyon, lobüllerin perifer bölgelerinde mononükleer hücre infiltrasyonu tespit edilmiştir (Barlas 1999). Teksas'ta bir gölden örneklenen levrek balıklarında, selenyumun böbreklerde proliferatif glomerulitis iltihabı ve hipertrofiye neden olduğu rapor edilmiştir (Sorensen *et al.* 1983). Couillard *et al.* (1988), gökkuşağı alabalıkları ile yaptıkları çalışmada kâğıt endüstrisi atık sularının yüksek dozlarının böbrekte histopatolojik değişimlere neden olduğunu tespit etmişlerdir. Ağır metale maruz bırakılan balıklarla yapılmış çalışmaların birinde bakır, levrek böbreklerinde tübüler dejenerasyona; krom ve manganez ise bu dejenerasyonun yanı sıra böbrekte belirgin histopatolojik değişimlere neden olmuştur (Krishnani *et al.* 2003).

Yurdumuzda yapılan deneysel çalışmalarda da ağır metallerin balık dokuları üzerine olumsuz etkileri belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada sazan (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758) balıklarında arseniğin karaciğer ve kas dokularında belirgin bir histopatolojiye neden olmadığı solungaç dokusunda ise sekonder lamellerde birleşme ve yer yer düzleşmeye ayrıca hücre kayıplarına neden olduğu gözlemlenmiştir (Dündar 2010). Yüksek miktarda kadmiyum sülfat hidrat içeren suyun tatlısu kefali (*Leuciscus cephalus*)'nin doku histopatolojisi ve serum proteinlerinin ekspresyonu üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada solungaç dokusunda sekonder lamel epitelinde dejenerasyon, klorid epitel hücrelerinde nekroz ve hidropik dejenerasyon; karaciğer dokusunda ise hidropik dejenerasyon ve nekroz gözlemlenmiştir (Yılmaz vd 2011). 15 gün süreyle %40'lık subletal konsantrasyonda ham petrolün suda çözünebilen kısımlarına maruz bırakılan *Pelvicachromis pulcher*'in karaciğerinde steatosis, hemoraji, sinüzoidlerde genişleme, piknotik ve karyoretik nukleuslarla karakterize

edilen hepatosellüler bozulma şeklinde deformasyonlar tespit edilmiştir (Önen vd 2011).

Dünya’da yapılan çok sayıda araştırma da çeşitli kaynaklardan gelen atıklarla kirlenen su sistemlerinin ekosistem üzerine olumsuz etkilerini göstermektedir. Cd, Cu, Zn, Pb konsantrasyonlarının tespit edildiği Kızıl Deniz’in Cidde kıyısında 5 örnekleme bölgesinden ve 2 ayrı kontrol noktadan toplanan *Naso hexacanthus* türünde ağır metal kirliliğinin histopatolojik etkileri ve metallothioneinin gen ifadesinin araştırıldığı çalışmada karaciğerde hepatositlerde vakuolasyon, hücresel şişlik, nükleusta bozulmalar, kan toplanması; solungaçlarda sekonder lamellerde düzensizlik, lamel epitelinde dejenerasyon gibi değişiklikler gözlemlenmiştir (Montaser *et al.* 2010). Brezilya’da Cachoeira Nehri’nde kirliliği ve kısmen temiz 5 noktadan alınan *Poecilia vivipara* türünde karaciğerde melanomakrofaj merkezinde sitoplazmada vakuolizasyon, anormal hepatositler, sitoplazmada eosinofil granülleri, hücresel ve nükleer hipertrofi, düzensiz çekirdek, lökosit infiltrasyonu, sitoplazmada ve çekirdekte dejenerasyon, piknotik ve vakuolleşmiş çekirdek, fokal nekroz ve tümör tespit edilmiştir (Paulo *et al.* 2012). Van Dyk *et al.* (2009), kirliliğin *Clarias gariepinus* türünün solungaçlarında telanjiektazi, epitelde ayrılma, mukoza ve epitel hücrelerinde hiperplazi, primer ve sekonder lamellerde füzyona neden olduğunu tespit etmişlerdir. Su kirliliğinin *Prochilodus lineatus* türünde neden olduğu histopatolojik hasarlar solungaç epitelinde ayrılma, hiperplazi, hipertrofi, lamellar füzyon ve solungaçta anevrizma; glomerulusta genişleme, Bowman kapsülünde küçülme, tübüler lümende tıkanma (oklüzyon); hepatositlerde hipertrofi, sitoplazmik ve nükleer dejenerasyon, melanomakrofajlarda kümelenme, safrada durgunluk, nekroz olarak gözlemlenmiştir (Camargo and Martinez 2007). Karbon nanotüplerinin, gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) solungaçlarında ödem, değişmiş mukosit, hiperplazi gibi değişikliklere yol açtığı gözlemlenmiştir (Smith *et al.* 2007). Bir başka çalışmada ise kadmiyum ve çinko zehirlenmesine uğrayan kahverengi alabalıkların (*Salmo trutta m. fario*) organları üzerindeki histopatolojik değişiklikler incelenmiştir (Beširović *et al.* 2010). Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlar tüm bu çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Tarımda yaygın olarak kullanılan pestisitler içerdikleri ağır metaller sebebiyle sucul canlılarda doku hasarlarına yol açmaktadır. Endosülfanın genç gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) solungaçlarında ödem, lamel epitelinde ayrılma, lamellar füzyon, epitel hücrelerinde şişme; melanomakrofaj merkezinde dağılmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir (Capkin *et al.* 2006). Poliklorlu Bifenil (PCB) bileşiklerinin Zebra balığı (*Danio rerio*) 8 günlük larvalarının karaciğer histolojisi üzerine olan etkileri; lipid birikimi, hepatositlerde hipertrofi, hepatosit nükleuslarının sayısında ve glikojen miktarında azalma olarak tespit edilmiştir (Şişman vd 2007). Van Gölü Havzası'nda en fazla kullanılan pestisitlerden olan metil paration'un inci kefalinde (*Chalcalburnus tarichi*) karaciğer hücrelerinde yağ birikimine, damarlarda genişleme ve genellikle damar etrafında lokal nekroza, sarı damlalara ve eozinofilik hücre gruplarının varlığına neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca solungaç yapılarında primer lamella epitelinde kalınlaşma ve sekonder lamellerin uç kısmında kıvrılma ve epitel tabakada kopmalar belirlenmiştir. Ovaryumlarda ise herhangi bir histopatolojik bulguya rastlanmazken testislerde kanlanmalar, mitotik safhadaki üreme hücrelerinde bozulmalar, folikül lumeninde genişleme, mitotik safhaya girmeyen testiste intersititiyal dokuda eozinofilik hücre gruplarının varlığı gözlemlenmiştir (Kankaya 2008). Perklorat tuzlarının Moli balığında (*Poecilia sphenops*) doz artışına bağlı olarak tiroid dokusunda folikül hücrelerinde hipertrofi ve hiperplazi, kolloid sıvısında azalma, heterojen görünüm ile yeni damar oluşumları ve folikülleri çevreleyen damarlarda genişlemeye neden olduğu gözlenmiştir. Karaciğer dokusunda ise melanomakrofaj merkezindeki hücre sayılarında artış, sinüoitlerde ve hepatopankreasta kanlanma, hepatositlerde yağlanma, nükleus şekillerinde bozulma, nekroz ve fibröz doku oluşumu tespit edilmiştir (Kolbaşı 2008). Fenpiroksimat'ın (FP) farklı konsantrasyonlarının karaciğer histolojisi ve biyokimyası üzerine olan olumsuz etkileri ergin lepistes balıklarında (*Poecilia reticulata*) araştırılmış ve FP'nin karaciğer histolojisinde kanlanma, piknotik çekirdek, sinuzoidal dilatasyon, melanomakrofajik birikimler ve endotel dejenerasyonu gibi çeşitli patolojik hasarlara yol açtığı gözlemlenmiştir (Doğan 2011). Dioktil Adipat (DOA)'ya maruz kalan *Lapidochromis caeruleus* karaciğerinde steatoz (yağlanma), fibröz yapılaşmalar, geniş nekrotik alanlar, sinüzoidlerde ve merkezi vende dilatasyon, poikilositoz ve kanama gözlemlenmiştir (Üçüncü vd 2010). Bir insektisit olan dimethoate'ın 2 farklı subletal konsantrasyon değerine 21 gün boyunca maruz bırakılan

yetişkin *Oreochromis mossambicus* türü balıkların hepatositlerinde damar dejenerasyonu, nekroz; glomeruleusta genişleme, Bowman kapsülünde ödem; kaslarda nekroz, atrofi, kas liflerinde ayrılma; solungaçlarda primer lamellerde genişleme, bozulma, sekonder lamellerin yer yer kaybı gibi çeşitli histopatolojik değişiklikler gözlemlenmiştir (Parikh *et al.* 2010).

Karasu Nehri'ne gelen kirletici unsurlardan biri de tarımsal atıklardır. Tarımda kullanılan gübrelerin su ortamına karışması ile bileşimlerinde bulunan farklı metaller de sulara girer. Sucul ortamlara azotlu gübrenin fazla miktarda bulaşması da sucul ekosistem canlılarının dokularına zarar vermektedir. Subletal amonyak konsantrasyonlarının Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) ve sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarının solungaç dokularında hiperemi, sekonder lamellerde klorit, hücre proliferasyonu, füzyon ve telangiektazi; karaciğerlerde pasif hiperemi, albumin ve hidropik dejenerasyon; böbreklerde hiperemi, kanama, glomerulonefritise ayrıca sazanda böbrek tubul epitellerinde nekroza varan bozukluklara neden olduğu kaydedilmiştir (Benli 2006). Benzer bir çalışmada ise Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarının sekonder lamellerinde telanjiektazi, vakuolar dejenerasyon, mononükleer hücre infiltrasyonu, lamel epitelinde nekroz; renal tüplerde dejenerasyon ve şişlik, vakuol oluşumu ve nekroz, kan damarlarında tıkanıklık; karaciğerde hepatositlerde kanlanma, vakuol oluşumu ve piknotik çekirdek gözlemlenmiştir (El-Sherif and El-Feky 2008). *Clarias gariepinus* türünde balık, farklı su sıcaklıklarında 48 saat nitrite maruz bırakılmış ve balıkların karaciğer ve solungaçlarda birtakım histopatolojik hasarlar belirlenmiştir (Ajani *et al.* 2011).

Ağır metallerin toksik etkileri atılım, metabolik depolama ve detoksifikasyon mekanizmalarının alım hızına yetişemedikleri durumda ortaya çıkmaktadır (Ay *et al.* 1999). Metallerin toksik etkileri denizlere göre tatlı sularda daha fazla olmaktadır. Bu farklılığın su kimyası ve metallerin birikim yollarıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir (Bianchini *et al.* 2004). Balıklarda metallerin toksik etkileri ilk olarak solungaçlarda görülür. Bu durum, solungaçların oldukça geniş bir yüzey alanına sahip olması, ortamla doğrudan doğruya temas etmesi ve su ile kan arasındaki difüzyon aralığının kısa olması

gibi nedenlerle açıklanabilir (Kuşatan ve Cicik 2004). Balıkta solungaçlar gaz alış veriş, asit baz dengesi, iyon taşınması ve azotlu atıkların atımında görev alan çok fonksiyonlu bir organdır. Su kaynaklı metal etkileri sırasında solungaçlarda aktif iyon alımının bozulduğu ve iyonik homeostazisinin zarar gördüğü belirtilmektedir. Bu hasar, tüm vücut kompozisyonunu da yansıtmaktadır (Pelgrom *et al.* 1995; Ricard *et al.* 1998). Balık, metale karşı ilk savunma mekanizması olarak metalleri bağlayan ve organizmanın dışında tutan mukus salgılamaktadır (Handy and Eddy 1990; Olsvik *et al.* 2001). Ağır metaller mukus salgısını etkileyerek de balıkta patolojik bozukluklara neden olabilmektedir. Karaciğer ve böbrek ise, uzun süreli metal etkisinde zarar gören organlardır (Spry and Wiener 1991). Böbrek metallothionein proteini ile Cd ve Zn'yi değişik oranlarda bağlayabilir. Bu metaller böbrekte Faz-I ve Faz-II reaksiyonlarını engellemekte (Förlin *et al.* 1986) bu durum ise böbrekte patolojiye neden olmaktadır. Özellikle karaciğer dokusu balığın diğer organlarına göre su kirliliğinin çevresel indikatörüdür. Metabolik faaliyetlerin ve detoksifikasyon süreçlerinin temel organı olarak karaciğer, toksik madde maruziyetinden en çok etkilenen organlardan biridir. Birçok toksik madde ve toksin karaciğerde biyolojik olarak daha az zehirli maddelere dönüştürülür ve safra kesesi yardımıyla dışarı atılır. Bazı toksik maddeler ise depolanır, hatta daha da zehirli kimyasallar haline getirilebilir (Buhler and Williams 1988). Karaciğerde ksenobiyotikleri metabolize eden enzimlerin, sitokrom P-450 monooksijenaz sisteminin konsantrasyonu yüksektir. Bu nedenle ksenobiyotiklerin aktivasyonu ile oluşan birçok aktif metabolitler burada hepatotoksik maddelere dönüşürler. Bu maddeler karaciğer bozukluklarının etiyojisi ve patojenezisinde etken olurlar. Yine ağır metaller patolojik etkilerini karaciğer enzimlerinin aktivasyonunu inhibe ederek de gösterebilirler (Beaumont *et al.* 2000). Kısacası metaller, balıklarda histolojik, fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmaların bütünlüğünü bozarak hasarlara neden olmaktadır (Hogstrand *et al.* 1999).

Sonuç olarak Karasu Nehri'ne nehir girdisinin çok az olduğu düşünülünce nehre deşarj edilen tarımsal, evsel ve sanayi atık sularının ciddi kirlilik kaynağı olduğu görülür. Bu çalışmamızda nehrin farklı kirleticilerle kirlendiği ve bu kirliliğin sucul ekosistemdeki canlı gruplarını etkilediği net bir şekilde görülmektedir. Seçtiğimiz istasyonlardan

Aşkale lokalitesindeki kirliliğin su analizi ve histopatolojik analizlere dayanarak diğer iki istasyondan fazla olduğu söylenebilir. Nehre doğrudan deşarjlar kirliliğin en önemli nedenleri arasındadır ve karasal kaynaklı besin girdilerine bağılı olarak sular ötrofikasyon tehdidi altındadır. Herhangi bir önlem alınmadığı takdirde yakın gelecekte nüfus yoğunluğu kadar tarımsal ve endüstriyel gelişmelere bağılı olarak nehirdeki kirliliğin daha fazla artabileceğı öngörülmektedir.

Akuatik ekosistemlerdeki besin zincirinin önemli bir halkasını oluşturan balıkların yaşamlarını evsel, endüstriyel ve tarımsal kökenli kirleticilerle kirlenen habitatlarındaki toksik maddeler, önemli ölçüde tehdit edebilmektedir. Su kirliliğinin balıklarda meydana getirdiğı değışimleri belirlemek, balık popülasyonlarının yanı sıra bunları zengin bir protein kaynağı olarak tüketen insanların ve tüm ekosistemin geleceğı açısından önemlidir. Su ortamındaki doğal dengedeki ciddi bir bozulma birbirlerine besin zinciriyle sıkı sıkıya bağılı olan zincirin diğer halkasındaki tüm canlıların felaketi demektir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Moneim, A.M., Al-Kahtani M.A., Elmenshawy O.M., 2012. Histopathological biomarkers in gills and liver of *Oreochromis niloticus* from polluted wetland environments, Saudi Arabia. *Chemosphere*, 88, 1028-1035.
- Ağcasulu, Ö., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın Dokularında Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ajani, F., Emikpe B.O., Adeyemo O.K., 2011. Histopathological and Enzyme Changes in *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) Exposed to Nitrite at Different Water Temperatures. *Nature and Science*, 9 (5), 119-124.
- Akçay, H., Oğuz A., Karapire C., 2003. Study of Heavy Metal Pollution and Speciation in Büyük Menderes and Gediz River Sediments. *Water Research*, 37, 813-822.
- Akgün, M., Gül A., Yılmaz M., 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı'nda Yaşayan *Leuciscus cephalus* L., 1758 Dokularında Ağır Metal Birikimi. GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 27 (2), 179-189.
- Akın, M. ve Akın G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47 (2), 105-118.
- Akkaya, C., Efeoğlu A., Yeşil N., 2006. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye'de Uygulanabilirliği. TMMOB Su Politikaları Kongresi, Ankara, Türkiye.
- Akman, Y., Ketencioğlu O., Kurt L., Düzenli S., Güney K., Kurt F., 2004. Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi). Palme Yayıncılık, Ankara.
- Aksever, F., 2010. Çevre İçin Jeoloji; Kentsel Alanlarda Yeraltısuyunun Önemi. Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta. <http://muhendislik.sdu.edu.tr/assets/uploads/sites/276/files/sdugeo-1-2-28062012.pdf> (06.12.2012).
- Aksu, Z., 1988. Atıksulardaki Ağır Metal İyonlarının Yeşil Alglerden *Chlorella vulgaris*'e Adsorpsiyonunun Kesikli Düzende Karıştırılmalı ve Akışkan Yatak Tepkime Kaplarında İncelenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Aksungur, N. ve Sumae- Firidin Ş., 2008. Su Kaynaklarının Kullanımı ve Sürdürülebilirlik. Sumae Yunus Araştırma Bülteni, 8 (2), 9-11.
- Alıcı, M.F., 2012. Atatürk Baraj Gölü'nde Adıyaman Şehir Atıksularının Oluşturduğu Kirliliğin *Cyprinus carpio*'daki Bazı Biyokimyasal Parametrelerin Kullanılarak Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adıyaman, Türkiye.
- Allen, S.J., Gan Q., Matthews R., Johnson P.A., 2005. Kinetic modeling of the adsorption of basic dyes by kudzu. *Journal of Colloid and Interface Science*, 286, 101-109.
- Alpat, P., 2009. Sapanca Gölü'nde bulunan biyoindikatör su kuşlarında ağır metal analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Altaş, L., Yücel S., Orhan Y., Büyükgüngör H., 2001. Çevre Kirliliğinde Öncelikler ve Öneriler. Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği Semineri, TC Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara, 214 s.
- Altun, Z., 2011. Büyükçekmece Gölü'nün Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Amundsen, P-A., Staldivik J.F., Lukin A.A., Kashulin A.N., Popava A.O., Reshetnikov S.Y., 1997. Heavy Metal Contamination in Freshwater Fish from the Border Region between Norway and Russia. *The Science of the Total Environment*, 201, 211-224.
- Anonim-1 2012: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çed ve Planlama Genel Müdürlüğü, Türkiye Çevre Atlası, <http://www2.cedgm.gov.tr/dosya/cevreatlasi.htm> (25.11.2012).
- Anonim-2 2012: Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, 1. Ulusal Su Kaynakları Yönetimi Sempozyumu, Karaman, Konya, <http://www.kmu.edu.tr/etkinlik.aspx?ayrinti=91> (05.12.2012).
- Anonim-3 2011: Yorulmaz, O., 2011. Radyoaktif madde nedir? <http://nukleer.wordpress.com/2-radyoaktif-madde-nedir/> (24.10.2011).
- Anonim-4 2011: http://www.turkcebilgi.org/kimya/cevre-kimyasi/su-kirlenmesi-51007_8.html (24.10.2011).
- Anonim-5 2011: Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Durum Raporu, <http://www.cevreonline.com/cevrekr/tarimsal%20kirlilik.htm> (11.11.2011).
- Arellano, J.M., Storch V., Sarasquete C., 1999. Histological Changes and Copper Accumulation in Liver and Gills of the Senegales Sole, *Solea senegalensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 44, 62-72.
- Aslanyavrusu, S., 2010. Bakır ve Bakır+EDTA Kompleksinin Etkisine Bırakılan *Oreochromis niloticus* (L.)'da Bakırın Kan Dokusunda Birikimi ve Serum Enzim Aktivitelerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aşkın, H. and İncekara, Ü., 2010. The study of the genotoxic effect of the Karasu River surface water containing local fat plant waste water on the *Drosophila melanogaster* using the wing somatic Mutation and Recombination Test (SMART). *Ekoloji Çevre Dergisi*, 19 (74), 45-50.
- Atamanalp M., Sisman T., Geyikoglu F., Topal A., 2008. The Histopathological effects of copper sulphate on rainbow trout liver. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 3 (5), 291-297.
- Atamanalp, M. ve Yanık T., 2001. Pestisitlerin Cyprinidae'lere Toksik Etkileri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 18 (3-4), 555-563.
- Atamanalp, M., 2000. Bir Sentetik Piretroit İnektisitinin Subletal Dozlarının Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792)'na Makroskobik, Histopatolojik, Hematolojik ve Biyokimyasal Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Atamanalp, M., 2004. Pestisitlerin balıkların üreme biyolojisi üzerine etkileri. 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Isparta, Bildiri Kitabı, 119-122.
- Atamanalp, M., Kocaman M., Canyurt M.A., 2002. Kentsel Atıkların *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstaedt, 1772)'nın Hematokrit ve Sediment Seviyeleri Üzerine Etkileri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 19, (3-4), 439-445.

- Atamanalp, M., Uçar A., Alak G., 2012. Balıkların Bağışıklık Sistemi Üzerine Çevresel Toksikantların Etkileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (1), 124-127.
- Atımtay, A. ve Yetiş Ü., 1992. Atıksu Özellikleri ve Analizleri. Editörler; Tanyolaç, A., Çelebi, S., TMMOB Kimya Mühendisleri Odası Yayınları, Bölüm 3, 67-83, Ankara.
- Atlı, G., 2009. Bakır, Çinko, Kadmiyum, Krom ve Gümüşün *Oreochromis niloticus*'un Solungaç ve Böbrek Dokusundaki Na^+/K^+ -ATPaz, Ca^{+2} -ATPaz ve Mg^{+2} -ATPaz ile Kas Dokusundaki Ca^{+2} -ATPaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Ay, Ö., Kalay M., Tamer L., Canlı M., 1999. Copper and Lead Accumulation in Tissues of a Freshwater Fish *Tilapia zillii* and Its Effects on the Branchial Na,K-ATPase Activity. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 160-168.
- Ayaş, Z., Barlas N., Kolonkaya D., 1997. Determination of Organochlorine Pesticide Residues in Various Environments and Organisms in Göksu Delta, Türkiye. *Aquatic Toxicology*, 39, 171-181.
- Aydın, E., 2012. Maden Çıkarma İşlemlerinin Çevreye Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Banat, I.M., Nigam P., Singh D. and Marchant R., 1996. Microbial decolorization of textile-dye containing effluents: A review. *Bioresource Technology*, 58, 217-227.
- Bancroft, J.D. and Stevens A., 1982. Theory and practice of histological techniques. Churchill livingstone, 662 p, Edinburg.
- Barlas, N., 1999. Yukarı Sakarya Havzasında Yaşayan Sazan Balıklarının (*Cyprinus carpio* L., 1758) Solungaç, Karaciğer ve Böbrek Dokularının Histopatolojik Olarak İncelenmesi. *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*, 23 (2), 277-284.
- Barlas, N.E., 1996. Toxicological assessment of biodegraded malathion in albino mice. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 57 (5), 705-712.
- Basha, P.S. and Rani A.U., 2003. Cadmium-Induced Antioxidant Defense Mechanism in Freshwater Teleost *Oreochromis mossambicus* (Tilapia). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56, 218-221.
- Bayram, Y., Yılmaz M., Ersan Y., Koç E., Baysal A., 2010. Toxic Effects of Cobalt II Chloride on Tissue Histopathology and Serum Proteins in *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstaedt 1772). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16 (Suppl-B), 259-263.
- Baysoy, E., 2012. Tatlı Su Balığı *Oreochromis niloticus*'un ATPaz Aktivitelerine Metal (Cr, Pb) ve Tuzluluğun Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Beaumont, M.W., Butler P.J., Taylor E.W., 2000. Exposure of brown trout *Salmo trutta*, to a sublethal concentration of copper in soft acidic water, effects upon muscle metabolism and membrane potential. *Aquatic Toxicology*, 51, 259-272.
- Begenirbeş, C.A.S., 2002. Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)'ndeki Tatlısu Midyesi (*Unio* sp.)'nde bazı ağır metallerin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Begum, A., Amin M.N., Kaneco S., Ohta K., 2005. Selected elemental composition of the muscle tissue of three species of fish, *Tilapia nilotica*, *Cirrhina mrigala* and

- Clarius batrachus*, from the freshwater Dhanmondi Lake in Bangladesh. Food Chemistry, 93, 439-443.
- Benli, A.Ç.K., 2006. Subletal Amonyak Konsantrasyonlarının Tilapia (*Oreochromis niloticus*) ve Sazan (*Cyprinus carpio*) Balıklarında Büyüme ve Kan Parametreleri İle Dokulara Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Beširović, H., Alić A., Prašović S., Drommer W., 2010. Histopathological Effects of Chronic Exposure to Cadmium and Zinc on Kidneys and Gills of Brown Trout (*Salmo trutta m. fario*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10, 255-262.
- Besli, Ö., 2011. Alüminyum Sektöründe Atıksuların İncelenmesi ve Arıtılması. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Beyazıt, N. ve Peker İ., 1998. Atıksularda Ağır Metal Kirliliği ve Giderim Yöntemleri. Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildirileri, Kayseri.
- Beyer, J., 1996. Fish biomarkers in marine pollution monitoring; evaluation and validation in laboratory and field studies. Norway: Academic thesis, University of Bergen.
- Bianchini, A., Martins S.E.G., Barcarolli I.F., 2004. Mechanism of Acute Copper Toxicity in Euryhaline Crustaceans: Implications for the Biotic Ligand Model. International Congress Series, 1275, 189-194.
- Bolognesi, C., 2003. Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies. Mutation Research, 543, 251-272.
- Brown, D., 1987. Effects of colorants in the aquatic environment. Chemosphere, 12, 397-404.
- Brusick, D., 1987. Principles of genetic toxicology. Plenum Press New York, USA, 284 p.
- Buhler, D.R. and Williams D.E., 1988. The role of biotransformation in the toxicity of chemicals. Aquatic Toxicology, 11 (1-2), 19-28.
- Burak, S., Duranyıldız İ., Yetiş Ü., 1997. Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. Odak Noktası Kuruluş: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 4 s.
- Cabrera, F., Conde B., Flores V., 1992. Heavy metals in the surface sediments of the tidal river Tinto (SW Spain). Fresenius Environmental Bulletin, 1, 400-405.
- Camargo, M.M. and Martinez C.B., 2007. Histopathology of gills, kidney and liver of a Neotropical fish caged in an urban stream. Neotropical Ichthyology, 5, 327-336.
- Canlı, M., Ay Ö., Kalay M., 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River, Turkey. Tr. J. of Zoology, 22, 149-157.
- Canpolat, Ö. ve Çalta M., 2001. Keban Baraj Gölü'nden Yakalanan *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843)'de bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13 (2), 263-268.
- Canpolat, Ö., 2007. Keban Baraj Gölü'ndeki Kirlenici Kaynakların Su Kalitesi ve *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın Üreme Biyolojisi ve Gelişimi Üzerindeki Etkileri. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye.
- Capkin, E., Altınok I., Karahan S., 2006. Water quality and fish size affect toxicity of endosulfan, an organochlorine pesticide, to rainbow trout. Chemosphere, 64, 1793-1800.

- Carpene, E. and Vasak M., 1989. Hepatic Metallothionein from Goldfish (*Carassius auratus* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 92B (3), 463-468.
- Carson, R., 2011. Katlanacaksn Dayatması. Bölüm 2, Sessiz Bahar (Slilent Spring) Türkçe Çeviri, Ed: Çağatay, G., Palme Yayıncılık, Ankara, 5-13.
- Cengiz, E.İ., 2006. Gill and kidney histopathology in the freshwater fish (*Cyprinus carpio*) after acute exposure deltamethrin. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 22 (2), 200-204.
- Cengizler, İ. ve Şahan Azizoğlu A., 2000. Seyhan Baraj Gölü ve Seyhan Nehrin'de Yaşayan Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758)'larda Bazı Kan Parametrelerinin Belirlenmesi. *Turk J Vet Anim Sci*, 24 (2000), 205-214.
- Chen, K.C., Wu J.Y., Huang C.C., Liang Y.M., Hwang S.C.J., 2003. Decolorization of azo dye using PVA-immobilized microorganisms. *Journal of Biotechnology*, 101, 241-252.
- Cicik, B., 2003. Bakır-Çinko Etkileşiminin Sazan (*Cyprinus carpio* L.)'nın Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi Üzerine Etkileri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 12 (48), 32-36.
- Coello, W.F. and Khan M., 1996. Protection against heavy metal toxicity by mucus and scales in fish. *Archives Environmental Contamination and Toxicology*, 30 (3), 319-326.
- Conte, F.S., 2004. Stress and the welfare of cultured fish. *Applied Animal Behaviour Science*, 86, 205-223.
- Couillard, C.M., Berman R.A., Panisset J.C., 1988. Histopathology of rainbow trout exposed to a bleached kraft pulp mill effluent. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 17, 319 -323.
- Coyle, J.J., Buckler D.R., Ingersoll C.G., Fairchild J.F. and May T.W., 1993. Effect of dietary selenium on the reproductive success of bluegills (*Lepomis macrochirus*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12 (3), 561-565.
- Çakır, İ., 2000. Koliform bakteriler ve *E. coli*, Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını, Genişletilmiş 2. Baskı, Sim Matbaası, 522 s, Ankara.
- Çapkın, E., 2011. Karbosulfanın Gökkuşluğu Alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) Eritrosit Asetilkolinesteraz (AChE) Enzim Aktivitesine Etkisi. *Journal of Fisheries Sciences*, 5 (3), 240-249.
- Çavaş, T., 2004. Endüstriyel Atıkların Genotoksik Etkilerinin Mikronükleus Testi ve AgNOR Analiz Teknikleri Kullanılarak İn-Situ ve Laboratuar Koşulları Altında Araştırılması. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, Türkiye.
- Çelik, E.Ş. ve Bircan R., 2004. Çanakkale Boğazındaki Siyah İskorpit Balığı (*Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758)'nın Hematolojik Parametrelerinin Belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (4), 735-744.
- Çelik, E.Ş., Aslan A., Alparslan M., 2008. Balıklarda kan glikozunu etkileyen başlıca faktörler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24 (1-2), 364-379.
- Çetinbaş, A., 2003. İzmit Körfezi'nde avlanan İstavrit (*Trachurus trachurus* L., 1758) balıklarının dokularında Cu ve Zn birikiminin incelenmesi. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Çiçek, A. ve Koparal, A.S., 2001. Porsuk Baraj Gölü'nde Yaşayan *Cyprinus carpio* ve *Barbus plebejus*'da Kurşun, Krom ve Kadmiyum Seviyeleri. Ekoloji Çevre Dergisi, 10 (39), 3-6.
- Danış, Ü., 1996. Et işleme tesisleri ve yerleşim yeri atıklarının karasu nehrine etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2 (1), 9-14.
- Darwish, A.M., Griffin B.R., Straus D.L. and Mitchell A.J., 2002. Histological and Hematological Evaluation of Potassium Permanganate Exposure in Channel Catfish. Mitchell Journal of Aquatic Animal Health, 14, 134-144.
- Daud, S.K., Hasbollah D., Law A.T., 1988. Effects of unionized ammonia on red tilapia (*O. mossambicus* x *O. niloticus* hybrid). The second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Bangkok, Thailand, 15, 411-413.
- Dautremepuits, C., Paris-Palacios S., Betoulle S. and Vernet G., 2004. Modulation in hepatic and head kidney parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.) induced by copper and chitosan. Comparative Biochemistry and Physiology, 137C, 325-333.
- De, A., Sen P.C., Tewari I.C., 1993. Enteropathogenic bacteria in river Ganges in Varanasi. Indian Journal of Pathology and Microbiology, 36, 425-432.
- Del Valls, T.A., Blasco J., Sarasquete M.C., Forja J.M. and Gomez-Parra A., 1998. Evaluation of heavy metal sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish *Sparus aurata*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 41 (2), 157-167.
- Delen, N., Durmuşoğlu E., Güngör N., Günçan A., Turgut C. ve Burçak A., 2005. Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları. TMMOB Ziraat Mühendisleri 6. Teknik Kongresi, Ankara.
- Demir, H., 2009. Sarısu Deresi ve Karadenize Birleşme Noktasında Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Seviyesinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Demirak, A., Yılmaz F., Tuna A.L., Özdemir N., 2006. Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. Chemosphere, 63 (2006), 1451-1458.
- Dethloff, G.M., Schlenk D., Khan S., Bailey H.C., 1999. The Effects of Copper on Blood and Biochemical Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Archives of Environmental Contamination Toxicology, 36, 415- 423.
- Dişli M., Akkurt F., Alıcılar A., 2003. Şanlıurfa Balıklıgöl Suyunun Fiziksel Parametreler Yönüyle Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der., Ankara, 18, (4), 81-88.
- Doğan, M., Soylak M., 2000. Su Kimyası. Erciyes Üniversitesi Yayınları, No:120, Kayseri, 132-150 s.
- Doğan, N., 2011. Fenpiroksimat Akarisitinin Lepistes Balıkları (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) Üzerine Akut Toksik Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
- Douben, P.E.T., 1989. Metabolic Rate and Uptake and Loss of Cadmium from Food by the Fish *Noemacheilus barbatulus*. Environmental Pollution, 59, 177-202.
- Duran, S., 2011. Bakır (Cu), Çinko (Zn), Kadmiyum (Cd) ve Karışımlarının *Oreochromis niloticus*'ta Bazı Hematolojik Parametreler Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Dutta, H.M., 1996. A composite approach for evaluation of the effects of pesticides on fish. In: Fish Morphology, (eds) J.S.D. Munshi & H.M. Dutta. Science Publishers Inc. USA. 249 p.
- Dündar, S.P., 2010. Sazan Balıklarına Arsenik Uygulaması Sonucu Biyokimyasal, Histopatolojik, Mikrobiyolojik ve Hematolojik Parametrelerde Meydana Gelen Değişimler Üzerine Propolisin Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Ekici, H. ve Yarsan E., 2009. Akuakültür Canlılarında Zehirli Etki Oluşturabilecek Maddeler. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 26 (3), 229-233.
- El-Sherif, M.S. and El-Feky A.M., 2008. Effect of Ammonia on Nile Tilapia (*O. niloticus*) Performance and Some Hematological and Histological Measures. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Egypt.
- Eraslan, G., Kanbur M., Silici S., 2007. Evaluation of propolis effects on some biochemical parameters in rats treated with sodium fluoride. Pesticide Biochemistry and Physiology, 88, 273-283.
- Erdal, S. and Demirtaş, A., 2010. Effects of cement flue dust from a cement factory on stres parameters and diversity of aquatic plants. Toxicology and Industrial Health, 26 (6), 339-343.
- Erdem, C., 1990. Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica*'nın (L.). Biyokimya Dergisi, 15 (3), 13-22.
- Erdem, C., Cicik B., Karayakar S., Karayakar F., Karaytuğ S., 2005. *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822)'da kadmiyum'un solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikim ve artımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 1 (2), 18-26.
- Erdoğan, B., 2009. Kars Çayı'nda Yaşayan *Capoeta capoeta capoeta* (L.,1758) Bireylerinin Karaciğer, Solungaç, Bağırsak Dokuları Üzerine Civa (II) Klorürün Etkisinin Histopatolojik Yöntemlerle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars, Türkiye.
- Erik, E.Z., 2007. Tifensülfüron-Metil herbisitinin diferansiyel puls polarografisiyle tayini. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ertürk, M.D., 2005. Acarlar Gölünde Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlenme Olaylarının Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fanta, E., Rios F.S.A., Romao S., Vianna A.C.C., Freiburger S., 2003. Histopathology of the *Corydoras paleatus* Contaminated with Sublethal Levels of Organophosphorus in Water and Food. Ecotoxicology and Environmental Safety, 54, 119-130.
- FAO, 1985. Food and Agriculture Organization. Meeting on the toxicity and bioaccumulation of selected substances in marine organisms. FAO fisheries Report No:334. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1-22 p.
- Farkas A., Salanki J. and Specziar A., 2002. Relation between growth and the heavy metal concentration in organs of bream, *Abramis brama* L. Populating lake Balaton. Archives of Environmental Contamination Toxicology, 43 (2), 236-243.
- Figueiredo-Fernandes, A., Ferreira-Cardoso J.V., Garcia-Santos S., Monteiro S.M., Carrola J., Matos P., Fontainhas-Fernandes A., 2007. Histopathological changes

- in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 27 (3), 103-109.
- Fontainhas-Fernandes, A., Luzio A., Garcia-Santos S., Carrola J. and Monteiro S., 2008. Gill histopathological alterations in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* exposed to treated sewage water. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 51 (5), 1057-1063.
- Forster, C.F. and Wase D.A.J., 1997. *Biosorbents for Metal Ions*. London, UK: CRC Press: 1-9.
- Förlin, L., Haux C., Karlsson-Norrgren L., Runn P., Larsson A., 1986. Biotransformation enzyme activities and histopathology in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, treated with cadmium. *Aquatic Toxicology*, 8 (1), 51-64.
- Gavrilescu, M., 2004. Removal of heavy metals from environment by biosorption. *Engineering in Life Sciences*, 3, 219-232.
- Gernhöfer, M., Pawet M., Schramm M., Müller E. and Triebkorn R., 2001. Ultrastructural biomarkers as tools to characterize the health status of fish in contaminated streams. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 8, 241-260.
- Gidirişlioğlu, A., Çakır R., Tok H.H., Ekinci H., Yüksel O., 1998. Ergene Nehri ve Kollarının Eysel ve Endüstriyel Atıklarla Kirlenmesi ve Toprak Üzerine Etkileri. Köy Hizmetleri Kırklareli Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli, 308-321.
- Giordano, R., Arata P., Rinaldi S., Ciaralli L., Giani M., Rubbiani M., Costantini S., 1989. Mercury, cadmium and lead levels in marine organisms (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Italian coasts. *Annali Dell Istituto Superiore Di Sanita*, 25, 511-516.
- Göktepe, S., 2010. Alüminyum Zehirlenmesinin *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstaedt 1772) 'nın Serum Proteinleri ve Solungaç Histopatolojisi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars, Türkiye.
- Gökkuş, K., 2008. İskenderun ve Antalya Körfezlerindeki Kemane Balığı (*Rhinobatus rhinobatus*, L., 1758)'nin Çeşitli Organlarında Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya, Türkiye.
- Grobler, E., Du Perez H.H., Van Vuren J.H.J., 1989. The Toxic Effect of Zinc and Iron on the Routine Oxygen Consumption of *Tilapia sparrmanii* (Cichlidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 94 (1), 207-214.
- Gül, A., Yılmaz M., Selvi M., 2004. Civa-II-Klorür'ün Tatlısu Kefali *Leuciscus cephalus* (L., 1758) Üzerindeki Akut Toksik Etkilerinin Araştırılması. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (4), 53-58.
- Gül, Ş., Ergül B., Yıldız E., Şahan A., Doran F., 2004. Pollution correlated modifications of liver antioxidant systems and histopathology of fish (Cyprinidae) living in Seyhan Dam Lake, Turkey. *Environment International*, 30, 605-609.
- Güler, Ç.ve Çobanoğlu Z., 1994. Su Kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynaklar Dizisi No:12, Birinci Baskı, Aydoğdu Ofset, Ankara.
- Güler, Ç.ve Çobanoğlu Z., 1997. Pestisitler. Çevre Sağlığı Temel Kaynaklar Dizisi No:52, İlköz Matbaası, Ankara, 173 s.
- Güler, Ç.ve Çobanoğlu Z., 1997. Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynaklar Dizisi No:43, Birinci Baskı, Ankara.

- Gültepe, N., 2006. Türk Dünyasında Su ve Su Ürünleri İle İlgili Politikalar. Türk Dünyası İncelemeleri Dergisi, 6 (1),75-80.
- Gümüştöre, H.T., 2007. Zararlı organik bileşiklerin bozundurulmasına ses ötesi dalgaların (ultrasound) etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gürcü, B., Yıldız Ş., Başimoğlu Koca Y., Koca S., 2010. Investigation of histopathological and Cytogenetic Effects of Heavy Metals Pollution on *Cyprinus carpio* (Linneaus, 1758) in the Gölarmara Lake, Turkey. Journal of Animal and Veterinary Advances, 9 (4), 798-808.
- Handy, R.D. and Eddy F.B., 1990. The Interaction Between the Surface of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, and Waterborne Metal Toxicants. Functional Ecology, 4, 385-392.
- Hargreaves, J.A. and Küçük S., 2001. The Effect of diel un-ionized ammonia fluctuation on juvenile hybrid striped bass, channel catfish and blue tilapia. Aquaculture, 195 (2001), 163-181.
- Haviland, W.A., 2002. Kültürel Antropoloji. Kaknüs Yayınları, Çev: Hüsamettin İnaç, Seda Çiftçi. No:143, Sosyoloji Serisi: 3, İstanbul.
- Heath, A.G., 1995. Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press. New York, Inc. 2nd Ed., 359 p.
- Heiss, G. S., Gowan B., Dabbs E.R., 1992. Cloning of DNA from a Rhodococcus strain conferring the ability to decolorize sulfonated azo dyes. FEMS Microbiology Letters, 99, 221- 226.
- Hız, H., 2000. Endüstriyel atık sulardaki ağır metallerin değişik bitkiler tarafından absorplanması üzerine bir çalışma. Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.
- Hilmy, A.M., El-Domiaty N.A., Daabees A.Y., Abdel-Latife H.A., 1987. Toxicity in *Tilapia zilli* and *Clarias lazera* (Pisces) induced by zinc seasonaly. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology, 86 (2), 263-265.
- Hinton, D.E. and Laurén D.J., 1993. Liver structural alterations accompanying chronic toxicity in fishes: potential biomarkers of exposure. In: McCarthy, J.F. and L.R. Shugart (Eds.). Biomarkers of Environmental Contamination, Boca Raton, Lewis Publishers, 51-65 p.
- Hogstrand, C., Ferguson E.A., Galvez F., Shaw R., Webb N.A., Wood C.M., 1999. Physiology of Acute Silver Toxicity in the Starry Flounder (*Platichthys stellatus*) in Seawater. Journal of Comparative Physiology B, 169, 461-473.
- Hollis, L.K., Mcgeer J.C., Mcdonald D.G., Wood C.M., 2000. Effects of Long Term Sublethal Cd Exposure in Rainbow trout during Soft Water Exposure: Implications for Biotic Ligand Modelling. Aquatic Toxicology, 51, 93-105.
- Hu, T.L. and Wu S.C., 2001. Assessment of the effect of dye RP2B on the growth of a nitrogen fixing *Cyanobacterium–Anabaena* sp. Bioresource Technology, 77, 93-95.
- Huang, T.L., Obih P.O., Jaiswal R., Hartley W.R., Thiyagarajah A., 1997. Evaluation of liver and brain esterases in the spotted gar fish (*Lepisosteus oculatus*) as biomarkers of effect in the lower Mississippi River basin. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 58: 688-695.

- Hurst, C.J., Knudsen G.R., McInerney M.J., Stetzenbach L.D., Walter M.V., 1997. Manual of environmental microbiology. ASM Press, Washington D.C, 661- 663 p.
- İzğören, F.S., 1992. Melez Çayı'nda Deterjan Kirliliği ve Nutrientlerle Korelasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2002. Metallerin çevresel etkileri-1. İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1-10.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2008. Metallerin Çevresel Etkileri-I. Meteoroloji Dergisi, 136.
- Kalay, M. ve Karataş S., 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica*'da kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi. Turkish Journal of Zoology, 23, 985-991.
- Kalebaşı, Y., 1994. Meriç Nehrinin Kimyasal Kirliliğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Kankaya, E., 2008. Metil Paration'un İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) Üzerindeki Akut ve Kronik Toksik Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Van, Türkiye.
- Kaplan, M., Sönmez S., Tokmak S., 1996. Antalya-Kumluca Sularının Nitrat İçerikleri. Tr. J. of Agriculture and Forestry Tübitak, 23 (1999), 309-313.
- Kara, C. ve Çömlekçioğlu U., 2004. Karaçay (Kahramanmaraş)'ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7 (1), 1-7.
- Karamete, T., 2008. Konya Katı Atık Depolama Sahası Sızıntı Sularının Toksisitesinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Karapire, C., 1998. Determination of Some Trace Elements in Gediz River Sediments. Graduate School of Naturel and Applied Sciences of Dokuz Eylül University, The Degree of Master Science.
- Karaytuğ, S., Erdem C., Cicik B., 2007. Accumulation of Cadmium in the Gill, Liver, Kidney, Spleen, Muscle and Brain Tissues of *Cyprinus carpio*. Ekoloji, 63 (16), 16-22.
- Kargın, F. ve Erdem C., 1992. Bakır-Çinko etkileşiminde *Tilapia nilotica*'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi. Doga-Tr. J. of Zoology, 16, 343-348.
- Karpuzcu, M., 2007. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Kubbealtı Neşriyatı, No:28, 9. Baskı, İstanbul, 48-62.
- Katalay, S., 1998. Sucul Canlıların Kan Parametreleri Üzerine Kirliliğin Etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Katalay, S., Parlak H., Arslan Ö.Ç., 2005. Ege Denizinde Yaşayan Kaya Balıklarının (*Gobius niger* L., 1758) Karaciğer Dokusunda Bazı Ağır Metallerin Birikimi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 22 (3-4), 385-388.
- Katalay, S., Tuğlu İ., Minareci E., 2007. İzmir Körfezinde Yaşayan Kaya Balıklarında (*Gobius niger*) Solungaç Dokusunda Oluşabilecek Toksik Etkinin Işık Mikroskopik İncelenmesi. Ege Tıp Dergisi, 46 (2), 61-66.
- Kayhan, F.E., 2006. Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23 (1-2), 215-220.

- Kayhan, F.E., Muşlu M.N., Çolak S., Koç N.D., Çolak A., 2010. Antalya Körfezi'nde Yetiştiriciliği Yapılan Mavi Yüzgeçli Orkinosların (*Thunnus thynnus*) Karaciğer ve Kas Dokularında Kurşun (Pb) Düzeyleri. Ekoloji Çevre Dergisi, 19 (76), 65-70.
- Kayhan, F.E., Muşlu M.N., Koç N.D., 2009. Bazı Ağır Metallerin Sucul Organizmalar Üzerinde Yarattığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar. Journal of Fisheries Sciences, 3 (2), 153-162.
- Keleştemur, G.T. ve Özdemir Y., 2010. Düşük Oksijen Seviyesinin Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) Yavrularının Bazı Kan Parametre Değerlerine Etkisi. Journal of Fisheries Sciences, 4 (4), 310-317.
- Khan, G., Kuek C., Chaudhary T., Fhoo C., Hayes W., 2000. Role of mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation. Chemosphere, 41, 197-207.
- Kıvanç, M., Kunduhoğlu B., Atik S., Malkoçoğlu B., 1996. Eskişehir İçme ve Kullanma Sularının Bakteriyolojik Kirliliği. Ekoloji Çevre Dergisi, 19, 19-21.
- Kirk, R.S. and Lewis J.W., 1993. An evaluation of pollutant induced changes in the gills of rainbow trout using scanning electron microscopy. Environmental Technology, 14, 577-585.
- Koca, S., Koca Y.B., Yıldız Ş. and Gürcü B., 2008. Genotoxic and histopathological effects of water pollution on two fish species, *Barbus capito pectoralis* and *Chondrostoma nasus* in the Büyük Menderes River, Turkey. Biological Trace Element Research, 122 (3), 276-291.
- Koca, Y.B., Koca S., Yıldız S., Gürcü B., Osañ E., Tunçbaşı O. and Aksoy G., 2005. Investigation of histopathological and cytogenetic effects on *Lepomis gibbosus* (Pisces: Perciformes) in the Çine stream (Aydın/Turkey) with determination of water pollution. Environmental Toxicology, 20 (6), 560-571.
- Kock, G., Triendl M. and Hofer R., 1996. Seasonal patterns of metal accumulation in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from an oligotrophic Alpine lake related to temperature. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences, 53, 780-786.
- Koç, B., 2009. Uluabat (Apolyont) Göl'ünde Bazı Abiyotik (Su, Sediment) ve Biyotik (Oligochaeta, Chironomidae, *Esox lucius*, *Carassius gibelio* ve *Scardinius erythrophthalmus*) Ögelerde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
- Kolbaşı, B., 2008. Sodyum Perkloratın *Poecilia sphenops* (Moli Balığı) Karaciğer ve Tiroid Histolojisi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Koloren, Z., Taş B., Kaya D., 2011. Gaga Gölü (Ordu, Türkiye)'nün Mikrobiyolojik Kirlilik Seviyesinin Belirlenmesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2 (1), 74-85.
- Koyama, J. and Ozaki H., 1984. Hematological Changes of Fish Exposed to Low Concentrations of Cadmium in the Water. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 50 (2), 199-203.
- Köse, E. ve Uysal K., 2008. Cinsi Olgunluğa Erişmemiş Pullu Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ların Kas, Deri ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Karşılaştırılması. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (17), 19-26.

- Kraal, M.H., Kraak M.H., Degroot C.J., Davids C., 1995. Uptake and Tissue Distribution of Dietary and Aqueous Cadmium by Carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 31 (2), 179-183.
- Krishnani, K.K., Azad I.S., Kailasam M., Thirunavukkarasu A.R., Gupta B.P., Joseph K.O., Muralidhar M., Abraham M., 2003. Acute toxicity of some heavy metals to lates calcarifer fry with a note on Its. Histopathological Manifestations *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental*, 38 (4), 645-655.
- Kuşatan, Z. ve Cicik B., 2004. *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da kadmiyumun solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2 (12), 59-66.
- Laiz-Carrion R., Sangiao-Alvarellos S., Guzman J.M., Martin Del Rio M.P., Soengas J.L., and Mancera J.M., 2005. Growth Performance of Gilthead Sea Bream *Sparus aurata* in Different Osmotic Conditions: Implications for Osmoregulation and Energy Metabolism. *Aquaculture*, 250, 849-861.
- Landis, G.W. and Yu M.H., 1999. Heavy Metals. *Environmental Toxicology*, Lewis Publishers, 171-230, USA.
- Lang, T., Peters G., Hofmann R. and Meyer E., 1987. Experimental investigations on the toxicity of ammonia: Effects of ventilation frequency, growth, epidermal mucous cells and gill structure of rainbow trout *Salmo gairdneri*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 3 (3), 159-165.
- Langlais, B., Reckhow D.A., Deborah R.B., 1991. *Ozone in Water Treatment Application and Engineering*. CRC Press, 1st ed.
- Larsson, A. and Haux C., 1985. Fish physiology and metal pollution: result and experiences from laboratory and field studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 9, 250-281.
- Levesque, H.M., Moon T.W., Campbell P.C.G., 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, 257-267.
- Liang, L.N., He B., Jiang G.B., Chen D.Y., Yao Z.W., 2004. Evaluation of Mollusks as Biomonitoring to Investigate Heavy Metal Contaminations along the Chinese Bohai Sea. *Science of the Total Environment*, 324, 105-113.
- Licata, P., Trombetta D., Cristani M., Martino D., Naccari F., 2004. Organochlorine Compounds and Heavy Metals in the Soft Tissue of the Mussel *Mytilus galloprovincialis* Collected from Lake Faro (Sicily, Italy). *Environmental International*, 30, 805-810.
- Lloyd, R., 1992. *Pollution and Freshwater Fish*. Fishing News Books. A Division of Blackwell Scientific Publications Limited, Great Britain, 176 p.
- Macit, K.A., 2010. Sapanca Gölü'nün (Adapazarı) Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Düzeylerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mallat, J., 1985. Fish Gill Structural Changes Induced by Toxicants and Other Irritants: A Statistical Review. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42, 630-648.
- Marangoz, İ., 2009. Tekirdağ İl'i Sahillerinde Avlanan Su Ürünlerinin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye.

- Mascher, F., 1987. Bacteriological examinations of drinking water in the district of Melut (Upper Nile Province) South Sudan. *Journal of Hygiene Epidemiology Microbiology Immunology*, 31, 23-30.
- Mendil, D. ve Uluözlü Ö.D., 2007. Determination of heavy metals in sediment and fish species from lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry*, 101, 739-745.
- Mercimek, H.A., 2007. *Trametes versicolor*'ın tekstil boyalarının gideriminde kullanım olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Merlini, M., 1971. Heavy metal contamination, in impingement of man on the Oceans, London and Newyork, 461-468.
- Minier, C., Levy F., Rabel D., Bocquene G., Godefroy D., Burgeot T., Leboulenger F., 2000. Flounder health status in the Seine Bay A multibiomarker study. *Marine Environmental Research*, 50, 373-377.
- Montaser, M., Mahfouz M.E., El-Shazly S.A.M., Abdel-Rahman G.H., Bakry S., 2010. Toxicity of Heavy Metals on Fish at Jeddah Coast KSA: Metallothionein Expression as a Biomarker and Histopathological Study on Liver and Gills. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 2 (3), 174-185.
- Moraes, G., 2004. Metabolical Responses in Adaptation to Stress in Fish. Sixth International Congress on the Biology of Fish, 45, Brazil.
- Morillo, J., Usera J., Gracia I., 2004. Heavy metal distribution in marine sediments from the southwest coast of Spain. *Chemosphere*, 55, 431-442.
- Myers, M.S., Landahl J.T., Krahn M.M., McCain B.B., 1991. Relationships between Hepatic Neoplasms and Related Lesions and Exposure to Toxic Chemicals in Marine Fish from the U.S. West Coast. *Environmental Health Perspectives*, 90, 7-15.
- Nalbantçılar, M.T., 2011. Konya kentsel yer altı suyu kirlilik durumu ve kirlenebilirlik potansiyeli. Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, 1. Konya Kent Sempozyumu, Konya.
- Nicholson, S. and Szefer P., 2003. Accumulation of Metals in the Soft Tissues, Byssus and Shell of the Mytilid Mussel *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) from Polluted and Uncontaminated Locations in Hong Kong Coastal Waters. *Baseline/Marine Pollution Bulletin*, 46, 1035-1048.
- Oğur, R. ve Tekbaş, Ö.F., 2005. Temel Su Analiz Teknikleri. Ankara, Türkiye, 35-48.
- Oğuzhan, P. ve Atamanalp M., 2008. Su Kirliliğinin Balıklarda Üreme Üzerine Etkileri. Erzincan Üniversitesi AquaClub Su Ürünleri Araştırma ve Geliştirme Bilim Kulübü Kemaliye 5. Geleneksel Su Ürünleri Bilimsel ve Kültürel Platformu (Ulusal), Kemaliye, Erzincan.
- Olsvik, P.A., Gundersen P., Andersen R.A., Zachariassen K.E., 2001. Metal Accumulation and Metallothionein in Two Populations of Brown Trout, *Salmo trutta*, Exposed to Different Natural Water Environments during a Run-off Episode. *Comparative Biochemistry and Physiology, Toxicology and Pharmacology*, 128 (2), 189-201.
- Ormad, M.P., Miguel N., Claver A., Matesanz J.M., Ovelleiro J.L., 2008. Pesticides removal in the process of drinking water production. *Chemosphere*, 71, 97-106.
- Overstreet, R.M., 1988. Aquatic Pollution Problems, Southeastern U.S. Coasts: Histopathological Indicators. *Aquatic Toxicology*, 11, 213-239.

- Önen, Ö., Gündüz Ö., İşısağ Üçüncü S., 2011. Ham Petrolün Suda Çözünebilen Kısımlarının *Pelvicachromis pulcher* (Boulenger, 1901) (Cichlidae, Teleostei) Bağırsak ve Karaciğeri Üzerindeki Etkileri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 17 (Suppl A), 105-110.
- Öz, A., 2006. Bakır Sülfat Pentahidrat Pestisitinin Lepistes Balıkları (*Poecilia reticulata*) Üzerindeki Akut Toksik Etkisinin Araştırılması ve Davranış Değişimlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özcan, A., 2010. Organik Kirletici İçeren Atık Suların Elektro-Fenton Yöntemiyle Arıtılması Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Özen, A., Canbek M., Uyanoğlu M., Arslan N., Çiçek A., 2009. İndikatör Bir Canlı Olan *Limnodrilus hoffmeisteri* Üzerinde Ağır Metal ve Bor Bileşiklerinin Toksik Etkilerinin İncelenmesi. IV. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye.
- Özen, A.S. ve Korkmaz Ö., 2005. Yedigöller (Kütahya) Ekosisteminde Biyolojik Çeşitlilik ve Kirlilik Üzerine Bir Araştırma. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (9), 15-26.
- Özer, A., Ekiz İ., Özer D., Kutsal T., Çağlar A., 1996. The adsorption of lead (II) ions to *R. arrhizus* in a batch reactor. Ekoloji ve Çevre Dergisi, 21, 27-31.
- Özkurt, Ş., 2000. Çatören ve Kunduzlar (Kırka-Eskisehir) Baraj Göletlerindeki Sazanların (*Cyprinus carpio* L., 1758) Dokularında Bor Birikimi. Turkish Journal of Biology, 24, 663-676.
- Özmen, H., Külahcı F., Çukurovalı A., Doğru M., 2004. Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey). Chemosphere, 55, 401-408.
- Öztürk, Mustafa., 2008. Deri Sanayinde Kromun Geri Kazanılması ve Üretimde Tekrar Kullanılması. Ankara. <http://www.mozturk.net/Upload//deri%20sana%5B1%5D.pdf> (25.07.11).
- Parikh, P.H., Rangrez A., Adhikari Bagchi R., Desai B.N., 2010. Effect of Dimethoate on Some Histoarchitecture of Freshwater Fish *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852). The Bioscan, 5 (1), 55-58.
- Paris-Palacios, S., Biagiante-Risbourg S., Vernet G., 2000. Biochemical and (ultra)structural hepatic perturbation of *Brachydanio rerio* (Teleostei, Cyprinidae) exposed to two sublethal concentrations of copper sulphate. Aquatic Toxicology, 50, 109-124.
- Parlak, H., 1985. *Mugil spp.* ve *Chasmichtys glusus* Üzerinde Kadmiyum, Demir ve Kurşunun Ayrı Ayrı ve Birlikte Oluşturdukları Toksik Etkilerin Araştırılması. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı.
- Parlak, H., Arslan Ö.Ç., Boyacıoğlu M., Karaaslan M.A., 2009. Ekotoksikoloji Ders Kitabı. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:79, 339 s, Bornova, İzmir.
- Paulo, D.V., Fontes F.M., Flores-Lopes F., 2012. Histopathological alterations observed in the liver of *Poecilia vivipara* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) as a tool for the environmental quality assessment of the Cachoeira River, BA. Brazilian Journal of Biology, 72 (1), 131-140.

- Pelgrom, S.M.G.J., Lock R.A.C., Balm P.H.M., Wendelaar Bonga S.E., 1995. Effects of Combined Waterborne Cd and Cu Exposures on Ionic Compositions and Plasma Cortisol in Tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 2, 227-235.
- Peyghan, R. and Takamy G.A. 2002. Histopathological, serum enzyme, cholesterol and urea changes in experimental acute toxicity of ammonia in common carp *Cyprinus carpio* and use of natural zeolite for prevention. *Aquaculture International*, 10, 317-325.
- Poleksic, V. and Mitrovic-Tutundzic V., 1994. Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: Muller, R., Lloyd, R. (Eds.), *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish*. Fishing News Books, Oxford, 339-352 p.
- Posthaus, H.S., Bernet D., Wahli T., Holm P.B., 2001. Morphological organ alterations and infectious diseases in brown trout *Salmo trutta* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* exposed to polluted river water. *Diseases of Aquatic Organisms*, 44, 161-170.
- Resmi Gazete, 1991. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği numune alma ve analiz metodları tebliği. Resmi Gazete 7.01.1991, 20748.
- Riba, I., Blasco J., Jimenez-Tenorio N., DelValls A., 2005. Heavy metal bioavailability and effects: II. Histopathology-bioaccumulation relationships caused by mining activities in the Gulf of Cadiz (SW, Spain). *Chemosphere*, 58, 671-682.
- Ricard, A.C., Daniel C., Anderson P., Hontela A., 1998. Effects of Subchronic Exposure to Cadmium Chloride on Endocrine and Metabolic Functions in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 34, 377-381.
- Rubio, B., Nombela M.A., Vilas F., 2000. Geochemistry of Major and Trace Elements in Sediments of the Ría De Vigo (NW Spain): an Assessment of Metal Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (11), 968-980.
- Sağlamtimur, B., Cicik B., Erdem C., 2004. Kısa Süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlı su Çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi. *Ekoloji*, 14 (53), 33-38.
- Sampat, P., 2001. Yer Altı Sularının Kirlenmesi. *Dünyanın Durumu 2001*. TEMA Yayını, No:35, İstanbul.
- Sawyer, C.N., McCarty P.L. and Parkin G.F., 1994. *Chemistry for Environmental Engineering*. Fourth Edition, McGraw-Hill Book Co., Singapore.
- Schwaiger, J., Wanke R., Adam S., Pawert M., Honnen W. and Triebkorn R., 1997. The use of histopathological indicators to evaluate contaminant-related stress in fish. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 6, 75-86.
- Seng, C.E., Lim P.E., Chong P.K. and Wong L.M., 1995. Heavy metal pollution and waters of the Penang River, Malaysia. *Water Quality Research Journal of Canada*, 30 (1), 39-43.
- Seregin, I.V. and Ivanov V.B., 2001. Physiological aspects of cadmium and lead toxic effects on higher plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, 48 (4), 523-544.
- Simpson, M.G., 1992. Histopathological changes in the liver of dab (*Limanda limanda*) from a contamination gradient in the North sea dab. *Marine Environmental Research*, 34, 39-43.

- Smith, C.J., Shaw B.J., Handy R.D., 2007. Toxicity of single walled carbon nanotubes to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*): Respiratory toxicity, organ pathologies, and other physiological effects. *Aquatic Toxicology*, 82, 94-109.
- Sorensen, E.M., Bell J.S., Harlan C.W., 1983. Histopathological changes in selenium-exposed fish. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*, 4 (2), 111-23.
- Sönmez, A.Y., 2011. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Sparling D.W. and Fellers G., 2007. Comparative toxicity of chlorpyrifos, diazinon, malathion and their oxon derivatives to larval *Rana boylei*. *Environmental Pollution*, 147, 535-539.
- Spry, D.J. and Wiener J.G., 1991. Metal Bioavailability and Toxicity to Fish in Low-alkalinity Lakes a Critical Review. *Environmental Pollution*, 71, 243- 304.
- Sturn, A., Silva de Assis H.C., Hansen P.D., 1999. Cholinesterases of marine teleost fish: enzymological characterization and potential use in the monitoring of neurotoxic contamination. *Marine Environmental Research*, 47, 389-398.
- Szebedinszky, C., Mcgeer J.C., Mcdonald D.G., Wood C.M., 2001. Effects of Chronic Cadmium Exposure via the Diet or Water on Internal Organ-Specific Distribution and Subsequent Gill Cd Uptake Kinetics in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20 (3), 597-607.
- Şanlı, Y., 1979. Türkiye'nin akdeniz sahillerinde avlanan, kıyılarımıza bağlı ekonomik bazı balık türleri ile karideslerde total civa ve organik civa bileşikleri rezidü düzeylerinin araştırılması. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26 (3-4), 151-176.
- Şimşek, H., 2011. Sazlıdere Baraj Gölü'nün Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şişman, T., İncekara Ü. and Yıldız Y.Ş., 2008. Determination of Acute and Early Life Stage Toxicity of Fat-Plant Effluent Using Zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Toxicology*, 23 (4), 480-486.
- Şişman, T., Soydan C., Geyikoğlu F., Atamanalp M., 2007. PCB28 (2,4,4'-Triklorobifenil) ve PCB52 (2,2',5,5'-Tetraklorobifenil)'ye Maruz Kalmış Zebra Balığı (*Danio rerio*) Larvalarındaki Karaciğer Histopatolojisi. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24, 1-11.
- Tan, A., 2006. Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Tan, İ., 2008. Bazı Ağır Metal ve Organik Kirleticilerin Laktat Dehidrogenaz Enzimi Üzerindeki Engelleyici Etkilerinin Belirlenmesi ve Enzim İnhibisyonuna Dayalı Biyosensör Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Taş, B., 2006. Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ekoloji*, 15 (61), 6-15.
- Taylan, Z.S. ve Özkoç H.B., 2007. Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (2), 17-33.

- Teh, S.J., Adams S.M. and Hinton D.E., 1997. Histopathological biomarkers in feral freshwater fish populations exposed to different types of contaminant stress. *Aquatic Toxicology*, 37, 51-70.
- Timoçin, Ç., 2008. İki Farklı Balık Çiftliğinden Örneklenen *Clarias gariepinus* ve *Cyprinus carpio*'nun Solungaç, Kas ve Karaciğer Dokularında Bakır, Çinko, Demir, Krom, Kurşun ve Kadmiyum Düzeyleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- Tkatcheva, V., Hyvarinen H., Kukkonen I., Ryzhkov L.P. and Holopainen I.J., 2004. Toxic effects of mining effluents on fish gills in a subarctic lake system in NW Russia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57, 279-289.
- Topçuoğlu, S., 2005. Denizel Biota Örneklerinde Ağır Metal Kontaminasyonu. In: Güven, K.C., Öztürk, B. (Ed), *Deniz Kirliliği Temel Kirleticiler ve Analiz Yöntemleri*, TÜDAV Yayınları, İstanbul, 205-223.
- Toroğlu, E., Toroğlu S., Alaeddinoğlu F., 2006. Aksu Çayı'nda (Kahramanmaraş) Akarsu Kirliliği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 4 (1), 93-103.
- Tumantozlu, H., 2010. Karacaören II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Turan, T. ve Eren Z., 2008. Türkiye'de Su Kaynakları ve Su Politikası. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara, Türkiye.
- Turhan, K. ve Uzman S., 2008. Removal of phenol from water using ozone. *Desalination*, 229, 257-263.
- Tümen, F., Bildik M., Boybay M., Cici M. ve Solmaz B., 1992. Ergani Bakır İşletmesi katı atıklarının kirlilik potansiyeli. *Doga Turkish Journal of Engineering and Enviromental Sciences*, 16, 43- 53.
- Türkez, H., Şişman T., İncekara Ü., Geyikoğlu F., Tatar A. and Keleş M.S., 2009. The genotoxic and biochemical effects of wastewater samples from a fat plant in Erzurum. *BAÜ FBE Dergisi*, 11 (2), 55-63.
- Tüzen, M., 2003. Determination of trace metals in the River Yeşilirmak sediments in Tokat, Turkey using sequential extraction procedure. *Microchemical Journal*, 74, 105-110.
- Uçar, A. ve Atamanalp M., 2009. Balıklarda Toksikopatolojik Lezyonlar II. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40 (1), 95-101.
- Uğur, A., Yılmaz F., Besler A., 2000. Muğla Üniversitesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisinde Bakteriyolojik, Protozoolojik ve Fiziko-Kimyasal Bir Araştırma. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 10 (37), 9-11.
- Ulutaş, O.K., 2007. Aliğa Körfezindeki Deniz Kirliliğinin Bölge Kefal Balıklarında Kirliliğin Biyogöstergesi Olan Karaciğer Erod Enzim Aktivitesi ve Balıktaki Çeşitli Metal Düzeyleri İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uslu, G., 1993. Elazığ kenti evsel atık sularında bulunan azot bileşiklerinin mevsimsel değişiminin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Uysal, A., 2006. Ham petrol fraksiyonlarının biyolojik bozunma sonrası fiziko-kimyasal özelliklerinin değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Uysal, K. ve Atalay M.A., 2007. Dpü Göleti'nde Ekstansif Yetiştiriciliği Yapılan Aynalı Sazanların (*Cyprinus carpio*) Gelişimi ve Ağır Metal Akümülyasyon Oranlarının Değerlendirilmesi. Ulusal Su Günleri, Antalya.
- Uzun, O., 1999. Asarsuyu Vadisi Alan Kullanım Potansiyelinin Düzce Kent Gelişiminde Su Kaynakları Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Uzunoglu, O., 1999. Gediz Nehrinden Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Derişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Üçüncü, İ.S., Ergen G., Önen Ö., Kolbaşı Tekkan B., Üreten M., Boz E., Seferoğlu K., Gökçe B., 2010. Dioktil Adipat'ın (DOA) *Labidochromis caeruleus* Fryer, 1956 (Cichlidae, Teleostei) Karaciğer Histolojisi Üzerindeki Etkileri. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 16 (Suppl-B), 197-203.
- Ünal, Ö.F., 2010. Yeşilırmak Nehri'nden Toplanan Balık ve Sediment Örneklerinde Eser Element Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, Türkiye.
- Van Den Belt, K., Van Puymbroeck S., Witters H., 2000. Toxicity of cadmium contaminated clay to the Zebrafish *Danio rerio*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 38, 191-196.
- Van Der Oost, R., Beyer J. and Vermeulen N.P.E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. Environmental Toxicology and Pharmacology, 13, 57-149.
- Van Dyk, J.C., Marchand M.J., Pieterse G.M., Barnhoorn E.J., Bornman M.S., 2009. Histological changes in the gills of *Clarias gariepinus* (Teleostei: Clariidae) from a polluted South African urban aquatic system. African Journal of Aquatic Science, 34, (3), 283-291.
- 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.
- Volesky, B., 2001. Detoksifikasi of metal-bearing effluents: biosorption for the next century. Hydrometallurgy, 59, 203-216.
- Vostal, J., 1976. Transport and Transformation of Mercury in Nature and Possible Routes of Exposure. In Mercury in the Environment. Ed. Friberg, L. And Vostal, J., 15-27. CRC Pres, Ohio.
- Vural, H., 1993. Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. Çevre Dergisi, (8), 3-8.
- Vural, N. ve Duydu Y., 1992. Ankara Çayının Aniyonik ve Noniyonik Yüzey Aktif Madde Kirliliğinin Araştırılması. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 21 (1-2), 1-10.
- Vural, N., 1984. Toksikoloji. Ankara Üniversitesi Eczacılık Yayınları, No: 56.
- Vural, S., 2011. Azotlu Gübrenin *Capoeta capoeta capoeta* (Guldenstead 1772)'nın Karaciğer, Bağırsak, Solungaç, Böbrek Histopatolojisi ve Serum Proteinleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Wajsbrodt, N., Gasith A., Diamant A. and Popper D.M., 1993. Chronic toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* and related histopathological effects. Journal of Fish Biology, 42, 321-328.

- Wegrzyn, G. and Czyz A., 2003. Detection of mutagenic Pollution of natural environment using microbiological assays. *Journal of Applied Microbiology*, 95, 1175-1181.
- Wepener, V., Van Vuren J.H.J. and Du Preez H.H., 2001. Uptake and distribution of a copper, iron and zinc mixture in gill, liver and plasma of a freshwater teleost. *Tilapia sparmanii*, *Water SA*, 27 (1), 99-108.
- Wong, C.K. and Wong M.H., 2000. Morphological and Biochemical Changes in the Gills of *Tilapia (Oreochromis mossambicus)* to Ambient Cadmium Exposure. *Aquatic Toxicology*, 48 (4), 517-527.
- Wright, P. and Mason C.F., 1999. Spatial and seasonal variation in heavy metals in the sediments and biota of two adjacent estuaries, the Orwell and the Stour, in eastern England. *Science of the Total Environment*, 226, 139-156.
- Wu, J., Luan T., Lan C., Lo T.W.H., Chan G.Y.S., 2007. Removal of residual pesticides on vegetable using ozonated water. *Food Control*, 18, 466-472.
- Yaman, S., 2012. Çevre kirliliğinin tanımlanması. Gazi üniversitesi, <http://w3.gazi.edu.tr/web/alperal/cevre1.htm>, (20.11.2012).
- Yanık, T. ve Atamanalp M., 2001. Balık yetiştiriciliğinde su kirliliğine giriş. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No:226, Erzurum.
- Yarsan, E., Bilgili A. ve Türel İ., 2000. Van Gölü'ünden toplanan midye (*Unio stevenianus krynicki*) örneklerindeki ağır metal düzeyleri. *Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi*, 24, 93-96.
- Yavuzcan Yıldız, H. ve Pulatsü S., 1999. Evaluation of the secondary stress response in healthy Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) after treatment with a mixture of formalin, malachite green and methylene blue. *Aquaculture Research*, 30, 379-383.
- Yazıcı, Z., 2012. Karasu Nehri'nde (Erzurum) Yaşayan Bazı Balık Türleri Üzerine Su Kirliliğinin Sitogenetik Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Yazkan, M., Özdemir F., Gölükçü M., 2004. Cu, Zn, Pb and Cd contents in some molluscs and crustacean in the Gulf of Antalya. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28, 95-100.
- Yeniçerioglu, M., 2006. Katı Atık Yönetimi Yasal Düzenlemeler ve Sinop Örneği, Sinop.
- Yılmaz, M., Ersan Y., Koç E., Özen H., 2011. Kadmiyum Sülfat'ın Avrupa Tatlısu Kefali *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758)'un Doku Histopatolojisi ve Serum Protein Ekspresyonu Üzerine Toksik Etkileri. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17 (Suppl A), 131-135.

ÖZGEÇMİŞ

08.05.1985 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 2005 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmeliği'nden 2010 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu ve aynı yıl Yüksek Lisans yapma hakkını kazanarak Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde öğrenimine başladı. Üniversitede öğrenci iken KPSS ile Atatürk Üniversitesi'ne memur olarak atandı ve tekrar KPSS ile 2011-2012'de Erzurum Pasinler Anadolu Lisesi'nde Biyoloji Öğretmeni olarak göreve başladı. 2013 yılında Genel Biyoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisansını tamamladı. Hâlen Erzurum Atatürk Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi'nde Biyoloji Öğretmeni olarak çalışmaktadır.