

**T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜ SU KALİTESİNİN BİYOKİMYASAL
İNDİKATÖRLER KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cemil ERGİN

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Nuran C. YILDIRIM

TEMMUZ-2012

**T.C.
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜ SU KALİTESİNİN BİYOKİMYASAL
İNDİKATÖRLER KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cemil ERGİN
(101102104)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02/07/2012

Tezin Savunulduğu Tarih : 11/07/2012

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nuran C. YILDIRIM (T.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Turgay DERE (A.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM (T.Ü)

TEMMUZ-2012

Cemil ERGİN tarafından hazırlanan UZUNÇAYIR BARAJ GÖLÜ SU KALİTESİNİN BİYOKİMYASAL İNDİKATÖRLER KULLANILARAK BELİRLENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Nuran C. YILDIRIM
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. Bu tez, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Turgay DERE (A.Ü)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM (T.Ü)

Üye : Yrd Doç. Dr. Nuran C. YILDIRIM (T.Ü)

Tarih : 11/07/2012

Eşim Mehtap ve Canım Oğlum Direnç Arin' e

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, Munzur Nehri üzerinde kurulan Uzunçayır Barajı'nın faaliyete geçmesi ile birlikte baraj gölüne verilen kirleticilerin (evsel sıvı atık, kentin düzensiz katı atık sahasından kaynaklanan sızıntı suyu, kayalardan yıkanan elementler vs.) oluşturduğu kirlilik nedeniyle, baraj gölü su kalite parametreleri ve bu kirliliğe maruz kalan balıklardaki olası fizyolojik değişimlerin gözlenmesi amacı ile yapılmış ilk çalışmadır.

Bu amaçla, araştırmanın kapsamı içerisinde; Munzur ve Pülümür Nehirleri ile Munzur Nehrinin Keban Baraj Gölüne döküldüğü nokta ve Uzunçayır Baraj Gölü içinde belirlenecek istasyonlardan elde edilecek balıkların doku örneklerinden kirlilik kaynaklı fizyolojik değişimlerin boyutunun belirlenmesi için süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, katalaz gibi bazı antioksidan enzim aktiviteleri ile enzimatik olmayan antioksidan (glutatyon) seviyeleri ve lipid peroksidasyonun göstergesi olan malondialdehit (MDA) düzeyleri tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın planlanması, hayata geçirilmesi, tezimin yazımı ve deneysel aşamamda her an yanımda olan danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Nuran CIKCIKOĞLU YILDIRIM'a değerli katkısından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında maddi, manevi desteklerini benden esirgemeyen Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Yrd. Doç. Dr. Numan YILDIRIM'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Çalışmalarımın her aşamasında benden desteğini esirgemeyen Bulaşıcı Hastalıklar Şube Müdürü Bio. Sayın Sezai ERGİN'e gönülden teşekkür ederim. Laboratuvar ve arazi çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan yüksek lisans öğrencileri Seval DANABAŞ ve Nilgün TAYHAN'a; teşekkür ederim.

Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK), Çevre Atmosfer Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (ÇAYDAG) tarafından 1001 programı kapsamında desteklenmiş olup sağlanan maddi destek için, TÜBİTAK-ÇAYDAG'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Proje ekibimiz arasında bulunan çok değerli hocalarım başta proje yürütücüsü sayın, Yrd. Doç. Dr. Durali DANABAŞ olmak üzere, proje danışmanımız sayın Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ, projede araştırmacı olarak görev yapan sayın Yrd. Doç. Dr. Gülşad USLU ve sayın Doç. Dr. Ayten ÖZTÜFEKÇİ ÖNAL'a teşekkür ederim.

Cemil ERGİN

Tunceli-2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	VII
KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
1.GİRİŞ	1
1.1. Su Kirliliği	6
1.1.1. Su Kirliliğinin Çeşitleri	7
1.1.2. Su Kirliliğinin Saptanmasında Kullanılan Parametreler	9
1.2. Biyoindikatörler	18
1.2.1. Biyoindikatör Canlı: <i>Capoeta umbla</i>	20
1.3. Uzunçayır Baraj Gölü	20
1.4.Oksijen Radikalleri ve Oksidatif Stres	21
1.4.1. Süperoksit Radikali	22
1.4.2. Hidroksil Radikali	22
1.4.3. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	22
1.4.4. Serbest Radikallerin Biyomoleküllere Etkileri	23
1.4.5. Serbest Radikallere Karşı Antioksidan Savunma Sistemi	26
2. MATERYAL VE METOD	31
2.1. Arazi Çalışmaları	31
2.1.1. İstasyonların Seçilmesi	31
2.2. Suda Yapılan Analizler	38
2.3. Biyomonitör Model Canlı Üzerinde Yapılan Çalışmalar	38
2.3.1. Diseksiyon İşlemleri ve Dokuların Hazırlanması	39
2.3.2. Oksidatif Stresle İlişkili Antioksidan Parametrelerin ve Lipid Peroksidasyon Seviyelerinin Belirlenmesi	40
2.4. Verilerin İstatistiksel Analizi	42
3.BULGULAR	43
3.1. Su Parametreleri	43
3.1.1. Su Sıcaklığı	44

3.1.2. Çözünmüş Oksijen (mg/L)	44
3.1.3. pH	44
3.2. Biyolojik Parametreler	44
3.3. Oksidatif Stres Biyomarkırları	46
3.3.1. Süperoksit Dismutaz (SOD)	47
3.3.2. Katalaz (KAT)	48
3.3.3. Glutasyon Peroksidaz (GSH-PX)	49
3.3.4. Glutasyon (GSH)	49
3.5. Malondialdehit (MDA)	50
4. SONUÇ VE TARTIŞMA	52
5. ÖNERİLER	60
6. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	71

ÖZET

Günümüzde, özellikle enerji sağlamak amacıyla önemli nehirlerimiz üzerinde barajlar yapılmaktadır. Barajlar su tutmaya başlayınca, karasal ve akarsu ortamı, yerini yavaş yavaş gölsel ortama bırakmaktadır. Bu dönemde, biyolojik sistem ile ekolojik sistem arasında hızlı bir etkileşim görülmektedir. Barajların, özellikle, suyun kimyasında da bir takım değişimlere neden olduğu bilinmektedir. Doğal olarak bu değişimler farklı noktalardaki yaşam ortamlarını doğrudan etkilemektedir.

Tunceli ili evsel sıvı atıkları, herhangi bir ön arıtma işlemine tabi tutulmadan direkt olarak Munzur ve Pülümür Nehri'ne deşarj edilmektedir. Bu kirletici kaynak hem Munzur ve Pülümür Nehirleri hem de Uzunçayır Baraj Gölü için kirlenme tehdidi oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak zamanla, bu su sistemdeki fiziko-kimyasal özelliklerin değışeceği ve ekosistemin canlı öğelerinin üzerinde bir takım ekotoksikolojik etkiler oluşturması kaçınılmazdır. Bilindiğı gibi; baraj gölleri sürekli alıcı ortam özelliğı gösterdiği için çevresindeki kirleticilerden birinci, derecede etkilenmektedirler. Bu kirlenme sadece içinde yaşayan canlıları olumsuz etkilemekle kalmayıp, bu olumsuz etki besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşmaktadır.

Yaklaşık üç yıldır su tutulmuş olan Uzunçayır Baraj Gölü suyunda, evsel sıvı atıklardan hatta Munzur ve Pülümür Nehirlerinin drenaj alanındaki doğal kirleticilerden (Krom işletmeleri, alçıtaşı kömür yatağı vs) kaynaklanan kirlenmenin boyutunun ortaya çıkarılması ve bu suda yaşayan balıklardaki fizyolojik değışimin izlenmesi, bu çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

Bu amaç için, Munzur ve Pülümür Nehirlerinin evsel sıvı atıkların deşarjı öncesi ve sonrası noktalardan, baraj gölünün değışik noktalarından, baraj bent yerinin hemen çıkışından ve Keban Baraj Gölüne döküldüğü noktadan alınan balık örnekleri üzerinde yapılan ekotoksikolojik analizler ile nehir ve göl suyunun kalitesi belirlenerek kirliliğın boyutları ortaya konulmuştur. Bu kirliliğın nehir ve göl ekosisteminin canlı öğeleri üzerindeki etkisinin ortaya çıkarılması için alınan balık örneklerinde bazı enzimatik (süperokit dismutaz, Katalaz, Glutatyon Peroksidaz) ve non-enzimatik (glutatyon) antioksidan düzeylerindeki değışimler belirlenmiştir. Malondialdehit düzeyleri ölçülmüştür.

Bu çalışmanın sonuçları; sucul kirleticilere maruz kalınması sonucu, balıkların antioksidan savunma sistemlerinin bir biyobelirteç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Su Kalitesi, Balık, Antioksidan Savunma Sistemi, Uzunçayır Baraj Gölü

SUMMARY

Today, dams are being built on our important rivers particularly to gain energy. After gathering water in the dams, terrestrial and running water environments change into lacustrine environment step by step. During this period a rapid interaction between biological system and ecological system are seen. It is known that Dam Lakes especaillay cause some changes on chemical structure of water as well.

Household wastes of Tunceli being directly discharged to Munzur and Pülümür Rivers without any pre-purification process. As a result of this, over time, the physico-chemical properties of this water system will change and creating some ecotoxicological impacts of ecosystem on the living elements are inevitable. This pollution not only affecting negatively on the livings in the water but also these adversely affecting reaches to human-being through food chain.

The main purpose of this study is to reveal the size of pollution caused by houeshold liquid wastes together with natural contamination (chromium and gypsum processes, coal bed etc.) by the drainage area of the river Pülümür and Munzur Rivers and to monitor physiological changes in fish that live in the lake water of Uzunçayır Dam Lake that are already collected water about three years.

For this propose, fish samples were taken from the certain places before and after discharges of household liquid wastes to the Munzur and Pülümür Rivers, from the different points and depths of the dam lake and from just after dam wall exit and from the point where the water poured to the Keban Dam Lake with the ecotoxicological analysis on the sampled fish, quality of the river and lake water were determined and the dimension of pollution size were exposed. To reveal the effects of the pollution on the living elements in the river and lake, in fish samples the changes in some enzymatic (süperoxide dismutase, catalase, Glutathione peroxidase) and non-enzymatic antioxidant (glutathione) level were determined. Malondialdehyde levels were analyzed.

Our studies have shown that the antioxidant defence system of fish could be used as biomarkers of exposure to aquatic pollutants

Key words: Water Quality, Fish, Antioxidant Defence System, Uzunçayır Dam Lake

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Lipit peroksidasyonun zincirleme reaksiyonu	24
Şekil 1.2. Serbest radikal aracılı oksidatif DNA hasarı	25
Şekil 1.3. Redükte ve okside glutatyonun yapısı	30
Şekil 2.1. Araştırma istasyonları	31
Şekil 2.2. 1 nolu istasyondan bir görüntü	32
Şekil 2.3. 2 nolu istasyondan görüntüler	33
Şekil 2.4. 3 nolu istasyondan bir görüntü	34
Şekil 2.5. 4 nolu istasyondan bir görüntü	34
Şekil 2.6. 5 nolu istasyondan bir görüntü	35
Şekil 2.7. 6 nolu istasyondan bir görüntü	35
Şekil 2.8. 7 nolu istasyondan bir görüntü	36
Şekil 2.9. 8 nolu istasyondan bir görüntü	36
Şekil 2.10. 9 nolu istasyondan bir görüntü	37
Şekil 2.11. 10 nolu istasyondan bir görüntü	37
Şekil 2.12. Yakalanan balıklardan örnekler (<i>Capoeta umbla</i>)	38
Şekil 2.13. Derin dondurucuda muhafaza edilen numunelerin görüntüleri	39
Şekil 3.1. <i>Capoeta umbla</i> karaciğer dokusundaki SOD (U/ml) enzim aktivitesinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı	47
Şekil 3.2. <i>Capoeta umbla</i> karaciğer dokusundaki CAT (nmol/dk/ml) enzim aktivitesinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı	48
Şekil 3.3. <i>Capoeta umbla</i> karaciğer dokusundaki GSH-Px (nmol/dk/ml) enzim aktivitesinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı	49
Şekil 3.4. <i>Capoeta umbla</i> karaciğer dokusundaki GSH (μ M) düzeylerinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı	50
Şekil 3.5. <i>Capoeta umbla</i> karaciğer dokusundaki MDA (nmol/g doku) düzeylerinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı	51

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması	14
Tablo 3.1. Uzunçayır Baraj Gölünde farklı istasyonlardan ve farklı dönemlerde alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikler	43
Tablo3.2. Uzunçayır Baraj Gölünde farklı istasyonlardan yakalanan <i>Capoeta umbla</i> 'nın Eylül ve Mart aylarındaki temel morfometrik özellikleri	45
Tablo3.3. Uzunçayır Baraj Gölünde Mart ve Eylül aylarında farklı istasyonlarından yakalanan <i>capoeata umbla</i> 'ya ait oksidatif stres biyomarkırlarındaki değişimleri	46

KISALTMALAR LİSTESİ

AChE	: Asetilkolinesteraz
BOI	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CF	: Kondisyon Faktörü
CYP450	: Sitokrom P450
Cu-Zn SO	: Bakır-Çinko Süperoksit Dismutaz
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
EC	: Elektriksel İletkenlik
EC-SOD	: Ekstraselüler Süperoksit Dismutaz
Fe-SOD	: Demir Süperoksit Dismutaz
G6PD	: Glukoz-6-Fosfat Dehidrogenaz
GSH-P _x	: Glutasyon Peroksidaz
GST	: Glutasyon S-Transferaz
GSH	: İndirgenmiş Glutasyon
GSSG	: Okside Glutasyon
HSI	: Hepatosomatik İndeks
KAT	: Katalaz
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LPO	: Lipid Peroksidasyon
MD	: Malondialdehit
Mn-SOD	: Mangan-Süperokist Dismutaz
NADP	: Nikotinamid Adenin Dinüklotit Fosfat
SOD	: Süperoksit Dismutaz
PBS	: Fosfatla Tamponlanmış Tuz Solusyonu
ROS	: Reaktif Oksijen Türleri
TBA	: Tiyobarbitürik Asit
XO	: Ksantin Oksidaz
u/ML	: Mililitredeki Ünite Enzim Miktarı

SEMBOLLER LİSTESİ

Ag	: Gümüş
Be	: Berilyum
Ca ⁺	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl ⁻	: Klor
Cr	: Krom
CO ₂	: Karbondioksit
CO ₃	: Karbonat
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Fe ⁺²	: Ferro demir
Fe ⁺³	: Ferrik demir
HCL	: Hidroklorik asit
HCO ₃	: Bikarbonat
HOCl ⁻	: Hipokloroz asit
Hg	: Civa
HO	: Hidroksil radikali
HO ₂ [·]	: Perhidroksil radikali
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
H ₂ S	: Hidrojen sülfür
K ⁺	: Potasyum
Mg ⁺⁺	: Magnezyum
Mo	: Molibden
Na ⁺	: Sodyum
Ni	: Nikel
NaCl	: Sodyum Klorür
HOCl ⁻	: Hipoklorit
Sb	: Antimon
Se	: Selenyum
SO ₄	: Sülfat
O ₂ ²⁻	: Peroksi anyonu
O ₂ ^{-·}	: Süperoksit radikali
O ₂ ↑↓	: Singlet oksijen
R [·]	: Alkil radikali
RO [·]	: Alkoksil radikali
ROO	: Peroksil radikali
RCOO [·]	: Organik peroksit radikali

1. GİRİŞ

Çevre, insan veya başka bir canlının yaşamı boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamdır. İnsanların doğal kaynakları aşırı ve yanlış kullanımı sonucu çevre bozulup tahrip olmakta, bu durumda doğanın temel unsurları olan hava, su ve toprağın yapısını bozmaktadır. Çevrenin bozulması veya tahrip olmasıyla başta insanlar olmak üzere, tüm canlı varlıklar zarar görmekte ve olumsuz yönde etkilenmektedirler (Özçağlar, 2000).

Endüstrinin gelişmesine paralel olarak su, hava ve toprağın sağlığa zararlı maddeler ile kirlenmesi son yıllarda önemli bir çevre sorunu olarak insanlığın karşısına çıkmıştır (Özmen, 1998). Çevre sorunları, ekosistem denilen insan ve diğer canlıların bir arada uyum ve denge içinde varlık ve gelişmelerini sürdürebilmeleri için var olan şartların tamamının bozulması ya da bir takım değişiklikler geçirmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Görmez, 1997). Ekosistemde var olan bütün şartlar birbirlerine zincirleme olarak bağlıdır. Bu noktada bir tanımlama yapmak gerekirse çevre sorunları sanayileşme, kentleşme, teknolojik gelişme ve hızlı nüfus artışı sonucunda ortaya çıkan ve bütün canlıları olumsuz yönde etkileyen, onların yaşamlarını tehlikeye sokan, doğal yapının bozulmasına neden olmaktadır (Burhan, 1995).

Yeryüzündeki sular güneşin sağladığı enerji ile sürekli bir döngü içerisinde. Bu döngüye “hidrolik çevrim” denir. İnsanlar yaşamsal ve ekonomik gereksinimleri için suyu bu döngüden almakta ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye bırakmaktadırlar. Bu süreçler sırasında suya karışan maddeler, suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirmekte ve su kirliliği olarak adlandırılan olguyu ortaya çıkarmaktadırlar. Su kirliliği terimi, su kaynaklarının kalitesini düşürerek, kullanımı bozacak düzeyde organik, inorganik, biyolojik ve radyoaktif kirleticiler içermesi olarak tanımlanmaktadır (Uslu, 2001). Endüstriyel su kirliliği kaynakları; kağıt hamuru fabrikaları, kimyasal üreten fabrikalar, çelik fabrikaları, tekstil imalatçıları, gıda işlekleridir. Kentsel su kirlilik kaynakları arasında ise kamuya ait lağım arıtım birimleri en önemlisidir. Özellikle atık çamurun arıtılmadan ve işlenmeden su kaynaklarına yakın biriktirilmesi veya yayılması en önemli kirlilik nedenlerinden birisi olabilir. Yağmur sularını ve lağımı bir arada taşıyan kombine lağım sistemleri özellikle taşkın durumlarında yüzeysel sızıntılarla su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilir. Tarımsal alanlar, gübrelikler, ekim ve otlama alanları başlıca tarımsal kirlilik nedenleridir. Orman yollarının

yapılması, yol yapımı, orman işletmesi, orman kesimi vb uygulamaları sayılabilir. İnşaat sektörü özellikle otoban yapımı, toprak geliştirme çalışmaları vb. nedeniyle kirletici olabilir. Madencilik uygulamalarında her türlü maden ocakları, petrol sondajları, cevher biriktirme bölgeleri ve bunlara bağlı sızıntılar kirleticidir. Septik tank sızıntıları; çöp gömme bölgeleri, zararlı atık yok etme bölgeleri önemli kirlilik ögesi olabilir. Son olarak tüm su müdahaleleri, kanal açma, kuyu açma, baraj yapma, akıntı banket müdahaleleri suların kirlenmesine yol açabilir (Pontius, 1970). Suların kirlenmesi, sucul ortamlarda yaşayan canlılar üzerinde çeşitli olumsuzluklar meydana getirmektedir. Suda oksijen miktarı azalırken bakterilerin, organik maddelerin, metal tuzlarının ve toksik maddelerin miktarı artar. Bundan dolayı su ortamında yaşayan bitkiler, balıklar ve diğer sucul organizmalar ölebilmekte veya zehirli maddeleri bünyelerinde saklayarak onları besin zinciri yoluyla diğer canlılara ulaştırabilmektedirler (Arda, 1974; Alkan, 2005).

Göller oldukça büyük arazi parçalarının drenaj sularını aldıklarından göl ve gölü çevreleyen kara arasında sürekli bir alışveriş vardır. Göller yüzeysel sular arasında kirlenmeye karşı en hassas su grubunu oluştururlar (Ellenberg, vd., 1991; Çoban, 2007). Göller, tabii güzellik, rekreasyon ve ekonomik açıdan önemli bir rol oynarlar. Gerek endüstriyel üretim kirlilikleri, gerekse tarımsal aktivitelerde kullanılan mücadele ilaçları çeşitli yollardan göllere ulaşır ve birikirler. Büyük göllerde 1000'den fazla kimyasal madde tespit edilmiştir. Çevrelerinde tarımsal faaliyet yapılan tüm göllerde toksik etkiye sahip olan PCB ve DDT'nin ana kimyasal kirleticiler olduğu belirlenmiştir (Zihnioğlu ve Telefoncu, 1992).

Enerji üretimi, akarsu akım rejiminin düzenlenmesi ve taşkınların önlenmesi, içme-kullanma ve sulama suyu sağlanması, ulaşım kolaylığı, su sporları ve balıkçılık, turizm için yeni alanların oluşturulması vb. pek çok yarar sağlayan yapay göller, doğal çevrede pek çok değişiklikler yaratarak birtakım ekolojik sorunlara neden olmaktadır. Yapay göllerin bir ekosistem olarak doğal göllerden tek farkı, değişimlerin bu tür göllerde çok hızlı olmasıdır. Bu nedenle doğal sistemlerin dinamiği bu ekosistemler için de uygulanabilmektedir. Ancak, oluşan yeni ekosistemin ne akarsu ne de doğal göl sistemi karakteri taşımadığı unutulmamalıdır. Yeni ekosistem bu nedenle oldukça karmaşıktır (Sınanmış, 2001).

Barajlar su tutmaya başladığında, karasal ve akarsu ortamı yerini yavaş yavaş gölsel ortama bırakır. Bu dönemde biyolojik sistem ile ekolojik sistem arasında hızlı bir etkileşim görülür. Örneğin, su basmasıyla beraber göl alanında yaşayan toprak altı canlılarından

önemli bir kısmı yok olur. Akarsu ortamına ait canlılar ortamı terk ederek yerlerini göl ortamında yaşayan canlılara bırakırlar. Suyun yükselmesi sistemde ani değişimlere yol açtığı bilinmektedir (Yüksel, 1997). Derin göllerdeki zengin biyolojik üretim, mevsimsel yoğunluk ve suyun kimyasal açıdan tabakalaşması ile birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu tabakalaşma derinlerdeki çözülmüş oksijen miktarındaki azalma ile karakterize olmaktadır. Böylece derin bölgelerdeki oksijen ve nutrient yetersizliği nedeniyle, balık ve diğer canlılar yaşayamaz hale gelir ve rezervuarda biriken maddeler bazı balıklar için toksik düzeye ulaşabilir. Suyun tutulmaya başlamasıyla ekosistemde hızlı değişimler başlamakta ve göl kararlı hale gelene kadar bu değişim sürmektedir.

Barajların, balık göçleri için fiziksel bir engel olmanın yanında, suyun akış rejiminde ve özellikle de suyun kimyasında bir takım değişimlere neden olduğu da bilinmektedir. Bu değişimler, doğal olarak farklı noktalardaki yaşam ortamını doğrudan etkilemektedir. Barajlarda elektrik üretimi nedeniyle genellikle derinlerden su alınmakta ve bu su kullanıldıktan sonra tekrar nehir yatağına bırakılmaktadır. Derinlerdeki bu suyun özellikleri yüzeysel sularındakinden oldukça farklı olduğu için, mansaptaki (akış aşağı) balıklarda gaz embolisine yol açtığı ve ölümlere neden olduğu tespit edilmiştir (Ekmekçi, 1992). Çünkü, balıklar, poikiloterm canlılardır. Dolayısıyla metabolik faaliyetleri su sıcaklığı arttığında artarken, su sıcaklığının düşmesi ile azalmaktadır. Her tür su canlısının yaşadığı optimum bir sıcaklık vardır. Bu optimum şartların değişmesi durumunda canlıların yaşamsal özellikleri olumsuz yönde etkilenecektir. Su sıcaklığının artması ile su ortamında yaşayan canlı organizmalar için siyanit, fenol, çinko gibi maddeler toksik etki göstermektedir. Yüksek su sıcaklığı ile düşük çözülmüş oksijen değerlerinin bir arada bulunmaları durumunda toksisite giderek artacaktır (Sınanmış, 2001). Balık ve su ortamında yaşayan diğer organizmalar; oksijeni, sudan ve diğer oksijen içeren bileşiklerden ayıramamaktadırlar. Eğer su sıcaklığı artarsa ortamda oksijen eksikliği hissedilebilmektedir. Bunun yanı sıra, ortamda yaşayan canlı popülasyonu yoğunsa çözülmüş oksijen fazla oranda kullanılır. Bilimsel çalışmalara göre 4-5 ppm çözülmüş oksijen miktarı farklı balık popülasyonlarını destekleyecek minimum değerdir. Suyun elektrik akımını iletmesinin bir ölçüsü olan iletkenlik, atıksu deşarjları veya ortamda bulanıklığı arttıran faktörler nedeniyle artmaktadır (Yüksel, 1997). Göl ve göletlerdeki suyun pH'ı ise gölün oluşum yaşından ve kimyasal deşarjlardan etkilenmektedir. Birçok göl ilk başlarda bazik (pH>7) özellik gösterirken daha sonraları asidik (pH<7) özellik kazanmaktadır. Bu asidik ortam organik maddelerin çözünmesini artırmakta ve CO₂

oluşmaktadır. Bu CO₂ karbonik asit olarak bilinen zayıf nitelikli asiti üretmek üzere suyla birleşmektedir. Balıkların çoğu yaklaşık pH 5-9 arası değerleri tolere edebilmektedir (Sınanmış, 2001).

Yüzyıl önce araştırmacılar kirli sularda ve temiz sularda farklı türlerin yaşadığını görmüşlerdir. Biyoindikatörler; bir ortamda bulunuşları, bollukları, iyi bir gelişim göstermeleri, belirli koşullarda da ortadan kaybolmalarıyla, belirli bir yetişme ortamı koşulları hakkında bir yargıya varma olanağı sağlayan canlı türleridir. Biyoindikatörler, çevresel kirliliğe yaşam fonksiyonlarını değiştirerek veya toksinleri vücudunda biriktirerek cevap verirler (Ellenberg vd., 1991). Biyoindikatör olarak kullanılacak organizma grupları bazı kriterlere göre belirlenmektedir. Bu organizma grupları öncelikle kolay teşhis edilebilmeli, kolaylıkla toplanabilmeli (yani az sayıda ve ucuz elde edilebilecek toplama malzemesinin yeterli olması), kozmopolit bir dağılım göstermeli, indikatör olarak seçilecek organizmanın hakkında otoekolojik veri zengin olmalı (bu bilgiler yorumlarda ve nümerik analizlerin uygulanmasında kolaylık sağlar), kirlilik etmeni olan zararlı maddeyi vücudunda biriktirmiş olmalı, laboratuarda kolayca üretilebilmeli, genetik yönden ve biyolojik komünitedeki rolleri açısından düşük değişim özellikleri göstermelidir. Biyolojik indikatör olarak kullanılacak organizmalar; balıklar, bakteriler, protozoalar, bentik algler, taban büyük omurgasızları, makrofitlerdir (Kazancı vd., 1997).

Kirliliğin spesifik fizyolojik fonksiyonlar üzerine etkisinin mekanizmasını belirlemek içinse çeşitli organizmalar kullanılabilir. Kirlenen bölgelerde, balığın ksenobiyotiklere maruz kalması bu kimyasallar ile biyolojik sistemler arasında bir etkileşime neden olarak biyokimyasal parametrelerde olumsuz değişimlerle sonuçlanmaktadır (Gül vd, 2004). Biyokimyasal parametreler balıkların sağlık durumlarının bir göstergesi olarak sıkça kullanılmaktadır. Bu bakımdan herhangi bir stresin göstergesi olarak biyokimyasal metotların kullanımı, bu değişen çevreye karşı balıkların fizyolojik tepkileri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Blaxhall ve Dasley, 1973). Aerobik organizmalarda normal fizyolojik ve metabolik süreçler sonucunda üretilen reaktif oksijen türleri (ROS) çok toksiktir ve birçok biyomolekülü oksitleyerek hücre ölümüne ve doku hasarlarına yol açarlar. Bu reaktif oksijen türleri insan vücudunda devamlı oluştururlar ve normal şartlar altında enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemleri tarafından ortadan kaldırılmaktadırlar. Prooksidanlar ve antioksidanlar arasındaki denge, aerobik organizmaların fonksiyonu ve yaşamı için önemlidir. Prooksidanlar lehine ve/veya antioksidanlar aleyhine bir dengesizlik, canlı

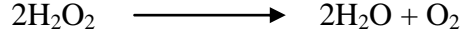
vücudunda güçlü bir şekilde hasara yol açar ve bu oksidatif stres olarak adlandırılır (Meoitti vd., 2004).

Kirlenme redoks döngüsü yolu ile zararlı serbest radikaller üreten belli kirleticilerle (örneğin; metal) yakından ilgilidir. Normal areobik metabolizmadan devamlı reaktif oksijen türlerinin üretimi ile başa çıkmak için, hücreler ve dokular hem enzimatik (SOD, KAT, GSH-P_x) hem de non-enzimatik (glutatyon, vitamin E, C, karatoneoidler) çok sayıda hücresele antioksidanlar içermektedirler. Bazı non-enzimatik düşük molekül ağırlıklı antioksidan bileşenler kullanılarak normal oranların altına düşebilmektedir. Biyolojik sistemlerde hücresele antioksidan savunma sistemi, çevresel kirleticilere maruz kalındığında bozulmakta, ama canlı organizmalarda antioksidan seviyeleri oksidatif stresin neden olduğu dengesizliği düzeltmek için ise artmaktadır. Antioksidan enzimlerin seviyeleri, organizmanın antioksidan durumunun bir indikatörü ve oksidatif stresin biyobelirteci olarak kullanılabilir (Shen vd., 2007; Barim ve Kartepe, 2010). Oksijen türevlerine karşı savunma sağlayan küçük moleküller ve enzim sistemleri serbest radikallerin düşük steady-state konsantrasyonlarda kalmalarını sağlar. Bu savunma mekanizmalarının aerobik hücrelerin canlılığını sürdürmede ne derece kritik bir öneme sahip oldukları çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (Gregory ve Fridovich, 1973; Fridovich, 1975; Chance vd., 1979).

Bir dizi molekül, membranda, lipofilik serbest radikalleri daha az toksik forma indirir. Vitamin E superoksit, hidroksil ve lipid peroksidasyon radikallerini bu şekilde etkiler (Nishikimi vd., 1980). Benzer şekilde askorbat, suda çözünür bir redüktan ve radikal temizleyici olup ayrıca tokoferollerini indirgenmiş aktif formda tutar (Tappel, 1969). Yine beta-karoten de lipid peroksidasyonunu önler ve radikalleri ortadan kaldırır. Şekerler, doymamış aminoasitler, sülfür-içeren aminoasitler, doymamış yağ asitleri de serbest radikallerle reaksiyona girerler ve bu nedenle hücrede serbest radikalleri temizleyici moleküller olarak kabul edilirler. Glutatyon (GSH) hidrojen peroksiti, lipid peroksitleri, disülfidleri, askorbat ve serbest radikalleri indirgeyebilir (McCay vd., 1976)

Süperoksit dismutaz, süperoksitin hidrojen perokside dismutasyonunu katalize eden bir metaloenzimdir. İnsanda SOD'nin iki tip izoenzimi mevcuttur. Sitolde dimerik, Cu ve Zn içeren izomeri (Cu-Zn SOD) ile mitokondride tetramerik, Mn içeren izomeri mevcuttur (Mn-SOD). Prokaryotlarda Fe içeren bir izomeri daha vardır (Fe-SOD). Ayrıca 1982 yılında glikoprotein yapısında olan ekstrasellüler SOD (EC-SOD) tanımlanmıştır

(Marklund, 1984; Akkuş, 1995; Öztürk vd., 1997;). Katalaz, dört hem grubu içeren bir hemoprotein olup hidrojen peroksidi oksijen ve suya parçalar (Buettner, 1998).



Daha çok peroksizomlarda bulunur. Karaciğer, böbrek, miyokard, çizgili kas ve eritrositlerde aktivitesi yüksektir. İndirgeyici aktivitesi hidrojen peroksit, metil ve etil hidroperoksitler gibi küçük moleküllere karşıdır. Büyük moleküllü lipid hidroperoksitlere etki etmez (Karabulut vd., 2002). Sitolojik enzim olan glutatyon peroksidaz hidroperoksitlerin indirgenmesinden sorumludur. Enzim aktivitesinin en yoğun olduğu dokular eritrosit ve karaciğerdir (Rencüzoğulları, 2006).

Lipid peroksidasyonu, poliansatüre yağ asitlerinin zincirleme bir radikal reaksiyonudur. Lipid peroksidasyonu serbest radikaller tarafından sebep olunan oksidatif stresin bir göstergesi olarak en yaygın kullanılan metotlardan biridir (De Zwart ve Meerman, 1999). Lipid peroksidasyonu sonucu oluşan ürünlerin başlıcaları malondialdehit (MDA), 4-hidroksinonenal, 4-hidroksi-2,3-transnonenaldır (Valavanidis vd., 2006).

1.1. Su Kirliliği

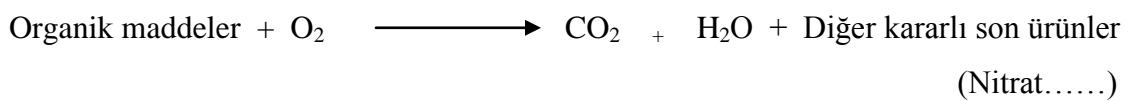
Su yaşamsal vücut olaylarının sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir maddedir. Vücudumuzda çeşitli yaş gruplarına göre farklılıklar göstermekle birlikte ortalama % 70 oranında su vardır. Hücre metabolizmasının meydana geldiği sitoplazma, besin öğelerinin hücrelere kadar ulaşmasını ve atıkların hücrelerden uzaklaştırılmasını sağlayan kan, sudan oluşmuş bir ortamdır. Kaynağından kullanım aşamasına kadar en kolay kirlenen madde sudur. Çünkü su eritir, taşır, bırakır ve akar (Güler, 1997). Su kirliliği, sucul ortamların çevresine insanoğlu tarafından doğrudan veya dolaylı olarak verilen madde veya enerji sonucunda su canlıları için zararlı olan, insan sağlığını tehdit eden, balıkçılık dahil olmak üzere sucul ortamlardaki aktiviteyi değiştiren, kalitesini bozan faktörlerin tümüdür (Göksu, 2003). Hızlı sanayileşme, nüfustaki hızlı artış ve kentleşme, yetersiz altyapı ve sanayi kuruluşlarının pek çoğunda arıtım tesisinin bulunmayışı çevre kirliliğini oluşturmaktadır.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde evsel ve endüstriyel atıkların yeterince arıtılmadan nehir göl ve deniz gibi alıcı ortamlara verilmesi ekolojik sistem için ciddi problemler oluşturmaktadır (Egemen, 1999). Su kirlenmesi, doğal ve yapay yoldan olmak üzere iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Doğal yoldan su kirlenmesi, erozyon nedeniyle toprak ve onun getirdiği çeşitli kirleticiler ile, havanın içerdiği ve buradan suya karışan polenler gibi çeşitli kirleticiler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Doğal yoldan suya karışan kirleticiler, suyun kendi kendini temizlemesi (otopürasyon) ile zararsız hale getirilebilmektedir. Sulardaki zararlı maddeleri zararsız hale getiren bakterilerin bu işlevi yerine getirebilmesi sudaki biyolojik oksijen (erimiş oksijen) miktarına bağlı bulunmaktadır. Ancak suya karışan organik ve toksik madde biçimindeki atıkların fazla olması durumunda biyolojik oksijen miktarı azaldığından, sudaki otopürasyonu meydana getiren bakterilerde azalmaktadır. Böylece sular kirlenmektedir (Ertürk, 1999). Çeşitli yollarla sucul sistemlere katılan kirleticiler, burada bulunan canlılara zarar verecek ölçüde suyun kimyasal bileşimini, sıcaklığını veya mikrobiyal bileşimini değiştirerek su kalitesinin bozulmasına ve su kirliliğine yol açarlar (Lloyd, 1992). Su kirliliği, Organik maddelerden kaynaklanan, inorganik maddelerden kaynaklanan, katı maddelerden kaynaklanan, ısı kirlenme (termal kirlenme) ve radyoaktif kirlenme olarak 5 gruba ayrılır (Göksu, 2003).

1.1.1. Su Kirliliğinin Çeşitleri

a-) Organik Maddelerden Oluşan Kirlenme

Organik kirlilik, oksijen azlığında, akarsularda yaşayan organizmaları etkilemektedir. Organik madde miktarının aşırı artışı sonucunda, su ortamında bulanıklık oluşacak, güneş ışığının suya girişi azalacak ve fotosentez olayları olumsuz şekilde etkilenecektir. Organik kirleticiler; evsel veya endüstriyel kökenli olabilir. Şeker, süt, bira, konserve ve diğer gıda sanayi atıkları bu grupta yer alır. Sulara organik atıkların karışması durumunda, organik maddeler, bakteri faaliyetiyle biyokimyasal ayrışmaya uğrarlar.



Aerobik bakteriler, organik maddeleri ayrıştırarak karbondioksit, su ve kararlı bileşiklere dönüştürürler (Göksu, 2003) .

b-) İnorganik Maddelerden Oluşan Kirlenme

Organik kökenli kimyasal maddeler toprakta ve suda genellikle bozunmaya uğrar ve yan ürün olarak inorganik maddeler açığa çıkarır. Bazı organik maddelerin parçalanması zor veya uzun süre alır. İnorganik ve radyoaktif maddelerin uzaklaşması ise oldukça zordur (Özmen, 1998). Başlıca metal endüstrilerini oluşturan metal kaplama sanayi, otomotiv sanayi, elektrik ve elektronik malzemeleri, mutfak ve ev eşyaları işlenmesi esnasında kullanılan su içerisinde bol miktarda ağır metal tespit edilmiştir. Sularda kirlenmeye neden olan ağır metaller inorganik karakterli olup çoğunlukla asidiktir.

Bu metaller çok küçük konsantrasyonlarda dahi suda yaşayan canlı organizmalar için öldürücü olabilir. Ayrıca ekosistem içerisindeki besin zincirine girerek insan sağlığını da tehdit edebilir (Çalta ve Girgin, 1998). Metaller boşaltım ortamlarındaki canlı yaşam üzerinde, konsantrasyonları ile orantılı olarak toksik (zehirli) etki yaparlar. Eser miktarda bile sakıncalı olabilen bu maddeler arasında en önemli grubu “ağır metaller” diye adlandırılan Sb, Ag, Be, Cd, Cr, Hg, Ni ve Se gibi elementler oluşturur (Göksu, 2003).

c-) Katı Maddelerden Oluşan Kirlenme

Bu maddeler, organik veya inorganik kökenli olabilirler. Atık sular alıcı suya karıştığı zaman, atık yapısına göre çökerek çökelebilen katı maddeleri; yüzerek yüzücü maddeleri; ve suda asılı durumda kalarak, askıda katı maddeleri oluşturular (Göksu, 2003).

d-) Isıl Kirlenme (Termal Kirlenme)

Doğa sularına salınan artık ısıya termal kirlenme adı verilmektedir. Ekoloji uzmanları ıyı dünyadaki hayatı kontrol eden bir olay olarak düşünürler. Balıklar poikilotermdir, yani değişken kanlı canlılardır ve suyun sıcaklığına göre vücut sıcaklıklarını ayarlayabilirler. Su altı bitkileri ve hayvanlar, su içindeki mevsimsel değişikliklere uyum sağlaması pek kolay olmamaktadır. Suyun ısısı balıkların iştahı ile yakından ilgilidir. Isının iştahı ayarlaması ve yiyeceklerin vücut ağırlığına dönüştürülmesi

ve vücut ağırlığının artması yumurtlama gücünü çoğaltır. Su sıcaklığının artması, suyun gazlara olan doygunluk derecesini etkileyeceğinden, ortamdaki suyun oksijene olan doygunluk seviyesini de azaltacaktır. Böylece, alıcı suyun ısınması ile, bir yandan sudaki çözünebilen oksijen miktarı azalacak, diğer yandan da, ortamdaki organizmaların oksijen tüketimi artacaktır. Sonuçta su ortamındaki oksijen miktarı azalacak, böylece ortamda oksijensiz koşullar ortaya çıkacaktır (Göksu, 2003).

e-) Radyoaktif Kirlenme

Radyasyon kirliliğinin en önemli nedenleri arasında atmosfere toprak altında yapılan nükleer denemeleri sayabiliriz. Nükleer reaktör kazaları bir diğer nedendir. Toprağa gömülen radyoaktif atıkların kaplarının sızdırması toprak aracılığı ile radyoaktif elementlerin bitkilere ve hayvanlara ulaşmasına yol açabilir. Nükleer yakıtla çalışan araçlardan olan sızıntılar, bir diğer faktör olabilir. Radyasyon tedavi birimlerinin çevresi, radyoaktif yöntemler kullanan laboratuvar atıkları da radyasyon kirlenmesi nedeni olabilir (Güler, 1991; Güler, 1992)

1.1.2. Su Kirliliğinin Saptanmasında Kullanılan Parametreler

Sularda kirlilik yapabilen zehirli, patlayıcı, yanıcı veya tahriş edici birçok madde bulunabilmekte veya herhangi bir nedenle bu özellikteki maddeler sulara karışabilmektedir. Bu kirleticiler ve oluşturdukları etki hakkında bir fikir sahibi olabilmek için, bazı ortak tanımlama parametreleri geliştirilmiştir. Su kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan fiziko kimyasal kalite parametreleri, kullanım sıklıkları ve belirleyici özellikleri dikkate alınarak Genel parametreler ve özel parametreler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Göksu, 2003).

Genel Tanımlayıcı Parametreler; Renk, koku, sıcaklık, bulanıklık, tuzluluk, pH ve çözülmüş oksijen parametreleridir. Bu parametreler sadece kirliliğin durumu hakkında bilgi vermekle kalmaz kirliliğin özelliğine göre hangi özel parametrelerin incelenmesi gerektiği konusunda da bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır (Göksu, 2003).

1. Renk

İçilebilir nitelikte bir suyun renksiz olması gerektiğini biliyoruz. Suyun rengi içerisindeki endüstriyel atıklara, organik ve inorganik bir takım eriyiklere bağlı olabilir. Doğal yüzey sularının rengi pH arttıkça artar. Sudaki renk, tat ve kokuyla da yakından ilgilidir (Güler, 1997). Su içindeki metalik iyonlar (demir, mangan, v.b.), humik ve fulvik asitler, plankton, çürümüş bitkiler ve endüstriyel atıklar renk kaynaklarıdır. Suyun rengi genellikle suda kolloidal halde bulunan organik ve inorganik maddelerden veya endüstri alanlarındaki erimiş kimyasal maddelerden ve boyalardan ileri gelir (Baltacı, 2000). Demir ve mangan gibi renk bazı yüzey sularında bulunduğu gibi, daha çok yeraltı sularında bulunurlar. İçme suyundaki diğer önemli demir kaynağı ise suyu taşıyan demir boruların çözünmesidir. Demir suya kırmızı kahverengi, mangan ise siyah renk verir. Karakteristik kırmızı renkteki su, hidroksit şeklinde demirin çökmesinden, kırmızı su demir II'nin demir III'e oksitlenmesinden ileri gelir. Her iki olay mikrobiyolojik kaynaklıdır (Güler, 1997). Renk giderimi ozonlama, koagülasyon, sedimantasyon ve filtrasyon işlemleriyle gerçekleştirilebilir. İçme ve kullanma sularında platin-kobalt skalasına göre 15 üniteden fazla renk bulunması istenmez. İçilebilir suların renk ölçüsü TS 266'ya göre 5 birimdir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) içme suyu standardında renk için 50 Co birimi verilmektedir. Hedef olarak 5 Co birimi amaçlanmıştır (Baltacı, 2000). Renk, ışık geçirgenliğini olumsuz yönde etkilediği için, güneş ışığının suların alt tabakalarına kadar inmesi engellenmektedir. Bunun sonucunda, su ortamlarındaki fotosentez olayları da engellenmektedir. Fotosentezin engellenmesiyle, gerekli oksijen üretimi gerçekleşmemekte ve solunum sorunları ortaya çıkmaktadır. Renk artışının, su ürünleri yaşamı üzerindeki bir başka olumsuz etkisi, beslenme ve besin bulma üzerinedir. Görme, engellendiği için, su canlılarının avlanabilme yetenekleri engellenmiş olmaktadır. Görüldüğü üzere, her ne kadar doğrudan olumsuz etki yapmasa da, su ortamındaki renk sorunu, su ürünleri yaşamını tehdit edebilmektedir (Göksu, 2003).

2. Koku

Su ortamında, hangi şekilde olursa olsun bir kokunun varlığı, ortamın kirlenmiş veya kirlenmekte olduğunu işaretidir (Göksu, 2003).

Yeşil alglerin büyük çoğunluğu canlı kaldıkları müddetçe suya fark edilir bir koku ve tat vermemektedir. Hâlbuki mavi-yeşil algler çok daha fazla tat ve kokuya sebep olmaktadır. Ayrıca su hazneleri, baraj veya göllerin tabanındaki bitkiler çürüyerek istenmeyen koku ve tat meydana getirmektedir. Bu bakımdan doldurmaya başlamadan önce biriktirme hazneleri ve baraj göllerinin su altında kalacak olan sahalarındaki bütün bitki ve ağaçların temizlenmesi gerekmektedir (Eroğlu, 1995). Genellikle koku, ortamdaki anaerobik koşulların varlığını işaret eden başlıca parametredir. Örnek verecek olursak çürük yumurta kokusu H_2S gazının varlığını buda organik maddelerin oksijensiz koşullarda parçalanmakta olduğunu gösterir. Bu kokular çok değişiktir. Sular; balıksı, küfümsü, baharatsı, otsu vb. kokuda olabilir (Göksu, 2003).

3. Sıcaklık

Sıcaklık, su hayatını doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Yaşamın temelini oluşturan biyokimyasal reaksiyonlar, sıcaklık başta olmak üzere, tüm fiziksel faktörlerin etkisi altındadır (Göksu, 2003).

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlenir. Genel olarak ekvatorдан uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer. Yeraltı sularının sıcaklığı ise, daha çok derinliğe bağlı olup 20-40 m. derinlikte $1^{\circ}C$ yükselir. İçilmeye elverişli suyun sıcaklığı $7-12^{\circ}C$ arasında olmalıdır (Baltacı, 2000). Akarsularda sıcaklığın, yüksekliğe, iklime, atmosfer şartlarına, akıntı hızına ve nehir yatağının yapısına göre değiştiği bildirilmektedir (Cirik ve Cirik, 1995). Sıcaklıkla ters orantılı olan çözünmüş oksijen, sıcaklık arttıkça azalır, sıcaklığın azalmasıyla birlikte artar (Sarıhan, 1985). Suda artan sıcaklık, oksijen tüketimini arttırdığı gibi balığın gelişimini, solunumunu, kalp atışını, kan dolaşımını, enzim etkinliğini ve fizyolojik olayları hızlandırır (Tanyolaç, 2000). Dünya üzerindeki yüzeysel suların sıcaklıklarının farklı değerlerde olması normal bir sonuçtur. Dolayısıyla, sıcaklık parametresi ile ilgili standart bir değer belirtmek uygun görülmemektedir. Ancak aşağıdaki koşulların, su kalitesini bozduğu bildirilmektedir (Munsuz ve Ünver, 1995).

1. $30^{\circ}C$ 'den yüksek sıcaklık
2. $3^{\circ}C$ 'den fazla sıcaklık artışı
3. Bir saat içinde, $0,5^{\circ}C$ 'den fazla sıcaklık dalgalanması

4. Yaşamı ve ürün kalitesini olumsuz etkileyen sıcaklık dalgalanması
5. Suyun arıtma işlemlerini olumsuz yönde etkileyen sıcaklık dalgalanması
6. Suyun serinletici veya içim özelliğini azaltan sıcaklık değişikliği

4. Bulanıklık

Saf su oldukça berraktır. Berrak suda ışık çok az bir kayıpla su altında oldukça derinlere inebilir. Doğal su hiçbir zaman saf su kadar berrak değildir; çünkü içinde çözülmüş maddeler, mikroskobik canlılar, askıntı maddeler vb. birçok parçacık bulunur (Yaramaz, 1990) Bulanıklık kil, süt, ince parçalanmış organik maddeler, yosunlar, diatometreler, demir bakterileri ve diğer mikroorganizmaların oluşturduğu haldir (Erguvanlı ve Yüzer, 1987). Az bulanık sular canlılar için gerekli maddeleri daha fazla taşıdığından, yasama ortamı olarak daha elverişlidir. Akarsuların aşağı havzalarında (ilkbaharda üst havzada) bulanıklık en yüksek düzeydedir. Suyun fazla bulanık olmasının kirlilik göstergesi olarak alınması gerekmektedir (Çobanoğlu, 1995) .

Turbiditenin yoğun olmadığı akarsularda plankton gelişerek suyun yeşil görünmesine neden olabilir. Akarsuların çoğu akış sırasında oldukça fazla alüvyon ve diğer ince parçacıkları taşıdığından bulanık görünür. Bulanık suda ışık çok çabuk soğurulduğundan fitoplankton azalır (Yaramaz, 1990). Bulanıklığın 3 bakımdan önemi vardır. Su ne kadar sıhhi olursa olsun istenmez, şüpheyle bakılır. Çünkü askı halindeki maddeler içinde sağlığa zarar veren mikroplarda bulunabilir. İkincisi filtre edilmesinin zorlaşması ve kimyasal maddelerle çökeltmeleri gerekir, o da pahalı olur. Son olarakta dezenfeksiyonu zorlaştırır. Canlı organizmalar askı halindeki bulanıklık veren maddeler üzerinde bulduklarından klorun veya dezenfektanın etkisini zorlaştırır. Daha fazla dezenfektan harcanır (Erguvanlı, 1987).

5. Tuzluluk (Salinite)

Sucul canlılar, biyolojik istekleri bakımından farklı tuzluluk konsantrasyonlarına sahip su ortamlarında yaşayabilmektedirler. Örneğin, balıkları ele alırsak, balıklar tuz istekleri doğrultusunda tatlı su, acı su ve tuzlu su balıkları diye gruplara ayrılmaktadır. İşte, sucul canlıları yaşadığı ortamın özelliğinin bu yönden belirlenebilmesi için, ortamın tuzluluk miktarının belirlenmesi önemlidir (Göksu, 2003).

Dünyadaki suyun % 97,6'sı okyanus ve denizlerde tuzlu su olarak bulunmaktadır (Erb, 1997). 1 kg deniz suyunda tüm karbonatlar okside, bromür ve iyodür klorüre dönüştükten, organik maddeler yükseltgendikten sonra ve kalan 4800°C'de sabit tartıma getirildikten sonra elde edilen kütlenin gram olarak ağırlığına tuzluluk denir.

İç sularda tuzluluk dört katyon grubu (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) ve dört anyon grubu (HCO_3^- , CO_3^- , SO_4^- , Cl^-)'den oluşur. İç sulardaki düşük tuzluluk derecesi canlıların dağılımını etkiler. Bazı bakteri ve algler homiosmotik (ancak hafif tuzluluk farklarına dayanabilir) ise ilkel bitki ve hayvanların birçoğu örihalin (büyük tuzluluk farklarına dayanabilir) özellikteki canlılardır (Yaramaz, 1990).

6. Elektriksel İletkenlik (Kondüktivite)

İletkenlik, sulu çözeltilerin elektrik akımını iletme yeteneğidir. Elektriki kondüktivite (iletkenlik) denen bu parametre, çözeltideki atık madde miktarını ve tuzlulukla ilişkisini yaklaşık olarak gösterir. İletkenlik 1 cm²'lik alanda 1 cm aralıkla duran iki platin elektrod arasındaki direncin ölçümü olarak ifade edilir ve 250 °C'da her cm için mikroohms veya megaohms olarak belirtilir. Son yıllarda kondüktivite birimi olarak $\mu\text{S}/\text{cm}$ kabul edilmiştir (Yaramaz, 1990). Genellikle doğal sularda iletkenlik yaklaşık olarak çözünmüş katı maddelerin toplamıdır.

Dışarıya akıntısı olan göllerde total çözünmüş madde miktarı 100-200 ppm arasındadır. Akıntısı olmayan kapalı göllerde buharlaşma çözünmüş katı madde miktarını artırır, bazı hallerde 100.000 ppm'e kadar çıkabilir. Böyle, oldukça yüksek yoğunluktaki göller ortalama 35.000 ppm yoğunluğa sahip olan denizlerden daha tuzludur. Doğal sular organik fosfor ve azot bileşikleri yanında sekerler, asitler ve vitamin gibi organik bileşikleri de kapsar. Ancak organik maddelerin çoğunun oluşumu ve rolü hakkında bilgiler henüz yeterli değildir (Yaramaz, 1990).

Tablo 1.1. Suların özgül elektriksel iletkenliği esas alınarak yapılan sınıflandırılması (Erguvanlı ve Yüzer, 1987).

EC (25°C de Microohm/cm)	Sınıf
250' den az	Çok iyi
250-750	İyi
750-2000	Kullanılabilir
2000-3000	Şüpheli
3000' den fazla	Kullanılamaz

7. pH

pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Suların pH'ı hidrojen iyonu üreten veya oluşturan birbirleri ile ilişkili kimyasal reaksiyonlar tarafından kontrol edilir. Doğal yer altı sularının pH'ı 6,0 – 8,5 arasında değişir, fakat termal sularda düşük pH değerleri de görülebilir. Kirlenmemiş suların pH'ı 6,5–8,5 arasındadır (Hem, 1985). Sudaki karbonat, hidroksit ve bikarbonat iyonları suyun bazikliğini artırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asitler suyun asitliğini artırır. Asidik sular bazik sulara göre daha az yaygındır. Asidik maden işletmeleri sularının drenajı ve nötralleştirilmemiş endüstriyel atık sular, suların pH'ını düşürür (Mc Neely, 1979). Çoğu doğal suyun pH'ı karbondioksit - bikarbonat - karbonat denge sistemi tarafından kontrol edilir (WHO, 1984)

Göl ve göletlerdeki suyun pH'ı ise gölün oluşum yaşından ve kimyasal deşarjlardan etkilenmektedir. Birçok göl ilk başlarda bazik (pH>7) özellik gösterirken daha sonraları asidik (pH<7) özellik kazanmaktadır. Bu asidik ortam organik maddelerin çözünmesini artırmakta ve CO₂ oluşmaktadır. Bu CO₂ karbonik asit olarak bilinen zayıf nitelikli asiti üretmek üzere suyla birleşmektedir (Sınanmış, 2001). Avrupa iç sular balıkçılığı için saptanan kalite kriterlerinden asitlik ve alkalilik, dikkate alınan önemli faktörlerdendir. pH'nın 5-9 arasındaki değerleri, balıklar için uygun görülmektedir. Bununla birlikte, genel kirletici maddelerin özellikle zehir etkilerinin pH'daki değişmeyle dalgalandığı, bunun sonucunda zehir etkisinin artıp azaldığı belirtilmektedir (Alabaster ve Cloyd, 1980).

8. Çözünmüş Oksijen

Suda çözünen oksijen (ÇO) su içindeki yaşamın temelini oluşturur. Bu oksijen konsantrasyonu, su ile temas halinde olan havadaki oksijenin kısmi basıncı, su içinde çözülmüş olarak bulunan tuzların konsantrasyonu ve suyun sıcaklığına bağlıdır. Sularda minimum bir çözülmüş oksijen konsantrasyonunun muhafaza edilmesinden amaç, balık ve vahşi hayatın korunması, suyun dinlendirici tesirinin devamı ve atık maddelerin ayrışmasından doğan kokuların önlenmesidir. 4 ila 5 mg/l' lik bir sınır değer çözülmüş oksijen için kabul edilmiştir (Yıldız, 1996).

Havadaki oksijen derişiminin yaklaşık %21 olmasına karşın, suda çözünlüğü daha düşüktür. Oksijen doygunluğu sıcak sularda 7 mg/l'den soğuk sularda 15 mg/l'ye kadar değişebilir ve 20 °C'de atmosferik basınçta ve deniz seviyesinde 9.2 mg/l'dir. Sucul ekosistemde biyolojik aktivitenin tipi ve miktarı ortamda bulunan çözülmüş oksijen derişimine bağlıdır. Sudaki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanması suda çözülmüş oksijen derişiminin azalmasına ve sonuç olarak sucul canlıların gereksinim duyduğu oksijen (O₂) miktarının (biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)) artmasına neden olur (Hauserr, 1996).

Genel parametreler yardımı ile elde edilen ön bilgiler değerlendirildikten sonra, kirliliğin özelliğine göre, özel tanımlayıcı parametrelerden uygun olanlar seçilir ve araştırmalar yapılır. Bazı özel tanımlayıcı parametreler arasında Karbondioksit, Amonyum-Amonyum Hidroksit, Amonyak, Nitrit, Nitrat, Hidrojen Sülfür, Metan, Asitlik-Alkalilik-Asit Bağlama Yeteneği, Klor, BOİ-KOİ, Organik Madde, Sertlik, Koliform Bakteri, Ağır Metaller, Zirai Mücadele Kalıntıları (Pestisitler ve Gübreler), Radyoaktif Maddeler, Yüzey Aktif Maddeler, Petrol, Fenoller ve Katılar (Yüzücü, Çözülmüş, Çökebilen ve Askıda) ve Kolloidal Maddeler sayılabilir (Göksu, 2003).

a) Amonyak

Bu bileşik birçok atıkta bulunmakla birlikte özellikle ortamdaki organik maddelerin doğal bozunmaları ve amonyak ve nitrat bileşikler içeren sentetik gübrelerin topraktan yıkanmaları ile sucul sistemlere katılmaktadır (Hauser, 1996). Ortamda kirliliğin önemli bir göstergesi olan serbest amonyak 0,2 mg/l'yi aştığında çeşitli balıklarda ölüme neden olabilmektedir (Yaramaz, 1992).

b) Nitrit ve Nitrat

Sulardaki nitrit ve nitratın asıl kaynağını oluşturan organik maddeler, azotlu gübreler ve doğada var olan nitrathlı minerallerdir. Ortamda nitrit ve nitratın yüksek miktarda bulunması suların kirlenmiş olduğunun bir belirtisidir. Nitrit ortamda uzun süre bulunmasa da balıklarda çeşitli hastalıklara neden olabilmektedir. Yağışla değişen nitrat miktarı tarım alanlarından su ortamlarına sürüklenmektedir. Nitrat, balıklar, plankton ve su bitkileri için önemli bir besin kaynağıdır ve canlıların gelişimini desteklemektedir. Ancak, alglerin kontrolsüz büyümesi, oksijen seviyesini düşürerek balık ölümlerine neden olabilmektedir (Sınanmış, 2001).

c) Metan

Organik maddelerin anerobik koşullarda parçalanması sonucunda göllerde, havuzlarda, akarsularda ve pis su arıtım tesislerinin biyolojik arıtım ünitelerinde, metan gazı oluşmakta ve gaz hava kabarcıkları şeklinde su yüzeyine çıkmaktadır. Metan gazının oluşumunda ,anaerob bakteriler önemli rol oynamakta ve olay sonucunda karbondioksit oluşmaktadır (Göksu., 2003).

d) Asitlik-Alkalilik

Asitlerin sucul canlılığa temel etkileri suyun pH'sını değiştirmelerinden kaynaklanır. Ortamın asiditesindeki artış özellikle ağır metal komplekslerinin çözünürlüğünü artırarak geniş alanlara yayılmasına, sucul organizmalar tarafından kolayca ortamdan alınmasına, birikime ve toksik etkilere neden olur (Heath, 1995; Donkin vd., 2000). Alkalilik suda baz konsantrasyonu ifadesi olup, suyun asit tutma kapasitesi veya su ortamlarının, asitli suları nötrleştirme yeteneğidir. Alkali sula, doğal olarak kalsiyum ve silşisçe zengin bölge sularıdır. Aşırı alg çoğalmaları, sularda alkali yapı oluşmasına neden olabilmektedir (Göksu, 2003).

e) Klor

Klor gazı suya endüstriyel soğutma sistemlerinde koruyucu veya kanalizasyon atıklarında dezenfektan olarak eklenir. Serbest klor gazı suda herhangi bir zaman periyodunda bulunmaz, hemen hipokloroz asit (HOCl), hipoklorit (OCl⁻) ve hidroklorik asit (HCl) oluşturur, bunlar yaygın olarak “serbest klor” olarak ifade edilir.



Amonyak varlığında, serbest klorun bir kısmı ya da tamamı amonyak ile kloraminler oluşturmak üzere tepkimeye girecektir. Kloraminlerin toplam derişimi kombine klor rezidüleri olarak adlandırılır. Toplam rezidüel klor serbest ve kombine derişimlerin toplamıdır. Klorun bu iki şeklinin kısmi stabilitesi ve toksisitesi belirgin şekilde farklıdır. Serbest klor daha toksiktir fakat kombine şekli daha stabildir ve bu yüzden uzun süre kalıcıdır (Heath, 1995; Hauser, 1996).

f) Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), çevre kirlenmesinin belirlenmesinde en çok kullanılan kolektif parametrelerden biridir. Kimyasal oksidasyonda maddenin biyolojik olarak ayrışıp ayrışmadığına ve ayrışma hızına bakmaksızın bütün organik maddeler oksitlenmektedir (Barim ve Karatepe, 2010).

g) Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Aerobik şartlarda bakterilerin organik maddeleri parçalamak için ihtiyaç duydukları oksijen ihtiyacı olarak tanımlanır. Organik maddelerin biyolojik oksidasyonunun tamamlanması için 20 günden fazla bir süre gerekmele beraber, BOİ miktarının büyük bir kısmının ilk 5 günde kullanıldığı görülmüştür (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

h) Ağır Metaller

Metaller doğada bol miktarda bulunan ve doğal bozulmaya dirençli elementlerdir. Metaller jeolojik ve biyolojik yollarla doğada hareket ederler. Yağmur suları ile kayalar ve maden yataklarından çözülerek akıntılar ile toprağa, nehirlere, denizlere ve sedimente ulaşır. Biyolojik döngü ise bitki ve hayvanlar tarafından metallerin biriktirilip besin zincirine katılmalarını kapsar. Boşaltım ve ölü canlıların çürümesi ile tekrar çevreye katılırlar (Donkin vd., 2000; Goyer ve Clarkson, 2001).

i) Pestisitler

Günümüzde tarımda birim alandan daha fazla ürün almak ve çeşitli zararlılarla mücadele etmek amacıyla pestisitler kullanılmaktadır. Pestisitler yağmur suları, drenaj suları, yüzey akışları ve sulama sularına karışarak topraktan emilebilmekte ve sucul ekosistemlere bulaşabilmektedir (Benli vd., 2012).

j) Askıda Katı Maddeler

Su içindeki kil, silis, organik maddeler, mikroorganizmalar, çökebilir maddeler, kalsiyum karbonat, alüminyum hidroksit, demir hidroksit ve benzeri askıdaki maddeler buldukları suda bulanıklığa neden olarak ışığın sudaki geçirgenliğini engellemektedir (Barim ve Karatepe, 2010).

1.2. Biyoindikatörler

Su kalitesi, suyun faydalı bir şekilde kullanılmasını sağlayan tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörleri kapsamaktadır. Bu nedenle su kalitesinin belirlenmesinde suyun kalitesini etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin tespiti esastır. Biyolojik su kalitesi, akarsuyun organik kirlenmesinden dolayı oluşan biyolojik gösterge (indikatör) türlerine ve ortamda bulunan çözülmüş oksijen miktarına göre değerlendirmektedir (LAWA, 1980).

Su kirliliğinin, ortamda yaşayan canlıları doğrudan doğruya etkilediği göz önüne alınırsa, kirliliğin çevre kalitesinde yarattığı düşüşü belirleme de biyolojik kökenli bir sorundur. Fakat su kirliliğini belirlemeyle ilgili çalışmalarda fiziksel ve kimyasal verileri

toplamakla yetinilmektedir. Halbuki fiziksel ve kimyasal veriler ölçüm yapılan yerin o andaki durumu hakkında bilgi verir. Daha uzun bir dönemde su kalitesindeki değişimleri belirlemek için ek bir yöntem gereksinim duyulur. Bu da biyolojik yöntemdir (Kazancı vd., 1997).

Günümüze kadar, su ortamındaki kirlilikleri izlemede geleneksel metotlar suyun kimyasal analizleri idi. Ancak bu veriler su ortamında yaşayan biota üzerindeki kirleticilerin etkisini gösterememektedir (Rainbow ve Phillips, 1993, Webb ve Gagnon., 2002). Bu nedenlerle son yıllarda yapılan çalışmalarla akuatik kirliliği belirlemede organizmalardan yararlanılmaktadır. Organizmalar onları çevreleyen ortam ile denge halinde yaşadığından bütünleştirici örnekleme aracı olarak düşünülebilir. Organizmalar kirleticilerin organizma içi konsantrasyonları ve bunun sonucunda oluşan biyolojik etkiler arasındaki ilişkinin özelliklerinin anlaşılmasını sağlayabilirler (Taylan ve Özkoç, 2007).

Doğal ekosistemde sürekli, dengeli bir madde ve enerji döngüsü vardır. Ekosistemi oluşturan canlı grupları birbirine besin zinciri ile bağlıdır. Aldıkları besinleri enerjiye dönüştürüp kullanır, bir kısmını da depolayıp besin zincirinin bir üst halkasındaki canlıya aktarırlar. Canlılardan herhangi birinin kirleticiler ile zarar görmesiyle, madde ve enerji döngüsündeki bu zincirler kırılmakta, canlılar arasında varolan karşılıklı etkileşim bozulmaktadır. Zincirin farklı basamaklarında bulunan canlı grupları arasındaki besin ve enerji transferi engellenmektedir (Taylan ve özkoç, 2007).

Biyoindikatörler bir ortamda bulunuşları, bollukları, iyi bir gelişim göstermeleri, belirli koşullarda da ortadan kaybolmalarıyla, belirli bir yetişme ortamı koşulları hakkında bir yargıya varma olanağı sağlayan canlı türleridir. Biyoindikatörler çevresel kirliliğe yaşam fonksiyonlarını değiştirerek veya toksinleri vücudunda biriktirerek cevap verirler (Ellenberg vd., 1991).

Ellenberg vd., 1991’de indikatör organizmaların seçiminde önemli olan kriterleri şöyle sıralamıştır; teşhislerinin basit olması, organizmaların kolaylıkla toplanabilmesi, organizmaların kozmopolit bir dağılıma sahip olması, ekolojik isteklerinin iyi bilinmesi, kirlilik etmeni olan maddeleri biriktirebilmeleri, laboratuvar koşullarında üretilebilmesi ve komünitedeki rollerinin bilinmesidir.

1.2.1. Biyoindikatör Canlı: *Capoeta umbla*

Modern dünyada endüstriyel ve tarım faaliyetleri nedeniyle artan çevre kirliliği önemli bir problem haline gelmiştir. Balıklar ve kabuklular (*crustacea*) da sucul çevre kalitesinin değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılmakta ve çevre kirliliğinin biyoindikatörü olarak kabul edilmektedirler (Barim ve Karatepe, 2010). Bizim çalışmamızda da su kalitesinin değerlendirilmesi için biyoindikatör olarak *Capoeta umbla* türü balık kullanılmıştır.

Materyal balık (*Capoeta umbla*) Cyprinidae familyasına mensup *Capoeta* generisi Asya Kıtası'nın önemli bir bölümüne yayılmış durumdadır. Türkiye'de 5 tür (*Capoeta capoeta*, *Capoeta trutta*, *Capoeta barroisi*, *Capoeta pestai*, *Capoeta tinca*) ve 6 alt türü (*Capoeta capoeta umbla*, *Capoeta capoeta sieboldi*, *Capoeta capoeta bergamae*, *Capoeta capoeta kosswigi*, *Capoeta capoeta angorae*, *Capoeta capoeta capoeta*) ile temsil edilmektedir (Kuru, 1975; Geldiay ve Balık, 1988).

Materyal balık *Capoeta umbla* (Heckel, 1843) (siraz) ülkemiz sularında yaygın olarak özellikle ekolojik değeri yüksek, eti yerel koşullarda tüketilen ancak fazlaca sevilmeyen bir türdür. İyi büyümesi, yüksek adaptasyon kabiliyeti ve üretim potansiyeli ile işlenerek (balık unu ve surumu) kullanılabilir bir türdür (Aras vd.,2009).

1.3. Uzunçayır Baraj Gölü

Tunceli, Yukarı Fırat havzası içerisinde doğal su kaynakları açısından çok önemli bir yere sahiptir. Çevresindeki illerin neredeyse 2-3 katı fazla yağış (yılda ort. 1000 m³) alan ilde, bu yağışın akışa geçen kısmı Munzur ve Pülümür Nehirleri tarafından taşınmaktadır. Munzur Nehri, Ovacık'ın kuzeyinde yükselen Ziyaret Tepesi'nin eteklerinden doğup, çeşitli yönlerden gelen Havaçor, Mamuşağı, Şamuşağı, Kabuşağı, Nanikuşağı, Haçılı, Mercan, Merho ve Kalan derelerinin sularını topladıktan ve il merkezinde Pülümür Çayı ile birleştikten sonra Keban Baraj Gölü'ne dökülmektedir. Munzur ve Pülümür Nehirleri balık poplasyonunca zengin olup, balıkçılık yöre halkının önemli geçim kaynaklarından birisidir. Şimdi ise; Munzur ve Pülümür Nehirlerinin birleşme noktasının yaklaşık 25 km güneyinde Uzunçayır Barajı inşaa edilmiş ve 2009 yılı Ekim ayında barajda su tutulmaya başlanmıştır. Uzunçayır Barajı, göl alanı 24.5 km² yüzölçümü ile 308 milyon m³(hm) su hacmine sahip olup yaklaşık 3 yıldır baraj gölünde maksimum su seviyesine erişilmiştir.

1.4. Oksijen Radikalleri ve Oksidatif Stres

Serbest radikaller, dış orbitallerinde bir ya da daha fazla paylaşılmamış elektronları olan kimyasal türlerdir. Serbest radikallerin reaktivitesi, karşı spin yönünün bir elektronunu kazanma isteğinden dolayı oluşur (Deaton ve Marlin, 2003). Her türden kimyasal ve biyokimyasal tepkime daima atomların dış orbitallerindeki elektronlar seviyesinde gerçekleşir. Dış orbitallerinde paylaşılmamış elektron bulunması söz konusu kimyasal türün reaktivitesini olağanüstü arttırdığı için radikaller reaktivitesi çok yüksek olan kimyasal türlerdir (Mourente ve Diaz-Salvago, 1999).

Serbest radikaller ve oksijenin radikal olmayan türleri toplu olarak reaktif oksijen türleri (ROS) olarak adlandırılır (Deaton ve Marlin, 2003). Aerobik organizmalarda normal fizyolojik ve metabolik süreçler sonucunda üretilen reaktif oksijen türleri (ROS) çok toksiktir ve birçok biyomolekülü oksitleyerek hücre ölümlerine ve doku hasarlarına yol açarlar. Bu reaktif oksijen türleri insan vücudunda devamlı oluşturulurlar ve normal şartlar altında enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemleri tarafından ortadan kaldırılırlar. Prooksidanlar ve antioksidanlar arasındaki denge, aerobik organizmaların fonksiyonu ve yaşamı için önemlidir. Prooksidanlar lehine ve/veya antioksidanlar aleyhine bir dengesizlik, canlı vücudunda güçlü bir şekilde hasara yol açar ve bu oksidatif stres olarak adlandırılır (Meotti vd., 2004). Başka bir deyişle oksijen radikallerinin fazla yapımının neden olduğu etkilerin toplamı oksidatif stres olarak adlandırılır (Yurdakul, 2003).

Oksijenden oluşan başlıca reaktif oksijen türleri:

1. $O_2^{\cdot-}$ (Süperoksit radikali)
2. HO^{\cdot} (Hidroksil radikali)
3. H_2O_2 (Hidrojen peroksit)
4. $HOCl$ (Hipokloröz asit)
5. $O_2^{\uparrow\downarrow}$ (Singlet oksijen)
6. ROO^{\cdot} (Peroksil radikali)
7. $RCOO^{\cdot}$ (Organik peroksit radikali)
8. R^{\cdot} (Alkil radikali)
9. RO^{\cdot} (Alkoksil radikali)

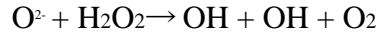
10. HO₂· (Perhidroksil radikali) (Mruk vd., 2002; Valavanidis vd., 2006).

1.4.1. Süperoksit Radikali

Moleküler oksijenin dış orbitallerindeki iki elektron paylaşılmadığında ve ayrı ayrı orbitallerde bulduklarında, spinleri aynı yönde olduğu zaman en düşük enerji seviyesindedirler. Bu dış orbitallerden her biri birer elektron daha kabul edebilir. Orbitallerin tek elektron alması ile süperoksit anyonu (süperoksit radikali, O₂⁻), iki elektron alması ile de peroksi anyonu (O₂²⁻) oluşur (Halliwell ve Gutteridge, 1990).

1.4.2. Hidroksil Radikali

Hidroksil radikali (HO·), Fenton ve Haber-Weiss reaksiyonları: 1934 yılında Haber ve Weiss, H₂O₂'in O₂⁻ ile indirgenmesiyle OH radikalinin oluşabileceğini göstermişlerdir.



1. Fenton reaksiyonu: Hidrojen peroksit Fe⁺² ve diğer geçiş (transition) elementleri (Cu, Zn, Mn, Cr, Co, Ni, Mo) varlığında indirgenerek HO· radikali oluşur:



2. Haber-Weiss reaksiyonu: Hidrojen peroksit O₂⁻ ile reaksiyona girerek hidroksil radikalini oluşturur. Bu reaksiyon bakır ve demir tarafından katalizlenir (Deaton ve Marlin, 2003). Oksijen radikalleri içinde en reaktif ve toksik etkili olanı OH·'dir. OH· üretildiği yerde hemen her molekül ile tepkimeye girip radikal tepkimelerini başlatabilir. OH·'nin yüksek reaktivitesi nedeniyle istenmeyen toksik etkilerinin yanısıra, üretimleri normal biyolojik fonksiyon için de gereklidir (Halliwell ve Gutteridge, 1990).

1.4.3. Hidrojen peroksit

O₂⁻'e bir elektron eklenirse (süperoksit dismutasyonu) veya O₂'nin direkt olarak indirgenmesiyle hidrojen peroksit (H₂O₂) oluşur. Dismutasyon kendiliğinden veya

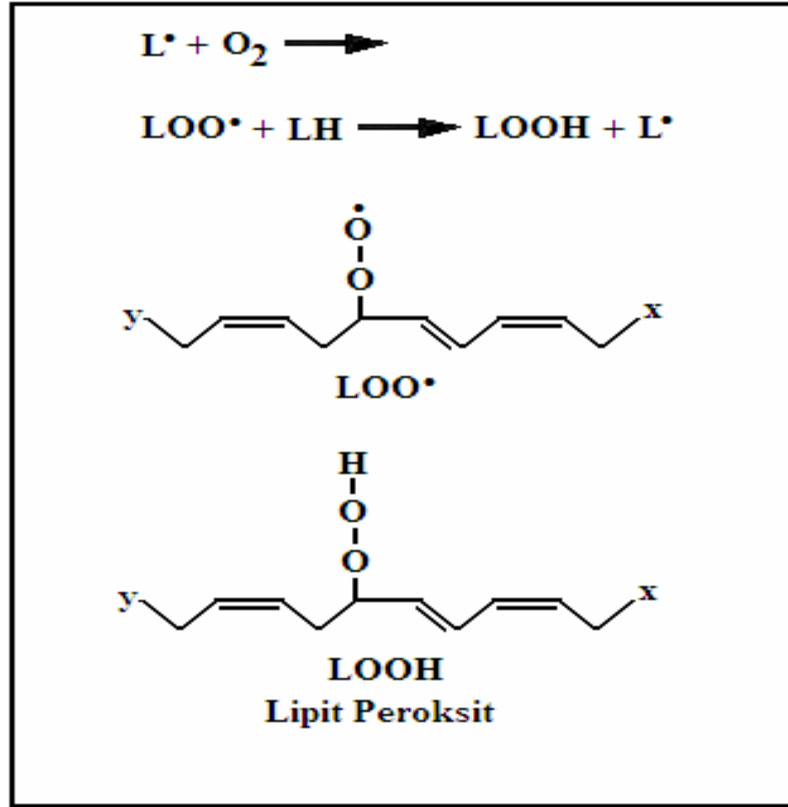
Süperoksit dismutaz (SOD) enzimi aracılığıyla katalize olabilir. Hidrojen peroksit birçok oksidant oluşturabilir ancak en reaktif olanlardan iki tanesi; hidroksil radikali (OH[·]) ve hipokloröz asittir (HOCl) (Deaton ve Marlin, 2003).

1.4.4. Serbest Radikallerin Biyomoleküllere Etkileri

Serbest radikaller biyomoleküllere saldırarak onlara zarar verme yeteneğine sahiptirler (Valko vd., 2006).

a) Lipitlere Etkileri

Lipit peroksidasyonu, membranda bulunan doymamış yağ asitlerinin, serbest oksijen radikalleri tarafından peroksitler, alkoller, aldehitler, hidroksi yağ asitleri, etan ve pentan gibi çeşitli ürünlere yıkılması reaksiyonudur. Doymamış yağ asitlerindeki bir hidrojen atomunun çıkması peroksidasyonun başlamasına neden olur ve böylece yağ asidi zinciri lipit radikali niteliği kazanır. Radikal dayanıksız olup, çift bağların yerini değiştirir ve oksijenle reaksiyonu sonucu lipit peroksil radikaline dönüşür. Lipit peroksil radikalleri diğer doymamış yağ asitlerine etkiyerek yeni radikalleri oluşturur; bir yandan da hidrojen atomları alarak hidroperoksitlere dönüşürler. Hidroperoksitlerin parçalanmasıyla lipit alkoksi radikalleri açığa çıkar. Lipit peroksidasyonu antioksidan reaksiyonlarla sonlanır veya devam ederek daha ileriye gider (Guttridge, 1995). Lipit peroksidasyon ürünleri olarak açığa çıkan lipit peroksitleri, hidroperoksitleri ve aldehitleri zar yapısına doğrudan, diğer hücre bileşenlerine ise aldehit üreterek dolaylı olarak zarar verirler. Bu da pek çok hastalığın ve doku hasarının oluşmasına neden olur. Zar yapısının bozulması sonucu malondialdehit (MDA) oluşmaktadır (Emerit vd., 2001). MDA lipit peroksidasyonunun en önemli belirtecidir.



Şekil.1.1. Lipit peroksidasyonun zincirleme reaksiyonu (Burtis ve Ashwood, 1999)

b) Proteinlere etkileri

Proteinler radikallerin etkilerine lipitlere oranla daha az hassastır ve amino asit dizilişlerine bağlı olarak etkilenirler. Özellikle doymamış bağ ve sülfür içeren moleküllerin serbest radikallerle etkileşimi yüksektir. Bu nedenle triptofan, tirozin, fenil alanin, histidin, metiyonin ve sistein gibi amino asitleri içeren proteinler serbest radikallerden daha kolay etkilenirler. Bu etki sonucunda özellikle sülfür radikalleri ve karbon merkezli organik radikaller oluşur (Burtis ve Ashwood, 1999). Proteinlerin reaktif oksijen türleri veya oksidatif stres ürünleriyle kovalent modifikasyonu sonucu protein oksidasyonu meydana gelir (Schacter, 2000a).

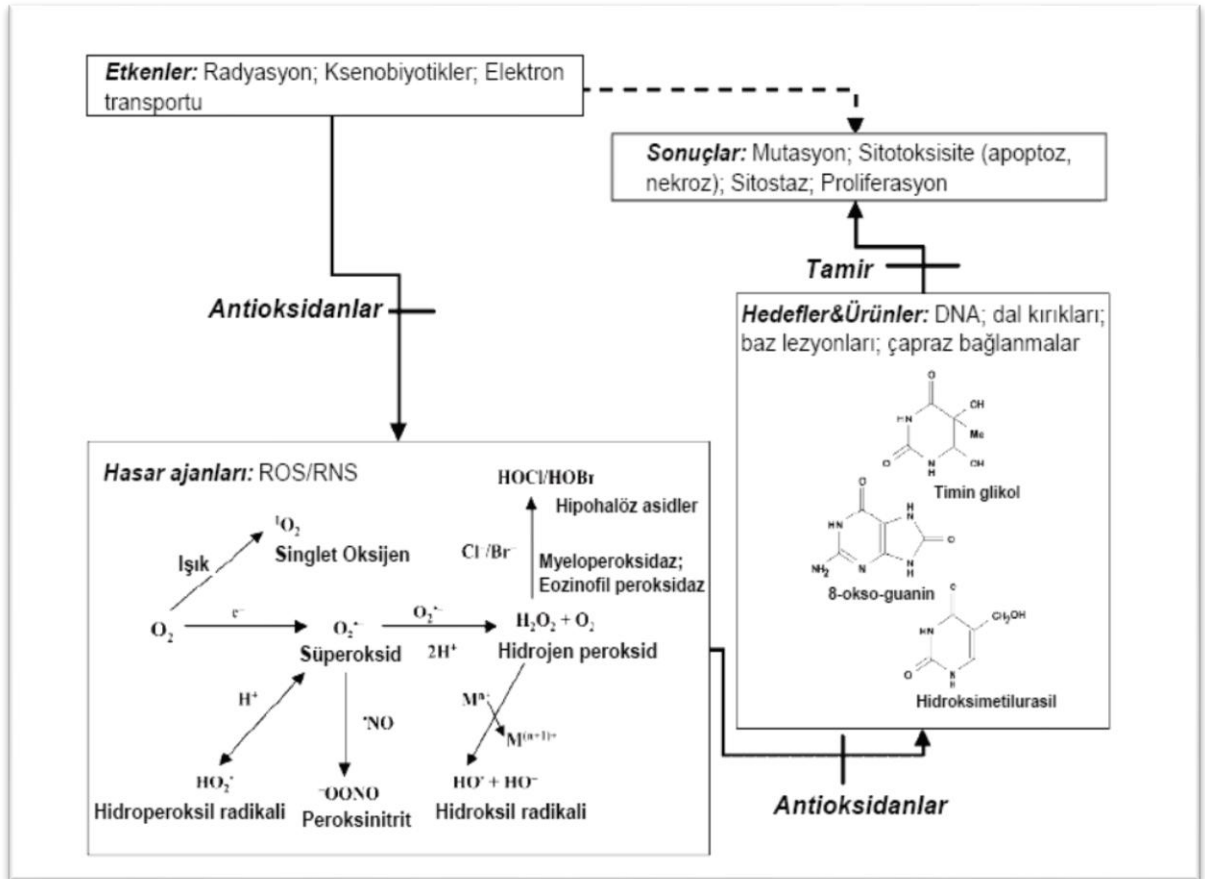
Protein oksidasyonun biyokimyasal sonuçları; enzim aktivitesinde azalma, protein fonksiyonlarının kaybı, proteaz inhibitör aktivitenin kaybı, protein agregasyonu, reseptör aracılı endositozun bozulması, gen transkripsiyonundaki değişimler, immünojen aktivitedeki artış olarak sıralanabilir (Schacter, 2000b; Davies vd., 1999).

c) Karbonhidratlara etkileri

Monosakkaritlerin otooksidasyonu sonucu hidrojen peroksit, peroksit ve okzoaldehitler meydana gelmektedir. Açığa çıkan okzoaldehitler, nükleik asitler ve proteinlere bağlanabilme özelliklerinden dolayı zararlı etkilere yol açabilirler (Ateş, 2001).

d) Nükleik asitler ve DNA'ya etkileri

Serbest radikaller DNA'yı etkileyerek mutasyona ve hücre ölümüne yol açabilirler. Hidroksil radikali bazlarla kolayca reaksiyona girebilir. Hidrojen peroksit ise zarlardan kolayca geçip hücre çekirdeğindeki DNA'ya ulaşır ve hücrelerde fonksiyon bozukluğu ve hatta hücre ölümüne yol açabilir. Bu nedenle DNA serbest radikallerden kolay zarar görebilen bir biyomoleküldür (Agrawal ve Kale, 2001). DNA zincirlerindeki kırılmalar ve mutasyonlar serbest radikallerin yol açtığı hasarlardır (Ateş, 2001).



Şekil 1.2. Serbest radikal aracılı oksidatif DNA hasarı (Cooke vd., 2003).

1.4.5. Serbest Radikallere Karşı Antioksidan Savunma Sistemi

Su kirliliği balık ve kabuklularda oksidatif strese neden olmaktadır. Kirlenme redoks döngüsü yolu ile zararlı serbest radikaller üreten belli kirleticilerle (örneğin; metal) yakından ilgilidir. Normal areobik metabolizmadan devamlı reaktif oksijen türlerinin üretimi ile başa çıkmak için, hücreler ve dokular hem enzimatik (SOD, KAT, GSH-P_x) hem de non-enzimatik (glutatyon, vitamin E ve C, karatoneoidler) çok sayıda hücresele antioksidanlar içermektedirler. Bazı non-enzimatik düşük molekül ağırlıklı antioksidan bileşenler kullanılarak normal oranların altına düşebilmektedir. Biyolojik sistemlerde hücresele antioksidan savunma sistemi, çevresel kirleticilere maruz kalındığında ise bozulmakta, ama canlı organizmalarda antioksidan seviyeleri oksidatif stresin neden olduğu dengesizliği düzeltmek için artmaktadır. Antioksidan enzimlerin seviyeleri, organizmanın antioksidan durumunun bir indikatörü ve oksidatif stresin biyobelirteci olarak kullanılabilir (Barim ve Karatepe, 2010).

Ekotoksikolojik çalışmalarda kontamine ortamlarda antioksidant enzim aktivitesi ölçümlerinin biyomarkır olarak önemlerini gösteren deliller giderek artmaktadır (Lopes vd., 2001). Bu enzimler hemen tüm omurgalıların dokularında bulunur; ancak genelde en yüksek aktivite ksenobiyotik alınımları ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) enzimatik dönüşümleri için temel organ olan karaciğerde gösterirler. Bu enzimlerden bazıları oksidatif stresin belirgin moleküler biyoindikatörleri olup metal ve diğer ksenobiyotikler gibi kirleticilerin etkisindeki populasyonlarda tepki düzeyini gösterirler (Yılmaz, 2010).

Kimyasal stres altında antioksidant sistemler indüklenebilir veya inhibe olabilirler. İndüklenme adaptasyon olarak yorumlanır ve organizma güvensiz kirli ortamında kısmen veya tamamen stres ile baş edebilir demektir. Diğer durumda organizma toksik ajana daha duyarlı hale gelir ve toksisite başlar. Bu nedenle antioksidant sistemler sadece kontaminant etkisine değil toksisitede de biyomarkır olurlar (Cossu vd., 1997). Bu biyomarkırlar çevre kirleticilerin arazide değerlendirilmesinde güvenli göstergelerdir (Walker, 1995). SOD, GSH-P_x, KAT ve glutatyon S-transferaz (GST) gibi enzimleri içeren antioksidant sistem farklı hücresele kompartmanlarda yer alabilirler, bu sistem omurgalıların tüm dokularında bulunmakla birlikte ksenobiyotik alınımları ve ROS'nin enzimatik transformasyonunda başlıca organ karaciğerdir (Lemaire vd., 1994).

Canlılarda ROT oluşumunu ve ROT'nin meydana getirdiği hasarı önlemek için birçok savunma mekanizması vardır. Bu mekanizmalar "antioksidan savunma sistemleri" veya

kısaca "antioksidanlar" olarak bilinirler. Antioksidanlar, endojen kaynaklı veya eksojen kaynaklı olabilirler. Endojen antioksidanlar, enzimatik olmayan ve enzimatik antioksidanlar olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar (Burtis vd., 1999).

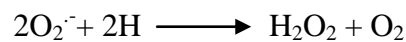
En önemli antioksidant enzimler; süperoksit anyonunu H_2O_2 'ye dönüştüren süperoksit dismutaz (SOD), organik peroksitleri detoksifiye eden glutatyon peroksidaz (GSH-Px) ve H_2O_2 'yi suya indirgeyen katalazdır (Guemouri vd., 1991).

A, E ve C vitaminleri, β -karoten, indirgenmiş glutatyon (GSH) gibi bazı vitamin ve kimyasal maddeler enzimatik olmayan antioksidant sistemlerdir. E vitamini (α - tokoferol), C vitamini (askorbik asit) ve ürik asit gibi antioksidant maddeler zayıf oksidantlardır; fakat reaktif oksijen türleri ile etkinleştiklerinde antioksidant türevli radikaller meydana gelir. Sıçanlarda yapılan çalışmalarda E vitaminin demir ve bakır etkisinde kalan sıçan karaciğer hücrelerinde lipid peroksidasyonunu azalttığı gözlenmiştir (Kelly vd., 1998). E vitamini yapısındaki fenolik hidroksil grubundan dolayı güçlü bir antioksidant özellik gösterir (Akkuş, 1995). Diğer enzimatik olmayan antioksidantlar ise; melatonin, ürik asit, albümin, sistein, bilirübin, seruplazmin, ferritin, mannitol, oksipurinol, lipoik asit ve flavinoidlerdir (Ören, 2009).

a) Süperoksit Dismutaz (SOD; Süperoxide Oxidoreductase: EC 1.15.1.1)

Süperoksit radikalini (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve moleküler oksijene (O_2) dönüştüren metalloproteinlerdir. Hemen hemen bütün organizmalarda bulunmakta ve oksidatif strese karşı savunmada önemli rol oynamaktadır (Mruk vd., 2002).

Enzimin fizyolojik fonksiyonu, oksijeni metabolize eden hücreleri süperoksit serbest radikallerinin zararlı etkilerine karşı korumaktır. Böylece lipid peroksidasyonunu inhibe eder. SOD aktivitesi, yüksek oksijen kullanımı olan dokularda fazladır ve doku PO_2 artışı ile artar (Akkuş 1995). Mikroorganizmalardan en yüksek yapılı canlılara kadar, aerobik koşullarda yaşayan canlıların bütün doku, hücre ve hücre organelleri SOD içerirler.



Bütün canlılardaki SOD enzimi kofaktör olarak içerdiği metal iyonuna göre 3 grupta toplanabilir (Yılmaz, 1995).

1. Bakır ve Çinko İçeren Dismutazlar (Cu, Zn-SOD)

Esas bulunduğu yerler ökaryotik hücrelerin sitozölü ve eritrositlerdir. Enzimin etkinliği için Cu mutlaka gerekli olup, CO_{2+} , Hg_{2+} ve Cd_{2+} ile yer değiştirebilir. Dismutasyon, Cu ile O_2^- arasındaki etkileşim ile başarılmaktadır. Bu enzim mitokondri matriksi dışında ökaryotik hücrelerin her organelinde bulunur ve 21 nolu kromozomda lokalize olmuştur (Yılmaz, 1995).

2. Mangan İçeren Dismutazlar (Mn-SOD)

Ökaryotların mitokondrisinde ve prokaryotlarda bulunmaktadır (Mruk, 2002). Mn-SOD anerobik koşullarda bulunmaz yalnız oksijene maruz kalmayı takiben hızla sentezlenir (Moody ve Hessa, 1984).

3. Demir ve Mangan İçeren Dismutazlar (Fe-SOD, Mn-SOD)

Fe-SOD aerobik olarak büyüyen hücrelerin yanı sıra anerobik olanlarda da sentezlendiğinden dolayı konstatif olduğuna inanılır (Moody ve Hessa, 1984). Bazı bakteriler ise birden fazla SOD içermektedirler (Yılmaz, 1995). *E.coli* süper oksit dismutazın üç izoenzimatif formuna da sahiptir (Moody ve Hessa, 1984). Bu tip mikroorganizmalarda matriks enziminin (Mn-SOD) endojen O_2^- radikallerine karşı, demir içeren dismutazın (Fe-SOD) ise çevreden gelen radikallere karşı koruyucu fonksiyon gördüğü tahmin edilmektedir (Yılmaz, 1995).

b) Katalaz (KAT; H_2O_2 Oksidoredüktase: EC 1.11.1.6)

Katalaz, molekül ağırlığı 24000 olan ve aktif merkezinde 4 tane ferrihem grubu bulunduran bir enzimdir. Hidrojen peroksiti (H_2O_2) suya ve moleküler oksijene katalize eder.

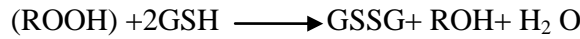
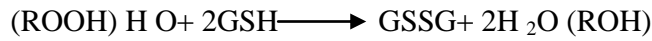
Katalaz, kataliz görevini iki farklı yoldan gerçekleştirir:

- 1) H_2O_2 'nin parçalanması (katalitik reaksiyon)
- 2) Alifatik alkollerin peroksidasyonu (peroksidik reaksiyon) (Mavelli ve Rotilia, 1984).

Katalaz kofaktör olarak demire ihtiyaç duyar ve aktivitesi oksidatif kas fibrillerinde en yüksektir (Deaton ve Marlin, 2003).

c) Glutasyon Peroksidaz (GPx; EC 1.11.1.9)

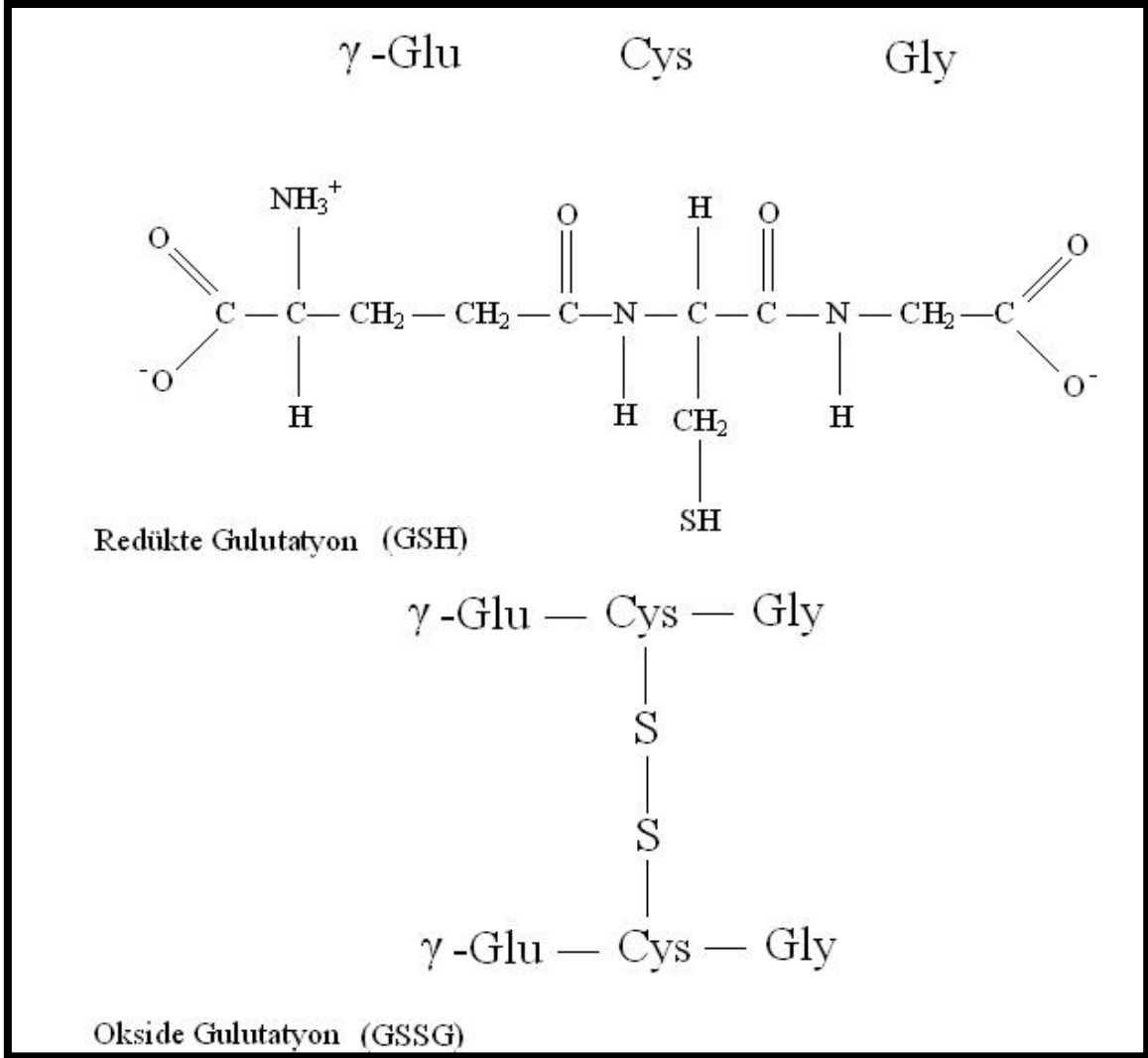
Glutasyon peroksidazın, selenyum (Se)-bağımlı (GSH-Px, EC 1.11.1.19) ve Se-bağımsız (glutasyon-S-transferaz, GST, EC 2.5.1.18) olmak üzere iki izoformu vardır. Bu iki enzimin alt ünite sayıları ve katalitik mekanizmaları farklıdır. Selenyum bağımlı GSH-Px enziminin aktif merkezinde enzime kovalent bir şekilde bağlı selenosistein formunda selenyum bulunmaktadır. Selenyum bağımlı Glutasyon peroksidaz enzimi, hidrojen peroksit (H_2O_2) ve lipid peroksitlerine karşı aktiftir. Enzimin aktivitesi, enzim için tek hidrojen veren Glutasyon (GSH)'un bol miktarı ve enzimin dört alt ünitesinin her birindeki Se varlığına bağlıdır (Steenvoorden vd., 1997). Glutasyon mekanizması çok önemli antioksidatif savunma mekanizmalarından biridir. GSH-Px karaciğerde en yüksek; kalp, akciğer ve beyinde orta; kasta ise düşük düzeyde aktivite gösterir. Asırı düzeylerde H_2O_2 varlığında redükte glutasyonun (GSH) okside glutasyona (GSSG, glutasyon disülfid) dönüşümünü katalize eder. Bu arada H_2O_2 (hidrojen peroksit) de suya dönüştürülerek detoksifiye olur (Rencüzoğulları, 2006; Fadıllıoğlu, 2001).



d) Glutasyon

Glutasyon aminoasit transportu, proteinlerin sülfidril gruplarının redükte kalmasını sürdürme ve okside edici moleküllerle ve elektrofilik ksenobiyotiklere karşı korunmayı sağlamak gibi çok sayıda fonksiyona sahip, glutamik asit, sistein ve glisin aminoasidinden oluşmuş bir tripeptittir (Konukoğlu ve Akçay, 1995). Glutasyon peroksidaz (GSH-Px) enziminin kofaktörlüğünü yaparak H_2O_2 'yi metabolize eder (Meister ve Anderson, 1983). Glutasyon ksenobiyotiklerin detoksifikasyonu ve reaktif oksijen türlerinin hücrelerden uzaklaştırılmasını sağlayan tripeptittir (Meister ve Anderson, 1983). Glutasyon redoks döngüsündeki değişimlerin oksidatif stresi oluşturması nedeniyle GSH enzimleri kirliliğin boyutunu gösteren bir parametre olarak kullanılır (Peña- Llopis vd., 2003a). Glutasyon

yapısında bulunan–SH grupları ile oksitleyici ajanların bozucu etkilerine karşı hücreyi korumaktadır. Dolayısıyla glutatyonun düşük konsantrasyonunda bazı metabolik olumsuzluklar meydana gelebilir (Knapen vd., 1999).



Şekil 1.3. Redükte ve okside glutatyonun yapısı (Halliwell ve Gutteridge, 1990).

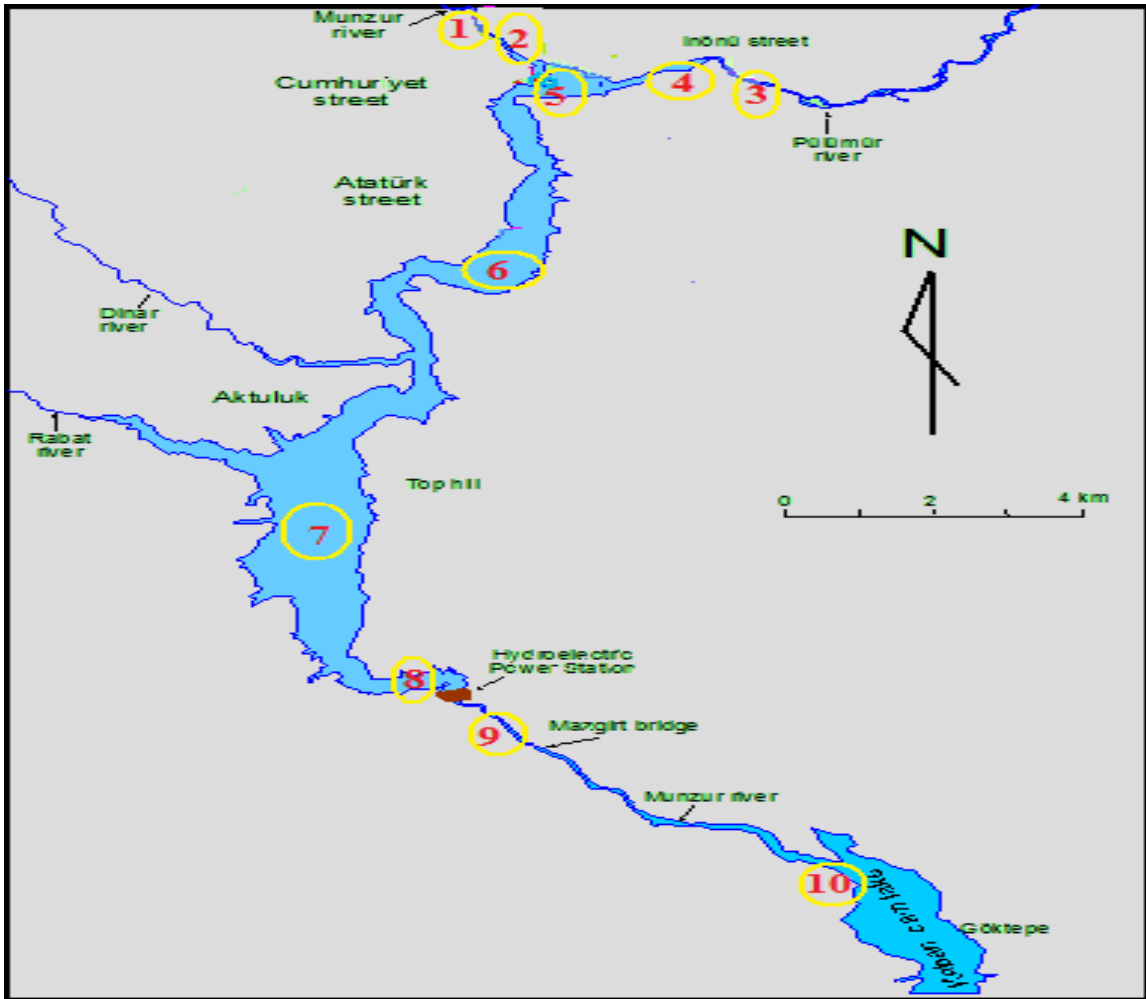
Bu çalışmada, Munzur ve Pülümür Nehirleri ile Munzur Nehrinin Keban Baraj Gölüne döküldüğü nokta ve Uzunçayır Baraj Gölü içinde belirlenen istasyonlardan alınan balık örneklerinde, kirlilik kaynaklı fizyolojik değişimlerin boyutunun belirlenmesi için süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, katalaz gibi bazı antioksidan enzim aktiviteleri ile enzimatik olmayan antioksidan (glutatyon) seviyeleri ve lipid peroksidasyonun göstergesi olan malondialdehit (MDA) düzeyleri tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Arazi çalışmaları

2.1.1. İstasyonların Seçilmesi

Munzur ve Pülümür Nehirleri ve Uzunçayır Baraj Gölünde belirlenen; baraj öncesi, baraj gölü ve baraj sonrası alanlar da dikkate alınarak 10 araştırma istasyonu tespit edilmiştir.



Şekil 2.1. Araştırma istasyonları: 1. Munzur Nehri üzerinde yerleşim birimi öncesi 2. Munzur Nehrinin baraj gölüne dökülmeden hemen öncesi 3. Pülümür Nehrinde çöp sızıntı suyunun deşarj noktasının hemen öncesi 4. Pülümür Nehrinin baraja dökülmeden hemen öncesi 5. Baraj altında Pülümür Nehrinin Munzur Nehrine döküldüğü yerin hemen sonrasında 6. Baraj gölünün orta kısmında (I) 7. Baraj gölünün orta kısmında (II) 8. Baraj gölünün HES'e yakın kısmında 9. HES ten hemen sonra 10. Munzur Nehrinin Keban Baraj Gölüne döküldüğü yer.

1 Nolu İstasyon: 908 m yükseltide, 39°7.369' K enlem ve 39°30.997' E boylamında (37S 0544657 / UTM 4330532), Tunceli merkeze yaklaşık 6 km uzaklıkta, Munzur Nehri üzerinde yerleşim birimlerinden önce, şehrin atığını almamış olan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. 1 nolu istasyondan bir görüntü

2 Nolu İstasyon: 894 m yükseltide, 39°6.123' K enlem ve 39°33.003' E boylamında (37S 0547561 / UTM 4328246), Munzur Nehri ile Uzunçayır Baraj Gölü'nün birleşim bölgesinde ve şehrin atığının deşarj edildiği bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. 2 nolu istasyondan görüntüler; A: İstasyonun genel görüntüsü, B; Deşarj noktasından bir görüntü

3 Nolu İstasyon: 876 m yükseltide, 39°6.882' K enlem ve 39°37.266' E boylamında (37S 0553695 / UTM 4329693), Tunceli merkeze yaklaşık 8 km uzaklıkta, Pülümür Nehri üzerinde yerleşim birimlerinden önce ve şehrin çöp depolama alanının sızıntı suyunun deşarj noktasından yukarıda kalan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. 3 nolu istasyondan bir görüntü

4 Nolu İstasyon: 883 m yükseltide, 39°6.106' K enlem ve 39°33.607' E boylamında (37S 0548432 / UTM 4328219), Pülümür Nehri ile Uzunçayır Baraj Gölü'nün birleşim bölgesinde ve çöp depolama alanının deşarj suyunun drenaj noktasından sonra ve yerleşim yerlerinin atıklarını alan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. 4 nolu istasyondan bir görüntü

5 Nolu İstasyon: 893 m yükseltide, 39°5.987' K enlem ve 39°32.883' E boylamında (37S 0547390 / UTM 4327993), Uzunçayır Baraj Gölü alanı içerisinde Pülümür Nehri'nin Munzur Nehri'ne döküldüğü yerin hemen sonrasında bulunan bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. 5 nolu istasyondan bir görüntü

6 Nolu İstasyon: 888 m yükseltide, 39°3.875' K enlem ve 39°31.265' E boylamında (37S 0545080 / UTM 4324072), Uzunçayır Baraj Gölü alanı içerisinde ve baraj etrafındaki yerleşim yerlerinden olan Atatürk mahallesinden sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. 6 nolu istasyondan bir görüntü

7 Nolu İstasyon: 888 m yükseltide, 39°1.995' K enlem ve 39°30.362' E boylamında (37S 0543798 / UTM 4320588), Uzunçayır Baraj Gölü alanı ortasında ve baraj etrafındaki yerleşim yerlerinden olan Aktuluk Beldesinden sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. 7 nolu istasyondan bir görüntü

8 Nolu İstasyon: 899 m yükseltide, 38°59.550' K enlem ve 39°30.550' E boylamında (37S 0544093 / UTM 4316067), Uzunçayır Baraj Gölü alanı içerisinde, baraj kapaklarına ve Hidro Elektrik Santraline yakın bölgede ve baraj etrafındaki yerleşim yerlerinden biri olan Kanoğlu Köyü'nden sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. 8 noluistasyondan bir görüntü

9 Nolu İstasyon: 839 m yükseltide, 38°57.761' K enlem ve 39°33.206' E boylamında (37S 0547948 / UTM 4312780), Uzunçayır Baraj Gölü bendinden ve Hidro Elektrik Santralinden hemen sonraki bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. 9 nolu istasyondan bir görüntü

10 Nolu İstasyon: 841 m yükseltide, 38°56.415' K enlem ve 39°36.324' E boylamında (37S 0552466 / UTM 4310320), Munzur Nehri'nin Uzunçayır Baraj Gölü'nden sonraki baraj gölü olan Keban Baraj Gölü'ne döküldüğü bölgeden seçilmiştir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. 10 nolu istasyondan bir görüntü

2.2. Suda Yapılan Analizler

Belirlenmiş olan balık örneklemeleri yapılan istasyonlarda, anlık su analizleri (Sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen) multi-parametre (YSI Profesional Plus) cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

2.3. Biyomonitör Model Canlı Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Belirtilmiş olan 10 istasyondan kış sonu ve bahar başı (geçiş dönemi) olarak seçilen Mart ve eylül aylarındaki arazi çalışmasında 10'ar adet, Uzunçayır Baraj Gölü'nde bol bulunan karabalık (*Capoeta umbla*) türü balık yakalanmıştır (Resim 12). Yakalanan balıklar anestezi altında etik kurul onay belgesinde belirtilmiş olan usul ve esaslara göre disekte edilerek, karaciğer dokuları alınmıştır. Alınan dokular ivedilikle özel doku taşıma çantasına aktarılarak, laboratuvara götürülüp derin dondurucuda (Daihan marka) -86 °C'de muhafaza edilmiştir (Resim 13). Balıklara ait morfolojik parametrelerden canlı ağırlık 0,01 g duyarlılığındaki hassas terazi ile, çatal ve total boy ise milimetrik cetvel ile ölçülmüştür ve kondisyon faktörü aşağıdaki formülle belirlenmiştir.



Şekil 2.12 Yakalanan balıklardan örnekler (*Capoeta umbla*)

Kondisyon Faktörü:

(Ricker, 1958)

$$\text{Kondisyon Faktörü} = 100 \times A / B^3$$

A = Balığın yaş ağırlığı, B = Balığın total boy uzunluğu .



Şekil 2.13 Derin dondurucuda muhafaza edilen numunelerin görüntüleri

2.3.1. Diseksiyon işlemleri ve dokuların hazırlanması

Bu bölümde yapılacak olan tüm çalışmalar Tunceli Üniversitesi Merkezi ARGE Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Balıklardaki enzim aktiviteleri belirlenmesi için, Uzunçayır Baraj Gölü'nde bol bulunan *Capeota trutta* (Heckel, 1843) türü balıklar kullanılacaktır. Şekil 1'de belirtilen 10 istasyonun her birinden 3 tekrarlı çalışma yapmak için yeterli olacak sayıda balık yakalanmıştır. Balıklar anestezi altında etik kurul onay belgesinde belirtilmiş olan usul ve esaslara göre disekte edilerek karaciğer dokuları çıkarılmış ve %0.9'luk NaCl ile muamale edilerek dokulardaki kanın uzaklaştırılması sağlanmıştır. Dokular, enzimatik aktivite ve lipid peroksidasyon seviyelerinin belirlenmesi amacıyla iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup örneklerde antioksidatif enzim seviyeleri belirlenmiştir. Bu amaçla, örnekler öncelikle tartılmış ve 1/5 w/v oranında PBS tamponu (fosfatla tamponlanmış tuz solusyonu) (pH 7,4) eklenerek, buz ile birlikte homojenizatör kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler soğutmali santrifüjde 17000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek ve elde edilen süpernatantlar hemen -86°C'de derin dondurucuda ölçüm işlemleri yapıncaya kadar muhafaza edilmiştir. Dokuların

ikinci grubu, lipid peroksidasyon analizleri için kullanılacaktır. Dokular 1/10 w/v oranında % 1,15'lik KCl'de (potasyum klorür) homojenize edilerek elde edilen homojenatlar analiz yapıncaya kadar -86°C'de derin dondurucuda saklanmıştır. (Alkan, 2005; Selamoğlu-Talas vd., 2008).

2.3.2. Oksidatif Stresle İlişkili Antioksidan Parametrelerin ve Lipid Peroksidasyon Seviyelerinin Belirlenmesi

a-) Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Karaciğer süpernatant örneklerinde SOD enzim aktivitesi (Cayman Chemical Company) The Cayman Chemical Superoxide Dismutase Assay Kit (Catalog No: 706002) ile 450 nm'de mikropilaka (Thermo scientific multiscan®) okuyucuda ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda kit içeriğinde verilen protokole göre standart grafik çizilmiştir. Enzim aktivitesi standart grafik kullanılarak U/ml olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda, bir ünite süperoksit radikalinin %50 sini dismutasyona uğratmak için ihtiyaç duyulan enzim miktarıdır. Yöntemin esası, ortamda oluşturulan süperoksitin, süperoksit dismutaz (SOD) enzimi ile ortadan kaldırılması ve kalan miktarın boyanarak renklenmesine dayanan ksantin oksidaz (XO) ile O_2^- oluşturması ve bunun da NBT ile renkli bir bileşik oluşturarak bu renk şiddetinin spektrofotometrik olarak ölçülmesidir.

b-) Katalaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Karaciğer süpernatant örneklerinde KAT enzim aktivitesi The Cayman Chemical catalase Assay Kit (Catalog No: 706002; Cayman Chemical Company) ile kolorimetrik ölçüm yöntemi ile çalışılmıştır. Katalazın peroksidatik aktivitesinden yararlanılarak ölçülmüştür. Katalaz düşük molekül ağırlıklı alkollerle elektron alışverişinde bulunur. Örnekte bulunan katalaz enzimi, substrattaki H_2O_2 'i 37 °C'de pH 7,4'de H_2O ve O_2 'e dönüştürür. Geriye kalan parçalanmamış substrat (H_2O_2), kromojen madde ile sarı renkli stabil bir kompleks oluşturur. Kromojen maddenin şiddeti formaldehidle değişir. Oluşan rengin şiddeti katalaz konsantrasyonu ile ters orantılı olup 540 nm'de mikropilaka okuyucuda (Thermo scientific multiscan®) ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda kit içeriğinde verilen protokole göre standart grafik çizilmiştir. Enzim aktivitesi standart grafik

kullanılarak nmol/dk/ml olarak hesaplanmıştır. Yöntem hidrojen peroksidin yıkımı esasına dayanmaktadır.

c-) Glutasyon Peroksidaz Enzim Aktivitesinin Belirlenmesi

Karaciğer süpernatant örneklerinin GSH-P_x enzim aktivitesi glutasyon peroksidaz The Cayman Chemical Glutathione Peroxidase Assay Kit (Catalog No: 703102; Cayman Chemical Company) kullanılarak 340 nm'de mikropilaka okuyucuda (Thermo scientific multiscan®) ölçülmüştür. Yapılan ölçümler sonucunda kit içeriğinde verilen protokole göre standart grafik çizilmiştir. Enzim aktivitesi standart grafik kullanılarak nmol/dk/ml olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda 1 ünite 25°C de 1 dakikada 1 nmol NADPH'ı NADP'a ya okside edebilen enzim miktarıdır. Bu çift enzim yöntemi, GSH-P_x ile hidrojen peroksidin (H₂O₂) redüksiyonunu ve glutasyon redüktaz ile NADPH'ın NADP'ye oksidasyonuna dayanmaktadır. Enzim aktivitesi 25°C'da NADPH'ın NADP'ye oksidasyonu sonucunda reaksiyon içeriğinin optik dansitesinde azalma olması ile belirlenir. Böylelikle glutasyon redüktaz ile çift reaksiyona giren GPx aktivitesi indirekt olarak ölçülmüştür.

d-) Glutasyon Seviyelerinin Belirlenmesi

Karaciğer süpernatant örneklerinin GSH-P_x enzim aktivitesi glutasyon peroksidaz aktivitesi The Cayman Chemical Glutathione Peroxidase Assay Kit (Catalog No: 703102; Cayman Chemical Company) kullanılarak 405 nm'de mikropilaka okuyucuda (Thermo scientific multiscan®) ölçülmüştür. Elde edilen süpernatantta GSH düzeyi DTNB [5,5'-Ditiyobis (2-nitrobenzoik asid)] ile renklendirme temeline dayanan yöntem ile belirlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda kit içeriğinde verilen protokole göre standart grafik çizilmiştir. Bir örnekteki total GSH seviyesi standart eğri kullanılarak µM olarak hesaplanmıştır.

e-) Malondialdehit Seviyelerinin Belirlenmesi

Lipid peroksidasyon sonucu oluşan MDA tayini ,Placer ve ark., tarafından bildirilmiş olan yöntemle göre ölçülmüştür. Bu yöntem lipid peroksidasyonunun aldehit ürünlerinden

biri olan MDA'nın TBA ile reaksiyonu temeline dayanmaktadır. Oluşan MDA, TBA ile pembe renkli bir kompleks oluşturmakta ve bu çözeltinin absorbanı 532 nm'de spektrofotometrik olarak ölçümler Shimadzu UV 1800 spektrofotometre cihazında yapılarak lipid peroksidasyonun derecesi saptanmıştır. MDA seviyeleri nmol/g doku olarak hesaplanmıştır.

2.4. Verilerin İstatistiksel Analizi

İstasyonlar arasındaki farklılıkların istatistiksel değerlendirilmesi SPSS 15.0 Paket programında One Way Anova-Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ve dönemler arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde ise; Bağımsız Örneklem T-Testi kullanılarak $P < 0.05$ önem derecesinde yapılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Su Parametreleri

Uzunçayır Baraj Gölünde Farklı İstasyonlardan ve farklı dönemlerde alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.1 gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Uzunçayır Baraj Gölü'nde farklı istasyonlardan ve farklı dönemlerde alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Aylar	Parametreler	İstasyonlar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mart	Sıcaklık (°C)	7,10	7,00	7,50	9,20	5,70	8,60	9,00	10,10	7,30	9,50
	pH	8,23	8,00	8,45	8,43	8,46	8,21	8,27	8,25	8,30	8,43
	Çözünmüş Oksijen (mg/L)	11,37	11,18	10,98	10,68	11,44	10,35	10,75	10,84	8,87	9,10
Eylül	Sıcaklık (°C)	13,70	14,20	14,00	14,10	14,5	21,0	20,90	21,40	18,80	23,9
	pH	7,91	7,78	8,14	8,21	7,74	7,92	8,04	8,14	7,81	8,55
	Çözünmüş oksijen (mg/L)	9,93	9,77	8,45	9,88	9,6	5,50	6,76	7,30	6,31	6,88

3.1.1. Su sıcaklığı

En düşük su sıcaklığı Mart 2011’de 2. istasyonda 7 °C olarak, en yüksek su sıcaklığı ise Eylül 2011’de 23,9 °C olarak 10. istasyonda saptanmıştır (Tablo 3.1).

3.1.2. Çözünmüş oksijen (mg/L)

Arazi çalışması süresince, en düşük çözünmüş oksijen miktarı VI. istasyonda 5.5/l olarak Eylül 2011’de ölçülmüştür. En yüksek çözünmüş oksijen miktarı ise Mart 2011’de 11.44 mg/l olarak 5. istasyonda ölçülmüştür (Tablo 3.1).

3.1.3. pH

En düşük pH değeri Eylül 2011’de 7,74 ile 5. istasyonda, en yüksek değer ise 8,55 ile Eylül 2011’ de 10. istasyonda ölçülmüştür (Tablo 3.1).

3.2. Biyolojik Parametreler

Uzunçayır baraj gölünde farklı istasyonlardan yakalanan *Capoeta umbla*’nın Eylül ve Mart aylarındaki temel morfometrik özellikleri tablo 3-2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Uzunçayır Baraj Gölünde Farklı İstasyonlardan Yakalanan *Capoeta Umbla*'nın Eylül ve Mart Aylarındaki Temel Morfometrik Özellikleri

Aylar	İstasyon	Vücut ağırlığı (W) (g)	Uzunluk (L) (cm)	Kondisyon faktörü (CF)
Mart	1	195,15±37,93	22,69±1,45	1.67±1,88
	2	282,44±103,07	26,08±2,87	1.59±3,06
	3	137,15±35,42	22,18±1,75	1.25±1,98
	4	249,16±34,35	26,47±1,36	1.34±1,56
	5	242,09±32,10	25,68±1,26	1.42±1,37
	6	135,27±14,58	21,41±0,78	1.37±0,81
	7	118,41±15,34	21,12±0,72	1.25±0,83
	8	117,00±10,50	20,71±0,64	1.31±0,75
	9	228,94±15,08	26,06±0,53	1.29±0,52
	10	98,76±21,19	18,87±0,89	1.46±1,02
Eylül	1	230,62±32,18	29,27±1,55	0.91±1,40
	2	215,01±38,42	26,84±1,28	1.11±1,16
	3	257,21±29,32	29,51±1,33	1.00±1,04
	4	129,17±17,11	23,52±0,93	0.99±0,88
	5	488,53±90,96	37,63±2,09	0.91±1,06
	6	468,80±61,12	36,17±2,10	0.99±2,07
	7	421,14±54,66	34,76±1,66	1.00±1,51
	8	427,78±16,54	36,09±0,52	0.91±0,48
	9	165,03±27,75	26,10±1,46	0.92±1,41
	10	137,90±10,03	24,47±0,71	0.94±0,67

Bütün biyolojik parametreler ± standart hata olarak gösterilmiştir.
n: 10 , çalışılan istasyonlarda farklı dönemlerde yakalanan balık sayısı

Çalışılan *Capoeta umbla* 'ya ait en yüksek ağırlık ve boy eylül ayında 5.istasyonda 488,53±90,96 g ve 37,63±2,09 cm olarak bulunmuştur. Çalışılan *Capoeta umbla* 'ya ait en düşük ağırlık ve boy Mart ayında 10. istasyonda 98,76±21,19 g ve 18,87±0,89 cm olarak bulunmuştur. CF değerleri ise Eylül ayında Mart ayı değerlerine göre düşük bulunmuştur (Tablo 3.2)

3.3. Oksidatif Stres Biyomarkırları

Munzur ve Pülümür Nehirlerinin evsel sıvı atıkların deşarjı öncesi ve sonrası noktalardan, baraj gölünün değişik nokta ve derinliklerinden, baraj bent yerinin hemen çıkışından ve Keban Baraj Gölüne döküldüğü noktadan alınan balık örnekleri üzerinde SOD, KAT, GSH-Px aktiviteleri ile MDA, Total GSH seviyeleri belirlenerek kirliliğin boyutları ortaya konulmuştur. Uzunçayır baraj gölünde mart ve eylül aylarında farklı istasyonlardan yakalanan *Capoeata umbla*'ya ait oksidatif stres biyomarkırlarındaki değişimler tablo 3-3'de gösterilmiştir.

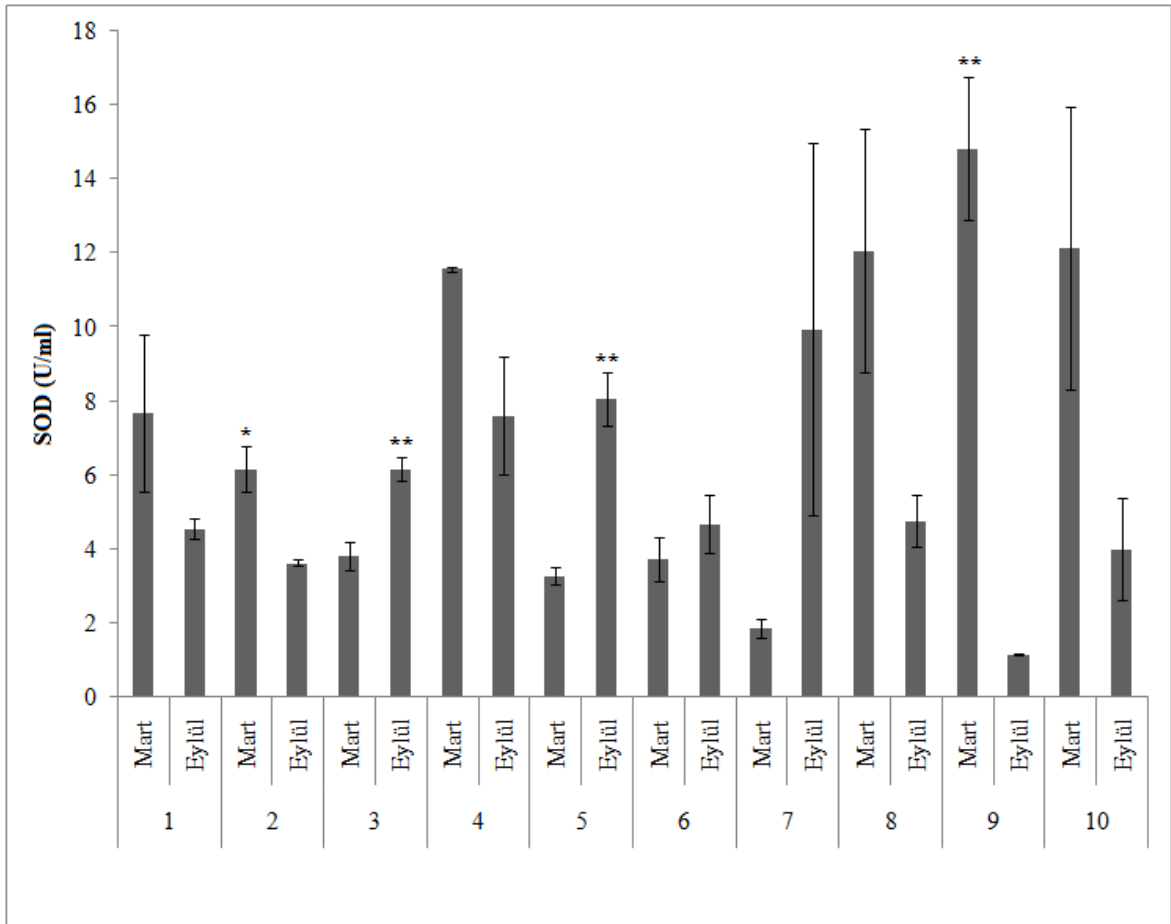
Tablo 3.3. Uzunçayır baraj gölünde mart ve eylül aylarında farklı istasyonlardan yakalanan *Capoeata umbla*'ya ait oksidatif stres biyomarkırlarındaki değişimler

İstasyonlar	Aylar (2011)	SOD (U/ml)	KAT (nmol/dk/ml)	GSH-Px (nmol/dk/ml)	MDA (nmol/g doku)	Total GSH (µM)
1	Mart	7,67±2,11	14,58±1,19	9,07±1,75	36,43±5,96	2,81±0,05**
	Eylül	4,55±0,27	11,47±0,20	48,17±0,09**	51,50±16,32	2,40±0,04
	Ortalama	6,10±1,18 ^{ab}	13,02±0,87 ^{ab}	28,61±8,77 ^{cd}	43,96±8,46 ^{ab}	2,60±0,09 ^{bc}
2	Mart	6,16±0,62*	12,30±0,49	30,96±4,22	61,83±4,05	3,07±0,04
	Eylül	3,62±0,08	15,40±0,01*	41,55±2,56	37,38±12,29	2,74±0,15
	Ortalama	4,89±0,63 ^{ab}	13,84±0,72 ^a	36,25±3,23 ^{bc}	49,60±7,96 ^{ab}	2,90±0,10 ^{bc}
3	Mart	3,81±0,38	12,19±0,09**	44,00±0,19	55,06±13,49	2,68±0,05
	Eylül	6,16±0,30**	8,38±0,41	48,14±12,17	32,16±9,53	3,29±0,20*
	Ortalama	4,98±0,56 ^{ab}	10,61±1,05 ^{ab}	46,06±5,52 ^{bc}	43,61±8,98 ^{ab}	2,98±0,16 ^b
4	Mart	11,57±0,06	14,24±0,04**	48,35±3,55*	53,87±6,10	3,32±0,41
	Eylül	7,60±1,60	8,68±0,14	33,36±2,50	48,89±15,77	4,40±0,58
	Ortalama	9,58±1,13 ^{ab}	11,45±1,24 ^{ab}	40,85±3,87 ^{bc}	51,38±7,64 ^{ab}	3,86±0,39 ^a
5	Mart	3,29±0,23	9,84±0,98	26,97±5,90	63,96±4,01	2,64±0,01
	Eylül	8,05±0,73**	9,46±0,44	68,23±12,26*	44,50±10,03	3,77±0,20*
	Ortalama	5,66±1,11 ^{ab}	9,64±0,48 ^b	47,59±11,05 ^{bc}	54,23±6,50 ^{ab}	3,20±0,26 ^b
6	Mart	3,72±0,61	12,03±1,48	21,05±2,77	57,67±14,97	2,81±0,14
	Eylül	4,67±0,78	10,54±0,38	52,72±15,14	57,55±19,75	3,45±0,11*
	Ortalama	4,19±0,49 ^b	11,28±0,76 ^{ab}	36,55±9,95 ^{bc}	57,61±11,08 ^a	3,13±0,16 ^b
7	Mart	1,85±0,24	10,92±0,01	3,88±0,11	48,77±4,11	2,62±0,08
	Eylül	9,94±5,04	10,57±0,31	11,17±1,27*	49,01±18,30	3,67±0,03*
	Ortalama	5,89±2,89 ^{ab}	10,73±0,15 ^{ab}	7,52±1,72 ^d	42,18±10,75 ^{ab}	3,14±0,23 ^b
8	Mart	12,06±3,29	11,44±1,39	14,04±3,48	46,28±11,23	3,85±0,01
	Eylül	4,76±0,69	12,73±0,29	35,98±3,53*	52,81±5,58	4,10±0,04*
	Ortalama	8,41±2,21 ^a	11,25±1,90 ^{ab}	25,00±5,38 ^{cd}	49,54±5,79 ^{ab}	3,97±0,05 ^a
9	Mart	14,83±1,93**	9,93±0,19	65,79±13,69	50,55±6,67	2,98±0,01
	Eylül	1,14±0,02	16,40±1,85*	43,14±3,22	38,45±19,92	2,66±0,19
	Ortalama	7,98±3,17 ^{ab}	13,16±1,66 ^{ab}	54,46±8,07 ^b	44,50±9,77 ^{ab}	2,81±0,10 ^{bc}
10	Mart	12,13±3,82	11,17±0,40	69,05±13,40	49,25±10,63*	2,38±0,00
	Eylül	4,00±1,38	12,07±1,90	99,65±0,29	29,86±2,33	2,25±0,09
	Ortalama	8,06±2,56 ^{ab}	11,61±0,89 ^{ab}	84,34±9,09 ^a	37,61±7,37 ^b	2,31±0,04 ^c

İstasyonlar arasındaki farklı harfler Duncan Çoklu karşılaştırma testine göre istatistiksel olarak önemi göstermektedir. (p < 0.05). Aylar arasında farklılıkların değerlendirilmesinde bağımsız T testi kullanılmıştır. (*P < 0.05 , **P < 0.01)

3.3.1. Süperoksit Dismutaz (SOD)

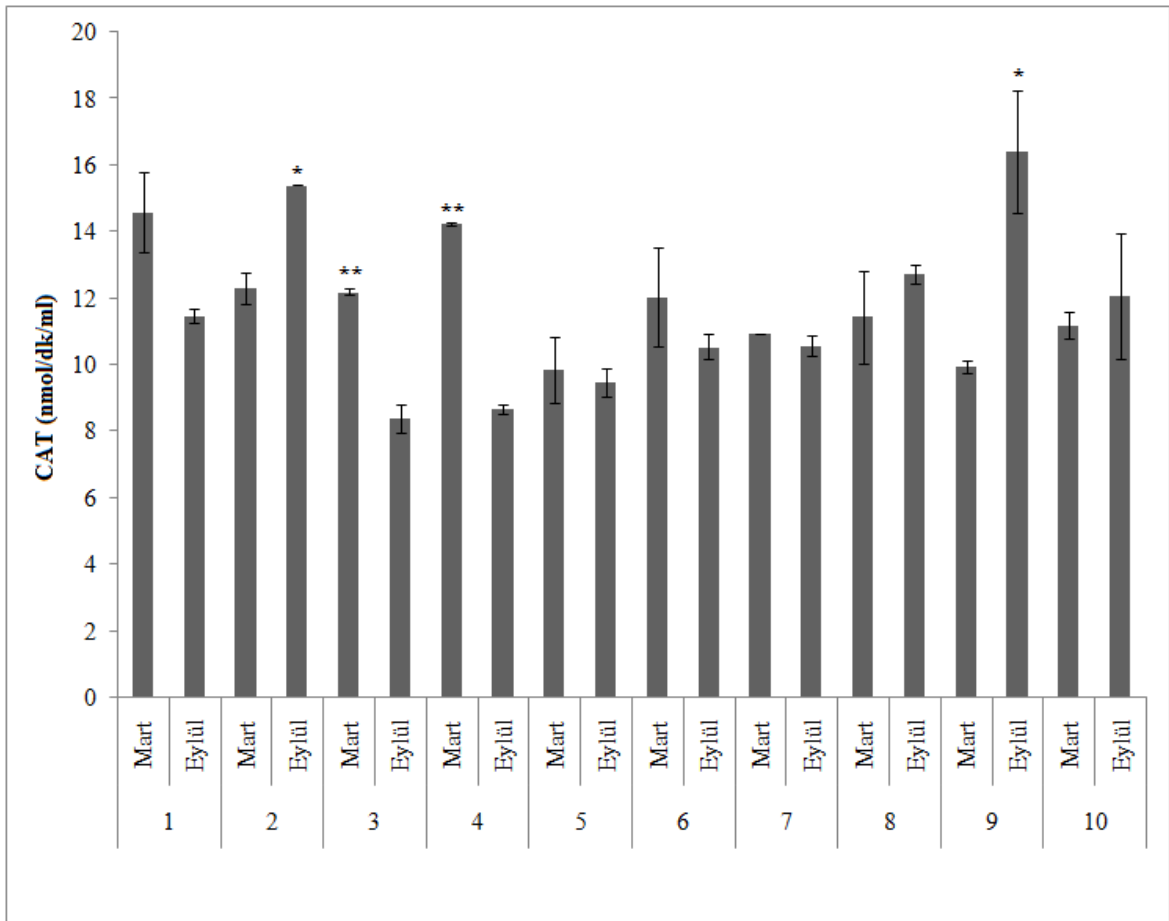
En yüksek SOD enzim aktivitesi Mart ayında 9. istasyonda bulunmuştur ve en düşük SOD aktivitesi aynı istasyonda Eylül ayında bulunmuştur. Ortalama SOD enzim aktivitesi 8. istasyondaki balıklarda diğer tüm istasyonlarla kıyaslandığında önemli düzeyde artmıştır ($p < 0.05$). (Tablo 3.3) 1., 2., 4., 8., 9., 10. istasyonlarda SOD enzim aktivitesinde Eylül aylarında Mart aylarına göre azalış görülmüş olup, 2. istasyondaki azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). 3., 5., 6., 7. istasyonlarda ise Eylül aylarında Mart ayına göre artış olduğu saptanmıştır, ancak bu artış, 3. ve 5. istasyonlarda istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.01$) (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1 *Capoeta umbla* karaciğer dokusundaki SOD (U/ml) enzim aktivitesinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı

3.3.2 Katalaz

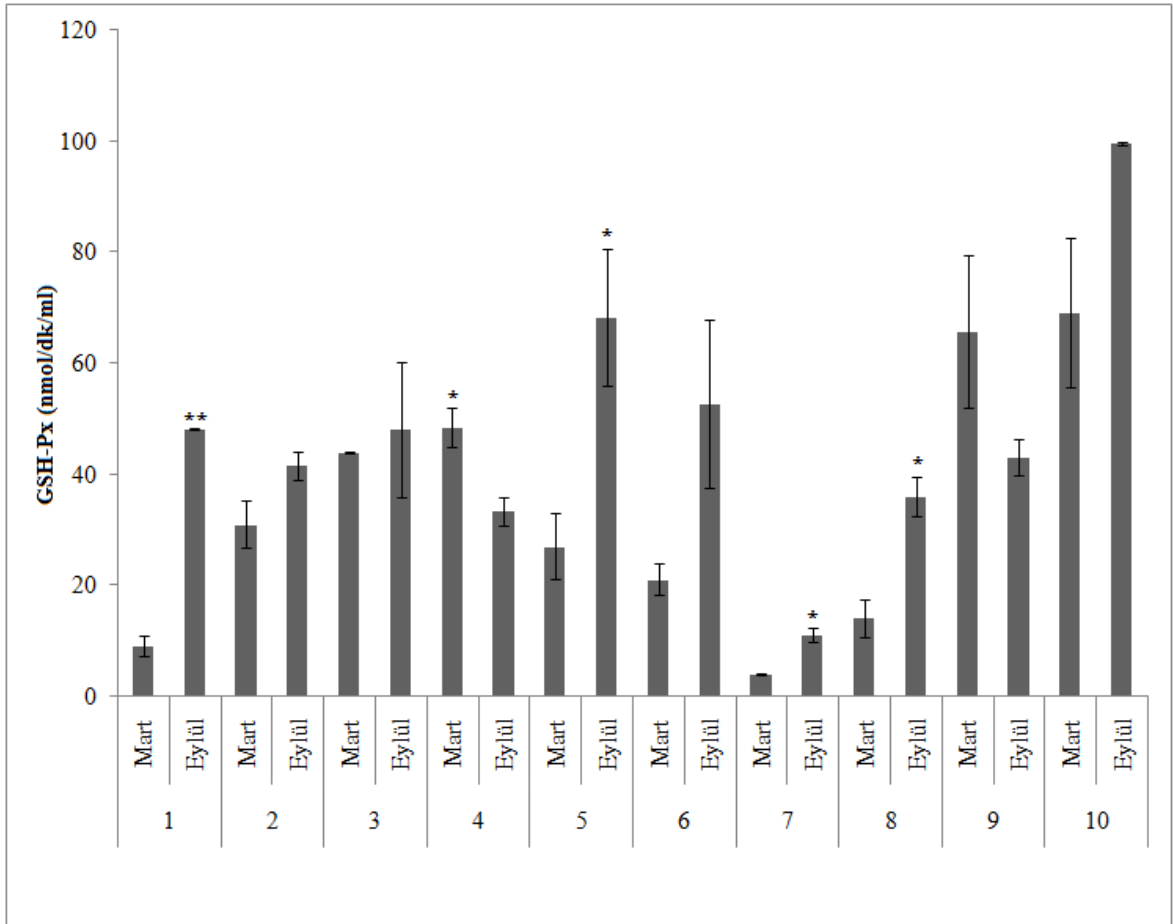
En yüksek Katalaz (KAT) enzim aktivitesi Eylül ayında 9. istasyonda bulunmuştur ve en düşük KAT aktivitesi aynı istasyonda Eylül ayında bulunmuştur. KAT enzim aktivitesi en düşük değerlerine eylül ayında 3. ve 4. istasyonlarda ulaşmıştır (8,38±0,41 ve 8,68±0,14 nmol/dk/ml, sırasıyla). Ortalama KAT enzim aktivitesi 2. istasyondaki balıklarda diğer tüm istasyonlarla kıyaslandığında önemli düzeyde artmıştır (p < 0.05) (Tablo 3.3). KAT enzim aktivitesi 1., 3., 4., 5., 6., 7. istasyonlarda azalmıştır. Bu azalma 3. ve 4. İstasyonlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01) 2., 8., 9., 10. istasyonlarda ise KAT enzim aktivitelerinde artış gözlenmiştir, ancak bu artış sadece 2. istasyonda istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05) (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. *Capoeta umbla* karaciğer dokusundaki KAT (nmol/dk/ml) enzim aktivitesinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı

3.3.3 Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px)

En yüksek GSH-P_x aktivitesi Mart ve Eylül aylarında 10. istasyonda bulunmuştur ve en düşük GSH-P_x aktivitesi ise 7. istasyonda Mart ayında bulunmuştur. GSH-P_x aktivite değerleri 4. ve 9. istasyon hariç Eylül aylarında Mart aylarındaki değerlerden daha yüksek bulunmuştur (Tablo 3.3) (Şekil 3.3)

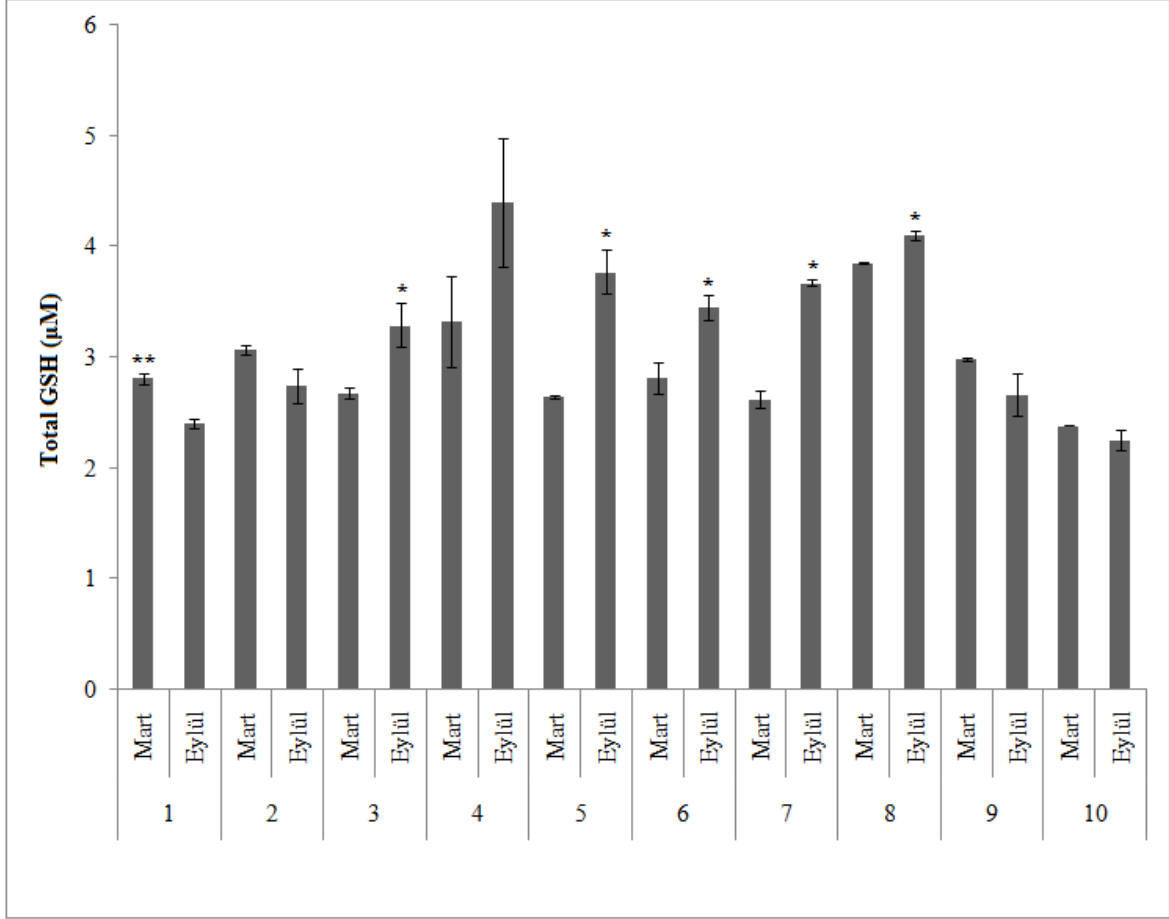


Şekil 3.3. *Capota umbla* karaciğer dokusundaki GSH-P_x (nmol/dk/ml) enzim aktivitesinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı

3.3.4 Glutasyon (GSH) Seviyeleri

GSH maksimum seviyesine Eylül ayında 4. İstasyonda ulaşmıştır (Tablo 4.3). 3., 4., 5., 6., 7. ve 8. İstasyonlarda GSH seviyeleri Eylül aylarında Mart ayına kıyasla artmış olup bu artış 3., 5., 6., 7.ve 8. İstasyonlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). 1., 2., 9. ve 10. İstasyonlarda ise; GSH seviyelerinde Eylül ayında Mart ayına göre bir azalma

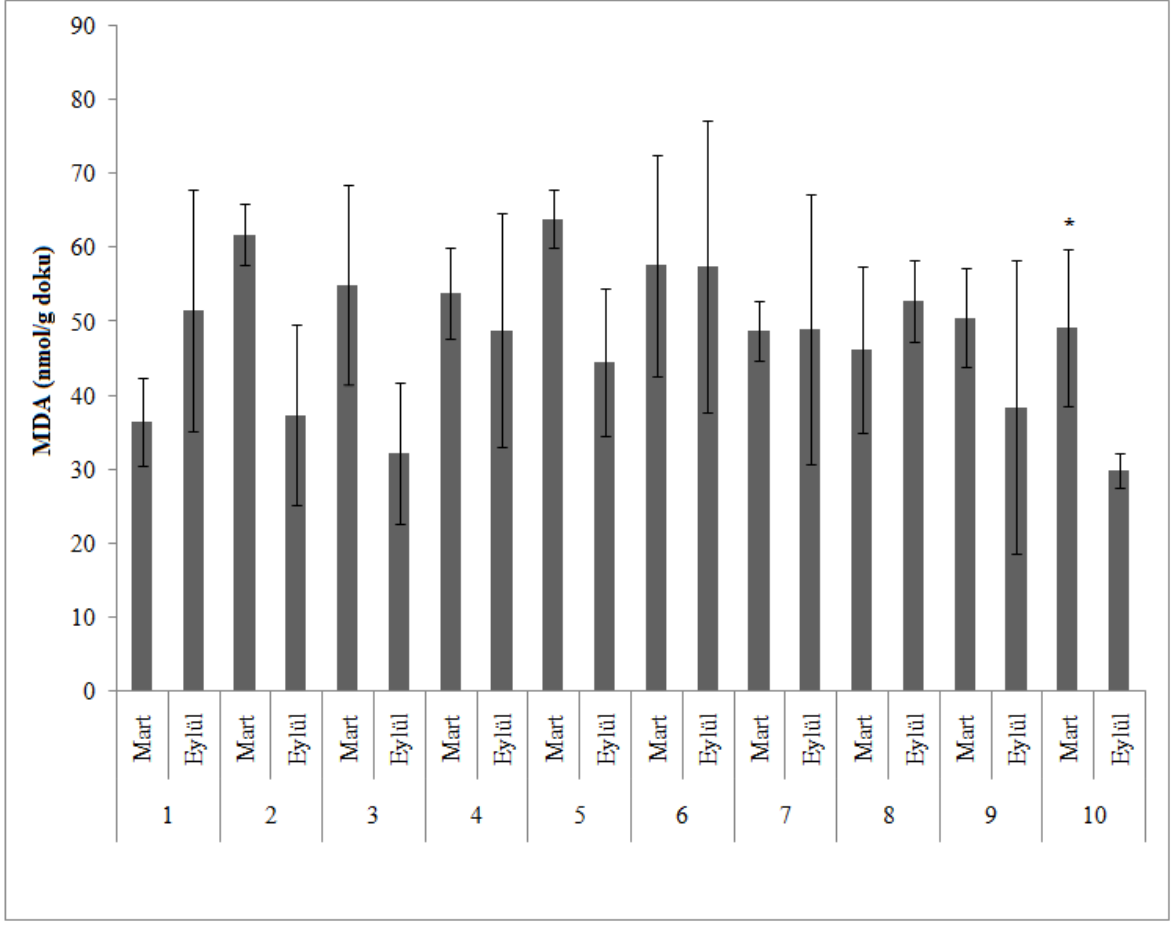
saptanmıştır. Bu azalma istatistiksel olarak 1. İstasyon dışında diğer istasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). (Şekil 3.4.)(Tablo 3.3)



Şekil 3.4. *Capoeta umbla* karaciğer dokusundaki GSH (μM) düzeylerinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı

3.3.5 Malondialdehit (MDA) Seviyeleri

MDA seviyeleri maksimum seviyesine 5. istasyonda Mart ayında ulaşmıştır. Ortalama MDA seviyeleri arasındaki farklılıklar 10. istasyon hariç istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$). 10. istasyonda ise; Mart ayında MDA seviyesinde bir artış göze çarpmaktadır ($p<0.05$)(Tablo 3.3)(Şekil 3.5).



Şekil 3.5. *Capoeta umbla* karaciğer dokusundaki MDA (nmol/g doku) düzeylerinin istasyonlar ve dönemlere göre dağılımı

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Modern dünyada endüstriyel ve evsel atıklar tarım faaliyetleri nedeniyle artan çevre kirliliği önemli bir problem haline gelmiştir. Bu atıkların deşarjı ile kirlenen nehir ve göl sularının geri kazanımı oldukça maliyetli olup, ülkelerin ekonomisine ilave yük getirmektedir. Bu nedenle su ekosisteminin kirlilikten korunması, halk ve çevre sağlığının korunması için de gereklidir. Günümüzde kirletilmiş su sistemlerinin ve bunları kirleten kaynakların karakterizasyonu ve iyileştirme yöntemleri konusunda birçok bilimsel araştırma yapılmakta ve sonuçları yayınlanmaktadır. Su ekosistemindeki canlılardan balıklar ile kabuklular (crustacea) da sucul çevre kalitesinin değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılmakta ve çevre kirliliğinin biyoindikatörü olarak kabul edilmektedirler. Kirliliğin spesifik fizyolojik fonksiyonlar üzerine etkisinin mekanizmasını belirlemek içinse çeşitli organizmalar kullanılabilir.

Güngördü vd. 2012 sazan balığını biyomonitor canlı olarak kullanarak Meriç Delta'sındaki kirliliği zamansal ve mekansal olarak izlenmişlerdir. Glutasyon S- transferaz ve Karboksil esterazın çevresel kontaminasyonun değerlendirilmesinde yararlı bir biyomarker olarak kullanılabilceğini göstermişlerdir. Hinck vd. 2006 Kolombiya Nehri ve kollarından yakalanan *Cyprinus carpio*, *Micropterus sp.* ve *Catostomus macrocheilus* türü balıkları biyoizleme amaçlı kullanılarak kirliliğin zaman ve istasyonlara göre değişimini izlenmişlerdir. Schilderman vd. 1999 Meuse Nehrinde kirliliğin izlenmesi için kereviti kullanmışlardır. Kerevitlerin sucul ekosistemlerde hem organik ve inorganik kirliliğe maruziyete karşı biyolojik bir indikatör olarak kullanılabilceğine işaret etmişlerdir. Linde-Arias vd. 2008'de yaptıkları çalışmalarda Brezilya Nehrinde kirliliğin etkilerinin değerlendirilmesi için metalotiyonin, asetilkolinesteraz (AChE) aktivitesinin kontaminantlara maruz kalmanın spesifik bir indikatör olarak kullanılabilceğini önermişlerdir. Ricciardi vd. 2006 İtalya'daki Maggiore Gölündeki midyede CYP450 ve asetilkolinesteraz enzimlerini biyomarkır olarak kullanılarak kirliliği izlenmişlerdir.

Kirlenen bölgelerde, balığın ksenobiyotiklere maruz kalması bu kimyasallar ile biyolojik sistemler arasında bir etkileşime neden olarak biyokimyasal parametrelerde olumsuz değişimlerle sonuçlanmaktadır (Gül vd., 2004). Biyolojik sistemlerde hücresel antioksidan savunma sistemi, çevresel kirleticilere maruz kalındığında ise bozulmakta, ama canlı organizmalarda antioksidan seviyeleri oksidatif stresin neden olduğu dengesizliği

düzeltilmek için artmaktadır. Antioksidan enzimlerin seviyeleri, organizmanın antioksidan durumunun bir indikatörü ve oksidatif stresin biyobelirteci olarak kullanılabilir (Barim ve Karatepe, 2010). Borković vd. 2008’de Danube Nehri *Orconectes limosus* türü kerevitlerde karaciğer, kas ve solungaç dokularında antioksidan savunma sistemi enzimlerini çevresel kirliliği değerlendirmek amacıyla kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre SOD aktivitesi karaciğerde, solungaç ve kaslara göre daha düşük bulunmuştur. KAT ve GSH-Px aktivitesi karaciğer ve kasta daha yüksek bulunmuştur. Dokulara göre antioksidan savunma enzimlerinde gözlenen bu değişikliklerin çevresel koşullarla göre farklı cevaplar ve farklı metabolik aktivitelerden kaynaklandığı gösterilmiştir. Fernández vd. 2010’da *Mytilus galloprovincialis* tipi midyelerde solungaç dokusundaki antioksidan enzimleri biyomarker olarak kullanarak İspanya Akdeniz kıyıları boyunca çevresel kaynaklı stresi incelemişlerdir. Metal kontaminasyonuna karşı glutatyon bağımlı antioksidan enzimlerde artış gözlemişlerdir. Ayrıca sıcaklığın bu antioksidan enzimlerde pozitif korelasyon içinde olduğunu belirtmişlerdir. Şahan vd. 2010’da Ceyhan Nehrindeki tarımsal ve endüstriyel kaynaklı kirliliğin seviyesini belirlemek için sazan karaciğer ve solungaç dokularındaki biyomarkırlardan Süperoksit Dismutaz (SOD), Katalaz (KAT), Glukoz-6-Fosfat Dehidrogenaz (G6PD), İndirgenmiş Glutatyon (GSH) ve Lipid Peroksidasyon (LPO) seviyelerini analiz etmişlerdir. KAT, G6PD, GST ve GSH aktiviteleri, kirli bölgedeki balıkların karaciğer dokularında yüksek seviyelerde gözlenmiştir. Ayrıca SOD ve LPO miktarları (karaciğer ve solungaç için $P < 0,05$) da kirli bölgede oldukça yüksek bulunmuşlardır. Velkova-Jordanoska vd. 2008’de Ohrid Gölündeki kirliliğin toksik etkilerinin çevreye olan muhtemel etkilerini değerlendirebilmek için bıyıklı balıkların (*Barbus m. petenyi Heck*) antioksidan etkilerini değerlendirmişlerdir. Kandaki SOD ve KAT aktivitelerini biyoindikatör olarak kullanmışlardır ve SOD aktivitesinin azalırken katalaz aktivitesinin arttığını belirtmişlerdir. Shen vd. 2007’de yaptıkları çalışmada tatlısu sazanları (*Brocarded Carp*)’ın karaciğerlerinde kirliliğin indüklediği antioksidan enzim yanıtlarını araştırmışlar, bu amaçla kirlilik sonrası SOD, KAT ve GSH-P_x düzeylerini belirlemişlerdir ve kirliliğe bağlı olarak bu enzim aktivitelerinin indüklendiğini ve karaciğer dokusunda oksidatif stres biyomarkırlarının özellikle de antioksidan enzim aktiviteleri değerlendirmelerinin sudaki kirliliğin bir indikatörü olduğunu göstermişlerdir. Yılmaz vd. 2005’de yaptıkları çalışmada Karakaya Baraj Gölünden farklı istasyonlardan alınan sazanların karaciğer dokularında bazı antioksidan enzim düzeylerini araştırmışlar ve Hasırcılar’da yakalanan balıkların karaciğer

SOD enziminin ortalama spesifik aktivitesinde, Boran ve İmikuşığı istasyonlarına göre, önemli olmayan bir artma gözlemlenmiştir. Hasırcılarda, KAT ve GSH-Px enzimlerinin ortalama spesifik aktivitelerinde Boran ve İmikuşığı istasyonlarına göre, önemli olmayan bir azalma bulmuşlardır. Benli vd. 2012’de yaptıkları çalışmada tarımsal aktivitenin bir sonucu olarak sucul ekosisteme toksik kirletici olarak bulaşan, karbamat grubu pestisitlerden karbarilin subletal konsantrasyonda tatlı su istakozu (*Astacus leptodactylus Eschscholtz*, 1823)’nun farklı dokularında, antioksidan enzim düzeylerini nasıl etkilediğinin araştırmışlardır. Karbaril uygulamasını takip eden 48. saat ve 7. günde solungaç süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz enzim aktiviteleri istatistiksel olarak anlamlı arttığını ($p < 0.05$); katalaz enzim aktivitesinde bir değişiklik gözlenmediğini belirtmişlerdir. Hepatopankreas süperoksit dismutaz değeri 48. saatte kontrole göre azalırken, katalaz ve glutatyon peroksidaz değerleri anlamlı artış gösterdiğini bulmuşlardır ($p < 0.05$). Yedinci günde ise glutatyon peroksidaz enzim aktivitesi artarken, süperoksit dismutaz ve katalaz değerleri kontrol düzeylerine döndüğü saptanmıştır. Zagal, 2008’de yaptığı çalışmada tekstil atık suyunun antioksidan savunma sistemi ve lipid peroksidasyonu üzerine etkileri *Oreochromis niloticus*’da karaciğer ve solungaç dokularında incelenmiştir. Karaciğer ve solungaç dokularında antioksidan durumun göstergesi olarak süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (KAT) enzim aktiviteleri, oksidasyon göstergesi olarak malondialdehid (MDA) konsantrasyonu ölçülmüştür. SOD, KAT enzim aktiviteleri ve MDA konsantrasyonu doza bağlı değişim göstermiştir. Tekstil atık suyunun % 1 ve % 10’luk dozlarının uygulanması sonucunda SOD, KAT aktivitelerinde ve MDA seviyesinde artışlar olduğu gözlenmiştir. Karaciğer ve solungaçta 15. ve 30. günlerde ölçülen parametrelerde gözlenen artışların 45. günde muhtemel adaptif yanıtı bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

Glutatyon oksijen radikali yakalayıcı olarak antioksidant savunmada önemlidir. GSH düzeyindeki değişim canlının detoksifikasyon yeteneğinin önemli bir indikatörü olabilir (Cheung vd., 2001). GPx de GSH’ı substrat olarak kullanarak kirleticilerin detoksifikasyonunda görev almaktadır (Ahmad, 1995). Hücrel GSH miktarı hücrel işlevlerin korunmasında önemlidir ve detoksifikasyon ve oksidatif stres durumunda azalabilmektedir. Ancak devam eden stres durumunda GSH/GSSG oranı adaptif mekanizmaların etkisi ile oksidatif strese karşı koyabilmek üzere artmaktadır (Zhang vd., 2005). Bekmezci, 2010’da Aşağı Seyhan Ovası drenaj kanallarında seçilen beş istasyonda su kalitesi, dokuda metal birikimleri ve kirleticilerin *Clarias gariepinus*’da karaciğer, kas

ve beyin dokularında GSH (Glutasyon) redoks durumuna, oksidatif stres ve nörotoksisite oluşturma potansiyelleri ile biyometrik özelliklerine etkileri incelenmişlerdir. Su kalite değerlendirmelerinde 1. istasyonun diğer istasyonlardan temiz olduğu gözlenmiş ve bulgular bu istasyona göre değerlendirilmiştir. Drenaj sularının bazı değişkenlere göre sulama suyu olarak kullanılmaya ve balıkların sağlıklı gelişmelerine uygun olmadığı gözlenmiştir. Bu çalışmada en yüksek GSH seviyesi 8. istasyonda (8. istasyon baraj gölü içinde hidroelektrik santrale yakın) bulunmuştur, en düşük GSH seviyesi ise 10. İstasyonda bulunmuştur. Azalan karaciğer GSH seviyesi kirleticilere maruz kalan balıklarda kirliliğin derecesinin belirlenmesi için bir indikatör olarak görev yapar. GSH-Px aktivitesi ise; genel olarak sıcaklığın arttığı Eylül ayında Mart ayına göre yüksek bulunmuştur. GSH-Px aktivitesi en yüksek seviyesine Mart ayında 10. istasyonda (Munzur nehrinin Keban Baraj gölüne döküldüğü yer) ulaşmıştır. GSH-Px aktivitesi de sıcaklığın yüksek olduğu Eylül aylarında daha yüksek bulunmuştur. Özellikle sıcaklık ve besin elde etme durumu oksijen tüketimini ve hücrel oksiradikal üretiminde artış ve beraberinde bu oksiradikalleri telafi etme amacı ile antioksidan savunma sisteminde artışla sonuçlanmaktadır (Sheehan ve Power, 1999). Bundan dolayı ilkbahar aylarında antioksidan savunma sistemindeki azalış, Bu peryotta *Capoeta umblanın* oksidatif strese karşı artan duyarlılığından dolayıdır.

Kirli akuatik ortamlardaki balıklar ile yapılan çalışmada SOD aktivitesinin arttığı ve bu artışın radikal üretimindeki artıştan kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Pandey vd., 2003). Gül vd. 2004'de sucul ortamlarda kirliliğin artışına bağlı olarak yaptıkları çalışmada, kirli alanda yaşayan sazanların karaciğerinde SOD enzim aktivitesinin temiz alanda yaşayanlardan yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. SOD artışı hücre içinde yüksek miktarda H₂O₂ oluşumuyla ilişkilendirilmiştir. Bairy vd. 1996, kirli sularda yaşayan *O. niloticus*'ün karaciğerinde artan süperoksit radikali üretimine bağlı olarak SOD enzim aktivitesinin önemli derece de arttığını, fakat SOD'da ki bu adaptif yanıtın ROT tarafından oluşturulan zarara karşı hücreleri korumak için yeterli olmadığını belirtmişlerdir. *P. microps* ile yapılan çalışmada, petrokimyasal kirleticilerden olan benzopiren, anthrasin ve fuel oille maruz bırakılan balıklarda karaciğer SOD enzim aktivitelerinin arttığı bulunmuştur (Viera vd., 2008). Yaptığımız çalışmada en yüksek SOD aktivitesine 8. İstasyonda (hidroelektrik santralin yakınlarında baraj gölü sahasında) rastlanmıştır. Bu sonuç bize bu bölgenin evsel atıklarla kirletildiğini ve SOD enzim aktivitesindeki bu değişikliğin kontaminasyon nedeniyle olabileceğini düşündürmektedir.

Ahmad vd. 2000 % 1'lik kâğıt fabrikası atık sularına maruz bırakılan *C. punctatus* karaciğer dokularında KAT enzim aktivitesinin kontrollerle karşılaştırıldığında, 15 ve 30 günlük uygulamalarda azaldığını; 60 ve 90 günlük uzun süreli maruziyetlerde KAT enzim aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Buna karşılık solungaçta 15, 30, 60 ve 90 günlük uygulamaların tümünde KAT enzim aktivitesinin azaldığını bildirmişlerdir (Ahmad vd., 2000).

A. anguilla ile yapılan çalışmada da zirai kimyasallar, ağır metaller ve evsel atık sularla kirlenen doğal su ortamında yaşayan balık solungaçlarında KAT aktivitesinin arttığı belirtilmiştir (Ahmad vd., 2006). Petrole ve petrol-alkil fenol birleşimine 15 gün süresince maruz bırakılan *G. morhua*'da karaciğer KAT enzim aktivitesinin arttığı tarafından rapor edilmiştir (Sturve vd., 2006). Ferreira ve ark. 2005'de doğal su ortamlarında ki kirlilikle ilişkili olarak yaptıkları alan çalışmasında, çeşitli kirleticilere maruz kalınmasıyla artan ROT oluşumuna bağlı olarak *M. cephalus* ve *P. flesus*'un karaciğer dokularında KAT enzim aktivitelerinin arttığını bulmuşlardır. Çalışmamızda ortalama KAT aktivitesi diğer istasyonlarla kıyaslandığında 5. istasyonda önemli düzeyde azaldığı gözlenmiştir. Karaciğer dokusundaki KAT aktivitesindeki düşüş KAT aktivitesini inhibe ettiği rapor edilen süperoksit radikalleri nedeniyle olduğu düşünülmektedir. KAT enzim aktivitesindeki istasyonlar arasındaki değişikliklerin mevsimlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yaptığımız bu çalışma daha önce yapılan çalışmalarla daha önceki çalışmalarla korelasyon içerisindedir.

Bainy vd. 1996'da Kirli sularda yaşayan *O. niloticus*'da eritrositlerdeki SOD aktivitesinin artması ile artan H₂O₂ etkisiyle GSH-Px aktivitesinin adaptif bir mekanizma ile artmış olabileceği bildirilmiştir. GSH-Px aktivitesinin artışı ile GSH tüketimi artmış ve GSH'ın geri kazanılması için gerekli olan NADPH'nin KAT aktivitesinin korunmasında da rol oynaması nedeniyle NADPH'deki azalmaya bağlı olarak KAT aktivitesinin de azalmış olabileceği bildirilmiştir NADPH, KAT'ın aktif merkezine bağlanarak inaktif hale getirerek ve artan O₂.'ye karşı enzim aktivitesini korumaktadır (Kirkman vd., 1999).

Oakes vd. 2004'de, kâğıt ve kâğıt hamuru fabrikaları ile kentsel atık sulara maruz kalan *C. catostomus* karaciğerinde kimyasal kirleticilerin ROT oluşumuna yol açmasıyla MDA miktarının arttığını bildirmişlerdir. Gül vd. 2004'de, sucul ekosistemlerdeki kirliliğe bağlı olarak yaptıkları çalışmada, kirleticilerin yoğun olduğu ortamdaki sazların karaciğerinde MDA konsantrasyonunun anlamlı olarak arttığını bulmuşlardır. Çalışmamızda en yüksek MDA seviyesi Mart ve Eylül aylarında 6. istasyonda (Baraj gölü sahası içerisinde) tespit

edilmiş olup, bu sonuç aynı zamanda 6. istasyondaki düşük çözünmüş oksijen miktarı ile ilişkilendirildiğinde önemli bir kontaminasyonun varlığını da doğrulamaktadır.

Balıkların sağlıklı gelişimleri için sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen derişimi, alkalinite, gibi su kalitesini etkileyen bileşenlerin miktarları belirli sınırlar içerisinde olmalıdır (Swann, 2000). Su kalitesini belirleyen pH, sertlik, alkalinite ve çözünmüş organik madde miktarı gibi değişkenlerin metallerin balıklar için sudaki biyolojik bulunurluklarını ve balıklar tarafından alınımalarını etkiledikleri bilinmektedir. (Tkatcheva vd., 2004).

Sudaki çözünmüş oksijen derişimi sucul sistemlerde su kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli parametrelerden biridir. Düşük çözünmüş Oksijen (ÇO) düzeyleri doğrudan ya da dolaylı olarak diğer birçok sorunla birleşerek balık ölümlerine sebep olabilir. Balıklarda tüketilen oksijen miktarı balık büyüklüğü, beslenme hızı, hareket ve sıcaklıkla değişir. Bireysel farklılıklar ile değişmekle birlikte balıkların sağlıklı gelişimleri için sudaki ÇO derişiminin 6-10 mg/L arasında olması gerektiği belirlenmiştir (Swann, 2000). Sucul sistemlerde pH canlıların solunumu sırasında salınan CO₂'ye bağlı olarak 4 - 10 arasında değişim gösterirken, kültür balıkçılığında kabul edilebilir pH 6.5 - 9.0 aralığındadır (Swann, 2000). Bizim çalışmamızda en düşük çözünmüş oksijen değeri 5.4 mg/L olarak eylül aylarında 6. istasyonda rastlanmıştır. pH değerleri ise 7.74 ve 8.55 arasında değişmektedir. En yüksek değere ise 10. istasyonda rastlanmıştır.

Bir göl kirlilik açısından yaz ve kış değişkenlik arz eder. Yazın üst sular (epilimnion) daha sıcak, ışık alan ve oksijence zengin konumdadır. Alt tabaka (hypolimnion) soğuk ve oksijence fakirdir, bu iki tabaka arasındaki geçiş bölgesinde (thermocline) gerek sıcaklık gerekse oksijen miktarı diplere gidildikçe düşmektedir. Kış aylarında ise bir homojenlik söz konusudur. Oksijen miktarı gölün her tarafında aynıdır. Bu zenginleşme oksijenin soğuk sularda daha fazla çözünmesinden ileri gelmektedir. Ayrıca düşük sıcaklıklarda tüm organizmaların metabolizmalarının yavaşlaması oksijen ihtiyacını azaltmaktadır (Turk vd., 1974) Yaz süresince organik maddeler oksijenli yüzey sularında organizmalar tarafından nutrient (besin) olarak tüketilir. Organik kirliliklerin bazılarının oksijen ve güneş ışığını bulamayacağı alt tabakaya geçmesi ve birikmesi de söz konusudur. Düşük sıcaklıklarda yaşayan balıklar bu durumda göllerdeki kirlilikten etkilenecek ilk canlılardır (Bu balıklar; alabalık, levrek gibi insanların fazlaca tükettiği balıklardır) (Humphrey vd., 1988). Bizim çalışmamızda da gerek biomarker olarak kullandığımız parametreler olsun, gerekse su parametrelerindeki değişimler olsun sıcaklığın yüksek olduğu Eylül aylarında Mart ayına kıyasla genel anlamda bir kötüye gidişin söz konusu olduğu açıkça görülmektedir.

Uzunluk-ağırlık modelleri gelişmeyi tahmin etmek, kondüsyon olarak tanımlanan beslenme durumunu değerlendirmek üzere kullanılmaktadırlar. Kondüsyon faktörü (CF) uzunluk ve ağırlık ilişkisine dayanır. Bir balığın ve populasyonun sağlık durumunun belirlenmesinde kullanılır (Jones vd., 1999; Bervoets ve Blust, 2003). Çevresel kirleticilerin balıklara etkilerinin değerlendirildiği çalışmalarda araç olarak kullanılmışlardır (Kirby vd., 2000; De La Torre vd., 2000; Bervoets ve Blust, 2003). Habitat, yaş, mevsim, yıl, eşeyssel olgunluk ve üreme dönemine bağlı olarak değişebildiği bilinmektedir (Yılmaz vd., 2007).

Doğal ortam koşullarında *P. flavescens*'de karaciğerdeki ağır metal birikimi ile kondüsyon faktörü arasındaki ilişkinin incelendiği bir araştırmada, ağır metal kirleticilerinin etkisinde kalan balıkların diğerlerine oranla daha az geliştiği bunun da kirleticilerin doğrudan juvenilleri etkileyerek ya da dolaylı bir şekilde besin zincirini zayıflatarak balık gelişiminin ve tüm kondüsyonun düşmesinden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür (Eastwood ve Couture, 2002). Bekmezci 2010'da su örneklerinde ikinci en düşük metal derişimlerinin kaydedildiği 2. istasyonda balıkların boy ve ağırlıklarının diğer istasyonlardaki örneklerden yüksek olduğu ancak CF'nin önemli bir farklılık göstermediği gözlenmiştir. Bu durum düşük kirlilik düzeyi nedeniyle besine ulaşmada zorluk yaşanmamış olabileceği ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Gül vd. 2004'de kirli alanlarda HSI'nın yüksek, CF'nin düşük olduğunu bildirmişlerdir. HSI'daki artışın karaciğer ağırlığının ve yağ içeriğinin artması nedeniyle oluşan hasardan kaynaklı olabileceği ve CF'nin ise kirliliğin besine ulaşmayı engelleyebilmesi nedeni ile düşük olabileceği ileri sürülmüştür. Yapılan bu çalışmada ise; CF değerleri eylül aylarında mart aylarına kıyasla daha düşük saptanmıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte kirliliğin daha yoğun olarak rastlandığı eylül ayında CF değerlerinin düşmesi balıkların kirlilik nedeni ile besine ulaşmada zorluk yaşamasından kaynaklabileceği düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışma Uzunçayır Barajı gölü suyunda, evsel sıvı atıklardan hatta Munzur ve Pülümür Nehirlerinin drenaj alanındaki doğal kirleticilerden (Krom işletmeleri, alçıtaşı kömür yatağı vs) kaynaklanan kirlenmenin boyutunun ortaya çıkarılması ve bu suda yaşayan balıklardaki fizyolojik değişimin izlendiği ilk çalışmadır. Suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin özellikle de 8. istasyonda balıkların sağlıklı yaşamalarına uygun olmadığı belirlenmiştir. Oksidatif stres biomarkırlarındaki değişimler balıkların kirletici etkisinde kaldığını göstermektedir. Araştırma bulguları Uzunçayır Baraj Gölünde kirliliğin

takip edilebilmesine yönelik farklı çalışmaların düzenlenmesinde ve kirlilik kontrolüne yönelik kararlar alınmasında kaynak oluşturmuştur.

5. ÖNERİLER

Sanayileşmenin yok denecek kadar az, tarım alanlarının ise oldukça kısıtlı olduğu ilde, su kaynaklarına dayalı ekonominin geliştirilmesi, yöre halkı için önemli bir geçim kaynağı olabilecek potansiyelindedir. Bu nedenle ildeki mevcut su potansiyelinin kirlilikten korunması, çevre ve yöre ekonomisi için son derece önemlidir. Mevcut su kaynaklarının ve ekosistemin korunması ve yörenin ekonomisi ile halk sağlığı adına böyle çalışmaların yapılması desteklenmelidir.

Tunceli ilinde kentsel atık su arıtma tesisi bir an önce faaliyete geçirilmelidir. İnsan popülasyonu, akuatik ekosistem besin zincirinde son bağlantıyı oluşturmaktadır. Bu durumun önemi bilindiğine göre; bu toksik etkilerin risklerinin tartışılması gerekmektedir. Göllerdeki bulunan kontaminantlar ile temas halinde olan insan üzerinde yapılacak olan araştırmalar bilgilerin geliştirilmesi açısından yararlı olacaktır. Böyle bir çalışma biyokimya, toksikoloji ve halk sağlığı birimleri ile ortak geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Agrawal, A. and Kale, R.K., 2001. Radiation induced Peroxidative Damage: Mechanism and Significance, *Indian J Exp. Biol.*, 39, 291-309.
- Ahmad, S., 1995. Antioxidant Mechanisms of Enzymes and Proteins. (S. Ahmad Edts.), *Oxidative Stress and Antioxidant Defenses in Biology*. Chapman & Hall, America, s 238-265.
- Ahmad, I., Hamid, T., Fatima, M., Chand, H.S., Jain, S.K., Athar, M., Raisuddin, S. 2000. "Induction of Hepatic Antioxidants in Freshwater Catfish (*Channa punctatus* Bloch) is a Biomarkers of Paper Mill Effluent Exposure", *Biochimica et Biophysica Acta*, 1523: 37-48.
- Ahmad, I., Pacheco, M., Santos, M.A. 2006. "Anguilla Anguilla L. Oxidative stress Biomarkers: An in Situ Study of Freshwater Wetland Ecosystem (Pateira de Fermentelos, Portugal)", *Chemosphere*, 65: 952-962.
- Akkuş, I. 1995. Serbest Radikaller ve Fizyoterapik Etkileri. Mimoza Basım, Konya, s. 4-113,
- Alabaster, J.S., Lloyd, R., 1980. *Water Quality Criteria For Freshwater Fish, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Butterworths, London-Boston*
- Alkan, A., 2005. (İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü) Bazı Ağır Metal ve Selenyum Bileşiklerine Maruz Kalan Alabalıklarda Antioksidan Enzim Aktivitelerinin İncelenmesi, Malatya.
- Arda, M., 1974. Balıklarda Bakteriyel, Mantar, Viral ve Ekolojik Nedenlerden İleri Gelen Hastalıklar Ve Tedavileri, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları 300: 212 s. Ankara.
- Ateş, B. 2001. "İntestinal İskemi-Reperfüzyon Uygulamalarında Değişik Antioksidanların Koruyucu Etkilerinin Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi.
- Baltacı, F., 2010 "Su ve Analiz Metodları", DSİ, Ankara, 3-38,.
- Barim, O., 2010 Karatepe M., The Effects of Pollution on the Vitamins A, E, C, B-Carotene Contents and Oxidative Stress of The Freshwater Crayfish, *Astacus Leptodactylus Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, 138-142.
- Benli, A., Karasu, Ç., Şahin, D., Memmi, B. K., Dinçel, A. S., 2012. Karbarile Maruz Kalan Tatlı Su İstakozlarında (*Astacus Leptodactylus Eschscholtz, 1823*) Antioksidan Enzim Düzeyleri, *Türk Biyokimya Dergisi [Turkish Journal of Biochemistry-Turk J Biochem]* 37 ,162-166.

- Bekmezci, H.D., 2010. Aşağı Seyhan Ovası Drenaj Sistemlerindeki Kirlilik Etmenlerinin *Clarias Gariepinus*'da Toksik Etkileri Biyoloji Anabilim Dalı, Adana.
- Blaxhall, P.C., Daisley, K.W., 1973. Routine Haematological Methods For Use With Fish Blood, *J. Fish Biol.*, 5, 771- 781.
- Bainy, A.C.D., Saito, E., Carvalho, P.S.M., Jungueria, V.B.C. 1996. "Oxidative Stres in Gill, Erythrocytes, Liver and Kidney Of Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) From Poluted Site", *Aquatic Toxicology*, 34, 151-156.
- Bervoets, L., Blust, R., 2003. Metal Concentrations in Water, Sediment and Gudgeon (*Gobio gobio*) from a Pollution Gradient: Relationship with Fish Condition Factor. *Environmental Pollution*, 126: 9-19.
- Borković, S. S., Sladjan, Z. P. , Tijana, B. K. , Andraš, Š. Š. , Vojislav, M. P., Zorica, S. S., 2008. Antioxidant Defence Enzyme Activities in Hepatopaneas, Gills and Muscle of Spiny Cheek Crayfish (*Orconectes Limosus*) From The River Danube, *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 147 122–128.
- Burhan, A . (1995) . Çevre Sorunları, Gazi Üniversitesi, *B.F. Dergisi* 1:1-2, Ankara.
- Buettner, G.R. 1998. Antioxidant Enzymes and Fuction. 1:1-20.
- Burtis, C.A., Ashwood, E.R. 1999. "Tietz Textbook of Clinical Chemistry", W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania.
- Chance, B., Sies, I. I. , Bovaris, A. 1979. Hydroperoxide Metabolism in Mammalian Organs. *Physiol Rev* 59, 527.
- Cheung, C. C. C., Zheng, G. J., LI, A. M. Y., Richardson, B. J., Lam, P. K. S., 2001. Relationships Between Tissue Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Antioxidative Responses of Marine Mussels, *Perna viridis*. *Aquatic Toxicology*, 52, 189-203.
- Cirik, S., Cirik, Ş., 1995. Limnoloji. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları Yayın No:21. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 166s.
- Çoban, F., 2007 Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi, ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, 23279, Elazığ
- Cooke, M.S., Evans, M.D., Dizdaroğlu, M., Lunec, J. 2003. " Oxidative DNA Damage: Mechanisms, Mutation and Disease", *FASEBJ*, 17, 1195-1214.
- Cossu, C., Doyotte, A., Jacquin, M.C., Babut, M., Exinger, A., Vasseur, P., 1997. Glutathione Reductase, Selenium-Dependent Glutathione Peroxidase, Glutathione Levels, and Lipid Peroxidation in Freshwater Bivalves, *Unio Tumidus*, As Biomarkers of Aquatic Contamination in Field Studies. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 38, 122-131.

- Çalta M., Girgin A., 1998. Ağır Metallerin Balıklar Üzerindeki Etkileri, T.C. Tarım Orman ve Köy işleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü Su Kirliliği Hizmet İçi Eğitim Semineri Elazığ, 151-157.
- Çobanoğlu. Z, 1995.Genel Çevre Sağlığı Bilgisi, ISBN 975-7572-72-6, Hatiboğlu Yayınları, Ankara.
- Deaton, C.M. and Marlin, D.J., 2003. Exercise-Associated Oxidative Stress, *Clinical Techniques in Equine Practice*, 3, 278-291.
- De La Torre, F. R., Saliba, A., Ferrari, L., 2000. Biomarkers Assessment in Juvenile *Cyprinus carpio* Exposed to Waterborne Cadmium. *Environmental Pollution*, 109: 262-277.
- De Zwart, L.L., Meerman, J.H.N., 1999. Commandeur J.N.M. and Vermeulen N.P.E., Biomarkers of Free Radical Damage Applications in Experimental Animals and in Humans, *Free Radical Biol. Med.*, 26, 202-226.
- Davies, M.J., Fu, S., Wang, H., Dean, R.T. 1999. “Stable Markers of Oxidant Damage to Proteins and Their Application in the Study of Human Disease”, *Free Radic. Biol. Med.*, 27: 1151-1163.
- Donkin, S. G., Ohlson, D. L., Teaf, C. M., 2000. Principle of Toxicology, Environmental and Industrial Applications. Second Edition. (P. L. Williams, Ph. D. R. C. James, S. M. Roberts, Edts.). John Wiley & Sons, Inc, New York, 325 s.
- Eastwood, S., Couture, P., 2002. Seasonal Variations in Condition and Liver Metal Concentrations of Yellow Perch (*Perca flavescens*) from a Metal- Contaminated Environment. *Aquatic Toxicology*, 58: 43-56.
- Ellenberg, H., Weber, H.E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W. & Paulißen, D. 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica XVII*, 248 s.(a)
- Ellenberg, H., Arndt, U., Bretthauer, R., Ruthsatz, B., Steubing, L., 1991. Biological Monitoring; Signals from The Environment. Friaedr. Viewegand Sohn Verlagsgesellschaft mbH, 318 p. Braunschweig.(b)
- Egemen, Ö., 1999. *Çevre ve Su Kirliliği*. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fak. Yayınları No: 42, İzmir.
- Ekmekçi, G., 1992. Yapay Göllerin Biyolojik Ortama Olan Etkileri, DSI teknik Bülteni, DSI genel müdürlüğü, sayı.80.14.
- Eroğlu, V., 1995. Su Tasfiyesi, İTÜ Yayınları, İstanbul, 314 s.
- Ertürk, H. 1999. “Çevre Bilimlerine Giriş,” VİPAŞ AŞ. Yayın Sıra No: 3, 3. Baskı, Bursa s. 70-73.

- Erguvanlı, K., Yüzer. E., 1987. Yeraltısuları Jeolojisi[Hidrojeoloji), İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayın No:23, İstanbul, Nisan.
- Emerit, J., C. Beaumont and F. Trivin., 2001. Iron Metabolism, Free Radicals and oxidative Injury, *Biomed. Pharmacother.*, 55,6 333-339.
- Erb, B., 1997. No Life Without Water, *International Environmental Technology*, 7, 2, 18-19, March Apnl.
- Fridovich I., 1975: Superoxide Dismutases. *Annu Rev Biochem*44,147.
- Ferreira, M., Moradas-Ferreira, P., Reis-Henriques, M.A. 2005. "Oxidative stres Biomarkers in Two Resident Species, Mullet (*Mugil Cephalus*) and Flounder (*Platichthys Flesus*), From a Polluted Site in River Douro Estuary, Portugal", *Aquatic Toxicology*, 71: 39-48.
- Fernández, B., J.A. Campillo, C., Martínez-Gómez, J. Benedicto 2010. Antioxidant Responses in Gills of Mussel (*Mytilus Galloprovincialis*) as Biomarkers of Environmental Stress Along the Spanish Mediterranean Coast *Aquatic Toxicology* 99, 186–197.
- Geldiy, R. ve Balık, S. (1988). Türkiye Tatlı Su Balıkları Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Ders Kitapları Serisi, İzmir
- Gregory E M ,Fridovich, I.,1973. Oxygentoxicity and the Superoxide Dismutase. *J Bacteriol* 114:1193
- Guemouri, L., Artur, Y., Herbeth, B., Jeandel, C, Cuny, G., Siest, G., 1991. Biological Variability of Superoxide Dismutase, Glutathione Peroxidase and Catalase in Blood. *Clinical Chemistry.*, 37, 11, 1932-1937.
- Goyer, R. A., Clarkson, T., W., 2001. Toxic Effects of Metals. (KLAASSEN, C. D., Edts.) Casarett & Doull's Toxicology-the Basic Science of Poisons; 6th Edition. New York: McGraw-Hill. s. 827-844.
- Göksu, M.Z.L.,2003. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Kirliliği Ders Kitabı
- Görmez K. (1997) . Çevre Sorunları ve Türkiye, Gazi Kitapevi, 1.Baskı, Ankara Council on Environmental Quality, Environmental Quality lö. Annual Report 1984, US Government Printing OfTice, Washington 1986.
- Gül, Ş., Belge-Karataş, E., 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", *Environmental International*, 30: 605-609.
- Güler, Ç. Çevre ve Sağlık Üzerine Etkileri, Sağlık, Toplum ve Çevre Bülteni, 1, 3, 3-8, Mart 1991

- Gutteridge, J.M.C., 1995. Lipid Peroxidation and Antioxidants as Biomarkers of Tissue Damage, Clin. Chem., 41:12B part 2 Supp. S 1819-1828.
- Güler, Ç., 1997 Su Kalitesi Kitabı Ankara.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1994 Su Kirliliği Kitabı Birinci Baskı Ankara
- Güngördü, A., Belda, E., Dürdane, K., 2012. Evaluation of Spatial and Temporal Changes In Biomarker Responses in the Common Carp (*Cyprinus Carpio* L.) For Biomonitoring The Meric, Delta, Turkey, Environmental Toxicology and Pharmacology, 33, 431–439.
- Haliloğlu, i., 2009. Tuzla Çayı ve Tercan Baraj Gölü'ndeki *Capoeta capoeta umbla* HECKEL, 1843'nın Bazı Biyo-Ekolojik Özellikleri ile Total Yağ ve Yağ Asitleri Kompozisyonlarının Karşılaştırılması Ekoloji 19, 73, 55-64.
- Hem, J.D., 1985, Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water: U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA, 263 p.
- Heath, A.G., 1995. Water Pollution and Fish Physiology. Second Edition. Lewis Publisher, CRC Press, Florida, U.S.A.
- Hinck, J. E., Christopher, J. S., Vicki, S. B., Nancy, D. D., Timothy, M., Bartish , P.J. Anderson , James, J. C., Gail M. D. , Donald E. T., 2006.Environmental Contaminants and Biomarker Responses in Fish From the Columbia River and Its Tributaries: Spatial and Temporal Trends, Science Of The Total Environment 366, 549–578.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J.M.C., 1990. Role of Free Radicals and Catalytic Metal Ions in Human Disease: An Overview. Methods in Enzymology. Packer, L., Glazer, A.N., Eds., 186, 17-75.
- Humphrey, E.B., (1988), Chem.Cont. in the Great Lakes; The Human Health Aspect. Adv. Environ. Sci. Technol. 21 (Tox. Comtom. Ecosyst. Health, Great Lakes Fokus). 153-65.
- Jones, R. E., Petrell, R., J., Pauly, D., 1999. Using Modified Legth-Weight Relationships to Assess the Condition of Fish. Aquacultural Engineering, 20: 261-276
- Karabulut B. A., Özerol, E., Temel, İ., Gözükara, EM., Akyol, Ö. 2002. Yaş ve sigara *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 9,85-88.

- Kazancı, G., Girgin, S., Dügel, M. & Oğuzkurt, D. 1997. Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyotik İndeks Yöntemi [The Method Of The Biotic Index Of Assessment and Monitoring With Respect To Environmental Quality Of Running Waters]. İmaj Yayıncılık. ANKARA, 100 s.
- Kirby, M. F., Morris, S., Hurst, M., Kirby, S. J., Neall, P., Tylor, T., Fagg, A., 2000. The Use of Cholinesterase Activity in Flounder (*Platichthys flexus*) Muscle as a Biomarker of Neurotoxic Contamination in UK Estuaries. Marine Pollution Bulletin, 40, 780-791.
- Länderarbeitsgemeinschaft, W. (LAWA), 1980: Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland. 16 s. Stuttgart.
- Lloyd, R., 1992. Pollution and Freshwater Fish. Fishing News Boks. A Division of Blackwell Scientific Publications Limited, Great Britain. 176 s.
- Mavelli, I., Rotilio, G., 1984. Enzymatic Protection Against Intracellular Oxidative Processes, Advances On Oxygen Radicals and Radioprotectors, Edizioni Scientifiche, 65-80.
- McCay P. B. , Gibson, D.I. , Fong, K.L , Hornbrook, K.R 1976. Effect of Glutathione Peroxidase Activiy On Lipid Peroxidation İn Biological Membranes. Biochim Biophys Acta 431:459.
- Marklund, S.L.,1984 Properties of Extracellular Superoxide Dismutase From Human Lung. *Biochem J.* 15; 220(1):269-72,.
- Kelly, S. A., Havrilla, C. M., Brady, T. C., Abramo, K. H., Levin, E. D., 1998. Oksidative Stress in Toxicology: Established Mammalian and Emerging Piscine Model Systems. Environmental Health Perspectives, 106, 375-384.
- Kirkman, H., N., Rolfo, M., Ferraris, A. M., Gaetanı, G. F., 1999. Mechanisms of Protection of Catalase by NADPH. Kinetics and Stoichiometry. Journal of Biological Chemistry, 274 , 13908-13914.
- Knapen, M. F.C.M.,Zusterzeel, P.L.M., Peters, W.H.M. and Steegers, E.A.P., 1999.Glutathione and Glutathione-Related Enzymes İn Reproduction. European Journal of Obstetrics&Gynecology and Reproductive Biology, 82, 171-184
- Konukoglu, D., Akçay, T., 1995. Glutatyon Metabolizması ve Klinik Onemi. Istanbul Universitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, ISTANBUL. Türkiye Klinikleri Journal Medical Sciences , 15:214-218.
- Kuru, M. 1975. Doğu Anadolu Balık Faunası. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 348, Erzurum.

- Lemaire, P., Matthews, A., Forlin, L., Livingstone, D.R., 1994. Stimulation of Oxyradical Production of Hepatic Microsomes of Flounder (*Platichthys flesus*) and Perch (*Perca fluviatilis*) by Model and Pollutant Xenobiotics. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 26, 191-200.
- Lopes, P.A., Pinheiro, T., Santos, M.C., Mathias, M.D.A.L., Collares-Pereira, M. J. Viegas-Crespo, A.M., 2001. Response of Antioxidant Enzymes in Freshwater Fish Populations (*Leuciscus alburnoides* Complex) to Inorganic Pollutants Exposure. *The Science of The Total Environment*, 280, 153-163.
- Meister, A., Anderson, M.E., 1983. Glutathione. *Annual Review of Biochemistry*, 52: 711-760.
- Meotti F.C., Stangherlin E.C., Zeni G., Nogueira C.W. and Rocha J.B.T., Protective role of aryl and alkyl diselenides on lipid peroxidation, *Environ. Res.*, 94: (2004) 276-282
- Moddy, S.C. and Hassan, M.H., 1984. Anaerobic Biosynthesis of Manganese – Containing Superoxide Dismutase in *Escherichia coli*, *FEMS Microbiol. Lett.* 25pp.12821-12825.
- Mourente, G., Diaz-Salvago, E., 1999. Characterization of Antioxidant Systems, Oxidation Status and Lipids In Brain of Wild-Caught Size-Class Distributed *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) Crustacea, Decapoda, *Comp. Biochem. Physiol. Part B*, 124: 405- 416.
- Mruk, D.D., Silvestrini, B., Meng-yun, Mo, Cheng C.Y.A., 2002. Antioxidant Superoxide Dismutase-A Review: Its Function, Regulation in the Testis, and Role in Male Fertility, *Contraception*, 65, 305-311.
- Munsuz, N. ve Ünver, İ., 1995 Su Kalitesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No-1389 ,Ders Kitabı sf.335. Ankara
- Nishikimi, M., Yamada, I.I., Yagi, K. 1980. Oxidation by Superoxide of Tocopherols Dispersed in Aqueous Media With Deoxycholate . *Biochim Biophys Acta* 627, 101.
- Oakes, K.D., McMaster, M.E., Van Der Kraak, G.J. 2004. "Oxidative Stress Responses In Longnose Sucker (*Catostomus commersoni*) Exposed To Pulp and Paper Mill and Municipal Sewage Effluents", *Aquatic Toxicology*, 67, 255-271.
- Ören, P., 2009. Malathion'un *Oreochromis niloticus* 'ta Oksidatif Stres Kaynaklı Endokrin Bozucu Etkileri Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Özçağlar, A. 2000. Coğrafyaya Giriş (Sistemik Kavramlar Yöntemler). Ankara.

- Özmen, H., 1998. Su Kirliliğini Kimyasal Olarak Belirleme Yöntemleri ve Kirlilik Parametreleri, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü Su Kirliliği Hizmet İçi Eğitim Semineri Notları , Elazığ, 175-182.
- Öztürk, Ç., Gözükara, E.M., Uysal, A. 1997. Kronik Lösemilerde Eritrosit İçi Süperoksit Dismutaz Aktiviteleri. *Journal of Turgut Özal Medical Center*, 4,33–36.
- Peña -Llopis, S., Ferrando, M. D., Pena, J. B., 2003a. Fish Tolerance to Organophosphate-induced Oxidative Stress is Dependent on the Glutathione Metabolism and Enhance N-acetylcysteine. *Aquatic Toxicology*, 65: 337-360.
- Pandey, S., Parvez, S., Ansari, R. A., Alı, M., Kaur, M., Hayat, F., Ahmad, F., Raisuddin, S., 2008. Effects of Exposure to Multiple Trace Metals on Biochemical, Histological and Ultrastructural Features of Gills of a Freshwater Fish, *Channa punctata* Bloch. *Chemico-Biological Interactions*, 174: 183-192.
- Pontius F.W. (ed)., 1970. Water Quality and Treatment, A Handbook of Community Water Supplies, McGraw Hill, New York.
- Rencüzoğulları, N. 2006. Ratlarda Deneysel Olarak Oluşturulan Kadmiyum Toksikasyonu Üzerine Likopenin Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Hatay.
- Rainbow, P. S., Phillips, D.J.H., 1993. “Cosmopolitan Biomonitors of Trace Metals”, *Marine Pollution Bulletin*, 26, 593-601.
- Ricker, W.E., 1958. Handbook of Computations for Biogical Statistics of Fish Populations. *Bulletion of the Fisheries Research Board of Canada*. P. 119-300.
- Sarıhan, E., 1985. Limnoloji. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notu Yayınları No:110, Adana, 71 s.
- Schilderman, P. A. E. L., Moonen, E. J. C., L. M. Maas, I. W. and Kleinjans, J. C. S. 1999. Use of Crayfish in Biomonitoring Studies of Environmental Pollution of the River Meuse, *Ecotoxicology and Environmental Safety Environmental Research, Section B* 44, 241}252.
- Schacter, E. 2000a. “Protein Oxidative Damage”, *Methods Enzymol.*, 319: 428-436.,
- Schacter, E. 2000b. “Quantification and Significance of Protein Oxidation in Biological Samples”, *Drug Metab. Rew.*, 32: 307-326.
- Shen, H., Song, C., Zhen, F., Wang, F., Ren H., 2007. Enzymatic Biomarker Measurement and Study on Pollution-induced Antioxidant Enzymes Responses in Freshwater Fish Liver, *Brocarded Carp Foundation item: The Hi-Tech Research and Development Program(863) of China(No 2004AA601012-5-1)*

- Sheehan, D., Power, A., 1999. Effects of Seasonality on Xenobiotic and Antioxidant Defence Mechanisms of Bivalve Molluscs. *Comp. Biochem. Physiol.* 123C, 193–199.
- Sinanmış, A.D., 2001. Atatürk Baraj Gölünde Kurulan Balık Üretim İstasyonunun Su Kalite Parametrelerinde Meydana Getireceği Değişikliğin ve Oluşturacağı Kirlilik Yükünün Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniv. Fenbilimleri Enstitüsü ,Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Swann, La. D., 2000. A Fish Farmer's Guide to Understanding Water Quality. Illinois-Indiana Sea Grant Program, Purdue University. Web: <http://www.ansc.purdue.edu/aquatic>
- Şahan, A, Kurutaş, E.B., Altun, T. 2010. The Determination of Biochemical Indicators (Biomarkers) in the Common Carp (*Cyprinus carpio*) to the Physico-chemical Parameters of the Ceyhan River (Adana-Turkey). *Ekoloji* 19, 8-14.
- Tanyolaç, J., 2000. *Linmololi (Tatlısu Bilimi)*. 263.s Hatipoğlu Yayınevi. Ankara
- Tappel, A. L. 1969. Vitamine as the Biological Lipid Antioxidant *Vitamlor* 20: 493.
- Taylan Z. S., Özkoç, H.B. 2007. Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akvatik Organizmaların Biokullanılabilirliği BAÜ FBE Dergisi 9, 2, 17-33
- Tkatcheva V, Hyvarinen H, Kukkonen J, Ryzhkov LP, Holopainen IJ 2004. Toxic Effects of Mining Effluents on Fish Gills in a Subarctic Lake System in NW Russia. *Ecotoxicology & Environmental Safety.* 57,278-89.
- Türk, A., Türk, J., Wittes, T.J., (1974), The Pollution Of Inland Waters By Nutrients, *Environmental Science*, 428-421.
- Uslu, O . (2001) . Su Kirliliği, Türkiye'nin Çevre Sorunları, T.Ç.S.V Yayını, Ankara.
- Valavanidis A, Vlachogianni T, Scoullou M, Dassenakis M. 2006. Molecular biomarkers.
- Valko M., C.J. Rhodes, J. Moncol, M. Izakovic and M. Mazur, 2006. Free radicals, metals And antioxidants in oxidative stress-induced cancer, *Chemico-Biological Interactions*, 160, 1-40.
- Velkova-jordanoska, L., Kostoski, G., Jordanoska, B., 2008. Antioxidative Enzymes in Fish as Biochemical Indicators of Aquatic Pollution *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14, 235-237.
- Vieira, L.R., Sousa, A., Frasco, M.F., Lima, I., Morgado, F., Guilhermino, L. 2008. “Acute Effects Of Benzo[A]Pyrene, Anthracene and Fuel Oil on Biomarkers of the Common Goby *Pomatoschistus Microps* (Teleostei, Gobiidae)”, *Science of the Total Environment*, 395, 87-100.

- Walker, C.H., 1995. Biochemical Biomarkers in Ecotoxicology-Some Recent Developments. *The Science of The Total Environment*, 171, 189-195.
- Webb, D., Gagnon, M.M., 2002. "Biomarkers of Exposure in Fish Inhabiting the Swan-Canning Estuary Western Australia-a Preliminary Study", *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 259-269.
- World Health Organization (WHO), 1984a, *Guidelines for Drinking Water Quality, Volume 1 Recommendations: WHO Publ., Geneva Switzerland*, 130 p.
- Yaramaz Ö., 1992. Çevre ve Su kirliliği sayı, 42, ISBN 975-483-175-0, Ege-Üniv.
- Basımevi,. Bornova-İzmir, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak.Yayımları.
- Yıldız, N., 1996."Şanlıurfa İçme Suyu Siteminin Kalite Kontrol Parametreleri Açısından İncelenmesi", YLS, Harran Üniversitesi, FBE, Şanlıurfa, 27-37.
- Yılmaz, H.R., Türköz Y, Yüksel E and Orun I. 2006. An Investigation of Antioxidant Enzymes Activities in Liver of *Cyprinus carpio* Taken from Different Stations in The Karakaya Dam Lake, *International Journal of Science & Technology*. e 1, 1-6.
- Yılmaz, İ, 1995. 3- Metilokolantrenin Sıçanların Yaşlanma Sürecinde Radikal Süpürücü Enzimler ve Toplam Glutatyon Düzeyine Olan Etkisi, İnönü Üniversitesi, Doktora tezi.
- Yılmaz, M., 2010. Bazı Pestisitlerin Sıçan Dokularındaki Asetilkolinesteraz ve Antioksidan Enzim Aktiviteleri İle Malondialdehit Düzeyine Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi.
- Yılmaz, S., Yılmaz, M., Polat, N., Bostancı, D., 2007. Altınkaya Baraj Gölü (Samsun, Türkiye)'nde Yaşayan Sudak Balığı *Sander lucioperca* (L., 1758)'nin Yaş ve Büyüme Özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3): 273-283.
- Yüksel, M., 1997. Atatürk Barajı Göl Suyunun Balık Yetiştiriciliği Açısından Fiziksel ve Kimyasal Parametrelerinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Zootekni Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Yurdakul, Z., Oksijen ve Canlılar, (2003)
www.klinik-biyokimya.com/semner/oksijen/oksijen.htm.
- Zagal, A. 2008. Tekstil Atık Suyunun *Oreochromis Niloticus* 'da Toksik Etkisinin Bazı Antioksidan Enzimler Kullanılarak Araştırılması, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Zihnioğlu F., Telefoncu, A., Göllerdeki Kimyasal Kirlilik ve İnsan Sağlığına Etkisi - E.. Fen Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, Bornova – İZMİR

Zhang, J. F., Lüub, H., Sun, Y. Y., Wang, X. R., Wu J. C., Xue, Y. Q., 2005. Responses of the Antioxidant Defenses of the Goldfish *Carassius auratus*, Exposed to 2,4-Dichlorophenol. Environmental Toxicology and Pharmacology, 19, 185-190

ÖZGEÇMİŞ

09.10.1981'de Tunceli'de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimimi Tunceli'de tamamladı. 2001 yılında lisans eğitimine Dicle Üniversitesi Fen Edebiyat Fakóltesi Biyoloji bölümünde başlayıp 2005'de lisans eğitimini tamamladı. 2010 yılında Tunceli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıőtır.