

**NALLIHAN KUŞ CENNETİ-ANKARA'DAN TOPLANAN
KUŞ TÜYLERİNDE
BAZI AĞIR METALLERİN SAPTANMASI**

**DETERMINATION OF SOME HEAVY METALS
IN BIRD FEATHERS COLLECTED FROM
NALLIHAN BIRD SANCTUARY-ANKARA**

GÖNÜL ARSLAN

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
BİYOLOJİ Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2007

NALLIHAN KUŞ CENNETİ-ANKARA'DAN TOPLANAN KUŞ TÜYLERİNDE BAZI AĞIR METALLERİN SAPTANMASI

Gönül Arslan

ÖZ

Bu çalışmada, ağır metal kontaminasyonunu saptamak için 2006 üreme döneminde **Nallıhan Kuş Cenneti-Ankara**'da küçük akbalıkçıl (*Egretta garzetta*), gri balıkçıl (*Ardea cinerea*) ve gece balıkçılı (*Nycticorax nycticorax*) "**biyo-gösterge türler**" olarak seçilmiştir.

Bu balıkçılların ergin ve yavrularından tüy örnekleri toplanmış ve farklı tüy örneklerinde (**EBT**: Ergin Birincil Uçma Tüyü; **EİT**: Ergin İkincil Uçma Tüyü; **EÖT**: Ergin Örtü Tüyü; **YÖT**: Yavru Örtü Tüyü) kadmiyum(**Cd**), kurşun(**Pb**), bakır(**Cu**) ve krom(**Cr**) düzeyleri ve birikim oranları araştırılmıştır. Her 3 balıkçıl türüne ait tüylerde, metaller için YÖT'nin en yüksek ağır metal derişimine sahip olduğu bulunmuştur. Yavru örtü tüylerinde saptanan en yüksek ortalama kalıntı düzeyleri, küçük akbalıkçıda 3,70 mg/kg Cd, gri balıkçıda 12,36 mg/kg Pb, küçük akbalıkçıda 14.82 mg/kg Cu ve gri balıkçıda 0,1 mg/kg Cr olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, bütün tüy örneklerinde kalıntı düzeyleri genel olarak **Cu>Pb>Cd>Cr** şeklindedir. Pb ve Cu birikim oranlarının Cd ve Cr'a göre daha yüksek olduğu da hesaplanmıştır. Ayrıca, balıkçıl türleri arasında, gri balıkçıldaki birikim oranı (41) ve küçük akbalıkçıldaki birikim oranının (43), gece balıkçılındaki birikim oranına (25) göre daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Nallıhan Kuş Cenneti, ağır metaller, gri balıkçıl (*Ardea cinerea*), küçük akbalıkçıl (*Egretta garzetta*), gece balıkçılı (*Nycticorax nycticorax*)

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zafer AYAŞ, H.Ü. Fen Fak. Biyoloji B. Zooloji ABD

DETERMINATION OF SOME HEAVY METALS IN BIRD FEATHERS COLLECTED FROM NALLIHAN BIRD SANCTUARY- ANKARA

Gonul Arslan

ABSTRACT

In this study, during 2006 breeding season, little egret (*Egretta garzetta*), night heron (*Nycticorax nycticorax*) and grey heron (*Ardea cinerea*) as “**bio-indicator species**” have been chosen to find out heavy metal contamination in **Nallihan Bird Sanctuary-Ankara**.

The feather samples from different parts of the bodies of adult and juvenile herons were collected (**APF**:Adult Primary Wing Feather; **ASF**:Adult Secondary Wing Feather; **ACF**:Adult Cover Feather; **JCF**: Juvenile Cover Feather) and accumulation ratios and levels of cadmium (**Cd**), lead (**Pb**), copper (**Cu**) and crom (**Cr**) in feathers were examined. Among the feathers belong to all these heron species, the highest heavy metal contamination was found in juvenil cover feathers (JCF). The highest average residue amount in feathers were 3,70 mg/kg **Cd** in JCF of little egret, 12,36 mg/kg **Pb** in JCF of grey heron, 14.82 mg/kg **Cu** in JCF of little egret and 0,1 mg/kg **Cr** in JCF of grey heron . When we evaluated the findings, concentrations in feathers increased in the order **Cu>Pb>Cd>Cr**. Accumulation ratios of Pb and Cu were higher than of Cd and Cr. Additionally metal accumulation ratios in grey heron feathers (41) and little egret feathers (43) were higher than night herons feathers (25).

Key Words: Nallihan Bird Sanctuary, heavy metal, Grey heron (*Ardea cinerea*), Little egret (*Egretta garzetta*), Night heron (*Nycticorax nycticorax*)

Advisor: Assis. Prof. Zafer AYAS, H.U. Faculty of Science, Department of Biology, Division of Zoology

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesi sırasında hiçbir konuda yardım ve desteğini esirgemeyen, danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Zafer AYAŞ' a çok teşekkür ederim.

Çalışmamın büyük bir kısmında laboratuvar imkanı sağlayan Gazi niversitesi'nden değerli hocam Prof.Dr. Levent AKSU'ya ve asistanı Dr. Hüseyin elikkan'a

Arazi çalışmalarım sırasında emeğini benimle paylaŐan Dr. Ali Celal HoŐ'a, yumurta fotoğrafları için Ali Bilen'e ve istatistiksel hesaplamalardaki yardımlarından ötürü ArŐ. Gör. Utku Perktaş'a teşekkür ederim.

Materyal toplama sırasında en az benim kadar yorulan sevgili Necmiye Őahin'e çok teşekkür ederim.

Hep yanımda olduklarını hissettirerek her zor Őeyi kolaylaŐtıran, sevgi ve destekleriyle aslında bu çalışmada dolaylı da olsa büyük payları olan ablalarım, kardeŐime, anneme, babama ve Güner'e ve son olarak da sevgili Uğur'a sonsuz teŐekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜRLER.....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENELBİLGİ.....	3
2.1. Ağır Metaller.....	3
2.1.1. Kadmiyum(Cd).....	5
2.1.2. Kurşun (Pb).....	6
2.1.3. Bakır (Cu)	8
2.1.4. Krom (Cr)	9
2.2. Tüy Örneklerinin Alındığı Kuş Türleri.....	11
2.2.1. Küçük Akbalıkçıl (<i>Egretta garzetta</i> , Linnaeus, 1766.....	11
2.2.2. Gri Balıkçıl (<i>Ardea cinerea</i> , Linnaeus, 1758).....	13
2.2.3. Gece Balıkçılı (<i>Nycticorax nycticorax</i> , Linnaeus, 1758).....	15
2.3. Kuşlarda Ağır Metal Düzeyi ve Etkileri.....	17
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	23
3.1. Kuş Tüylerinin Toplandığı Alan.....	23
3.2. NKC' nin Seçilmesindeki Etkenler.....	25
3.3. Kuş Tüyü Örneklerinin Alındığı Türlerin Seçilmesi.....	26
3.4. Tüy Örneklerinin Toplanması ve Saklanması.....	28
3.5. Tüy Örneklerinin Hazırlanması ve Kalıntı Analizi.....	31
3.6. İstatistiksel Analizler.....	33
4. BULGULAR.....	34
4.1. Kalıntı Düzeyleri ile İlgili Bulgular.....	34
4.1.1. Kadmiyum (Cd)	34
4.1.2. Kurşun (Pb)	34
4.1.3. Bakır (Cu)	35

4.1.4.	Krom (Cr)	36
4.2.	Birikim Oranları ile İlgili Bulgular.....	36
4.2.1.	Kadmiyum (Cd)'un Tüylerdeki Birikimi.....	37
4.2.2.	Kurşun (Pb)'un Tüylerdeki Birikimi.....	37
4.2.3.	Bakır (Cu)'ın Tüylerdeki Birikimi.....	37
4.2.4.	Krom (Cr)'un Tüylerdeki Birikimi.....	38
5.	TARTIŞMA.....	42
6.	KAYNAKLAR.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Küçük akbalıkçıl (<i>Egretta garzetta</i> , Linnaeus, 1766) ergininin, yaz ve kış formları (Hume, 2002'den değiştirilerek) ve NKC'de gözleendiği aylar.....	11
Şekil 2.2. Gri balıkçılın (<i>Ardea cinerea</i> , Linnaeus, 1758) ergin ve genç formları (Hume, 2002'den değiştirilerek)ve NKC' de gözleendiği aylar.....	13
Şekil 2.3. Gece Balıkçılının (<i>Nycticorax nycticorax</i> , Linnaeus, 1758) ergin ve genç formları (Hume, 2002'den değiştirilerek)ve NKC' de gözleendiği aylar.....	15
Şekil 3.1. Tüy örneklerinin toplandığı NKC (Ankara)' nin yeri.....	23
Şekil 3.2. NKC'deki balıkçılın koloni halinde ürediği ağaçlıklar.....	28
Şekil 3.3. Ağır metal kalıntı analizleri için ergin balıkçılın kanatlarından alınan 9.-10. birincil uçma tüyleri (EBT) ve 1.-2. ikincil uçma tüyleri(EİT).....	29
Şekil 4.1. NKC'deki balıkçılın farklı tüy örneklerinde hesaplanan kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), bakır (Cu) ve krom (Cr) birikim düzeyleri.....	40
Şekil 4.2. NKC'de farklı balıkçıl tüy örneklerinde saptanan ortalama a. Kadmiyum (Cd), b. kurşun (Pb), c. bakır (Cu) ve d. krom (Cr) miktarları (mg/kg).	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	sayfa
Çizelge 3.1. NKC'deki balıkçılardan toplanan tüy örnekleri ve analizler için toplanan tüy örneği sayıları.....	30
Çizelge 4.1. NKC'deki balıkçılardan toplanan tüy örneklerinde saptanan ağır metallerin miktarları (mg/kg).....	39
Çizelge 5.1. Kuşlarla yapılan bazı çalışmalarda saptanan metal düzeyleri.....	52

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigrat derece
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Cu	Bakır
Cr	Krom
dk	Dakika
D	Doğu
EBT	Ergin Birincil Tüy
EİT	Ergin İkincil Tüy
EÖT	Ergin Örtü Tüyü
YÖT	Yavru Örtü Tüyü
g	Gram
HNO ₃	Nitrik asit
K	Kuzey
kg	Kilogram
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
m	Metre
m ³	Metreküp
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
NKC	Nallıhan Kuş Cenneti
Pb	Kurşun
ppb	Milyarda bir parçacık
ppm	Milyonda bir parçacık
Zn	Çinko

1. GİRİŞ

Ülkemiz gerek sahip olduğu sulak alan zenginliği, gerekse çeşitli kimyasalların oluşturduğu çevre kirliliğine açık olması nedeni ile ekotoksikolojik araştırmalar için oldukça uygun konumdadır. Yapılacak bu çalışmalardan elde edilecek sonuçlar sayesinde, uluslararası öneme sahip olan birçok sulak alanımız henüz kirlenmeden kurtarılabilir, kirlenmekte olan sulak alanlarımız için gerekli tedbirlerin alınması sağlanacak ve kirlenmiş alanların iyileştirme çalışmaları için gerekçeler ortaya çıkartılmış olacaktır. Bu sayede ülkemizdeki biyolojik zenginliğin ve hassas türlerin devamlılığı ve korunması da sağlanmış olacaktır.

İnsan aktivitelerinin bir sonucu olarak, son yıllarda tarımsal ilaçlar ve endüstriyel ürünlerle beraber bunlara ait atıkların çeşitli yollar ile sucul ortama ulaşması artış göstermektedir. Meydana gelen bu kirlilik, sucul ekosistemin biyolojik bütünlüğünü olumsuz yönde etkileyerek, hem sucul ortamda yaşayan organizmaların hem de bu organizmaları tüketen insanların sağlığı açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Van der Oost *et al.*, 1996).

Sucul ekosistemlerde besin zincirinin üst kademelerinde yer alan su kuşları, çevre kirleticileri ile doğrudan ve/veya dolaylı olarak temas halindedirler. Bu durumda, sucul ekosistemlerde bulunan kimyasalların, özellikle öldürücü olmayan düzeyde en fazla balıkları ve balıklarla beslenen su kuşlarını etkilemesi kaçınılmazdır. Bu etkiler kuşlarda davranış ve beslenme bozukluklarına, tüylenme sürecinde aksamalara, yumurta üretimi ve yumurtadan çıkış başarısında azalmaya neden olabilir. Bu durum birey ve populasyon düzeyinde önemli hasarlara yol açarak kuş populasyonlarının azalmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra çevre kirleticisi kimyasalların, kuşların çeşitli organ ve dokularında birikmesi ve besin zinciri yolu ile diğer omurgalılara biyolojik olarak yükseltgenmeleri, olaya ciddi bir ekotoksikolojik boyut ve önem kazandırmaktadır (Newman, 1996).

Çalışmamızda, kuşlar açısından öneme sahip olan, çevresindeki endüstriyel ve tarımsal alanlar nedeniyle kirliliğin yoğun olduğu **“Nallıhan Kuş Cenneti (NKC)”** araştırma alanı olarak seçilmiştir (Ayaş, 2007 a).

Bu çalışmanın amacı, kuş tüylerinde bazı ağır metal düzeylerini belirlemek ve evre kirliliğinin izlenmesi için kuş tüylerinin kullanımının elverişliliğini saptamaktır. Bu amaç doğrultusunda NKC'de koloni halinde üreyen **küçük akbalıkçıl (*Egretta garzetta*)**, **gri balıkçıl (*Ardea cinerea*)** ve **gece balıkçılı (*Nycticorax nycticorax*)** “**biyo-gösterge türler**” olarak seçilmiştir.

Ağır metal birikiminin saptanması ve izlenmesi çalışmalarında, ele alınacak “biyo-gösterge” kuş türünün ve bu kuş türüne ait tüy örneklerinin ne(ler) olabileceği, Cd, Pb, Cu ve Cr düzeylerinin ve birikim oranlarının analizleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİ

2.1. Ağır Metaller

Ağır metal, atom ağırlığı 40'dan fazla olan ve eksenindeki elektron dağılımı benzerlik gösteren metalik elementlere veya özgül ağırlığı 5'ten fazla olan elementlere verilen ad olarak tanımlanmaktadır (Depledge *et al.*, 1994). Metaller A sınıfı, sınır hattı (geçiş elementleri) ve B sınıfı olmak üzere üç gruba ayrılmış ve bu sınıflama birçok araştırmacı tarafından kabul edilmiştir (Förstner and Wittmann, 1983). A sınıfı metal iyonları (Ca, Mg, K, Na gibi makro besleyici metaller) özellikle oksijene bağlanırken, B sınıfı metal iyonları (Cd, Cu, Hg, Ag, Au, Pt gibi metaller) azot veya sülfür iyonlarına bağlanırlar. Geçiş elementleri ise (Cr, Zn, Cd, Fe, Ca, Ni, Mn, As, Pb gibi mikro besleyici elementler), A ve B sınıfı metal iyonlarının ortasında davranışlar gösterirler (Depledge *et al.*, 1994). Bu sınıflandırmaya göre ağır metaller, hem geçiş elementleri hem de B grubu içerisine dahil olmaktadır. B Grubu metaller ve geçiş elementleri içerisinde yer alan metaller sucul ekosistemlerdeki en yaygın kirleticilerdir (Phillips, 1995).

Ağır metaller, iz element olarak da adlandırılırlar. Ancak iz elementler organizmalardaki düşük konsantrasyonlar için kullanılmakta ve daha çok organizmaların ihtiyacı olan esansiyel metalleri ifade etmektedir (Förstner and Wittmann, 1983). Esansiyel olmayan metaller çok düşük konsantrasyonlarda bile toksikdir. Esansiyel elementlerin ihtiyaçtan fazlası da olumsuz etkilere neden olur (Phillips, 1995).

Ağır metaller, beslenme alışkanlıklarıyla ilgili olarak besin zincirinin üst trofik basamaklarında biriken kararlı çevresel kontaminantlar olarak düşünülür (Dash, 1993)

Ağır metaller, maden rezervi araştırmalarında ve çıkarılan madenlerin ayrıştırılma işlemi sırasındaki endüstriyel süreçlerin atık ürünleridir ve çevre kirliliğine neden olurlar. Fakat doğada bulunan konsantrasyonlar direk öldürücü olmaktan ziyade öldürücü olmayan dolaylı etkilere neden olurlar (Scheuhammer, 1987). Ağır metallerin çevre üzerindeki etkisi ekosistemin kararlılığı için ciddi bir tehdit oluşturur (Battaglia *et al.*, 2005).

Endüstriyel atık su ve kentsel atıklar birçok toksik ağır metal içerir. Cd, Pb, Ni, Hg gibi bazı ağır metaller çok düşük konsantrasyonda olsa da biyolojik sistem için oldukça toksiktir (Cahill *et al.*, 1998; Bostan *et al.*, 2007).

Kirleticilerin önemli bir kısmını oluşturan ağır metaller, metal bileşikleri ve çeşitli mineraller sucul ortamda ve sedimentlerde geniş bir şekilde yayılmıştır (Yazkan *et al.*, 2002).

Sucul organizmalar, metalleri sudan ve yiyeceklerden alırlar ve yüksek konsantrasyonlarda organ ve dokularında biriktirirler. Bu nedenle esansiyel veya esansiyel olmayan tüm metaller potansiyel olarak toksik kabul edilebilir (Bat *et al.*, 1999).

Sucul ortamda metal kirlenmesine neden olan kaynaklar;

1. Yanan kömürden veya diğer yakıtlardan ve fabrika bacalarından çıkan dumanlar ile atmosferik yolla metallerin sucul ortama ulaşması,
2. Jeolojik değişimden kaynaklanan metal girişi
3. Evsel atıkların neden olduğu metal girişi
4. Endüstrilerde metal ve metal bileşiklerinin kullanımı,
5. Tarım faaliyetleri sonucunda topraktan suya karışan metal girişi,

olarak sıralanabilir.

Ağır metallerin sucul organizmalar tarafından alınma şekilleri çeşitli yollarla olabilir. Direkt olarak vücut yüzeyinden pasif difüzyonla veya solunum organları aracılığıyla olabildiği gibi, besin maddeleri yoluyla ya da bunların kombinasyonu ile de olabilir (Phillips, 1995). Suyun sıcaklık derecesi, pH, çözünmüş oksijen, ışık ve tuzluluk gibi faktörler ağır metallerin birikim ve etki mekanizmalarını değiştirmektedir. Organizmalar beslenmelerindeki ve yaşamsal özelliklerindeki farklılıklar neticesinde aynı metali farklı şekilde biriktirebilmektedir (Yazkan *et al.*, 2002).

2.1.1. Kadmiyum (Cd)

Cd yer kabuğunda bulunan doğal bir elementtir ve genellikle diğer elementlerle bileşik oluşturur; oksijen ile kadmiyumoksit, klor ile kadmiyumklorid, sülfür ile kadmiyum sülfat ve kadmiyum sülfid bileşikleridir. Kömür ve mineral gübre içeren tüm kayalar ve toprak bir miktar Cd bulundurur. Çinko(Zn), kurşun(Pb), bakır(Cu) gibi metallerin elde edilmesi sırasında oldukça fazla Cd ortaya çıkar. Cd' un pil, plastik ve boya yapımını da içeren bir çok kullanımı vardır. Cd çevreye farklı yollardan girer.

Cd yüksek toksisitesi ve kalıcı olması nedeniyle besinlerdeki ve çevredeki en tehlikeli iz elementlerden biridir. Yerküre kabuğunda bulunan atmosferik Cd, toprak partüküllerince absorblanır ve toprağın biyolojik yapısının bir parçası haline gelir. Daha sonra yüzey sularına ve yeraltı sularına karışarak çözünen Cd, bitkiler tarafından alınır (Cabrera *et al.* 1998).

Cd çevreye doğal olarak kayalardaki erozyon, volkanik aktiviteler ve antropojenik kaynaklar aracılığıyla girer. Antropojenik kaynaklar, maden cevherlerinin çıkarılması ya da eritilmesi ve boya, batarya, plastik stabilizerler gibi ticari ürünlerin üretimini kapsar (Parmeggiani, 1983).

Cd toprağa veya suya düşmeden önce çok uzak mesafelere taşınabilirler. Toprak partüküllerine çok sıkı tutunur. Bir miktar Cd suda çözünebilir. Cd çevrede yok olmaz, form değiştirebilir. Vücutta çok uzun süre kalır. Vücutta ilk alındığında düşük seviyelerde bulunurken yıllar içinde oranı artabilir. Bitkiler ve hayvanlar Cd 'u çevreden alır. Cd evsel ve endüstriyel atıklardan kaynaklanabileceği gibi madencilik ve kömürün yanmasıyla da ortaya çıkabilir. Canlılar Cd' a farklı yollarla maruz kalabilirler.

Cd ile kirlenmiş bölgedeki havayı soluyarak, kontamine olmuş yiyeceklerle beslenerek Cd vücutta alınabilir. Yine fosil yakıtların yakıldığı alanlara yakın yerlerde solunan hava ile Cd alınmış olur. Aslında tüm yiyeceklerde bir miktar Cd vardır. Deniz kabuklularında ve etle beslenen canlıların besinleri arasındaki hayvan karaciğer ve böbreklerinde bu seviye en yüksektir. Cd değişik organ ve sistemleri etkileyebilir.

Cd'u soluma ölümüne neden olabilecek kadar ciğerlere zarar verebilir. Cd ile kontamine olmuş besinleri yemek veya suyu içmek mideye zarar verir. Su, besin veya solunum yoluyla uzun süreli düşük seviyedeki Cd'a maruziyet sonucunda böbreklerde yükseltgenen Cd, böbrek rahatsızlıklarına neden olur.

Su ve besin yoluyla Cd verilen hayvanlarda yüksek kan basıncı, kandaki demir seviyesinde düşüş ve sinir-beyin hasarına rastlanmıştır (ATSDR, 2000 a)

Kuşlarda Cd konsantrasyonu genel olarak böbrekte en yüksek, karaciğerde en düşük olarak rapor edilmiştir (Nicholson, 1981). Yetişkin bireyin kasındaki Cd konsantrasyonu böbrekteki oranın %2-5 i kadardır (Osborn *et al.*, 1979; Cheney *et al.*, 1981; Leonzio *et al.*, 1986; Nielsen and Dietz, 1989). Karaciğer ve böbrekteki Cd oranı yakın zamandaki kirliliği gösterirken kemikteki oran kronik maruziyeti gösterir. Tüylerdeki Cd konsantrasyonu kandan ve atmosferik ya da sucul orjinli olmak üzere tüy yüzeyinden kaynaklanabilir (Battaglia *et al.*, 2005). Kuşlar Cd'u genel olarak yumurtalarına transfer etmezler (Furness, 1996).

Cd un biyolojik yarılanma süresi çok uzundur. Bir çok çalışmada yetişkin bireylerdeki Cd konsantrasyonunun genç bireylerden genellikle 10 kez, bazen 100 kez büyük olduğu bulunmuştur (Hulse *et al.*, 1980; Stoneburner *et al.*, 1980; Cheney *et al.*, 1981; Maedgen *et al.* 1982; Stock *et al.*, 1989; Lock *et al.*, 1992 ; Furness, 1996).

Kuşlarda, gelişim bozuklukları, anemi, yumurta üretiminin baskılanması, böbrekte meydana gelen hasarlar, kemik iliği hücre sayısında anormal artış Cd' a maruziyetin en önemli sonuçlarından bazılarıdır (Furness, 1996). Ayrıca kuşlarda testis ağırlığının artmasına ve spermatogenez başarısızlığına neden olur (Richardson *et al.*, 1974; White *et al.*, 1978).

2.1.2. Kurşun (Pb)

Pb yerküre kabuğunda küçük miktarlarda bulunan mavi-gri metallere içeriğinde doğal olarak bulunur. Madencilik, fabrikalar ve fosil yakıtların yanması sonucu insan aktivitesiyle çevreye bolca Pb girmektedir. Bu nedenle tüm çevrede Pb bulunabilir.

Pb'un batarya, mermi ve boru üretiminde aralarında sayılabileceği birçok kullanımı vardır. Pb çevreye farklı yollardan girer (ATSDR, 2000 b).

Pb toprak partüküllerine çok sıkı tutunur. Fakat toprak partüküllerine tutunmadan önce hava yoluyla çok uzak mesafelere taşınabilir. Pb'un topraktan yeraltı sularına karışması Pb bileşiğinin ve toprağın özellikleriyle yakından ilişkilidir. Pb bileşikleri güneş ışığı, hava ve su ile değişebilir. Canlılar Pb' a farklı yollarla maruz kalabilirler. Pb içeren besinler ve su yoluyla Pb vücuda alınır. Kurşun bazlı boyaların bozulmasıyla oluşan tozların bulunduğu alanlar da Pb kirliliğine neden olur. Pb değişik organ ve sistemleri etkileyebilir. Pb yutularak ve solunumla vücuda girdiğinde aynı şekilde etki eder. Pb' un asıl etkisi sinir sistemi üzerinedir (ATSDR, 2000 b).

Avcılıkta ateşli silahlardaki kurşun kullanımı ve balıkçılıkta kullanılan ağ kurşunu bu metalin çevreye antropojenik etkiyle girişini artırır (Pain and Amiurd-Triquet, 1993; Scheuhammer and Noris, 1996).

Metalik kurşun silaha ait kurşunun ve ağ kurşununun havaya ya da suya maruz kalmasıyla meydana gelen ufak kurşun tanelerinin atmosferik taşınma ürünüdür (Sever, 1993). Kurşunun atmosferik taşınımından dolayı küresel kirliliğinin artması yüksek ihtimalle mümkündür (Furness *et al.*,1984).

Kurşun, toprak ve su asidik ise ya da oksijence zenginse daha çabuk serbest kalır. Erezyonla yeni yerlere taşınabilecek şekilde toprak partiküllerine tutunur (Scheuhammer and Noris. 1996).

Kurşun kirliliği ilk olarak su kuşları arasında çakıl taşları ve tohum yerine yanlışlıkla kurşun yenmesinden kaynaklı olarak yaygındır. İkinci olarak kurşunla yaralanmış ve ya ölmüş ya da kurşunu bir önceki yolla yiyen hayvanları tüketen avcı kuşlar ve leş yiyiciler arasında kurşun kirliliği gözlenir. Silaha ait kurşundaki ve ağ kurşunundaki metalik kurşunun çevrede çeşitli seviyelerde yayılabilen moleküler kurşun türlerine dönüştüğüne dair yeterli kanıt vardır (Scheuhammer and Noris, 1996).Yenilen kurşun kuşların midesindeki asidik ortamda çözünür ve sindirim sisteminin duvarından kan dolaşımına absorbe edilir (Kendall *et al.*, 1996).

Pb üretilen yumurta sayısında azalmaya, kuluçka aralıkları arasında sürenin uzamasına, testis ağırlığında ve sperm sayısında azalmaya neden olur (Kendall and Scanlon 1981; Kendall *et al.*, 1982). Kuluçkadan çıkma oranını indirger, gelişimi olumsuz etkiler ve davranışsal anormalliklere neden olur (Burger and Gochfield, 1985; Burger, 1990).

Pb özellikle yumurta kabuğu ve kemik gibi kalkerli dokularda birikir bu nedenle yumurtlamanın dışı kuşların vücutlarındaki ağır metalleri uzaklaştırmak için iyi bir yol olduğu söylenebilir (Sorenson, 1991). Karaciğer ve böbrekdeki Pb miktarı bu iki dokunun metalin ilk hedefi olduğunu gösterir. Tüyler ve kemik arasındaki korelasyonsa bu iki dokunun kronik maruziyeti yansıttığını gösterir (Battaglia *et al.*, 2005).

2.1.3. Bakır (Cu)

Cu toprakta, kayalarda, suda, havada doğal olarak bulunan bir elementtir. Bitkilerde ve insanları da kapsayan hayvanlarda esansiyeldir; yaşamak için gereklidir. Bu yüzden bitkiler ve hayvanlar besinlerinden ve havadan bir miktar Cu alırlar. Cu boru, levha, para, tel gibi birçok maddenin yapımında kullanılır. Bronz ve prinç yapmak için Cu diğer metallerle birleştirilir. Cu bileşikleri tarımsal alanlarda, bitkilerde bulunan mantar gibi hastalıkları tedavi etmek için kullanılır. Yine Cu bileşikleri deri, kumaş ve ahşapların korunmasında da kullanılır. Cu çevreye farklı yollardan girer.

Cu madencilik, tarımsal aktiviteler ve fabrikalar aracılığıyla çevrede yayılır. Atık sular aracılığıyla nehirlerle ve göllere ulaşır. Orman yangınları, volkanlar, vejetasyon bozulması gibi doğal yollarla da serbest kalır. Kil, kum, toprak ve organik madde partüküllerine tutunarak çevrede dolaşır. Cu bileşiklerinin parçalanması sonucu oluşan serbest Cu, su, toprak ve havaya karışır. Cu ise parçalanmaz ve canlılar Cu' a farklı yollarla maruz kalabilirler.

Solunan hava, içilen su ve besinler aracılığıyla Cu alınır. Derinin Cu ya da Cu içeren bileşiklerle teması da Cu maruziyetine neden olur. Nehirler ve göllerdeki algleri kontrol etmek için Cu bileşikleri kullanılır. Fabrikalardan gelen suları alan göller ve nehirler de

yüksek oranda Cu içerirler. Cu eriten fabrikalara yakın topraklar yine Cu içeriği açısından zengindir. Cu değişik organ ve sistemleri etkileyebilir (ATSDR, 2000 c).

Cu esansiyel bir elementtir. Fakat yüksek seviyelerde zararlı olabilir. Aşırı dozu karaciğere ve böbrege zarar verir. İlerleyen durumlarda ölüme neden olabilir (ATSDR, 2000 c).

2.1.4. Krom (Cr)

Cr toprakta, kayalarda, bitkilerde, volkanik gaz ve tozda doğal olarak bulunan bir elementtir. Cr çevrede değişik formlarda bulunabilir. Krom(0), krom(III), Krom(VI) en yaygın bulunan formlarıdır. Cr bileşiklerinin tadı ve kokusu yoktur. Krom(III) çevrede doğal olarak bulunur ve canlılar tarafından besinler yoluyla vücuda alınır. Krom(0) ve Krom(VI) genellikle endüstriyel süreçlerin ürünüdür.

Krom (0) formu çelik yapımında kullanılırken Krom (III) ve Krom(VI) kaplamacılık, dericilik, ahşap korumacılığı ve boya yapımında kullanılır. Cr çevreye farklı yollarla girer. Cr, Krom (III) ve Krom(VI) formunda havaya, suya ve toprağa girer. Cr, toprağa ve suya düşene kadar toz parçacıkları şeklinde havada bulunur. Cr toprağa sıkıca tutunur ve sadece küçük bir kısmı suda çözünür. Bu nedenle toprağın derinliklerine kadar ilerleyerek yer altı sularına karışır. Balıklar sudan aldıkları Cr'ü vücutlarında ciddi oranlarda biriktirmezler. Canlılar Cr' a farklı yollarla maruz kalabilirler.

Canlılar, krom (III) ile kontamine olmuş besinleri yiyerek, kontamine suları içerek, kontamine havayı soluyarak Cr' a maruz kalabilirler. Cr kullanılan endüstrilere veya Cr içeren tehlikeli atıklara yakın bölgelerde bulunan canlılar da Cr' a maruz kalır. Cr değişik organ ve sistemleri etkileyebilir.

Krom(III) vücudun şeker ve protein kullanımına yardım eden gerekli bir elementtir. Yüksek seviyelerde Krom(VI)'un solunması nasal septumda boşlukların açılmasına neden olur. Krom(VI)' in yüksek oranda sindirilmesi mide, karaciğer ve böbreğe zarar verir. Hatta canlının ölümüne neden olabilir (ATSDR, 2000 d).

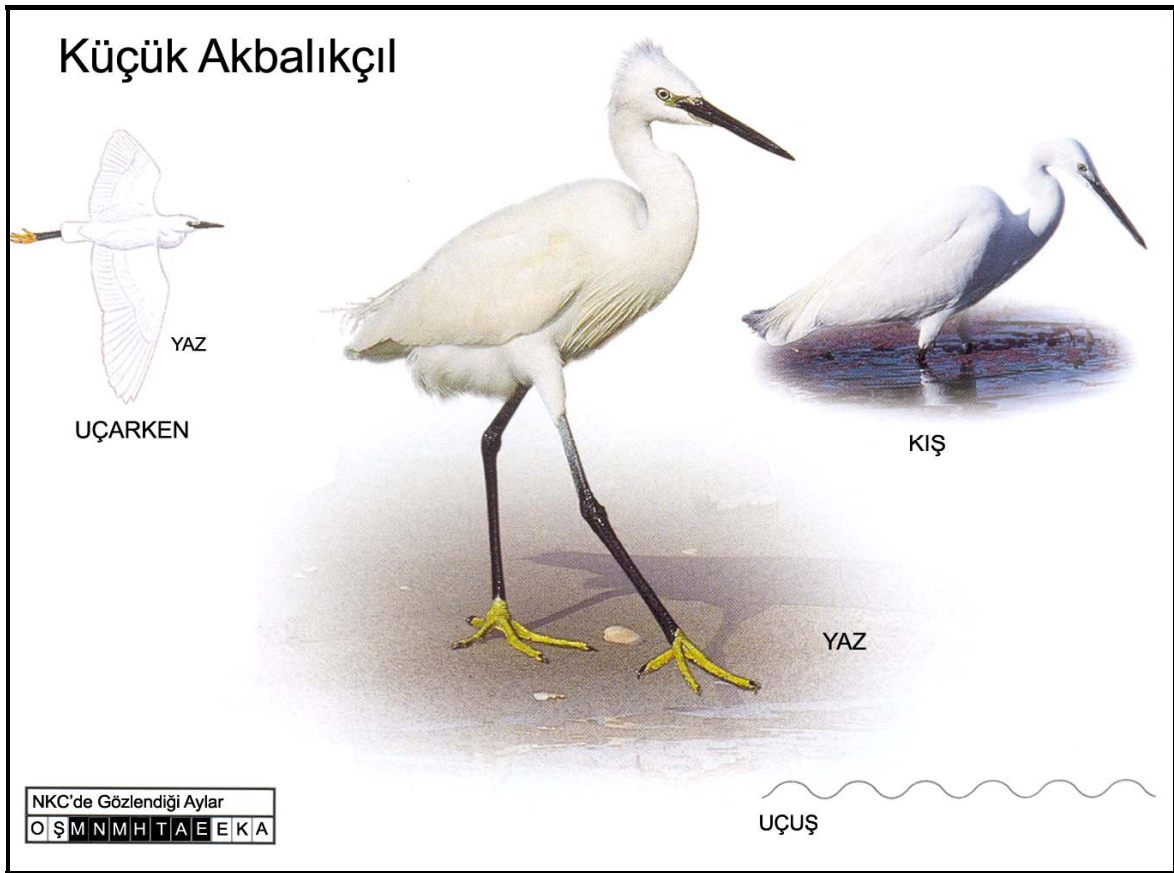
Cr birikme göstermeyen bir metaldir. Bu yüzden sedimentler ile balıklar ve kabuklular(crustacea) gibi besin zincirinde daha alt seviyede bulunan canlılar, kuşlarla karşılaştırıldığında çevredeki Cr varlığının daha iyi indikatörüdürler (Boncompagni *et al.*, 2003). Cr hayvanlar için esansiyel elementtir. Fakat Outridge ve Scheuhammer (1993)' e göre genel olarak doku konsantrasyonu 4 ppm'den büyük olduğunda kirlilik göstergesidir. İnorganik Cr bileşikleri hayvanlar tarafından düşük oranda absorblanır. Fakat hayvanların diyetlerindeki doğal Cr bileşikleri daha toksikdir ve hayvanlar tarafından daha rahat alınır (Gauglhofer and Bianchi, 1991).

2.2. Tüy Örneklerinin Alındığı Kuş Türleri

Daha önce yapılan çalışmalar doğrultusunda, bu çalışma kapsamında ele alınan türlerin biyo-ekolojileri ile ilgili kısa bilgiler aşağıda belirtilmiştir

2.2.1. Küçük Akbalıkçıl (*Egretta garzetta*, Linnaeus, 1766)

Ardeidae familyasına ait olan Küçük Akbalıkçıl şekil 2.1.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Küçük akbalıkçıl (*Egretta garzetta*, Linnaeus, 1766) ergininin, yaz ve kış formları (Hume, 2002'den değiştirilerek) ve NKC' de gözleendiği aylar (Perktaş and Ayaş, 2005).

Küçük akbalıkçılar, gagası ve bacaklarının uzun ve siyah olması sayesinde kolayca tanınabilir. Sığ sularda beslenirler.

Avrupa, Asya ve Afrika' da yaygındırlar. Avrupa'daki bireyleri de içeren kuzey popülasyonu kış döneminde Afrika ve Güney Asya'ya göç eder. Üreme döneminden sonra kuzeye geçişleri rasgele olabilir. Bu durum dağılımlarının genişlemesine olanak sağlar (Snow and Perrins, 1998).

Diğer balıkçıl türlerine göre daha zariftir. 55-62 cm uzunluğa, 400-600 g ağırlığa ve 88-106 cm kanat açıklığına sahiptir. Tüpleri tamamen beyazdır. Siyah gaga ve bacaklara rağmen ayakları sarıdır.

Genç bireyler, üremeyen yetişkinlere benzer fakat ayak ve bacak renkleri daha mattır (Hume, 2002). Üreme dönemindeki yetişkinler, enselerinde iki uzun tüy taşır (Snow and Perrins 1998).

Küçük akbalıkçılların yaygın olduğu alanlarda küçük grupların birlikte beslendiği ya da kıyı boyunca dağınık bir şekilde yayıldıkları gözlenir. Balıkçılar içinde en aktif avlanan türdür. Ayaklarıyla suyu karıştırarak ve gagalarını su yüzeyine vurarak avlanırlar (Hancock, 1999). Balıkları, iki yaşamlıları (özellikle kurbağalar), kabukluları ve böcekleri kapsayan çeşitli küçük hayvanları besin olarak tercih ederler. Tuzlu bataklıklar, tatlı su ve pirinç tarlaları gibi alanlarda beslenirler (Kazantzidis and Goutner, 1996).

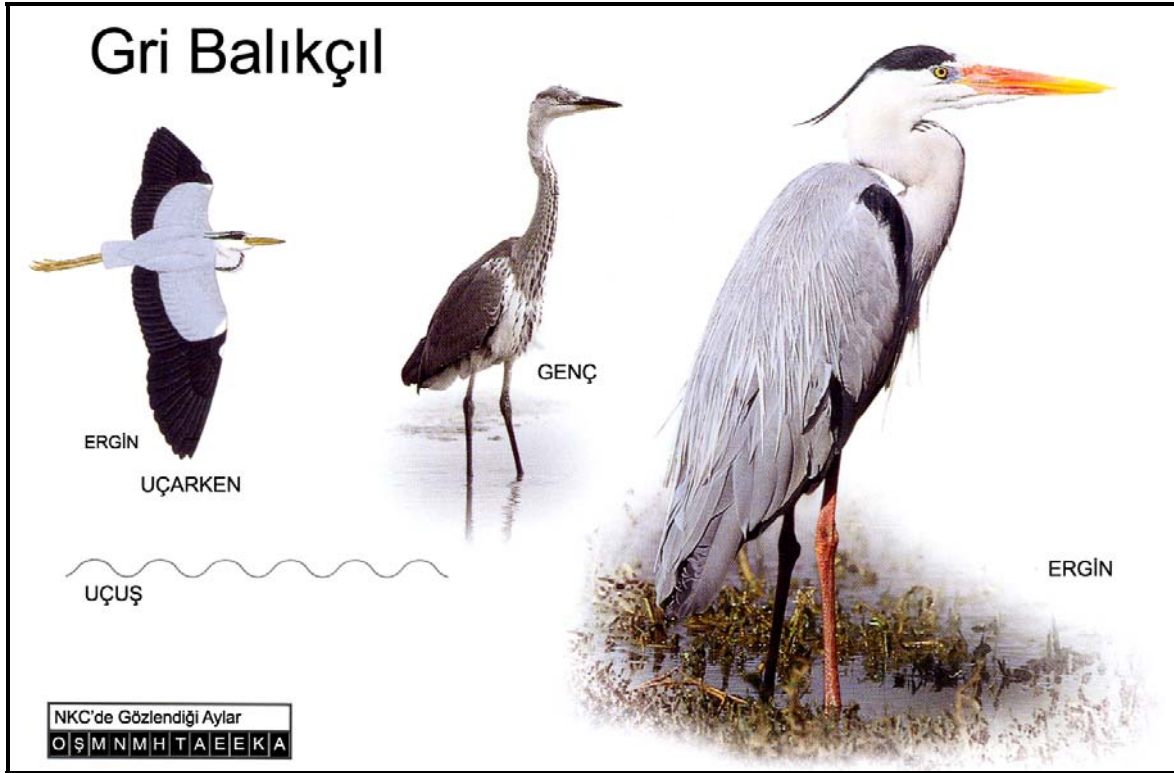
Küçük akbalıkçıllar genelde sessizdirler, fakat üreme kolonilerinde ve rahatsız edildiklerinde kuvvetli alarm çığlıkları atarlar. Koloni içerisindeki yuvaları ağaçlardaki diğer balıkçıl türlerine ait yuvalarla sıklıkla karıştırılır. Genelde su kenarındaki ağaçlıklara yuva yaparlar. Bazen çalılırları, sazlıkları ve kayaları da yuva yapmak için kullanırlar (Snow and Perrins 1998). Her mevsim bir kez ürerler ve soluk mavi-yeşil renkte 3–5 adet yumurta bırakırlar. Kuluçka (inkübasyon) süresi 21–25 gün kadardır. Yumurtadan çıktıktan sonra, 40–45 gün süren yavru bakımı ortaktır. Ömür uzunlukları yaklaşık 10–15 yıl kadardır (Hancock, 1999).

Küçük akbalıkçıllar ülkemizde yaygın olarak bulunan bir türdür ve Avrupa Kırmızı Liste'de yer almamaktadır. Kızıroğlu (1989)'na göre tehlike durumu " A.2.- Önemli Derecede Tehlike Altında" kategorisinde değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan tüy

örneklerinin toplandığı NKC'de, koloni halinde, düzenli bir şekilde ürediği bilinmektedir. Nisan- Eylül aylarında NKC 'yi beslenme ve üreme alanı olarak kullanan "Yaz Ziyaretçisi" tür olarak değerlendirilmiştir (Perktaş and Ayaş, 2005).

2.2.2. Gri Balıkçıl (*Ardea cinerea*, Linnaeus, 1758)

Ardeidae familyasına ait olan gri balıkçılar şekil 2.2.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Gri balıkçılın (*Ardea cinerea*, Linnaeus, 1758) ergin ve genç formları (Hume, 2002'den değiştirilerek) ve NKC'de gözleendiği aylar (Perktaş and Ayaş, 2005).

Gri balıkçılar Afrika, Asya ve Avrupa boyunca yayılan büyük su kuşlarıdır. Genellikle suya yakın ormanlık alanlarda, kolonilerde ürerler ve yüksek seviyede avcılırlar (predatör) (Fernandes *et al.*, 2004).

Gri balıkçılar, Avrupa'nın en büyük balıkçıl türüdür. Uzunluğu 90–98 cm, ağırlığı ise 1,6–2 kg olup, 175–195 cm kanat açıklığına sahiptir. Uzun, güçlü gagası ve uzun

bacakları sarımtıraktır. Tüyleri büyük oranda gridir. Gri kanat örtü tüyleri ve gri sırt örtü tüyleriyle siyah uçma tüyleri arasında uçarken daha da belirginleşen bir renk kontrastı vardır. Tepesinde boynunun arkasına uzanan siyah ense tüyüne sahiptir. Eşeyssel dimorfizm görülmez, ancak dişinin tepe tüyü daha kısadır. Gençleri daha koyu renklidir ve açık renk tüy oranı daha azdır (Snow and Perrins 1998).

Yalnız avlanırlar. Sığ sularda avlarını bulana dek, bazen saatlerce hareketsiz kalarak sessizce beklerler (Hancock, 1999). Balık, kurbağa, sıçan, iribaş, yengeç üzerinden beslenirler. Böcek, yumuşakça, küçük kemirgen hatta kuş bile yerler (Fernandes *et al.*, 2004) .

Hem tatlı su hem de tuzlu su habitatlarında, tuzlu bataklık ve kıyı kayalıklardan balık gölcüklerine kadar tüm Avrupa boyunca yaygındırlar. Uçarken ve yuvada sert, gırtlaktan bir ötüşleri vardır (Snow and Perrins, 1998).

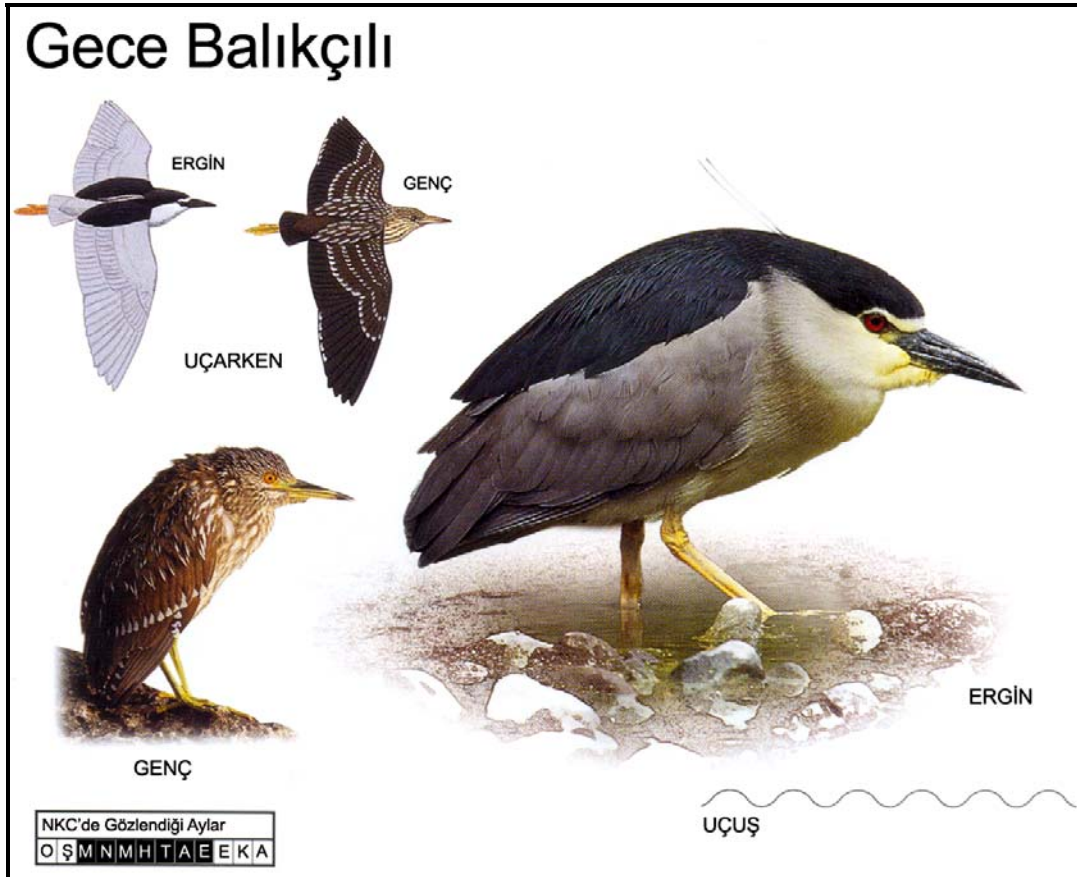
Genellikle diğer balıkçıl türlerinin de bulunduğu kolonilerde uzun ağaçların tepelerinde yuva yaparlar. Her mevsim bir kez kuluçkaya yatarlar. 4-5 adet soluk yeşilimsi-mavi yumurta bırakırlar. Kuluçka süreleri 23-28 gündür, yavru bakımı ortaktır. Yavruların yuvadan ayrılması 42-45 gün sürer. Ömür uzunlukları 25 yıl kadardır (Hume,2002).

Gri balıkçılar ülkemizde yaygın olarak bulunan bir türdür ve Avrupa Kırmızı Liste'de yer almamaktadır. Kızıroğlu (1989)'na göre tehlike durumu " A.3.- Tehlike Altında" kategorisinde değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan tüy örneklerinin toplandığı NKC'de, koloni halinde, düzenli bir şekilde ürediği bilinmektedir. Yıl boyunca NKC'yi beslenme, üreme ve kışlama alanı olarak kullanan "yerli" tür olarak değerlendirilmiştir (Perktaş and Ayaş, 2005).

2.2.3. Gece Balıkçılı (*Nycticorax nycticorax*, Linnaeus, 1758)

Ardeidae familyasına ait olan Gece Balıkçılı şekil 2.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Gece balıkçılıının (*Nycticorax nycticorax*, Linnaeus, 1758) ergin ve genç formları (Hume, 2002'den değiştirilerek) ve NKC'de gözleendiği aylar (Perktaş and Ayaş, 2005).

Antartika ve Avustralya hariç her kıtada ürerler. Boyu 58–65 cm, ağırlığı 600–800 g'dır ve 90–100 cm kanat açıklığına sahiptir. Orta boylu bir balıkçıl türüdür. Göreceli olarak kısa boynu ve kısa bacakları vardır (Davis, 1993). Gagası yine kısa, kalın ve siyahtır.

Genç bireyde baş, boyun ve tepe kahverengi, kanatlar ve sırt koyu kahvedir. Tüylerin ucunda geniş beyaz benekler vardır. Bu benekler daha büyük ikincil örtü tüylerinde özellikle geniştir. Genç bireyler 3 yıla kadar tam yetişkin tüyelerine sahip olamazlar ve monomorfik bir türdür (Snow and Perrins 1998).

Bazen gruplar halinde uçarlar. Diğer balıkçıl türleriyle ilişki halindedirler. Aynı alanı kullandıkları gündüz beslenen diğer balıkçıl türleriyle rekabetten kaçındıkları için akşam veya alacakaranlıkta beslenirler fakat beslemeleri gereken yavruları olduğunda günün her saati beslenebilirler (Snow and Perrins 1998).

Gece balıkçıllarının diyetlerinde büyük ölçüde Orthoptera (Dana burnu, *G. grylotalpa*) bulunur. Gece balıkçılları amfibileri ve böcekleri daha az oranda besin olarak tercih eder (Goutner and Furness 1997).

Çalılıklara veya ağaçlara küçük yuva yaparlar. Koloni içerisinde yuvalarlar. Kuluçkaları 3–4 yumurtadan oluşur. Yumurta soluk yeşil-mavi renkte eliptik ya da eliptiğe yakındır (Baicich and Harrison, 1997). Kuluçka süresi, 23-26 gündür (Custer *et al.*, 1991). Gece balıkçılları göçmendir. Sonbaharda daha güney bölgelere giderler. Ömür uzunlukları 10–15 yıl kadardır (Hume, 2002).

Pestisitlere ve diğer toksik çevre kirleticilerine karşı oldukça hassastır. Geniş coğrafik dağılımından ve besin zincirinin üst basamaklarında bulunduğundan çevre toksikolojisi hakkında bilgi verir (Davis, 1993).

Gece balıkçılları ülkemizde yaygın olarak bulunan bir türdür ve Avrupa Kırmızı Liste'de yer almamaktadır. Kiziroğlu (1989)'na göre tehlike durumu "A.3.- Tehlike Altında" kategorisinde değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan tüy örneklerinin toplandığı NKC'de koloni halinde, düzenli bir şekilde ürediği bilinmektedir. Nisan-Eylül aylarında NKC'yi beslenme ve üreme alanı olarak kullanan "Yaz Ziyaretçisi" tür olarak değerlendirilmiştir (Perktaş and Ayaş, 2005).

2.3. Kuşlarda Ağır Metal Düzeyi ve Etkileri

Biyolojik birikim oluşturan kimyasallar arasında, ağır metal içeren endüstriyel ve tarımsal kökenli atıklar, önemli bir yer tutmaktadır (Porcella, 1994).

Kirletici maddelerin su ve sedimentteki düzeyleri ile organizmalardaki düzeyleri arasındaki ilişki, günümüzde yapılan ekotoksikolojik çalışmalar için temel oluşturmaktadır (Mackay and Fraser, 2000).

Ekosistemlerde bulunan tüm organizmalarda kirlilik derecesini araştırmak mümkün değildir. Bu yüzden ekosistem sağlığını değerlendirmede kullanılacak, çevresel olumsuzlukların göstergesi (indikatörü) olabilecek canlılar seçmek gerekir (Burger, 1996). Ayrıca, yalnızca çevre üzerindeki kirlilik miktarını ölçmekle organizma üzerindeki etkiyi tespit etmek çok güçtür, biyomonitor kullanımı bu açıdan da gereklidir (Lam *et al.*, 1999).

Son yıllarda ekotoksikoloji alanında, çevre kirleticilerinin ekosistemin diğer unsurlarındaki oranlarını tahmin edebilmeyi sağlayan “gösterge (indikatör)” türlerin kullanımına dayalı “biyo-izleme (bio-monitoring) çalışmaları giderek artmaktadır (Lam *et al.*, 2004; Lam *et al.*, 2005).

Çevresel kirliliğin izlenmesinde kuşların kullanımı, 1960’ lı yıllardan bu yana, kuş popülasyonlarının çevre üzerindeki insan kaynaklı olumsuzluklara duyarlılığının anlaşılması nedeniyle birçok bilimsel çalışmada tercih edilmiştir (Denneman and Douben, 1993).

Besin pramidinin tepesindeki hayvanlar kirleticilerin yalnızca biyolojik olarak varlıkları hakkında değil aynı zamanda nerede, ne zaman, nasıl besin zincirine girdiklerine dair bilgi vermeye yatkındır (Jager *et al.*, 1996).

Tüy, kan, dışkı gibi yenilenebilen dokuların kullanımı tüm hayvanlar için hayvanların ölümüne neden olmadan örnek toplayabilmeyi sağlar.

1. Bu sayede zaman içerisindeki diyetteki değişikliklerden ve besin zinciri içerisindeki kirlenmelerdeki değişikliklerden kaynaklı dokusal değişimler bireylerden alınan tekrarlanabilir örneklerle gözlemlenebilir.
2. Populasyon tehdit edilmeden çok sayıda örnek toplanabilir.
3. Üreme başarısı üzerine olumsuz bir etkiye neden olmaz.
4. Bireylerin büyümesiyle dokusal konsantrasyonun ne kadar değiştiği hakkında bilgi verir.
5. Dokusal konsantrasyon ve koloninin üreme başarısı hakkında bilgi verir (Spahn and Sherry 1999)

Kuşların vücutlarındaki ağır metal düzeyi, ağır metallerin alım ve atılım oranı arasındaki dengeyi yansıtır (Evans and Moon,1981). Kuşlar vücutlarındaki ağır metalleri tuz bezlerinde, üropigiyal bezlerinde ya da tüylerinde depolayarak ya da dışkı yoluyla vücuttan uzaklaştırarak bu ağır metallerden kurtulabilirler (Burger and Gochfeld, 1993; Dauwe *et al.*,1999). Ağır metallerin atılımı çoğunlukla, dışkıyla vücuttan uzaklaştırma ve ağır metalleri tüylerde biriktirme şeklinde olur. Bunlara ek olarak dişi kuşlar bazı ağır metalleri yumurtalarında da biriktirirler (Tejning, 1967; Braune and Gaskin, 1987; Burger and Gochfeld, 1991).

Ağır metaller biyo-transformasyonla vücuttan atılmazlarsa organizmadaki düzeyleri zaman içinde üreme başarısının azalmasına hatta kuşun ölümüne neden olacak seviyeye ulaşabilir. Bu durum besin piramidinin üst düzeylerinde yer alan, kuşlar gibi uzun ömürlü organizmalar için oldukça önemlidir (Eisler,1987; Ohlendorf *et al.*,1989; Nisbet, 1993; Burger, 1993). En üst basamaklardaki karnivorların ve omnivorların vücutlarındaki ağır metal konsantrasyonu daha alt basamaklardaki canlılara oranla daha yüksek olur (Hunter and Johnson, 1982; van Straalen and Ernst, 1991; Burger *et al.*, 1992a; Peakall, 1992).

Tüy dökme sırasında iç organlardaki bazı ağır metal düzeyleri, bu metallerin tüylerde depolanmasıyla azaltılır (Braune and Gaskin, 1987;Burger, 1993; Hughes *et al.*, 1997).

Kuş dışkıları iç organlardan, dokulardan ve tüylerden daha az da olsa, çevredeki ağır metallerin duyarlı bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Fitzner *et al.*, 1995; Nyholm, 1996; Spahn and Shery, 1999; Dauwe *et al.*, 2000).

Kuşlar, toksik maddeleri gelişen tüylerinde depolayarak, vücutlarından uzaklaştırdıklarından tüylerindeki metal düzeyi kandan ve diğer dokulardan daha fazla olabilir. Bu yüzden tüylerdeki metal bulunurluğunu tespit etmek kandaki ve diğer dokulardaki metal bulunurluğunu tespit etmekten daha kolaydır (Goede and de Bruin, 1984,1986; Burger and Gochfeld, 1991; Burger, 1994; Cahill *et al.*, 1998; Dauwe *et al.*, 2002).

Kuşların vücutlarındaki ağır metallerin ölçülmesi için, kuş tüylerinin kullanılması oldukça yaygındır (Burger, 1993). Bu çalışmalarda kuş tüylerin kullanılması, diğer yöntemlere göre daha zararsız bir tekniktir. Özellikle nesli tehlike altında bulunan ve popülasyon seviyeleri düşük bazı özel türlerin bu gibi çalışmalarda telef olması önlenmiş olur (Goede and de Bruin, 1984,1986; Burger and Gochfeld, 1991; Burger, 1994).

Tüy örneği toplanması arazi koşullarında kolayca gerçekleştirildiği gibi analiz etmek için müze örnekleri dahi kullanılabilir (Abbott *et al.*, 2001).

Tüyler, analiz edilmeden önce derin dondurucular gibi özel saklama yöntemlerine gereksinim olmadan kolayca saklanabilir ve tüylerdeki metal düzeyi çok uzun zaman değişmeden kalır (Appelquist *et al.*, 1984).

Tüyler şekilsiz protein matrikslerine gömülü mikrofibriller şeklinde bulunan keratinden oluşan tek epidermal dokudur. Her bir tüy folikülü tüyleri meydana getirecek olan bir tüy hücresi oluşturur. Tüyün uç kısmı ilkin gelişirken vücuda daha yakın kısmı tüyün oluşumu için geçen süre içinde daha sonra gelişir. Gelişim boyunca her tüy şaftı tüylerin distal kısmı tamamlanınca körelecek olan bir aksiyal arter içerir. Tüy gelişimi

tamamlanınca kan desteği tamamen körelir. Kan desteğinin tüyü terketmesi 6-12 ay sürer. Kan yoluyla tüye taşınan bileşikler 2-3 haftalık bir zaman zarfı boyunca tüyde depolanır. Keratin, bu yapısal proteine güç ve dayanıklılık sağlayan disülfid bağları yapan sülfidril (-SH) grubu içeren, zengin bir proteindir. Kan, içeriğindeki bazı materyalleri keratinden oluşan bu yapıya verir. Özellikle ağır metaller sülfidril(-SH) grubuna yüksek afinite gösterirler. Böylece birçok ağır metal gelişen tüylerde birikir ve bu tüyler de sonunda dökülür. Bu nedenle tüyler ağır metallerin vücuttan uzaklaştırması için önemlidir (Hoffman and Curnow,1979; Grue *et al.*, 1986; Braune and Gaskin, 1987; Solonen and Lodenius 1990).

Sonuçta ağır metaller, tüylerin küçük kan damarları aracılığıyla kan dolaşımıyla bağlantılı oldukları tüy gelişiminin kısa periyodunda, tüyler içindeki protein moleküllerine bağlanır (Burger,1993).

Tüy tamamen geliştikten sonra, kan damarları körelir ve tüy kuştan fiziksel olarak ayrılır ve bundan sonra kuş ve tüy arasında sadece mekanik bir bağ söz konusudur (Denneman and Douben,1993).

Tüy gelişimi tamamlandıktan ve kan desteği köreldikten sonra ağır metaller tüylerde ne daha fazla birikir ne de tüyden uzaklaştırılır. Özellikle tüy oluşumları sırasında metal düzeyleri diğer dokularla pozitif uyum gösterir (Gochfeld, 1980 b; Hoffman and Curnow, 1979). Bu nedenle bir alandaki metal düzeyinin belirlenmesi ve izlenmesi çalışmalarında kuş yavrularına ait tüyler kullanmak mantıklıdır. Tüylerdeki ağır metal düzeyi, gelişme dönemindeki yavrularda, besinle alınan miktarı yansıttığından besinlerdeki oranla pozitif korelasyon gösterir (Weyers *et al.*, 1988).

Tüyler vücut ağırlığının yalnızca %12' sini oluştururken, birçok metal için (örneğin civa) kuşların tüyleri vücuttaki ağır metal içeriğinin % 93' ünden sorumludur (Braune and Gaskin, 1987). Fakat, Honda ve ark.,(1986) bir balıkçıl için tüydeki ağır metal içeriğinin (civa) vücuttaki ağır metal oranının %50'sine karşılık geldiğini bulmuştur. Yapılan başka bir çalışmada deneysel olarak belirli dozlarda civa(Hg) verilen martıların tüylerinde, verilen Hg oranının % 49'u bulunmuştur (Lewis and Furness,1991).

Bir çok çalışmada, kuşların değişik tüylerinde ağır metal düzeyinde çeşitlilik olduğu bulunmuştur (Furness *et al.*,1986; Altmeyer *et al.*,1991). Tüyün dökülme zamanındaki farklılıklar (Furness *et al.*, 1986), tüyün rengiyle ilgili farklılıklar (Dwosmki *et al.*,1984) ve dış ortamdaki metal düzeyindeki farklılıklar (Weyers *et al.*,1988) bu çeşitliğin nedenleri arasındadır.

Birçok kuş türünde, erginlerde dökülen birincil uçma tüylerinde daha fazla ağır metal saptanmıştır (Buhler and Norheim,1981; Braune, 1987). Ancak ikincil uçma telekleri ve örtü tüylerinde görece daha yüksek düzeyde metal birikiminin olduğu durumlara da rastlanmıştır (Gochfeld, 1980a; Braune, 1987).

Goutner ve Furness (1997), Axios Deltası'nda küçük akbalıkçıl ve gece balıkçılı yavrularının tüylerinde ve besinlerinde civa (Hg) birikimini araştırmışlardır. Bu çalışmada bu iki türün besin tercihleri arasında ciddi farklılıklar olduğu, küçük akbalıkçılların tuzlu bataklıklarda, tuzlu olmayan sularda ve pirinç tarlalarında beslendikleri (Kazantzidis and Goutner, 1996), tuzlu suda ve hafif tuzlu suda yaşayan balıkların küçük akbalıkçılların diyetlerinin büyük bir kısmını oluşturduğu, gece balıkçılları tarafından tercih edilmediği bulunmuştur. Su kuşlarında beslenme habitatı tüylerdeki civa içeriğini ciddi boyutlarda etkiler (Hoffman and Curnow, 1979;Doi *et al.*1984; Braunae, 1987; Furness, 1993). Böylece türler arasındaki bu farklılık, farklı beslenme habitatlarını kullanmalarına ve farklı besinlerle beslenmelerine atfedilebilir (Goutner and Furness, 1997). Çalışılan bu iki türün tüylerinde ve bu türlerin avlarında saptanan civa seviyeleri, 10 yıl önce sedimentlerde ve suda tespit edilen (Fytianos *et al.* 1986) Axios Deltası' nın civa kirliliğinin devam ettiğini ve bu kirliliğin balıkçılların tüylerinde ve diyetlerinde açıkça görülebildiğini gösterir.

Güney Louisiana Deltası'ndaki (Amerika Birleşik Devletleri) küçük mavi balıkçılların (*Egretta caerulea*) yavru tüylerinde 16,9 ppm Pb ve 1,2 ppm Cd saptanmıştır. Bu balıkçılların beslendiği alandan toplanan sedimentlerdeki Pb düzeyinin 4,3 ppm, Cd düzeyinin ise 0,2 ppm olduğu bulunmuştur. Elde edilen bulgular, Pb ve Cd'un besinler yoluyla yavrulara geçtiğini, tüylerinde biyolojik olarak biriktiğini ve yavru tüylerindeki Cd ve Pb miktarının alandaki sedimentlerde saptanan miktardan fazla olduğunu göstermektedir (Spahn and Sherry, 1999).

Dauwe ve ark. (2000) referans bir bölge ve ağır metallere kirlenmiş bir bölge olmak üzere iki ayrı bölgede büyük baştankara (*Parus major*) ve mavi baştankara (*Parus caeruleus*) tüylerinde ve dışkılarında esansiyel elementlerden çinko(Zn) ve bakır(Cu) ile esansiyel olmayan elementlerden kurşun(Pb), kadmiyum(Cd) ve arsenik(As) araştırmıştır. Sonuçlar, kirli alandaki her 2 türün yavrularının besinlerinde As, Cd, Cu, Pb konsantrasyonunun referans bölgeye göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Her 2 tür için de Pb konsantrasyonu tüylerde ve dışkıda pozitif ilişki gösterir. Bu çalışmada büyük baştankaranın tüylerindeki ağır metal içerikleri kirli alanda Cd: 0.007 ppm, Cu: 6.16 ppm ve Pb: 4,83 ppm, mavi baştankaranın tüylerindeki ağır metal içerikleri ise; Cd: 0,071 ppm, Cu: 5,14 ppm ve Pb: 3,68 ppm olarak bulunmuştur.

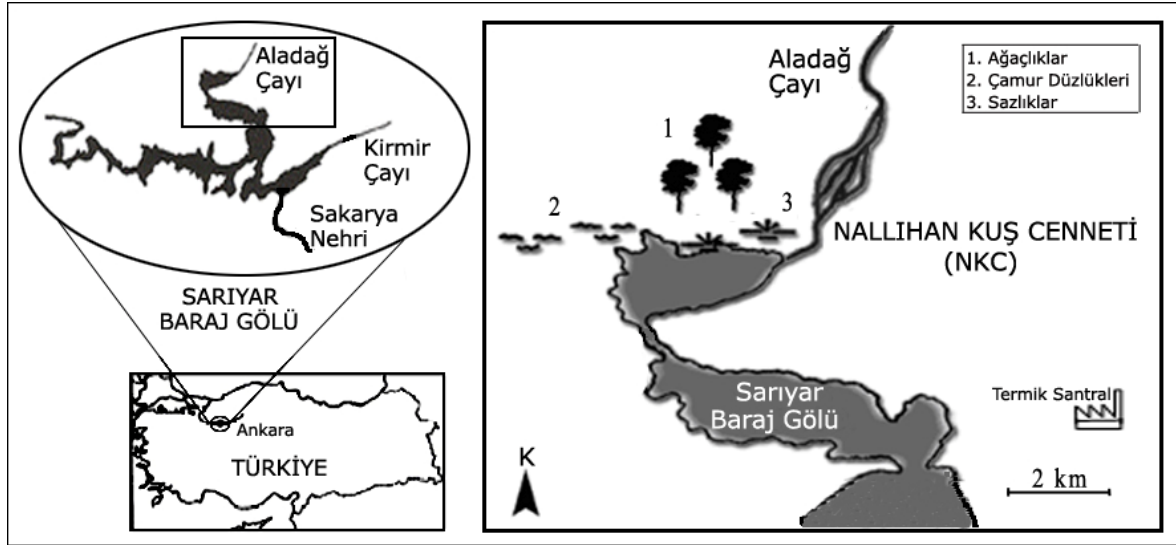
Özellikle deniz kuşlarıyla ve balıkçılarla yapılan daha önceki çalışmalarda (Burger and Gochfeld, 1993, 1995; Spahn ve Sherry, 1999) yavru kuşların tüylerinde dikkate değer Pb ve Cd seviyesi kaydedilmiştir.

Burger (1993) *Larus pipixcon*'un yavru tüylerinde sırasıyla 0,8 ve 0,21 ppm Pb ve Cd kaydetmişken, *Sterna dougallia* ve *Rynchops niger* yavru tüylerinde 0,5 ve 4,1 ppm birikim tespit edilmiştir (Burger and Gochfeld, 1993).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Kuş Tüylerinin Toplandığı Alan

Bu çalışmada, ağır metal analizleri için kullanılacak tüy örneklerinin toplanacağı alan olarak Ankara'nın yaklaşık 185 km kuzeybatısında yer alan NKC seçilmiştir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Tüy örneklerinin toplandığı NKC-Ankara'nın Türkiye ve Sarıyar Baraj Gölü'ndeki yeri (koordinat: 40°2'24" K - 31° 36'36" D).

NKC, Sakarya Nehri üzerinde 1956 yılında kurulan Sarıyar Barajı ve Hidroelektrik Santrali'nin kuzeyinde, Nallıhan ve Çayırhan İlçeleri arasında ve 475 m kotunda yer alır.

Sakarya Nehri ile Kirmir ve Aladağ Çayları'nın birleştiği yerde oluşan Sarıyar Baraj Gölü ve çevresi NKC'nin de sınırları içinde bulunur. Baraj Gölüne en yakın yerleşim alanları, Çayırhan ve Nallıhan İlçeleri ve bunlara bağlı Davutoğlan (Uşakbükü) ve Sarıyar köyleridir. Yüzey alanı ortalama 83.83 km² olan baraj gölü, boyuna bir göl olup uzunluğu yaklaşık 63 km.'dir. En fazla 90 m. derinliğe sahip olan baraj gölünün su hacmi, ortalama 1.900X10⁶ m³'tür. Baraj gölü ve çevresinde karasal iklim hüküm sürer. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır.

Baraj gölünün mikro klimaya olan etkisi nedeniyle kışlar nispeten ılık geçmektedir. Göl çevresinde orta dereceli bir topografya görülür. Bu durum yağışların, doğrudan doğruya göle yüzeysel akış şeklinde kısa zamanda gelmesine neden olmaktadır. Yüzey altına süzölmeye vakit bulamayan yağış suları, beraberinde getirdikleri mil ile göl suyunu bulandırmaktadır. Çalışma alanını da içine alan bu bölgede, volkanik kayalar bulunmaktadır. Jeolojik birimleri oluşturan minerallerin, su ile temasları sonucunda oluşan kimyasal tepkimeler, göl suyunun kalitesine etki etmektedir (Ekmekçi ve ark. 2000).

Porsuk Çayı; Kütahya ve Eskişehir İlleri'nin evsel atık suları, Kütahya ve Eskişehir mezbahaları, Kütahya Azot Fabrikası, Kütahya Magnezit Fabrikası, Eskişehir Sümerbank Tekstil Fabrikası, Eskişehir Şeker fabrikası, Eskişehir Organize Bölgesi, Eskişehir Lokomotif Sanayi atık suları ve tarımsal sulamadan dönen sular ile kirletilmektedir. Seyitömer Termik Santrali de atık sularını Porsuk Çayı'na doğrudan vermektedir. Porsuk Çayı üzerinde, taşkın önleme ve sulama amaçlı Porsuk Barajı bulunmaktadır. Ankara Çayı, Çubuk Çayı, Hatip Çayı, İncesu Deresi, Dikmen Deresi ve Balgat Deresi'ni alarak Sakarya Nehri'ne dökülmektedir. Ankara nüfusunun % 90'nının atık suları Ankara Çayı'na verilmektedir. Sarıyar Baraj Gölü civarındaki yerleşim yerleri ve özellikle kül depolarından yeraltı sularına sızan ağır metaller nedeni ile Çayırhan Termik Santrali kirletici kaynaklar arasındadır.

Barlas (1999 a ve b), Sarıyar Baraj Gölü'nü besleyen ana su sistemi olan Sakarya Nehri'ndeki su, sediment ve balıklarda yoğun organoklorlu pestisit ve ağır metal kirliliği saptamış ve bu nehirde yaşayan sazan balıklarında histopatolojik etkiler olduğunu belirtmiştir. Bunun yanı sıra ise Sakarya Nehri ve Kirmir Çayının döküldüğü yerlerde ağır metal kirliliğinin daha yoğun olduğunu bulmuşlardır. Bu bölgelerden toplanan balıkların karaciğer ve böbreklerinde önemli derecede histopatolojik bulgular saptamışlardır (Ayaş ve ark., 2007 a,b).

Sarıyar Baraj Gölü'ndeki balıklarda birikim çalışmaları yapılmış olmasına rağmen, Baraj Gölü'nün kuşlar açısından oldukça önemli olan NKC'de, balıkçılların yumurta kabuklarındaki metal kalıntıları (Ayaş, 2007 b) dışında, kirliliğin kuşlar üzerindeki etkileri konusunda herhangi bir ekotoksikolojik çalışma günümüze kadar

yapılmamıştır. Alanda daha önce ornitofaunistik çalışmalar Perктаş ve Ayaş (2005) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Genellikle bir bozkır görüntüsü veren göl çevresinde ince bir toprak tabakası bulunması nedeniyle doğal bitki örtüsü oldukça fakirdir. Ancak, yer yer ağaçlandırma çalışmaları sonucu bazı ağaçlara rastlanmaktadır. Gölün kuzey (NKC) ve güney yakasında karaçam (*Pinus nigra*), çalılıklar (*Paliurus spina christi*), dere ağızlarında kavak (*Populus sp.*), yer yer söğüt (*Salix sp.*) bulunmaktadır. Sakarya Nehri, Yassihöyük yakınlarında Porsuk ve daha kuzeyde Ankara Çayları ile birleşir daha sonra Sarıyar Barajına girer. Sakarya Nehri; Seydi Suyu, Porsuk Çayı ve Ankara Çayı ile Sapanca Gölü'nün fazla sularını ve Adapazarı İli'nin kullanımdan dönen sularını toplayan Çark Suyu'nu aldığı için ağır kirlenme tehdidi altındadır. Sarıyar Baraj Gölü'ne Ankara ve Porsuk Çayları oldukça önemli kirletici yük getirmektedir.

3.2. NKC' nin Seçilmesindeki Etkenler

Çalışma alanı olarak, Sarıyar Baraj Gölüne ait su sistemleriyle doğrudan bağlantılı olan, NKC'nin tercih edilmesindeki etkenler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- NKC, kuş türlerinin (özellikle koloni halinde üreyen balıkçıl türlerinin) yoğun olarak bulunduğu önemli bir sulak alandır (Perктаş and Ayaş, 2005).
- NKC'de karışık koloni halinde üreyen balıkçılların yuva yerlerinin özellikleri bilinmektedir (Ayaş, 2007b).
- NKC, uzun yıllar boyunca endüstriyel ve tarımsal kökenli antropolojik etkilere yoğun olarak maruz kaldığından, ağır metal ve pestisitler ile kirlenmiş bir sulak alandır (Ekmekçi ve ark., 2000).
- NKC'ndeki su, sediment ve balıklarda daha önce ağır metal kalıntıları ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda alandaki sularda, sedimentlerde ve balık dokularında ağır metal kirliliği saptanmıştır(Ayaş ve ark., 2007 a, b).

Kuş tüylerindeki metal düzeyleri ile diğer ortam ve organizmalardaki metal düzeylerini karşılaştırmak, tüylerdeki birikim oranlarını belirlemek ve kirlilik izleme çalışmaları için kuş tüylerinin kullanılabilirliğini belirlemek açısından, yukarıdaki etkenlerden dolayı, NKC oldukça uygun bir alan olarak değerlendirilmiştir.

Tüylerdeki birikim miktarlarını belirlemek, bu miktarları diğer organizma ve ortamlardaki oranlarla karşılaştırmak ve kirlilik izleme çalışmalarında kuş tüylerinin kullanılabilirliğini belirlemek için yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı NKC uygun bir alan olarak düşünülmektedir.

3.3. Tüy Örneklerinin Alındığı Türlerin Seçilmesi

Predator kuşlar geniş üreme ve beslenme alanlarından ve besin zincirinin tepesindeki pozisyonlarından dolayı biyomonitör çalışmaları için uygundur (Altmeyer *et al.*,1991;Esselink *et al.*,1995;Paint *et al.*,1995;Garcia-Fernandes *et al.*,1997).

Avcı kuşlar pek çok alanda korundukları için biyomonitör olarak kullanımları sırasında onlara zarar vermeyen bir teknikten faydalanmak gerekir. Tüyler kolayca örneklenebildiğinden çok sayıda çalışmada ağır metal kirliliği için uygun biyomonitör olarak avcı kuşların tüyleri kullanılmıştır (Hahn *et al.*,1993; Denneman and Douben,1993).

Balıkçılar gibi predatör su kuşları kontamine olmuş besin kaynaklarını tükettiklerinden kirliliğin biyolojik birikimine açıktır (Abbott *et al.*, 2001). Balıkçılar sucul çevre kirleticilerinin iyi birer göstergeleridir (Custer *et al.*,1991).

Kirliliğin belirlenmesi ve izlenmesi ile ilgili çalışmalarda “biyo-gösterge (biyo-indikatör)” olarak su kuşları yaygın olarak kullanılırlar. Su kuşları arasında ise “balıkçılara (Familya: Ardeidae)” ait türler genellikle tercih edilir. Bunun nedeni dağılımları, habitat tercihleri ve ömür uzunluklarıdır. Balıkçılar, sıklıkla insan aktivitesinin olduğu alanlara yakın yerleri beslenme, barınma ve koloni şeklinde üreme alanı olarak kullanırlar. Böceklerden, çeşitli boyutlardaki balıklara kadar farklı

canlıları besin olarak tercih ederler ve bu sayede besin zincirinin farklı düzeylerindeki organizmalardaki kirleticileri bünyelerine alabilirler (Abbott *et al.*, 2001, Burger, 1996).

Balıkçılar omurgasızları ve omurgalıları besin maddesi olarak kullandıklarından çeşitli sucul habitatlardan beslenirler. Tepe predatörü oldukları için organoklorlu pestisitler, PCBs ve metalleri içeren birçok kararlı çevresel kirleticiyi biriktirirler. Görece hareketli olmaları ve tarımsal habitatları kullanmaları kirleticilere yüksek oranda maruz kalmalarına neden olur (Kushlan,1993).

Balıkla beslenen kuşlar besin zinciri aracılığıyla kirleticileri biriktirmelerinden dolayı, herbivor beslenen kuşlara kıyasla kirlilik birikimine daha yatkındırlar (Ayaş ve ark.,1997 ; Burger and Gochfeld,1996; Hui,1998).

Bu türlerin seçilmesinde rol oynayan etkenler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Her üç balıkçıl türü de, besin piramidinin üst basamaklarında yer alan organizmalardır (Lam *et al.*, 2005).
- Her üç balıkçıl türü de ağır metal kalıntı çalışmalarında yaygın olarak (biyo-gösterge tür) kullanılmaktadır (Lam *et al.*, 2004; Lam *et al.*, 2005).
- Kominal tünemeleri ve yuva yapmaları örnek toplamayı kolaylaştırır. (Kushlan,1993).
- Küçük akbalıkçıl ve gece balıkçılının, birçok kirliliği ve kirliliği olmayan bölge için yumurtalarında ve tüylerinde civa içeriği raporları olduğundan biyomonitör olarak kullanışlı türler olduğu bilinmektedir (Hoffman and Curnow 1979; Doi *et al.*, 1984; Cosson *et al.* 1988; Honda *et al.* 1986;; Burger and Gochfeld 1993; Spalding *et al.* 1994).
- Balıkçılar sıklıkla insan aktivitesinin olduğu alanlara yakın yerlere, kolonilere yuva yaparlar ve dünyanın büyük bir bölümünde ürerler (Burger, 1996). Her üç balıkçıl türü NKC' deki söğüt ve kavak ağaçlarında aynı koloni içinde üremektedir (Ayaş, 2007b).

- NKC'de, gri balıkçılın "yerli" tür olduğu, küçük akbalıkçılın ve gece balıkçılının ise sadece üreme sezonunda (Mart-Ağustos) bulunduğu bilinmektedir (Perktaş and Ayaş, 2005).

3.4. Tüy Örneklerinin Toplanması ve Saklanması

Tüy örnekleri, 2006 üreme sezonunda her üç balıkçıl türünün koloni halinde üremek amaçlı kullandığı alandan (Şekil 3.2.) toplanmıştır.

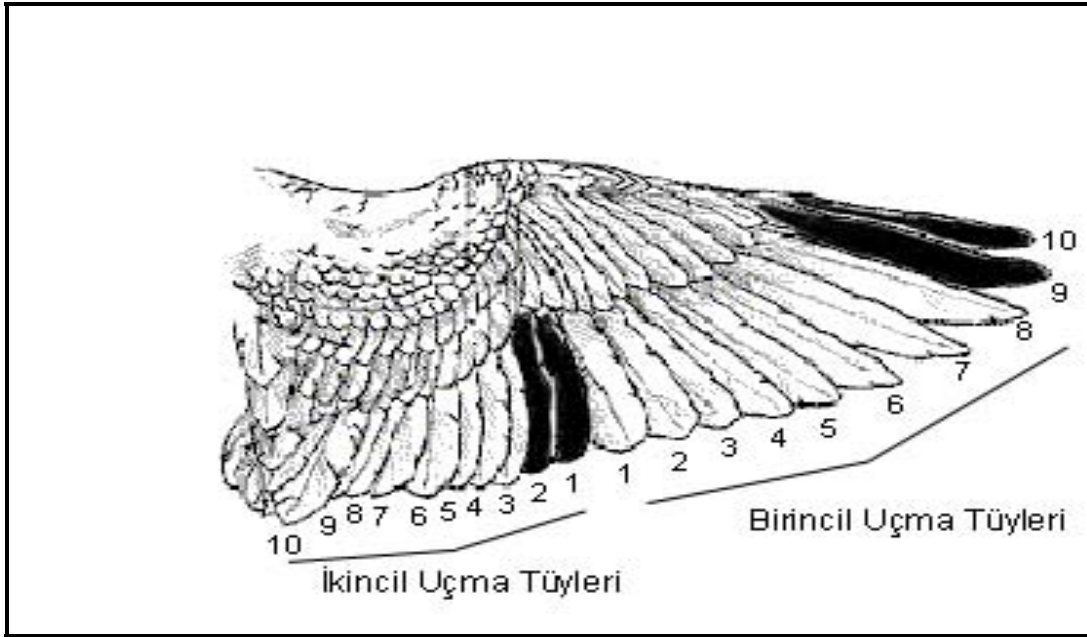


Şekil 3.2. NKC'deki balıkçılların koloni halinde ürediği ağaçlıklar (Fotoğraf: Gönül Arslan).

Tüy örnekleri, ergin bireylerin (**EBT**: Ergin Birincil Uçma Tüyü; **EİT**: Ergin İkincil Uçma Tüyü; **EÖT**: Ergin Örtü Tüyü) ve yavrularının (**YÖT**: Yavru Örtü Tüyü) olmak üzere farklı vücut bölgelerinden alınmıştır.

Ergin balıkçıllara ait tüy örnekleri, ölü ve/veya yaralı olarak bulunmuş bireylerden toplanmıştır. Yavru tüyleri ise ölü ve/veya yaralı olarak yuvadan düşmüş yavrulardan

toplanmıştır. Düzenli aralıklarla ziyaret edilen koloni alanındaki farklı ağaçların altından tüyler toplanmıştır (Boncompagni *et al.*, 2003). Toplanan bu tüyler, balıkçılara ait daha önce toplanmış tüy örnekleri ile karşılaştırılarak, türlere göre sınıflandırılmıştır. Balıkçıların birincil (EBT) ve ikincil (EİT) uçma tüyelerine ait örnekler standart olarak 9. ve 10. teleklerden; vücut örtü tüyleri (EÖT ve YÖT) ise ergin ve yavruların göğüs bölgesinden alınmıştır (Burger *et al.*, 1992; Goutner and Furness, 1997; Burger and Gochfeld, 1997) (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Ağır metal kalıntı analizleri için ergin balıkçıların kanatlarından alınan 9.-10. birincil uçma tüyleri (EBT) ve 1.-2. ikincil uçma tüyleri (EİT) (siyah ile gösterilmiştir).

Analizlerde kullanılan balıkçıl türlerine ait tüy örneklerinin çeşitleri ve örnek sayıları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. NKC'deki balıkçılardan toplanan tüy örnekleri ve analizler için toplanan tüy örneği sayıları

Tür	tüy çeşidi	N
<i>Egretta garzetta</i> (küçük akbalıkçıl)	EBT: Ergin Birincil Uçma	
	Tüyü	5
	EİT: Ergin İkincil Uçma	
	Tüyü	5
	EÖT: Ergin Örtü Tüyü	5
	YÖT: Yavru Örtü Tüyü	5
<i>Ardea cinerea</i> (gri balıkçıl)	EBT: Ergin Birincil Uçma	
	Tüyü	5
	EİT: Ergin İkincil Uçma	
	Tüyü	5
	EÖT: Ergin Örtü Tüyü	5
	YÖT: Yavru Örtü Tüyü	5
<i>Nycticorax nycticorax</i> (gece balıkçılı)	EBT: Ergin Birincil Uçma	
	Tüyü	5
	EİT: Ergin İkincil Uçma	
	Tüyü	5
	EÖT: Ergin Örtü Tüyü	5
	YÖT: Yavru Örtü Tüyü	5
TOPLAM		60 örnek

Tüy örneklerin alınması sırasında, tüylerin dışsal kirliliğini önlemek için plastik eldivenler kullanılmış ve tüyler plastik torbalara yerleştirilmiştir. Tüy örneklerinin bulunduğu plastik torbalar, örneklerin alındığı tür ve tüy çeşidine göre etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen tüy örnekleri, analiz için hazırlanana kadar güneş ve nemden uzak tutularak oda sıcaklığında kapalı dolaplarda bekletilmiştir (Burger *et al.*, 1992; Goutner and Furness, 1997; Burger and Gochfeld, 1997).

3.5. Tüy Örneklerinin Hazırlanması ve Kalıntı Analizi

Laboratuvara getirilen tüylerin öncelikle analiz için kullanılacak kısımları seçildi. Tüyün distal kısımlarında şaft ve aya beraber kullanıldı. Tüylerin şaftı ve aya kısmı şaftın kuvvetli olduğu tüyün proksimal kısmında birbirinden ayrıldı. Bu işlemler sırasında paslanmaz çelik makas kullanıldı. Bu kısımlarda tüyün sadece aya kısmı tercih edildi. Daha küçük tüylerde ise şaft ve aya beraber kullanıldı (Cahill *et al.*, 1997).

Daha sonra tüyler, üzerlerindeki kirliliğe neden olan toz ve dışkı gibi maddelerin uzaklaştırılması için sırasıyla de-iyonize su ve aseton ile 1'er dakika yıkandı (Applequist *et al.*, 1984; Burger, 1993). Bu işlem 2 kez tekrarlandı. Yıkanan tüyler daha önce distile su ve asetonla yıkanan ve 1 gece 60 °C'de etüvde bekletilen beherlerle ağzı saat camıyla kapatılmış bir halde etüve yerleştirildi. 24 saat 60 °C de etüvde tutuldu. Etüvden çıkarılan tüyler daha sonra yine paslanmaz çelik makas yardımıyla yaklaşık 20x20mm'lik parçalara ayrıldı (Cahill *et al.*, 1997). Burada amaçlanan tüy çözme işleminde kullanılacak olan kimyasalın etki edebileceği yüzey alanını genişletmekti. Daha sonra tüyler plastik tüplere yerleştirilerek ağzı sıkıca kapatıldı. Böylece tüy çözme işlemine kadar geçen zaman zarfında yeni bir kontaminasyon önlenmiş oldu. Tüyler bu haliyle çözülme işlemine kadar +4 °C'de tutuldu.

Tüyler daha sonra "Berghof Mikrodalga Çözme Sistemi"nde doku çözme işlemine göre çözüldü (Burger and Gochfeld, 1997). Bu işlemler Gazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya Laboratuvarları'nda yapıldı.

Tartılan tüy örnekleri (yaklaşık 0,001 g) teflon tüplere yerleştirildi. Her bir teflon tüpteki örneğin üzerine 5 ml hacminde, % 65'lik HNO₃ (Merc, konsantre nitrik asit) eklendi. Tüy örneği ve nitrik asit bileşimi, tüp dikkatli bir şekilde çalkalanarak karıştırıldı. Teflon tüplerin kapağı kapatılmadan önce 20 dk beklendi. Tüplerin yerleştirileceği mikrodalga çözme sistemi aşağıdaki sıcaklık programına göre ayarlandı.

Sıcaklık programı:

Basamak	1	2	3	4
Sıcaklık (°C)	160	190	190	100
Süre (dk)	5	1	1	15
Süre (dk)	5	5	10	10

Tüpler belirtilen sürelerde ve belirtilen sıcaklıklarda mikrodalga çözme sisteminde tutulduktan sonra program sonlandırılarak bir süre beklendi. Dışarıya çıkarılan tüplerin kapakları açılmadan önce de sıçramayı ve köpürmeyi engellemek için teflonun sıcaklığı oda sıcaklığına eşitleninceye kadar beklendi. Parçalama sürecinde büyük miktarda gaz oluşabileceğinden teflon tüpler eldiven ve maske takılarak açıldı.

Çözeltiler 10 ml'lik tüplerde de-iyonize suyla seyreltildi. Bu işlem sırasında tüplerde fabrikasyon hataları olabileceği düşünülerek öncelikle kalibrasyonu sağlamak için 10 ml de-iyonize su pipet yardımıyla herhangi bir tüpe konularak suyun yüksekliği işaretlendi. Ve bütün tüplerdeki çözünmüş materyaller işaretli tüp dikkate alınarak de-iyonize su ile toplam hacim 10 ml olacak şekilde seyreltildi. Çözeltiler analize kadar -20 °C' de tutuldu.

Mikrodalga çözme sistemi ile hazırlanan çözeltilerdeki Cd, Pb, Cu ve Cr (toplam) miktarları Perkins-Elmer Optima 4300 DV model ICP-OES Spektrofotometre ile ölçüldü (Cahill *et al.*, 1998; Eens *et al.*, 1999; Janssens *et al.*, 2002). Metal düzeyleri "mg/kg" olarak hesaplandı. Ölçümler sırasında spektrofotometrede metaller için kullanılan alt sınır değerleri, Cd için 0, 002 mg/kg; Pb için 0, 015 mg/kg; Cu için 0, 01 mg/kg ve Cr için 0, 002 mg/kg olarak belirlendi.

3.6. İstatistiksel Analizler

Tüylerdeki her metal için farklı balıkçıl türlerindeki ve farklı tüy örnekleri arasındaki farklılıklar SPSS istatistik programı ile analiz edilmiştir. İstatistiksel analizlerde her metal için bulunan ortalama kalıntı değerleri kullanılmıştır. Türlere ve tüy çeşitlerine göre saptanan ortalama değerler homojen bir dağılım gösterdiği için, gruplar arası farklar Kruskal-Wallis ANOVA ile test edilmiştir. İstatistiksel önem kontrolleri ise 0,05 serbestlik derecesine göre değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

NKC'de, 2006 üreme döneminde, koloni halinde üreyen küçük akbalıkçıl, gri balıkçıl ve gece balıkçılı ergin ve yavrularından toplanan farklı tüy örnekleri ölçülen kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), bakır (Cu) ve krom (Cr) kalıntı miktarları (mg/kg olarak) Çizelge 4,1,'de gösterilmiştir.

4.1. Kalıntı Düzeyleri ile İlgili Bulgular

4.1.1.Kadmiyum (Cd)

Ortalama Cd miktarları, balıkçıl türlerine ve tüy örneklerine göre farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1.a.)

Her üç balıkçıl türünün yavru örtü tüylerindeki (YÖT), Cd miktarları, diğer tüylerdeki kalıntı miktarlarına göre daha yüksek düzeydedir. Cd miktarı türler arasında küçük akbalıkçıl > gri balıkçıl >gece balıkçılı şeklindedir.

Yavru örtü tüylerindeki ortalama Cd kalıntı miktarları küçük akbalıkçılarda 3,70 mg/kg, gri balıkçılarda 2,48 mg/kg ve gece balıkçılarda ise 1,56 mg/kg'dır.

Yavru örtü tüyleri (YÖT) açısından, küçük akbalıkçılardaki ve gece balıkçılardaki ortalama Cd miktarları arasındaki fark, istatistiksel açıdan önemlidir. ($p<0,05$).

Küçük akbalıkçıl ve gece balıkçılarının ergin ikincil tüylerindeki (EİT) ortalama Cd miktarları, ergin birincil tüylere ve ergin örtü tüylere (EBT) göre istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.1.2. Kurşun (Pb)

Ortalama Pb miktarları, balıkçıl türlerine ve tüy örneklerine göre farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1.b.)

Her üç balıkçıl türünün yavru örtü tüylerindeki (YÖT) Pb miktarları, diğer tüylerdeki kalıntı miktarlarına göre daha yüksek düzeydedir. Yavru örtü tüylerindeki ortalama Pb

kalıntı miktarları gri balıkçılarda 12,36 mg/kg, küçük akbalıkçılarda 10,34 mg/kg, ve gece balıkçılarında ise 7,66 mg/kg'dır. Buna göre Pb miktarı türler arasında gri balıkçıl > küçük akbalıkçıl >gece balıkçılı şeklindedir.

Yavru örtü tüyleri (YÖT) açısından, gri balıkçılarda ve küçük akbalıkçılardaki kalıntı miktarları, gece balıkçılarındaki ortalama Pb miktarlarına göre istatistiksel açıdan önemlidir. ($p < 0,05$).

Bunun yanı sıra, ergin birincil ve ikincil tüylerdeki (EBT ve EİT) ortalama Pb miktarları, gri balıkçılarda sırasıyla 6,13 ve 5,77 mg/kg; küçük akbalıkçılarda ise sırasıyla 4,62 ve 6,58 mg/kg olarak saptanmıştır. Bu değerler ile gece balıkçılığının ergin birincil ve ikincil tüylerindeki kalıntı miktarları, sırasıyla 1,91 ve 2,85 mg/kg, arasındaki fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

4.1.3. Bakır (Cu)

Ortalama Cu miktarları, balıkçıl türlerine ve tüy örneklerine göre farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1.c.)

Her üç balıkçıl türünün yavru örtü tüylerindeki (YÖT) Cu miktarları, diğer tüylerdeki kalıntı miktarlarına göre daha yüksek düzeydedir. Yavru örtü tüylerindeki ortalama Cu kalıntı miktarları küçük akbalıkçılarda 14,82 mg/kg, gri balıkçılarda 12,73 mg/kg ve gece balıkçılarında ise 7,66 mg/kg'dır. Buna göre Cu miktarı türler arasında küçük akbalıkçıl > gri balıkçıl >gece balıkçılı şeklindedir.

Yavru örtü tüyleri (YÖT) açısından, gri balıkçılardaki ve küçük akbalıkçılardaki kalıntı miktarları, gece balıkçılarındaki ortalama Cu miktarlarına göre istatistiksel açıdan önemlidir. ($p < 0,05$).

Bunun yanı sıra, gri balıkçılarda ergin birincil tüylerdeki (EBT) ortalama Cu miktarı (6,72 mg/kg) diğer iki balıkçıl türünün ergin tüylerindeki kalıntı miktarlarına göre istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

4.1. 4. Krom (Cr)

Ortalama Cr miktarları, balıkçıl türlerine ve tüy örneklerine göre farklı bulunmuştur (Çizelge 4.1.d.).

Elde edilen bulgular incelendiğinde, tüy örneklerindeki krom düzeylerinin, diğer ağır metallere göre oldukça düşük düzeyde olduğu gözlenir (en yüksek, gri balıkçıl yavru örtü tüylerinde: 0,1 mg/kg; en düşük, küçük akbalıkçıl ergin örtü tüyünde ve gece balıkçılı ergin birincil tüyünde: 0.046 mg/kg)

Bununla beraber, Cr düzeyinin Cd, Pb ve Cu'da olduğu gibi, yavru örtü tüylerinde diğer tüylere oranla yüksek düzeyde olmadığı da bulunmuştur.

Krom düzeyleri açısından tüyler ve türler arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı da saptanmıştır ($p < 0,05$).

4.2. Birikim Oranları ile İlgili Bulgular

Daha önce yapılan çalışmalarda, tüy örneklerinin toplandığı üreme-beslenme alanının yakınlarındaki Aladağ Çayı ve Sarıyar Baraj Gölü'nden alınan sediment örneklerinde saptanan ortalama Cd, Pb, Cu ve Cr düzeyleri, sırasıyla 0,255-0,298 - 0,344 ve 0,365 mg/kg'dır (Ayaş, 2007a; Ekmekçi ve ark. 2000).

Bu çalışmada, balıkçıl tüylerinde saptanan metal düzeyleri ile daha önce aynı alandaki sediment örneklerinde saptanan metal düzeyleri arasındaki oran hesaplanarak, analiz edilen her ağır metal için, farklı tüy örneklerindeki birikim düzeyleri, balıkçıl türlerine göre ayrı ayrı hesaplanmış ve birikim oranları Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

Elde edilen bulgular genel olarak bakıldığında Pb ve Cu birikim oranlarının Cd ve Cr'a göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca balıkçıl türleri arasında gri balıkçılarda ve küçük akbalıkçılardaki birikim oranının gece balıkçılılarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Ancak her bir metalin birikim oranı farklı türlerde ve tüylere göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle her bir metal için hesaplanan birikim oranı düzeyleri ve gruplar arasındaki istatistiksel bulgular aşağıda daha detaylı olarak belirtilmiştir.

4.2.1. Kadmiyum (Cd)'un Tüylerdeki Birikimi

Kadmiyum (Cd)'un tüylerdeki birikim oranları, diğer metaller ile karşılaştırıldığında Pb ve Cu'dan düşük, Cr'dan ise yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 4.2.).

Kadmiyum (Cd)'un en yüksek birikim oranı küçük akbalıkçıların örtü tüylerinde (15) olduğu ve bu oranın diğer türlere ve bu türlere ait farklı tüylerin birikim oranlarına göre, istatistiksel açıdan önemli olduğu hesaplanmıştır ($p < 0,05$).

4.2.2. Kurşun (Pb)'un Tüylerdeki Birikimi

Kurşun (Pb)'un tüylerdeki birikim oranları, diğer metaller ile karşılaştırıldığında Cd ve Cr'dan yüksek, Cu ile yakın düzeylerde olduğu görülmektedir (Şekil 4.2.).

Kurşun (Pb)'un en yüksek birikim oranı, gri balıkçıların yavru örtü tüylerinde (41) olduğu hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, Pb birikim oranı küçük akbalıkçıl ergin ikincil tüylerinde 22; yavru örtü tüylerinde 35 ve gri balıkçıların ergin birincil tüylerinde 21 olarak hesaplanmıştır. Bu oranların, diğer tüylerdeki birikim oranlarına göre istatistiksel olarak önemli olduğu da bulunmuştur ($p < 0,05$).

4.2.3. Bakır (Cu)'ın Tüylerdeki Birikimi

Bakır (Cu)'ın tüylerdeki birikim oranları, diğer metaller ile karşılaştırıldığında Cd ve Cr'dan yüksek, Pb ile yakın düzeylerde olduğu görülmektedir (Şekil 4.2.). Bakır (Cu)'ın en yüksek birikim oranı, küçük akbalıkçıların yavru örtü tüylerinde (43) olduğu hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, Cu birikim oranları gri balıkçıl yavru örtü tüyleri için 37 ve gece balıkçılı yavru örtü tüyleri için 22 olarak hesaplanmıştır. Bu oranların, diğer tüylerdeki birikim oranlarına göre istatistiksel olarak önemli olduğu da bulunmuştur (Şekil 4.2.; $p < 0,05$).

4.2.4. Krom (Cr)'un Tüylerdeki Birikimi

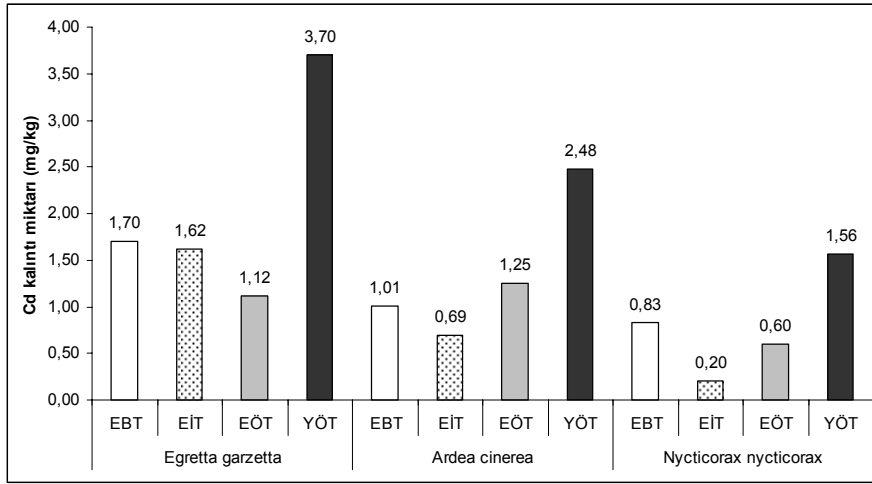
Krom (Cr)'un farklı kuş tüylerindeki hesaplanan birikim oranları Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

Krom (Cr) düzeyi, daha önce yapılan çalışmalara göre, sediment örneklerinde ortalama 0,365 mg/kg olarak bulunmuştur. Yapılan analizlerde, bütün tüy örneklerindeki Cr düzeyi (en yüksek gri balıkçıl yavru örtü tüylerinde ortalama 0,1 mg/kg), sedimentlerdeki Cr düzeyinden (ortalama 0,365 mg/kg) daha düşük düzeydedir. Bu nedenle Cr için hesaplanan birikim oranları 1'in altında bulunmuştur ve Cr'un balıkçılların tüylerinde birikim oluşturmadığı görülmüştür.

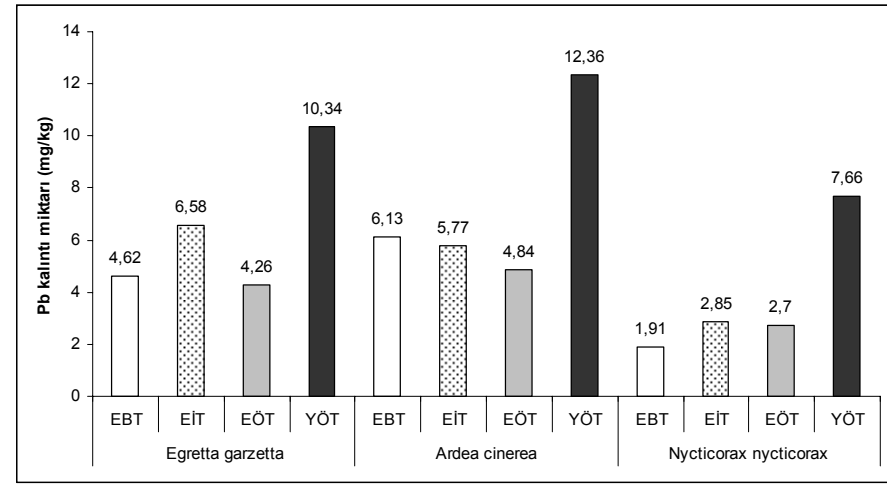
Balıkçıl türlerine ait farklı tüylerdeki Cd, Pb, Cu ve Cr kalıntı miktarları Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Analiz edilen dört ağır metal için, en yüksek kalıntı düzeyi, her üç balıkçıl türünün yavru örtü tüylerinde saptanmıştır. Yavru örtü tüylerinde saptanan en yüksek ortalama kalıntı düzeyleri, küçük akbalıkçıda 3,70 mg/kg Cd, gri balıkçıda 12,36 mg/kg Pb, küçük akbalıkçıda 14.82 mg/kg Cu ve gri balıkçıda 0,1mg/kg Cr olarak bulunmuştur.

Elde edilen bulgulara göre, tüylerdeki kalıntı düzeyleri $Cu > Pb > Cd > Cr$ şeklindedir. Ayrıca, yapılan istatistiksel analizlerde, yavru örtü tüylerinde Pb ve Cu kalıntı düzeyleri arasındaki farklılıklar Cd ve Cr'a göre istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.1.).

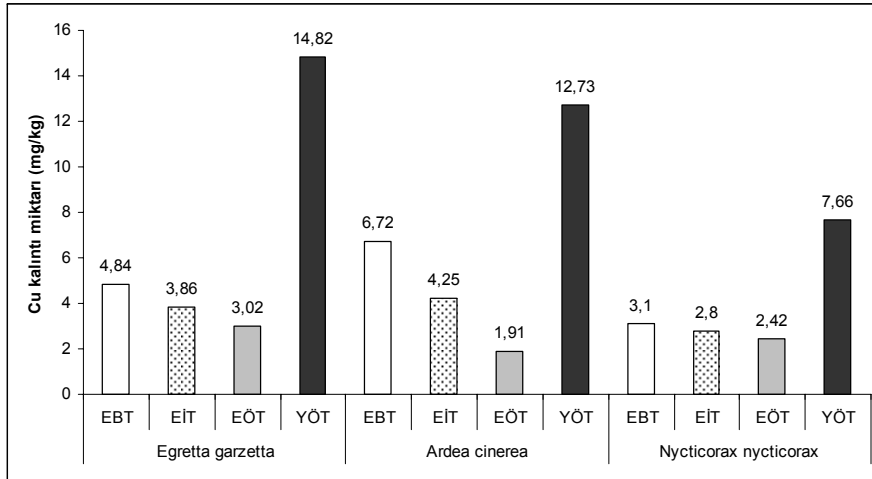
Farklı balıkçıl türlerinin çeşitli tüylerindeki kalıntı miktarları ile ilgili bulgular her bir metal için detaylı olarak aşağıda belirtilmiştir.



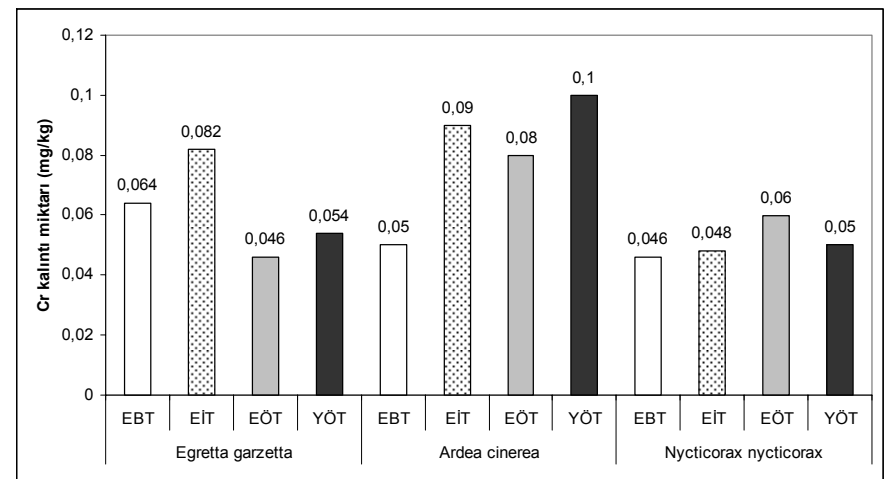
a. Kadmiyum (Cd)



b. Kurşun (Pb)

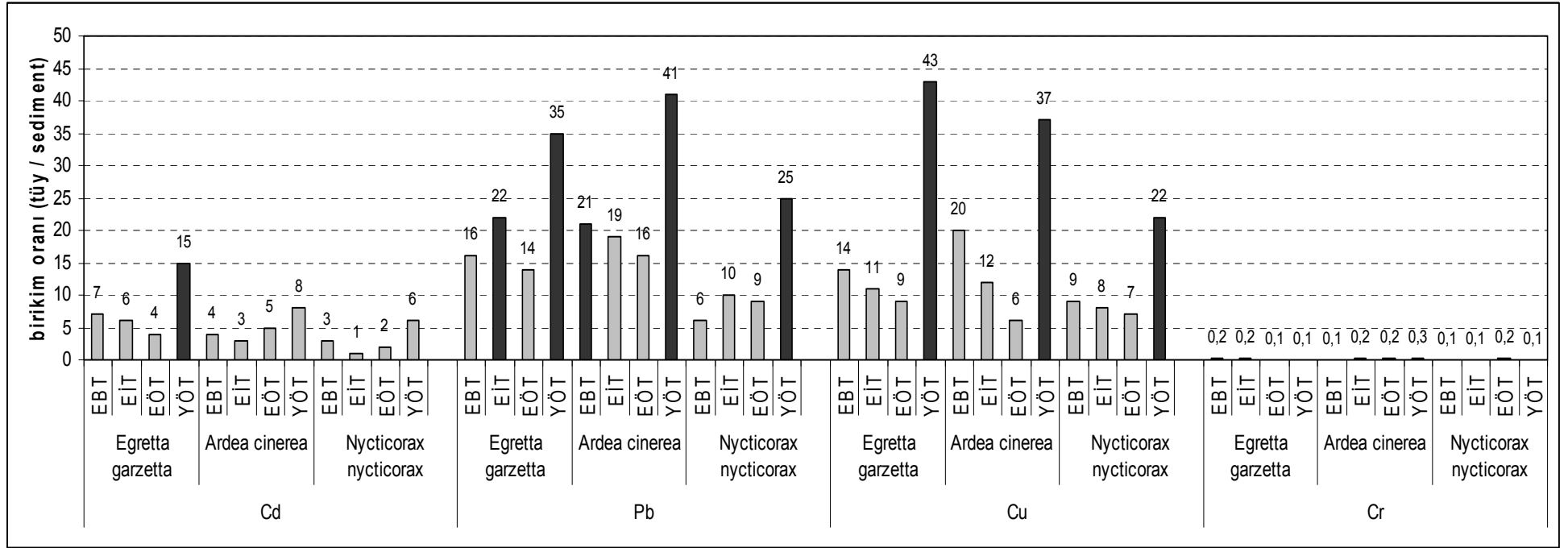


c. Bakır (Cu)



d. Krom (Cr)

Şekil 4.1. NKC'deki farklı balıkcıl tüy örneklerinde saptanan ortalama **a. Kadmiyum (Cd)**, **b. kurşun (Pb)**, **c. bakır (Cu)** ve **d. krom (Cr)** miktarları (mg/kg olarak). (**EBT**: Ergin Birincil Tüy; **EIT**: Ergin İkincil Tüy; **EÖT**: Ergin Örtü Tüyü; **YÖT**: Yavru Örtü Tüyü)



Şekil 4. 2. NKC'deki balıkçılların farklı tüy örneklerinde hesaplanan kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), bakır (Cu) ve krom (Cr) birikim düzeyleri. (grafikteki koyu renkli barlar: istatistiksel olarak önemli; **EBT**: Ergin Birincil Tüy; **EİT**: Ergin İkincil Tüy; **EÖT**: Ergin Örtü Tüyü; **YÖT**: Yavru Örtü Tüyü)

Çizelge 4.1. NKC'deki balıkçılardan toplanan tüy örneklerinde saptanan ağır metallerin miktarları (mg/kg).

metal	Tür	tüy	N	ortalama (mg/kg)	standart sapma (±)	en düşük	en yüksek
Cd	<i>Egretta garzetta</i> (küçük akbalıkçıl)	EBT	5	1,70	1,17	0,60	3,50
		EİT	5	1,62	0,86	0,80	2,90
		EÖT	5	1,12	0,58	0,30	1,90
		YÖT	5	3,70*	1,59	2,40	6,20
	<i>Ardea cinerea</i> (gri balıkçıl)	EBT	3	1,01	0,38	0,65	1,41
		EİT	4	0,69	0,33	0,42	1,14
		EÖT	4	1,25	0,58	0,67	1,97
		YÖT	5	2,48*	0,84	1,45	3,60
	<i>Nycticorax nycticorax</i> (gece balıkçılı)	EBT	5	0,83	0,42	0,20	1,35
		EİT	4	0,18	0,08	0,11	0,26
		EÖT	4	0,60	0,46	0,23	1,25
		YÖT	4	1,56*	0,72	0,75	2,35
Pb*	<i>Egretta garzetta</i> (küçük akbalıkçıl)	EBT	5	4,62*	2,02	2,4	7,6
		EİT	5	6,58	2,54	3,4	10,2
		EÖT	5	4,26	0,98	3,1	5,8
		YÖT	5	10,34*	4,4	5,2	16,7
	<i>Ardea cinerea</i> (gri balıkçıl)	EBT	3	6,13*	3,66	2,3	9,6
		EİT	4	5,77*	1,1	4,65	7,24
		EÖT	4	4,84	1,86	2,87	6,64
		YÖT	5	12,36*	5,41	6,22	18,89
	<i>Nycticorax nycticorax</i> (gece balıkçılı)	EBT	5	1,91	0,68	1,1	2,9
		EİT	5	2,85	1,25	1,35	4,72
		EÖT	4	2,7	1,15	1,14	3,68
		YÖT	4	7,66	4,86	3,89	14,32
Cu*	<i>Egretta garzetta</i> (küçük akbalıkçıl)	EBT	5	4,84	1,16	3,4	6,5
		EİT	5	3,86	1,45	2,4	6,2
		EÖT	5	3,02	1,62	0,8	4,9
		YÖT	5	14,82*	5,47	9,6	22,3
	<i>Ardea cinerea</i> (gri balıkçıl)	EBT	3	6,72*	1,72	5,37	8,65
		EİT	4	4,25	1,54	3,18	6,45
		EÖT	4	1,91	0,74	1,21	2,62
		YÖT	5	12,73*	5,38	4,21	18,22
	<i>Nycticorax nycticorax</i> (gece balıkçılı)	EBT	5	3,1	0,71	2,46	4,25
		EİT	5	2,8	1,22	1,56	4,84
		EÖT	4	2,42	1,13	0,87	3,58
		YÖT	4	7,66*	2,99	4,42	11,32
Cr	<i>Egretta garzetta</i> (küçük akbalıkçıl)	EBT	5	0,064	0,011	0,05	0,08
		EİT	5	0,082	0,026	0,05	0,11
		EÖT	5	0,046	0,011	0,03	0,06
		YÖT	5	0,054	0,03	0,02	0,09
	<i>Ardea cinerea</i> (gri balıkçıl)	EBT	3	0,05	0,01	0,04	0,06
		EİT	4	0,09	0,04	0,06	0,15
		EÖT	4	0,08	0,02	0,06	0,09
		YÖT	5	0,1	0,02	0,08	0,12
	<i>Nycticorax nycticorax</i> (gece balıkçılı)	EBT	5	0,046	0,011	0,03	0,06
		EİT	5	0,048	0,011	0,03	0,06
		EÖT	4	0,06	0,008	0,05	0,07
		YÖT	4	0,05	0,032	0,02	0,09

EBT: Ergin Birincil Uçma Tüyü; EİT: Ergin İkincil Uçma Tüyü; EÖT: Ergin Örtü Tüyü; YÖT: Yavru Örtü Tüyü; N: örnek sayısı; a: kalıntı düzeyleri türler ve tüyler arasında istatistiksel olarak önemli

5. TARTIŞMA

Değişken fiziko-kimyasal yapıda olabilen ve çeşitli aktiviteler sonucunda oluşan kirleticiler, çeşitli ortamlara atıldıklarında, su sistemleri ile delta, körfez, baraj gölleri gibi sulak alanlara taşınmakta, bu ortamlardaki sedimentlerde ve burada yaşayan organizmalara ait çeşitli dokularda birikim göstermektedirler (Kocataş, 1992). Bu nedenle baraj gölleri gibi sucul ortamlarda meydana gelen kirlilik birikimi, biyolojik yükseltgenme nedeniyle bu alanda yaşayan balıklarla beslenen kuşlar açısından oldukça önemli olumsuz etkiler yaratmaktadır (Cahill *et al.*, 1998; Fasola *et al.*, 1998; Ayaş, 2007a). Bu sistemlerde kirleticilerin neden olduğu ekotoksikolojik etkiler, akut zehirlenmeler ve toplu balık ölümleri olabildiği gibi, kronik toksik etkileşimler şeklinde de görülebilir. Kronik toksik etki sonucunda sucul organizmaların (özellikle balıklar ve su kuşları) üreme ve gelişme biyolojileri olumsuz etkilenir. Böylece alandaki popülasyonlara ait bireyler azalır, çevre dengesi baskın ve dirençli olmayan türler lehine bozulabilir (Lam *et al.*, 2005).

NKC ve Sarıyar Baraj Gölü, çok uzun yıllar boyunca hem Sakarya Nehri havzasının hem de Baraj Gölü, çevresindeki tesislerin ve tarımsal aktivitelerin oluşturduğu endüstriyel ve tarımsal kökenli kirleticilerin tehdidi altında kalmıştır. Bu çevre kirliliğinin besin piramidinin üst kademesinde yer alan balıklar üzerinde histopatolojik ve biyokimyasal etkilere neden olduğu, bu alanı besleyen Sakarya Nehri'nde (Barlas, 1999 a, b) ve göl sistemindeki farklı alanlarda yapılan çalışmalarla (Ayaş ve ark., 2007 a, b) gösterilmiştir.

Balıkçılığın önemli bir geçim kaynağı olduğu bu alanın, buradaki balıkların besin olarak tüketildiği özellikle Ankara İli ve çevre illerdeki insanlar açısından araştırılması oldukça önemlidir. Balıklar üzerinden beslenen kuşların sağlığı açısından da bu gereklidir. (Ekmekçi ve ark., 2000).

Kuşlar çevrede tespit edilemeyen gizli değişikliklere cevap verebildiklerinden bir çok çevresel faktörün etkisine karar vermek için uygun gösterge"indikator" canlılar olarak düşünülür (Furness,1993).

Bu çalışmada, NKC'deki üç farklı balıkçıl türünün tüylerinde belirli düzeylerde (Çizelge 4.1.) Cd, Pb, Cu ve Cr'un saptanması, aslında bu alanda daha önce

yapılan çalışmalarda (Ekmekçi ve ark., 2000; Ayaş ve ark., 2007 a ve b) su, sediment ve balık dokularında belirlenmiş ağır metal kirliliğinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Ancak bu alanda balıkların dışında baskın türler olarak bulunan ve balıklarla beslenen kuşların dokularındaki metal birikimi ile ilgili yapılmış herhangi bir çalışma yoktur. Kuşlardaki metal birikim düzeyi ile ilgili Ayaş (2007 a) tarafından yapılan çalışmada ise, balıkçılların dokuları değil, yumurta kabukları ele alınmıştır.

Kuşlar, geniş coğrafik alanlardaki kirlilik derecesinin değerlendirilmesi için kullanışlı modellerdir. Çünkü genellikle besin piramidinin st seviyelerinde bulunurlar ve diğer canlılara göre daha uzun yaşamaları nedeni ile toksik kimyasallarla daha yoğun ve uzun süre maruz kalırlar. Böylece toksik maddelerin, olumsuz etkilerinin derecesinin saptanmasına olanak sağlarlar (Walsh,1990; Burger, 1994). Gösterge (indikator) tür olarak ele alınan kuşlarda, metal birikim düzeyi, organizmanın yaşındaki artışla ve besin zincirinin her bir ileri basamağında artar (van Straalen and Ernst 1991).

Son zamanlara kadar, kuşlarla yapılan kirlilik belirleme ve izleme çalışmalarında ağır metallerin biyo-transformasyonundan ve atılımından sorumlu olan, karaciğer, beyin, böbrek gibi iç organlar kullanılmıştır. Analitik yöntem ve cihazların gelişmesi, kimyasalların depolandığı, yumurta, dışkı ve tüy gibi yapıların kullanımına olanak sağlamıştır (Burger *et al.*,1992; Eens *et al.*, 1999).

Bu çalışmada kuşlardaki bazı ağır metallerin düzeylerini belirlemek için, balıkçılların tüyleri kullanılmıştır. Kuşların tüylerinde Hg, Pb ve Cd'u da kapsayan bazı ağır metalleri alıkoyduğu bilinir (Furness *et al.*,1986 ; Braune and Gaskin 1987 ; Burger *et al.*, 1994). Bu yüzden tüyler, çevredeki ağır metallere duyarlı gösterge doku olarak kabul edilmektedir (Fitzner *et al.*, 1995; Nyholm, 1996; Spahn and Sherry, 1999; Dauwe *et al.*, 2000).

Analiz edilen dört ağır metal, her üç balıkçıl türünün tüylerinde belirli düzeylerde saptanmıştır (izelge 4.1.). Aslında bu durum, kuşlarda vücuda alınan metallerin esas olarak dışkı ve tüyler aracılığı ile atılmasıyla açıklanabilir. Daha önce balıkıllarla yapılan çalışmalarda, bazı ağır metallerin kuş tüylerinde biriktiği ve birikim oranının i organlara ve dışkıya göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (izelge 5.1.).

Küçük mavi balıkçılar (*Egretta caerulea*) ile yapılan bir çalışmada, tüylerdeki metal miktarlarının (0.6-25.4ppm Cd ve 1.2-16.9 ppm Pb), dışkı (0.2-3.2 ppm Cd ve 1.0-9.5 ppm Pb) ve besin içeriklerinden (balıklar) (0.3-4.3ppm Cd ve 0.8-9.3 ppm Pb) daha yüksek olduğu bulunmuştur (Spahn and Sherry, 1999). Ancak karasal ortamlarda yaşayan ve daha çok tohum ve böceklerle beslenen, küçük ötücü kuşların dışkılarındaki metal düzeyi, tüylerinden daha yüksek bulunmuştur (Eens *et al.*, 1999; Dauwe *et al.*, 2000) (Çizelge 5.1.). Bu durum, türler arasındaki farklılıklar ve bu türlerin bulunduğu ortamların kirlilik yükü arasındaki farklılıklar ile açıklanabilir. Bununla beraber, sadece tüylerde saptanan kalıntı düzeyleri ile besinlerde ve/veya dışkılardaki kalıntı düzeyi arasında bir ilişki kurarak, genel bir değerlendirme yapmak son derece sakıncalıdır. Çünkü toksik maddelerin birikimi, türlere, organizmanın yaşına, eşeyine ve yaşadığı alanın kirlilik durumuna göre değişmektedir (Matsumuro, 1985; Burger *et al.*, 1994).

Bu çalışmada, her bir balıkçıl türünün farklı tüylerinde saptanan metal düzeyleri ile daha önce aynı alandaki sediment örneklerinde saptanan metal düzeyleri arasındaki oran hesaplanarak birikim oranlarına karar verilmiştir (Şekil 4. 2.).

NKC'deki daha önce yapılan çalışmalarda, yayın balığı (*Silurus glanis*), sazan balığı (*Cyprinus carpio*) ve gümüş balığı (*Alburnus escherishii*) arasında metal birikiminin (sediment/balık), en yüksek düzeyde olduğu türün yayın balığı olduğu bulunmuştur (Cd: 2.1; Pb: 8.6; Cu: 9.5 ve Cr: 0,2 ppm). Bu durum, yayın balıklarının, besin piramidinin üst düzeyinde ve balıkla beslenen (piscivor) bir tür olması ile açıklanmıştır. Bu çalışmada da, ele alınan balıkçılar balıkla beslenen türlerdir. Dolayısı ile metal kirliliğine yüksek düzeyde maruz kalan kuş türleri oldukları söylenebilir (Ayaş ve ark., 2007).

Bizim yaptığımız çalışmada, birikim oranı en yüksek metallerin Pb ve Cu olduğu bulunmuştur. Bu durum daha önce yapılan çalışmalarda su, sediment ve balık dokularında saptanan yüksek düzeydeki Pb ve Cu ile açıklanabilir. Çünkü NKC'ye çok yakın yer alan Çayırhan Termik Santrali'nin ağır metal içeren atıkları, doğrudan göl ortamına verilmekte ve kül depolama alanlarından taban suyu aracılığı ile göle karışmaktadır. Bunun yanı sıra özellikle Sakarya Nehri ile taşınan kirleticilerin de (Barlas, 1999a ve b), göl ortamının kirlilik yükünün artmasında önemli rol oynadığı bilinmektedir.

Bu çalışmada, krom (Cr) diğer metallere oranla oldukça düşük düzeylerde bulunmuştur. Ayrıca Cr'un hesaplanan birikim oranı, diğer metallerin aksine, 1'in altındadır (Şekil 4.3.). Benzer olarak Cr, NKC'deki balık dokularında da oldukça düşüktür. Hatta, ölçülemeyecek düzeyde bulunmuştur (Ayaş ve ark., 2007b). Bu durum, kromun canlı dokularda birikmemesi ve genellikle biyo-transformasyon sonucu dışkı yoluyla kolaylıkla atılabilmesiyle açıklanabilir (ATSDR, 2000 d; Boncompagni *et al.*, 2003).

Bu çalışmada Cd, Pb, Cr ve Cu miktarları, her üç balıkçıl türünün yavru örtü tüylerinde, ergin tüyelerine göre, daha yüksek düzeylerde saptanmıştır. Bu durum, yavruların buldukları ortamlardaki besinlerde bulunan mevcut kirleticilere doğrudan maruz kalmaları ile açıklanabilir. Sonuç olarak alandaki yerli ergin bireylerle kıyaslandığında yerli olsun ya da olmasın, genç bireylerin biyogösterge olmak için daha uygun olduğu söylenebilir.

Yumurta kabuğunda biriken metaller gelişen embriyoya geçer. Yumurtadan yeni çıkmış bir yavrudaki metal içeriği yumurta yoluyla dışıdan geçen ağır metal oranını yansıtır. Yavrunun tüyleri tamamen geliştiğinde, tüylerdeki ağır metaller, ebeveynlerin getirdiği besinlerdeki ağır metal düzeyini yansıtır (Burger *et al.*, 1999). Henüz uçamayan yavruların tüylerindeki ağır metal kontaminasyonu kabuktan embriyoya ve yavruya geçişte kirleticilerin büyük oranda azalmasından dolayı yumurtadaki kirleticilerden daha çok lokal besinlerden alınan ağır metalleri yansıtır (Becker and Sperveslage, 1989). Yavrular çabuk geliştiğinden bölgesel besin orijini katkı yumurtadan kaynaklanana baskın gelir (Burger and Gochfeld, 1993). Bazı türler uzun mesafeler göç etselerde yuvadan uçuşma öncesinde yavrular sadece bölgesel besinlerle beslendiklerinden, toplam kirlilik miktarını belirleyen, günlük bölgesel besinlerle elde edilen ve yumurtadan yavruya geçen küçük oranın karışımıdır. Yavru tüylerindeki metal derecesi yalnızca üreme alanındaki kirliliği yansıtırken, yetişkin bireylerin tüylerindeki metal derecesi kışlanan alanlar, göç rotası ve üreme alanına ait kirliliği yansıtır (Custer and Osborn 1978; Burger, 1993; Hughes *et al.*, 1997).

Yavru döneminde, büyüme ve gelişme oldukça hızlıdır ve bundan kaynaklı yüksek metabolizma sonucu, yavru vücuduna giren toksik kimyasalların atılımı da çok hızlıdır. Bu dönemde yavrular dışkı aracılığı ile atamadıkları bazı metalleri yeni

oluşmakta olan tüylerinde depolarlar (Fasola *et al.*, 1998; Connell *et al.*, 2002; Boncompagni *et al.*, 2003). Yetişkinler arasında iki ebeveynin besinleri birbirinden farklıdır. Fakat ebeveynler yavruları üreme alanına yakın besinlerle beslediklerinden, yavru kuşlarda ağır metal konsantrasyonu yetişkinlere göre daha az değişkendir (Janssens *et al.*, 2002).

Bizim çalışmamızda, gri balıkçılların tüylerindeki kirlilik sadece çalışılan bölgedeki kirliliği yansıtırken, küçük akbalıkçılların ve gece balıkçıllarının tüylerindeki ağır metal içeriği kışlanan alanlar, göç rotası ve üreme alanına ait kirliliğini yansıtır. Buradan yola çıkarak, küçük akbalıkçılların gece balıkçıllarına oranla, daha kirlili alanlarda kışladıklarını ya da göç yollarının gece balıkçıllarının göç yollarına oranla, çalışılan ağır metallerle daha fazla kirlenmiş olduğu söylenebilir. Bu nedenle bu gibi çalışmalarda, çalışılan alanlarda üreyen türler yerine yerli türleri biyogösterge olarak kullanmak daha doğru olur.

Eens ve ark.(1999), Belçika' nın güneyinde ötücü kuşlardan büyük baştankara (*Parus major*) ve mavi baştankara (*Parus caeruleus*) tüylerinde esansiyel elementler (Al, Zn, Cu) ve esansiyel olmayan elementlerin (Cd ve Pb) yoğunluğunu araştırmıştır. Pb, Zn ve Cu, mavi baştankarada, büyük baştankaraya kıyasla önemli oranda yüksek bulunmuştur. Oysa her iki türde alanda kalıcıdır ve yüksek oranda filopatri gösterir (Cramp and Perrins, 1993). Mavi baştankaraların daha fazla ağır metal içermesi 2 nedenle açıklanabilir. İlk neden; mavi baştankaralar daha küçüktür ve buna bağlı olarak metabolizmaları daha hızlıdır. Bu yüzden daha fazla beslenirler. Sonuçta da daha fazla ağır metale maruz kalmış olurlar (Root, 1990). Bir diğer neden; beslenme ekolojilerindeki farklılık olabilir. Bu 2 türde üreme sezonu boyunca insektivor olsada, üreme dönemi dışında büyük baştankaralar tohum ve meyve üzerinden beslenir (Cramp and Perrins, 1993). Daha önceki çalışmalar insektivor hayvanların bitkilerle beslenenlere göre daha fazla ağır metal biriktirdiğini göstermektedir (Hunter and Johnson, 1982; Gochfeld and Burger, 1987).

Bizim çalışmamızda NKC'yi yalnızca üreme alanı olarak kullanan küçük akbalıkçıllar ve gece balıkçıllarının tüylerindeki ağır metal miktarları kıyaslandığında, küçük akbalıkçılların tüylerindeki ağır metal içeriğinin daha fazla olduğu görülür. Bunun nedeni, küçük akbalıkçılların (400-600g), gece balıkçıllarına

(600-800g) oranla daha küçük bir tür olması ve buna bağlı olarak metabolizmasının daha hızlı olması olabilir. Aynı zamanda bu iki türün beslenme alışkanlıkları da birbirinden farklıdır. Yine bu farklılık tüylerdeki ağır metal içeriğinden sorumlu olabilir.

Honda ve ark.(1986), Kore'de büyük akbalıkçıkların (*Casmerodius albus*) ergin ve yavrularına ait çeşitli dokularda ve tüylerde metal (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni, Cd ve Hg) birikimini, araştırmışlardır. Kirlilik yükünün oldukça yüksek olduğu bir alanda bulunan balıkçıkların ergin ve yavrularının dokularında, en yüksek metal kalıntıları, karaciğer, böbrek ve tüylerde saptanmıştır (Çizelge 5.1). Bu durum araştırmacılar tarafından, karaciğer, böbrek ve tüyün, metallerin biyo-transformasyon ve birikim merkezleri olmasıyla açıklanmıştır. Bu çalışmada elde edilen en önemli bulgulardan biri de, bazı metallerin yavru tüylerinde (Cd: 0.93, Pb: 1,3 ve Cu: 4.71 ppm), ergin tüyelerine göre (Cd: 0,24, Pb: 0,44 ve Cu: 0,2 ppm) daha yüksek düzeylerde olmasıdır. Bu veriler, bizim yaptığımız çalışmadan elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada bireyler gelişim aşamalarına göre gruplara ayrılarak izlenmiştir. Yuvadan uçuşma öncesindeki bireylerin vücutlarında daha yüksek metal konsantrasyonu gözlenirken, tüyler gelişince bu oranın düştüğü görülmüştür. Genel olarak yavru 45 günlük oluncaya kadar metallerin vücuttaki konsantrasyonu artar. Bu süreçte yavrular yuvadan uçmaya oldukça yakındır. Fakat daha sonra vücuttaki metal konsantrasyonunun hızla düştüğü bulunmuştur. Vücuttaki metal konsantrasyonundaki bu düşüşün nedeni metallerin vücuttan uzaklaştırılmasıdır. 45 günlük yuvadan uçuşma öncesi yavrularının vücutlarındaki metal içeriğinin büyük bölümü tüylerde bulunmuştur. Tüy değişimi yuvadan uçan yavrularda (55-70 günlük) görülür. Bu durum metal konsantrasyonunun bu dönemdeki bireylerde hızla düşmesinin nedeninin, tüy değişimi sırasında bu metallerin vücuttan uzaklaştırılması olduğunu gösterir (Honda *et al.*, 1986). Bizim çalışmamızda tüy örnekleri alınan yavru bireyler henüz yuvadan uçmamış bireylerdir. Bu çalışma dikkate alınarak verilerimiz değerlendirildiğinde, çalışmamız boyunca tüy örnekleri alınan genç bireylerin vücutlarındaki ağır metalleri tüylerinde depolayarak, bu metallerden kurtulmaya çalıştıkları dönemde oldukları söylenebilir. Bu yüzden tüylerdeki ağır metal içeriği yetişkin bireylere oranla daha fazla çıkmış olabilir. Bizim sonuçlarımız, ağır metal

kiriliğine karar vermede, yavru tüylerini kullanmanın doğru olduğu görüşünü desteklemektedir.

Burger ve Gochfeld (1997) Bali ve Sulawesi (Endonezya)'de küçük akbalıkçıl, sığır balıkçılı (*Bubulcus ibis*) ve ortanca balıkçılın (*Egretta intermedia*) tüylerini, ağır metale maruziyetin derecesini ölçmek için kullanmışlardır. Sığır balıkçılı insektivor bir türdür. Küçük akbalıkçıl ve ortanca balıkçıl ise balıkla beslenen türlerdir. Bu alanda her 3 balıkçıl türü de göç etmediğinden lokal kirliliğin indikatörüdürler. Bu 3 türün tüylerindeki ağır metal içerikleri kıyaslandığında Pb, Cd ve Hg için önemli sayılabilecek farklılıklar söz konusuysen Cr için önemli bir farklılığa rastlanmamıştır. Araştırmacıya göre Cd ve Hg seviyesi vücut boyutunu ve besin zincirindeki trofik düzey farklılığını yansıtır (Burger ve Gochfeld, 1997) (Çizelge 5.1.). Besin zincirinin daha üst basamaklarındaki türler daha yüksek konsantrasyonda ağır metale sahiptirler. Bu çalışmada, sığır balıkçılına metal seviyesinin en düşük olması trofik düzeyiyle ilişkilendirilmiştir. Daha büyük ortanca balıkçılın daha yüksek Cd ve Hg seviyesine sahip olduğu bulunmuştur. Bizim biyo-gösterge olarak seçtiğimiz türler arasında, gri balıkçılar alanın yerli türü olması nedeniyle bertaraf edilirse gece balıkçıllarının, küçük akbalıkçılara oranla görece daha düşük bir trofik basamakta yer aldığı söylenebilir. Gece balıkçıllarının daha az Cd içeriğine sahip olmasının nedeni, bulunduğu bu trofik düzey olabilir. Yine bizim çalışmamızda Cd, Burger ve Gochfeld (1997)'in çalışmasında olduğu gibi, en büyük boyutlara sahip tür olan gri balıkçıl tüylerinde en yüksek çıkmıştır. Bunun nedeninin, bu türün alanda yerli tür olması ve bu nedenle alandaki kirliliğe daha fazla maruz kalmış olması olasılığı daha yüksektir. Bunun dışında Cd, boyut olarak görece daha küçük olan küçük akbalıkçıl tüylerinde, gece balıkçıl tüyelerine oranla daha yüksek çıkmıştır. Yani bizim sonuçlarımız içinde, canlının boyutunun artışıyla beraber Cd seviyesinin artışının sözkonusu olduğunu söylemek doğru olmaz. Cd seviyesindeki farklılığın nedeni, beslenme alışkanlıklarındaki farklılık ya da küçük akbalıkçılların göç yolları ve kışladıkları alanlarda, Cd kirliliğinin daha fazla olması olabilir.

Aslında, NKC'yi yıl boyunca beslenme ve üreme alanı olarak kullanan ve alandaki kirleticilere daha fazla maruz kalan "yerli" tür olan gri balıkçılar (Perktaş and Ayaş, 2005) için tespit edilen kirlilik değerleri normaldir. Gri balıkçılların diyetleri ve biyolojik birikim potansiyelleriyle beraber koloniler oluşturmaları ve göç etme

eğilimlerinin olmaması bu türü lokal kontaminasyonun bioindikatörü yapar. Bu türe ait kontaminasyonlarla ilgili fazla kayıt olmasa da yakın türü mavi balıkçıl (*Ardea herodias*)'e ait birçok kayıt vardır (Fernandes *et al.*, 2004). Ancak, NKC'de sadece Mart-Eylül arası dönemlerde bulunan küçük akbalıkçıl türünde de birikim oranının yüksek bulunması, NKC'nin kirlilik yükünün oldukça yüksek olması ve/veya bu türün kirlilik yükü fazla olan kışlama alanlarında bulunduğu fikrini vermektedir. Ancak bu durumun daha iyi açıklanabilmesi için, bu türlerle ilgili daha detaylı biyo-ekolojik araştırmalarla desteklenmiş çalışmalara ihtiyaç vardır.

Beslenmenin kirlilik birikimi üzerinde çok büyük etkisi vardır. Farklı besin kaynaklarından beslenen türler arasında kirlilik açısından farklılık beklenebilir. Küçük ak balıkçıl ve gece balıkçılı farklı habitatları kullandıklarından bu iki türün diyetleri birbirinden büyük oranda farklıdır ve bu durum tüylerde çalışılan ağır metal içeriğinin farklı çıkmasından sorumlu gibi gözükür (Goutner and Furness,1997). Goutner ve Furness (1997) Japonya' da yaptıkları çalışmada gece balıkçıllarının balık gölcüklerini tercih ederken küçük akbalıkçılların sığ kıyı sularından beslendiklerini gözlemlemişlerdir. Fasola ve ark.,(1998) da Yunanistan'da bu iki balıkçıl türünün avlarının farklı olduğunu bulmuşlardır. Bizim çalışmamız için, bu iki türün besin tercihleri arasındaki farklılığın, tüy örneklerindeki metal kalıntıları arasındaki farklılığa neden olduğu düşünülebilir.

Gri balıkçıllar ve gece balıkçıllarının yumurta kabuklarında (Ayaş, 2007 a) saptanan metal miktarları Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir. Ayaş (2007 a)'a göre, metal birikimi gri balıkçılların yumurta kabuklarında, gece balıkçıllarına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, araştırmacı tarafından gri balıkçılların "yerli" tür olması ve bu nedenle kirleticilere daha fazla maruz kalmaları ile açıklanmıştır. Yumurta kabukları ile tüylerde saptanan metal kalıntı miktarları karşılaştırıldığında, tüylerde saptanan metal birikimin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca gri balıkçılların yumurta kabuklarındaki metal birikimi, bizim çalışmamızdan elde edilen bulgulara benzer olarak, gece balıkçılına göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur.

Tüylerde saptanan metal düzeylerinin kuşlardaki ani (akut) ve/veya uzun süreli (kronik) etkileri konusunda bir değerlendirme yapmak oldukça zordur. Ancak bu çalışmada tüylerde saptanan düzeylerdeki metal birikiminin, karaciğer ve

böbreklerdeki miktarlarına yakın düzeyde olabileceği göz önünde bulundurulursa (Honda *et al.*,1986), özellikle uzun sürelerde kuşların dokularında patolojiler oluşturabileceği ve üreme başarılarını olumsuz olarak etkileyebileceği söylenebilir (Eisler,1987; Ohlendorf *et al.*,1989; Nisbet, 1993; Burger, 1993; Dauwe *et al.*, 2000).

Kuşlar metallere esas olarak besinleri ve sularıyla veya solunum yoluyla metalleri havadan alarak maruz kalırlar. Ayrıca tüylerindeki atmosfer kaynaklı metalleri, tüy bakımı sırasında oral yolla da alabilirler (Dauwe *et al.*, 2004). Ağır metallerin hayvanların dokularında birikmesi bu birikimin öldürücü ve ya öldürücü olmayan olumsuz etkileri olabileceğinden önemlidir (Eens *et al.*, 1999).

Kuşlarda ağır metallere maruziyet biyokimyasal değişikliklere ve böylece populasyon derecesindeki değişikliklere neden olabilir (Scheuhammer, 1987). Kuluçka başarısızlığı, daha küçük kuluçka, fertilizasyon indirgenmesi ve yavru ölümü metal kirliliğinin direk sonucu olabilir ve bu durumlar kuş populasyonunu olumsuz etkiler. Direk etkinin yanı sıra ağır metal kirliliği besin bulunurluğunu veya üreme başarısını etkileyebilir. Kirlilik baskısı altındaki kuşlardan baskın olmayan türler ağır metallere kirlenmiş daha düşük nitelikli teritoryumlarda üremeye zorlanabilir (Eeva *et al.*, 1997).

Bu çalışmadan elde edilen bulgular, daha önce yapılan çalışmalarla birlikte ele alındığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir:

- **NKC**, tarımsal, endüstriyel ve evsek kökenli kirleticilerle yoğun olarak kirlenmiş, **önemli bir kuş alanıdır**.
- Kirliliğin önemli bir bölümünü oluşturan **ağır metaller**, su, sediment ve balıkların yanı sıra kuşların yumurta kabukları ve tüylerinde de birikmektedir.
- Uzun dönemde NKC'deki **kuş türleri**, balıklarda olduğu gibi, bu kirlilikten **olumsuz yönde etkilenebilir**.
- Alanın **metal kirliliği düzeyinin belirlenmesinde ve izlenmesinde**, alanı tüm yıl boyunca beslenme, barınma ve üreme alanı olarak kullanan baskın türler,

“**biyo-gösterge türler**” olarak seçilmelidir. NKC için seçilecek bu tür, **gri balıkçıl** olabilir.

- Alanın metal kirliliğinin izlenmesinde “**biyo-gösterge**” **kuş türünün tüylerinden** yararlanılabilir.
- Tüylele yapılacak kalıntı çalışmaları ile alandaki su ve/veya sediment örnekleri de kullanılarak metallerin birikim düzeyleri izlenebilir.
- **Kalıntı analizleri için** öncelikli olarak **balıkçıl yavrularının tüyleri tercih edilmelidir.**
- NKC’de yavru ve erginlere ait tüy örnekleri, koloni halindeki üreme alanından, **kuşlara zarar vermeden** temin edilebilir.
- Bu çalışmada **Pb** ve **Cu**’nun tüylerde daha yüksek oranda biriktiği bulunmuştur. Bu nedenle “**biyo izleme**” çalışmalarında Pb ve Cu için tüy örneklerinin kullanılmasının daha kullanışlı olabileceği düşünülmektedir.

Tüm dünyada, kalıntı düzeylerinin saptandığı ekotoksikolojik araştırmalar, yoğun olarak sürdürülse de, yurdumuzda çok sınırlı sayıdaki araştırma ile bazı bilgilere ulaşılmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle elde edilecek bulguların bu konuda yapılacak ileri düzeyde başka araştırmalarla karşılaştırılması gerekmektedir. Böylece, kuş tüyleri kullanılarak tüm canlılar için büyük önem taşıyan su havzalarının kirlilik boyutları hakkında fikir edinebilmek daha kolay olabilir. Bu araştırma bir başlangıç olarak değerlendirilmeli ve su havzalarımız için bu çalışmaya benzer kapsamlı “biyo-izleme” araştırmaları desteklenmelidir.

Çizelge 5.1. Kuşlarla yapılan bazı çalışmalarda saptanan metal düzeyleri (ppm)

Tür	Erişkin/yavru	Örnek	Cd	Pb	Cu	Cr	Kaynak
<i>Egretta caerulea</i>	yavru	besin	0,3-4,3	0,8-9,3			Spahn and Sherry, 1999
		dışkı	0,2-3,2	1,0-9,5			
		tüy-örtü	0,6-25,4	1,2-16,9			
<i>Parus major</i>	yavru	dışkı	5,72-16,81	2,34-80,40	36,16-90,28		Dauwe et al., 2000
		tüy-örtü	0,053-0,007	0,51-4,83	5,78-6,16		
<i>Parus caeruleus</i>		dışkı	3,11-9,35	5,54-124,80	37,50-92,74		
		tüy-örtü	0-0,071	0,48-3,68	4,9-5,14		
<i>Egretta alba</i>	yavru	tüy-örtü	0,93	1,3	4,71		Honda et al.,1986
		beyin	0,01	0,08	2,02		
		karaciğer	0,12	0,16	9,24		
		böbrek	0,15	0,18	2,37		
		kas	0,04	0,1	1,44		
		deri	0,07	0,15	2,48		
		kemik	0,09	0,19	0,75		
	ergin	tüy-örtü	0,24	0,44	0,2		
		beyin	0,03	0,05	2,43		
		karaciğer	0,068	0,07	7,05		
		böbrek	0,17	0,08	2,8		
		kas	0,05	0,05	2,22		
		deri	0,012	0,08	4,07		
		kemik	0,015	0,23	0,79		

Çizelge 5.1. (devam)

Tür	Erişkin/yavru	Örnek	Cd	Pb	Cu	Cr	Kaynak
<i>Bubulcus ibis</i>	ergin	tüy-örtü	0,27-0,357	0,023-0,035		0,063	Burger and Gochfeld, 1997
		tüy-örtü	0,269	0,097		0,07	
<i>Egretta garzetta</i>	ergin	tüy-örtü	0,746	0,352		0,052	
<i>Egretta intermedia</i>	ergin	tüy-örtü	0,193	0,367		0,063	
<i>Ardea cinerea</i>	ergin	yumurta kabuğu	0,931	6,827	6,755		Ayaş, 2007a
<i>Nycticorax nycticorax</i>	ergin	yumurta kabuğu	0,23	1,108	1,69		
<i>Egretta garzetta</i>	ergin	Birincil uçma tüyü	1,7	4,62	4,84	0,064	Bu çalışma, 2007
		İkincil uçma tüyü	1,62	6,58	3,86	0,082	
		tüy-örtü	1,12	4,26	3,02	0,046	
	yavru	tüy-örtü	3,7	10,34	14,82	0,054	
<i>Ardea cinerea</i>	ergin	Birincil uçma tüyü	1,01	6,13	6,72	0,05	
		İkincil uçma tüyü	0,69	5,77	4,25	0,09	
		tüy-örtü	1,25	4,84	1,91	0,08	
	yavru	tüy-örtü	2,48	12,36	12,73	0,1	
<i>Nycticorax nycticorax</i>	ergin	Birincil uçma tüyü	0,83	1,91	3,1	0,046	
		İkincil uçma tüyü	0,18	2,85	2,8	0,048	
		tüy-örtü	0,6	2,7	2,42	0,06	
	yavru	tüy-örtü	1,56	7,66	7,66	0,05	

6.KAYNAKLAR

- Abbott, S.B.L., Wong, B.S.F, Peakall, D.B., Lam, P.K.S., Young, L., Lam, M.H.W and. Richardson, B.J., 2001, Review of Effects of Water Pollution on the Breeding Success of Waterbirds, with particular reference to Ardeids in Hong Kong. *ecotoxicology*, 10, 327-349.
- Altmeyer, M., Dittman, J., Dmowski, K., Wagner, G., Muller, P.,1991, Distribution of elements in flight feathers of a white-tailed eagle. *The Science of the Total Environment* 105, 157–164.
- Appelquist H., Asbirk S., Drabaek I., 1984, Mercury monitoring:Mercury stability in bird feathers. *Mar Pollut Bull* 15:22–24
- ATSDR., 2000 a, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Cadmium. *Update*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR. 2000 b, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Lead. *Update*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR. 2000 c, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Copper. *Update*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- ATSDR. 2000 d, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Chromium. *Update*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- Ayaş, Z., 2007 a, Trace element residues in eggshells of grey heron (*Ardea cinerea*) and black-crowned night heron (*Nycticorax nycticorax*) from Nallihan Bird Paradise, Ankara-Turkey. *Ecotoxicology* , 16:347–352

- Ayaş, Z., 2007 b, Nest site characteristics and nest densities of ardieds (night heron: *Nycticorax nycticorax*, Grey Heron: *Ardea cinerea* and Little Egret: *Egretta garzetta*) in the Nallihan Bird Sanctuary (Sariyar Reservoir-Ankara). Turkish Journal of Zoology (in press)
- Ayaş, Z., Ekmekçi, G., Özmen, M. and Yerli, S.V., 2007 a, Histopathological changes in the livers and kidneys of fish in Sariyar Reservoir, Turkey. Environmental Toxicology and Pharmacology 23: 242–249.
- Ayaş, Z., Ekmekçi, G., Yerli, S.V. and Özmen, M. 2007 b, Heavy metal contaminations in water, sediments and some fish in Nallihan Bird Paradise. Journal of Environmental Biology 28(3/4): (in press)
- Barlas, N.,1999 a, A pilot study of heavy metal concentration in various environments and fishes in the upper Sakarya River Basin, Turkey. Environ. Toxicol. 14: 367- 373 pp.
- Baicich, P.J., and C.J.O. Harrison. 1997. A guide to the nests, eggs, and nestlings of North American birds. Second Edition. Natural World, Academic Press, San Diego, CA.
- Barlas, N.,1999 b, Determination of organochlorine pesticides residues in aquatic systems and organisms in the upper Sakarya River Basin, Turkey. Bul. Environ. Contam. Toxicol. 62: 278- 285 pp
- Bat, L., Gündoğdu, A. ve Öztürk, M., 1999, Ağır Metaller, S. D. Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fak. Dergisi, 6, 166-175.
- Battaglia A., Ghidini S., Campanini G., Spaggiari R., 2005, Heavy metal contamination in Little owl (*Athene noctua*) and Common buzzard (*Buteo buteo*) from Northern Italy. Ecotoxicology and Environmental Safety.60: 61-66.

- Becker PH, Sperveslage H.,1989, Organochlorines and heavy metal in herring gulls (*Larus argentatus*) eggs and chicks from the same clutch. *Bull Environ Contam Toxicol* 42:721–727.
- Boncompagni E., Muhammed R.J., Orvini E., Gandini C., Sanpera C., Ruiz X., Fasola M., 2003, Egrets as monitors of trace metal contamination in wetlands of Pakistan. *Arch Environ Contam Toxicol* 45:399–406.
- Bostan N., Ashraf M., Mumtaz A.S., Ahmad I., 2007, Diagnosis of Heavy Metal Contamination in Agro-ecology Gujranwala, Pakistan using Cattle egret (*Bubulcus ibis*) as bioindicator. *Ecotoxicology* 16: 247–251.
- Braune, B.W., 1987, Comparison of total mercury levels in relation to diet and molt for nine species of marine birds. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 16, 217-224.
- Braune B.M., Gaskin D.E., 1987, A mercury budget for the Bonaparte's Gull during autumn moult. *Ornis Scand* 18:244–250.
- Buhler U., Norheim G., 1981, The mercury content in feathers of the sparrow hawk *Accipiter nisus* in Norway. *Fauna Norv Ser C. Cinclus* 5:43-46.
- Burger J., 1990, Behavioral effects of early postnatal lead exposure in herring gull (*Larus argentatus*) chicks. *Pharmacol Biochem Behav* 35: 7-13.
- Burger, J., 1993, Metals in avian feathers: Bioindicators of environmental pollution. *Rev. Environ. Toxicol.* 5, 203±311.
- Burger, J., 1994, Metals in avian feathers: Bioindicators of environmental pollution. *Rev Environ Toxicol* 5:197–306.
- Burger, J., 1996, Heavy metal and selenium levels in feathers of Franklin's gulls in interior North America. *Auk* 113, 399±407.

- Burger, J., Cooper, K., Saliva, J., Gochfeld, D., Lipsky, D., and Gochfeld, M., 1992 a, Mercury bioaccumulation in organisms from three Puerto Rican estuaries. *Environ. Monit. Assess.* 22, 181-197.
- Burger, J., Gochfeld M., 1985, Early postnatal lead exposure: Behavioral effects in common terns chicks (*Sterna hirundo*). *J. Toxicol Environ Health* 16:869-886
- Burger, J., Gochfeld, M., 1988, Effects of lead on growth in young herring gulls (*Larus argentatus*). *Journal of Toxicology and Environmental Health* 25, 227-236.
- Burger, J., Gochfeld M., 1991, Cadmium and lead in Common Terns (Aves: *Sterna hirundo*): Relationship between levels in parents and eggs. *Environ Monit Assess* 16:253–258
- Burger, J., Gochfeld M., 1993, Heavy metal and selenium levels in feathers of young egrets and herons from Honk Kong and Szechuam, China. *Arch Environ Contam Toxicol* 25:322–327.
- Burger J., Gochfeld M., 1995, Biomonitoring of heavy metals in the Pacific Basin using avian feathers. *Environ Toxicol Chem* 14:1233–1239.
- Burger, J., and Gochfeld M., 1996, Heavy metal and selenium levels in Franklin's gull (*Larus pipixcan*) parents and their eggs. *Arch. Environ Contam. Toxicol.* 30,487-91.
- Burger, J. and Gochfield, M., 1997, Meavy metal and selenium concentrations in feathers of egrets from Bali and Sulawesi, Indonesia. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32: 217-221.
- Burger, J., Nisbet, I.C.T. and Gochfield, M., 1992a, Metal levels in regrown feathers: assessment of contamination on the wintering and breeding grounds in the same individuals. *J. Toxicol and Environ. Health.* 37: 363-374.

- Burger, J., Nisbet I.C.T, Gochfeld M., 1994, Heavy metal and selenium levels in feathers of known aged common terns (*Sterna hirundo*). Arch. Environ Contam. Toxicol. 26,351-355.
- Burger, J., Parsons K., Benson T., Shukla T., Rothstein D., Gochfeld M., 1992, Heavy metal and selenium levels in young Cattle Egrets from nesting colonies in the Northeastern United States, Puerto Rico, and Egypt. Archiv Environ Contam Toxicol 23:435–439.
- Burger, J., Veitch, C.R., and Gochfeld, M., 1994, Locational differences in metal concentrations in feathers of Australasian Gannet (*Morus serrator*) in New Zealand. Environ. Monit. Assess. 32, 47±57. tartışmada
- Burger, J., Woolfenden G.E., Gochfeld M., 1999, Metal concentrations in the eggs of endangered Florida scrub-jays from central Florida. Arch Environ Contam Toxicol 37:385–388.
- Cabrera, C., Ortega, E., Lorenzo, M., Lopez, M., 1998, Cadmium contamination of vegetable crops, farmlands and irrigation waters. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 154, 55-81.
- Cahill, T.M., Anderson, D.W. , Elbert, R., Perley, A.B.P., and Johnson, D.R., 1998, Elemental Profiles in Feather Samples from a Mercury-Contaminated Lake in Central California. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 35, 75–82.
- Cahill T.M., Perley B.P., Anderson D.W., 1997, X-ray analysis of elemental concentrations in feathers: comparison of XRF and PIXE. I J PIXE 7:53–69.
- Cheney, M.A., Hacker, C.S., Shroder, G.D., 1981, Bioaccumulation of lead and cadmium in Louisiana heron (*Hydranassa tricolour*) and cattle egret (*Bubulcus ibis*). Ekotoxicol. Environ. Saf. 5, 211-224.

- Connell D.W., Wong B.F.S., Lam P.K.S., Poon K.F., Lam M.H.W., Wu R.S.S., Richardson B.J., Yen Y.F., 2002, Risks to breeding success of ardeids by contaminants in Hong Kong: evidence from trace metals in feathers. *Ecotoxicology* 11:49–59
- Cosson R.P., Amisard-Triquet C., Amisard J.C., 1988, Utilisation des plumes dans le recherche des sources de contamination des oiseaux par les elements traces: Cd, Cu, Hg, Pb, Se, et Zn, chez les flamants de Camargue, France. *Water, Air Soil Pollut* 42:103–115
- Cramp, S., and Perrins, C.M., 1993, *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. VII. Flycatchers to Shrikes. Oxford Univ. Pres.
- Custer T.W., Osborn R.G., 1978, Feeding habitat use by colonially breeding herons, egrets, and ibises in North Carolina. *Auk* 95: 733–743.
- Custer T.W., Rattner B.A., Ohlendorf H.M., Menancon M.J., 1991, Herons and egrets proposed as indicators of estuarine contamination in the United States. *Acta XX Congr Int Ornithol* 20:2474– 2494.
- Dash M.C., 1993, *Fundamentals of ecology*. Tata McGraw-Hill publishing company limited, New Delhi, pp 373.
- Dauwe, T., Bervoets, L., Blust, R., Eens, M., 2002, Tissue levels of lead in experimentally exposed zebra finches (*Taeniopygia guttata*) with particular attention on the use of feathers as biomonitors. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 42, 88–92.
- Dauwe T, Janssens E, Bervoets L, Blust R, Eens Ml. 2004, Relationships between metal concentrations in great tit nestlings and their environment and food.- In: *Environmental pollution*, 131: p. 373-380

- Davis, W.E., Jr. 1993. Black-crowned night-heron (*Nycticorax nycticorax*). In The Birds of North America, No. 74 (A. Poole and F. Gill, eds.). Philadelphia: The Academy of Natural Sciences; Washington, D.C.: The American Ornithologists. Union.
- Dauwe T., Bervoets L., Blust R., Pinxten R., Eens M., 1999, Are eggshells and egg contents of great and blue tit suitable as indicators of heavy metal pollution? Belg J Zool 129:439–447.
- Dauwe T., Bervoets L., Blust R., Pinxten R., Eens M., 2000, Can Excrement and Feathers of Nestling Songbirds Be Used as Biomonitors for Heavy Metal Pollution? Arch. Environ. Contam. Toxicol. 39, 541–546.
- Dauwe T., Bervoets L., Eens M., 2002, Inter- and Intraclutch Variability in Heavy Metals in Feathers of Great Tit Nestlings (*Parus major*) Along a Pollution Gradient. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 43, 323–329.
- Denneman, W.D., and Douben, P.E.T., 1993, Trace metals in primary feathers of the barn owl (*Tyto alba guttatus*) in The Netherlands. Environ. Pollut. 82, 301±310.
- Depledge, M.H., Weeks, J.M. And Bjerregaard, P., 1994, Heavy Metals. In: P. Calow(Ed), Handbook of Ecotoxicology. Oxford Blackwell Sci. Publ., London, Vol.2, pp. 79-105.
- Dmowski, K., Gast, F., Muller, P., Wagner, G., 1984, Variability of cadmium and lead concentrations in bird feathers. Naturwissenschaften 71, 639–640.
- Doi, R., Ohno, H., and Harada , M.,1984, Mercury in feathers of wild birds from mercury-polluted area along the shore of Shiranui Sea, Japan. Sci. Total Environ. 40,155-67.
- Eens, M., Pinxten, R., Verheyen, R.F., Blust, R. and Bervoets L. ,1999, Great and Blue Tits as Indicators of Heavy Metal Contamination in Terrestrial Ecosystems. Ecotoxicology and Environmental Safety. 44: 81-85.

- Eeva T., Lehtikoinen, E., Sunell, C., 1997, The quality of pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) and great tit (*Parus major*) females in air pollution gradient. *Annli Zoologica Fennici* 34, 61-77.
- Eisler, R., 1987, Mercury hazards to fish, wildlife, and invertebrates: A synoptic review. U.S. Fish and Wildlife Service. Biol. Rep. 85 (1.1).
- Ekmekci F.G., Yerli S.V., Ayas, Z. and Ozmen M, 2000, The Effects of Pollution of Sariyar Dam Lake in and Its Tributaries on Fish. A Scientific Report, The Scientific and Research Council of Turkey, TUBİTAK-TARP-1846, 230 p.
- Esselink, H., van der Geld F. M., Jager L.P., Posthuma-Trumpie, G.A., Zoun P.E.F., and Baars A.J., 1995, Biomonitoring heavy metals using the barn owl (*Tyto alba guttata*): Sources of variation especially relating to body condition. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 28,471±486.
- Evans P.R., Moon S.J., 1981, Heavy metals in shore birds and their prey in Northeast England. In: Say PJ, Whitton BA (eds) Heavy metals in Northern England: Environmental and biological aspects. Univ. of Durham, Durham, England, pp 181-190.
- Fasola M., Movalli A., Gandini C., 1998, Heavy metal, organochlorine pesticide, and PCB residues in eggs and feathers of herons breeding in northern Italy. *Arch Environ Contam Toxicol* 34:87–93.
- Fernandes A., Thompson H., Dsilva K., White S., Rose M. 2004, Dioxin, PCB and PBDE exposure in Grey Heron (*Ardea cinera*). *Organohalogen compounds*. Volume 66, 1711-1717.
- Fitzner R.E., Gray R.H., Hindts W.T., 1995, Heavy metal concentrations in great blue heron fecal castings in Washington state: a technique for monitoring regional and global trends in environmental contaminants. *Bull Environ Contam Toxicol* 55:398–403.

- Förstner , U., and Wittmann, G.T.W., 1983, Metal Pollution in the Aquatic Environment, Springer-Verlag New York, 485p.
- Furness R.W., 1993, Birds as monitors of pollutants. *In* Furness RW, Greenwood JJD (eds) Birds as monitors of environmental change. Chapman and Hall, New York, NY, pp 86–143.
- Furness R.W., 1996, Cadmium in birds. *In* Beyer, W.N., Heinz, G.H., Redmon-Norwood, A.W.(Eds), Environmental Contaminations in Wildlife. CRC Press, Boca Raton, FL, pp.389-404.
- Furness R.W., Muirhead S.J., Woodburn M., 1986, Using bird feathers to measure mercury in the environment: Relationships between mercury content and moult. *Mar Pollut Bull* 17:27–30
- Furness R.W., Thompson D.R., Walsh P.M., 1984, Evidence from biological samples for historical changes in global metal pollution. *In*: Furness RW, Rainbow PS (eds) Heavy metals in the marine environment. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 220–243.
- Fytianos K., Samanidou V., Agelidis T., 1986, Comparative study of heavy metals pollution in various rivers and lakes of Northern Greece. *Ambio* 15:42–44.
- Garcia-Fernandez, A.J., Motas-Guzman, M., Navas, I., Maria-Mojica, P., Luna, A., Sanchez-Garcia, J.A., 1997. Environmental exposure and distribution of lead in four species of raptors in southeastern Spain. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 33, 76–82.
- Gauglhofer J., Bianchi V., 1991, Chromium, *In*: Merian E(ed) Metals and their compounds in the environment. VCH publisher, Weinheim, Germany
- Gochfeld M., 1980 a, Mercury levels in some seabirds of the Humboldt Current, Peru *Environ Pollut (Series A)* 22:197-205.

- Gochfeld, M., 1980 b, Tissue distribution of mercury in normal and abnormal young common terns. *Mar Pollut Bull* 11:362-366.
- Gochfeld, M., and Burger, J., 1987, Heavy metal concentrations in the liver of three duck species. Influence of species and sex. *Environ. Pollut.* 45, 1±15.
- Goede, A.A., de Bruin, M., 1984, The use of bird feather parts as a monitor for metal pollution. *Environ. Pollut. A* 37, 287±309.
- Goede A.A., deBruin M., 1986, The use of feathers for indicating heavy metal pollution. *Environ Monit Assess* 7:249–256.
- Goutner V., Furness R.W., 1997, Mercury in feathers of little egret *Egretta garzetta* and night heron *Nycticorax nycticorax* chicks and their prey in the Axios Delta, Greece *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32, 211-16.
- Grue C.E., Hoffman D.J., Beyer W.N., Franson L.P., 1986, Lead concentrations and reproductive success in European starlings *Sturnus vulgaris* nesting within highway roadside verges. *Environ Pollut (Ser. A)* 42:157-182.
- Hahn, E., Hahn, K., Stoeppler, M., 1993, Bird feathers as bioindicators in areas of the German Environmental Specimen Bank—bioaccumulation of mercury in food chains and exogenous deposition of atmospheric pollution with lead and cadmium. *The Science of the Total Environment* 139/140, 259–270.
- Hancock, James, 1999, *Hérons and Egrets of the World, A Photographic Journey.* California. Academic Pres.
- Hoffman R.D., Curnow R.D., 1979, Mercury in herons, egrets, and their foods. *J Wildl Manage* 43:85-93.
- Honda, K., Min, B.Y. and Tatsukawa, R., 1986, Distribution of heavy metals and their age-related changes in the eastern great white egret, *Egretta alba modesta*, in Korea. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 15: 185-197.

- Hughes K.D., Ewins P.J., and Clark, K.E., 1997, A comparison of mercury levels in feathers and eggs of osprey (*Pandion haliaetus*) in the North American Great Lakes. *Arch Environ. Contam. Toxicol.* 33, 441-52.
- Hui, C.A., 1998, Elemental contaminants in the livers and ingesta of four subpopulations of the American coot (*Fulica americana*): an herbivorous winter migrant in San Francisco Bay. *Environ. Pollut.* 101, 321-9
- Hulse, M., Mahoney, S.J., Schroder, G.D., Hacker, C.S., Pier, S.M., 1980, Environmentally acquired lead, cadmium and manganese in cattle egret, *Bubulcus ibis*, and laughing gull, *Larus atricilla*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 9, 65–78.
- Hume, B., 2002, Complete Birds of Britain and Europe. Royal Society Protection of Birds, Editor: Dorling Kindersley, London.
- Hunter, B.A., and Johnson, M.S., 1982, Food chain relationships of copper and cadmium in contaminated grassland ecosystems. *Oikos* 38, 108±117.
- Jager, L.P., Rijnierse, F.V.J., Esselink, H., and Baars, A. J., 1996, Biomonitoring with the buzzard *Buteo buteo* in The Netherlands: Heavy metals and sources of variation. *J. Ornithol.* 137, 295±318.
- Janssens, E., Dauwe, T., Bervoets, L., Eens, M., 2002, Inter- and Intraclutch Variability in Heavy Metals in Feathers of Great Tit Nestlings (*Parus major*) Along a Pollution Gradient. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 43, 323–329.
- Kazantzidis S., Goutner V., 1996, Feeding ecology and conservation of feeding habitats of the Little Egret in the Axios River Delta, Macedonia, Greece. *ColonialWaterbirds* 19:115–121.
- Kendall, R.J., Lacher Jr., T.E., Bunck, C., Daniel, B., Driver, C., Grue, C.E., Leighton, F., Stansley, W., Watanabe, P.G., Whitworth, M., 1996, An ecological risk assessment of lead shot exposure in non-waterfowl avian species: upland game birds and raptors. *Environ. Toxicol. Chem.* 15(1), 4-20.

- Kendall, R.J., Scanlon P.F., 1981, Effects of chronic lead ingestion on reproductive characteristics of ringed turtle doves (*Streptopelia risoria*) and on tissue lead concentrations on adults and their progeny. Environ Pollut (Series A) 26: 203-213.
- Kendall, R.J., Scanlon P.F., Guilio, 1982, Toxicology of ingested lead in ringed turtle doves. Arch Environ Contam Toxicol 11:259-263
- Kızıroğlu, İ., 1989, Türkiye Kuşları, O.G.M. Basımevi, Ankara.
- Kocataş, A., 1992, Ekoloji ve Çevre Biyolojisi Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitapları Serisi No: 142, 310 s.
- Kushlan J.A., 1993, Colonial waterbirds as bioindicators of environmental change. Colonial Waterbirds 16:223–251.
- Lam P., Richardson B. and Wu, R., 1999, Introduction to Ecotoxicology, Des Connell, School of Public Health, Griffith University, Queensland, Australia.
- Lam J.C.W., Tanabe S., Lama M.H.W. and Lam P.K.S., 2005, Risk to breeding success of waterbirds by contaminants in Hong Kong: evidence from trace elements in eggs Environ Pollut 135:481–490.
- Lam J.C.W., Tanabe S., Wong B.S.F. and Lam P.K.S., 2004, Trace element residues in eggs of Little Egret (*Egretta garzetta*) and Black-crowned Night-Heron (*Nycticorax nycticorax*) from Hong Kong, China. Mar Pollut Bull 48:390–396.
- Leonzio, C., Fossi, C., Focardi, S., 1986, Lead, mercury, cadmium and selenium in two species of gull feeding on inland dumps and in marine areas. Sci. Total Environ. 57, 121–127.
- Lewis S.A. and Furness R.W., 1991, Mercury accumulation and excretion by laboratory reared Black-headed Gull (*Larus ridibundus*). Arch Environ Contam Toxicol 21:316–320.

- Lock, J.W., Thompson, D.R., Furness, R.W., Bartle, J.A., 1992. Metal concentrations in seabirds of the New Zealand region. *Environ. Pollut.* 75, 289–300.
- Mackay D. and Fraser A., 2000, Bioaccumulation of persistent chemicals: mechanisms and models. *Environ Pollut.* 110, 375-391.
- Maedgen, J.L., Hacker, C.S., Schroder, G.D., Weir, F.W., 1982, Bioaccumulation of lead and cadmium in the royal tern and Sandwichtern. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 11, 99–102.
- Matsumuro, F., 1985, *Toxicology of Insecticides*. Plenum Pres, 2nd Edition. New York.
- Newman, M. C. 1996. Ecotoxicology as a science. Pages 1–9 *in* M.C. Newman and C.H. Jagoe (eds.), *Ecotoxicology: a hierarchical treatment*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Nicholson, J.K., 1981, The comparative distribution of zinc, cadmium and mercury in selected tissues of the herring gull (*Larus argentatus*). *Comp. Biochem. Physiol. C Comp. Pharmacol.* 68, 91–94.
- Nielsen, C.O., Dietz, R., 1989, Heavy metals in Greenland seabirds. *Medd. Gronl.-Biosci. Rep. No. 29*.
- Nisbet, I.C.T., 1983, Territorial feeding by common terns. *Colonial Waterbirds* 6:64-70.
- Nisbet, I.C.T., 1993, Effects of pollution on marine birds. *In* “Seabirds on Islands: Threats, Case Studies, and Action Plans” (D. N. Nettleship, J. Burger, and M. Gochfeld, Eds.). International Council on Bird Preservation, Cambridge, England.
- Nyholm N.E.I., 1996, Measurements of heavy metals in terrestrial birds and mammals. *Proc Symp Development of Environmental Technology in the Barents Region*, Kemi, April 18–19 1995, pp 79–98.

- Ohlendorf, H., Hoterm, R. L., and Walsh, D., 1989, Nest success, cause-species nest failures and hatchability of aquatic birds at selenium contaminated Kesterson Reservoir and a reference site. *Condor* 91, 787-796.
- Osborn, D., Harris, M.P., Nicholson, J.K., 1979, Comparative tissue distribution of mercury, cadmium and zinc in three species of pelagic seabirds. *Comp. Biochem. Physiol. C Comp. Pharmacol.* 64, 61–67.
- Outridge P.M., Scheuhammer A.M., 1993, Bioaccumulation and toxicology of chromium: Implications for wildlife. *Rev Environ. Contam. Toxicol.* 130,31-77.
- Pain, D.J., Amiard-Triquet, C., 1993, Lead poisoning of raptors in France and elsewhere. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 25, 183–192.
- Pain, D.J., Sears, J., Newton, I., 1995, Lead concentration in birds of prey in Britain. *Environmental Pollution* 87, 173–180.
- Parmeggiani L., 1983, Encyclopedia of occupational health and safety. International Labor Office, Geneva.
- Peakall, D., 1992, Animal biomarkers as pollution indicators. Chapman and Hall, London.
- Perktaş, U. and Ayaş, Z., 2005, Birds of Nallıhan Bird Paradise (Central Anatolia, Turkey) *Turkish Journal of Zoology.* 29: 45-59
- Phillips, J.H.D., 1995, The Chemistries and Environmental Fates of Trace Metals and Organochlorines in Aquatic Ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, Vol.31, No. 4-12; 193-200
- Porcella D.B., 1994, Mercury in the environment: biogeochemistry. In:C. Watras and JW Huckabee (eds) *Mercury pollution: integration and synthesis.* Lewis Publ., Boca Raton, FL, pp 3–19.

- Richardson M.E., Fox M.R.S., Fry B.E., 1974, Pathological changes produced in Japanese quail by ingestion of cadmium. *J Nutr*104:323–338.
- Root, M., 1990, Biological monitors of pollution. *Bioscience* 40, 83±86.
- Scheuhammer A.M., 1987, The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: A review. *Environ Pollut* 46: 263–295.
- Scheuhammer, A.M., Norris, S.L., 1996, The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights. *Ecotoxicology* 5, 279–295.
- Sever, C., 1993, Lead and outdoor ranges. In: National Shooting Range Symposium Proceedings. Salt Lake City, Utah, October 17–19, pp. 87–94.
- Snow, D.W. and Perrins, C. M., 1998, *The Birds of the Western Palearctic*, Vol. I. Non-passerines. Oxford Univ. Pres .
- Solonen, T. and Lodenius, M., 1990, Feathers and birds of prey as indicators of mercury contamination in Southern Finland. *Holarct Ecol.* 13,229-37.
- Sorensen E.M., (1991) *Metal poisoning in fish*. Boca Raton, FL, CRC Pres
- Spahn S.A., Sherry T.W., 1999, Cadmium and lead exposure associated with reduced growth rates, poorer fledging succses sof Little Blue Heron (*Egretta caerulea*) in South Louisiana wetlands. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*37: 377-384.
- Spalding M.G., Bjork R.D., Powell G.V.N., Sundlof S.F., 1994, Mercury and cause of death in great white herons. *J Wildl Manage* 58:735–739.
- Stock, M., Herber, R.F.M., Geron, H.M.A., 1989, Cadmium levels in oystercatcher *Haematopus ostralegus* from the German Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 53, 227–234.
- Stoneburner, D.L., Patty, P.C., Robertson, W.B., 1980, Evidence of heavy metal accumulations in sooty terns. *Sci. Total Environ.* 14, 147–152.

- Tejning, S., 1967, Biological effects of methyl mercury diacyandiamide-treated grain in the domestic fowl *Gallus gallus* L. *Oikos* 8, 1-116.
- Van Straalen N.M., Ernst E., 1991, Metal biomagnification may endanger species in critical pathways. *Oikos* 62:255–256.
- Van der Oost, R., Opperhuizen, A., Satumalay, K., Heida, H. and Vermeulen P.E., 1996, Biomonitoring Aquatic Pollution with Feral Eel (*Anguilla anguilla*). I. Bioaccumulation : Biota-Sediment Ratios of PCBs, OCPs, PCDDs and PCDFs. *Aquatic toxicology* 35, 21-46
- Walsh, P.M., 1990, The use of seabirds as monitors of heavy metals in the marine environment. *In* “Heavy Metals in the Marine Environment” (R. W. Furness and P. S. Rainbow, Eds.), pp. 183-204, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Weyers B., Gluck E., Stoepler M., 1988, Investigation of the significance of heavy metal contents of blackbird feathers. *Sci Total environ* 77:61–67.
- White D.H., Finley M.T., Ferrel J.F., 1978, Histopathological effects of dietary cadmium on kidneys and testes of mallard ducks. *J Toxicol Environ Health* 4:551–558.
- Yazkan, M. Özdemir, F. and Gölükcü, M., 2002, Antalya Körfezinde Avlanan Bazı Balık Türlerinde Cu, Zn, Pb, ve Cd İçeriği. *Türk J. Vet. Anim. Sci.* 26, 1309-1313.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gönül Arslan

Doğum Yeri : Çorum

Doğum Yılı :1980

Medeni hali : Bekâr

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise : Çorum Atatürk Anadolu Lisesi (1994-1998)

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü (1999-2004)

Yabancı Dil : İngilizce