

MERSİN YÖRESİNDE EKONOMİK DEĞERE SAHİP ÇİPURA (*Sparus aurata* L.,1758), BARBUN (*Mullus barbatus* L., 1758) VE KEFAL (*Mugil cephalus* L.,1758) TÜRLERİNDE BAKIR, ÇİNKO VE KADMIYUM BİRİKİMİ

Ferbal ÖZKAN* Mustafa GÖÇER* Fahri KARAYAKAR*
Erkin KOYUNCU* Erdem DÖNMEZ* Baybars SAĞLAMTİMUR*

*ME. Ü., Su Ürünleri Fakültesi, Mersin

Özet

Bu çalışmada İçel iline bağlı Mersin Limanı, Karaduvar, Erdemli'den yakalanan *Mullus barbatus*, *Mugil cephalus*, *Sparus aurata* türlerinin kas, solungaç ve karaciğer dokularındaki çinko, bakır ve kadmiyum ağır metallerinin birikim düzeyleri ile birikim bakımından türler ve istasyonlar arasındaki ayrım belirlenmiştir. Hazırlanan doku örneklerindeki ağır metal düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometresinde ölçülmüştür. Kas ve solungaç dokusunda saptanan çinko ve bakır miktarları FAO tarafından kabul edilen sınırlar içerisinde olmasına karşın incelenen tüm dokularda kadmiyum birikim düzeyi FAO tarafından kabul edilen değerden daha yüksektir.

Abstract

This study was conducted on the determination of heavy metals accumulation; zinc (Zn), copper (Cu) and cadmium (Cd) in the muscle, gills and liver tissues of *Mullus barbatus*, *Mugil cephalus* and *Sparus aurata* captured from Karaduvar, Erdemli and Mersin Harbor in the city of İçel.

Heavy metals concentrations of prepared samples were measured by Atomic Absorption Spectrophotometry. Zn, Cu concentrations in the muscle and gills of these three species were determined within the tolerance limits given by FAO. Obtained Cd levels were found higher than normal values.

Key Words : Heavy metals, accumulation, fish

1. Giriş

Son yıllardaki bilinçlenmeye karşın, dünyamızda kirlilik boyutları artmıştır. Kara ve hava kirliliğinin son durağı olan içsular ve denizler, bazı yörelerde içindeki canlıların yaşayamayacağı kadar kirlenmiş durumdadır. Mersin gibi hızla gelişen sanayi kentlerinin açık deniz konumundaki kıyıları bile kirlilikten önemli ölçüde etkilenmektedir (1). Su ortamına ulaşan kirleticiler oldukça çeşitlidir. Bunlardan ortamda yaşayan canlılarda birikime neden olan ve türden türe artan oranlarda iletilmeleri nedeniyle ağır metaller önemli bir grübu oluştururlar (2).

Cu ve Zn gibi ağır metallere bazı temel metabolik fonksiyonların yürütülebilmesi amacıyla iz miktarda gereksinim duyulmaktadır. Bu metallerin kıyıda bölgelerdeki kaynağını, nehir suları ve rüzgar ile aşınan kayalardan kopan parçalar oluşturmaktadır. Bununla birlikte atmosferik kirlenme, evsel ve endüstriyel atıklar, sahili bölgeleri ve kıyılarda

sonrası bu metaller, potansiyel toksik etkileri nedeniyle ekolojiyi etkileyebilirler (3).

Zn, Cu, Cd gibi ağır metallerin elektrik, kağıt, boya, plastik, metal kaplama ve cam sanayii gibi çeşitli endüstri alanlarında kullanımı ve tarımda verimi arttırmak amacı ile yaygın olarak kullanılan pestisid ve yapay gübrelere girmeleri, bu metallerin su ortamlarındaki derişimlerini arttırmıştır (4).

Bu çalışmada, tarım ve balıkçılığın yoğun olarak yapıldığı Mersin iline bağlı kıyılarda ekonomik değere sahip *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata* balık türlerindeki Zn, Cu, Cd ağır metallerinin birikim düzeyleri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada materyal olarak İçel iline bağlı Karaduvar, Erdemli ile Mersin Limanından yakalanan *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata* türleri kullanılmıştır. Belirlenen istasyonlardan her tür için 15 adet toplam 135 balık yakalanmıştır. Örnekler, laboratuvara getirilerek ortalama uzunluk, ağırlık ve yaşları *M. barbatus* için; 14 ± 0.47 cm., 35 ± 1.36 g., 2-3, *M. cephalus* için; 24 ± 0.48 cm., 120 ± 5.9 g., 2-3, *S. aurata* için 15 ± 0.15 cm., 72 ± 2.8 g., 2-3 olarak belirlenmiştir.

Zn, Cu ve Cd analizinde kullanılacak doku örnekleri, deneklerden disekte yapıldıktan sonra 110°C 'ye ayarlı etüvde 3 gün süreyle bekletilerek sabit tartıma getirilmiş, kuru ağırlıkları saptanmıştır. Daha sonra deney tüplerine aktarılan doku örneklerinin üzerine nitrik asit (Merck, % 60, Ö.A.:1.40) ve perklorik asit (Merck, % 60, Ö.A.: 1.53) karışımı (2:1 v/v) ilave edilerek (5) çeker ocakta 120°C 'de 3 saat süre ile yanmaları sağlanmıştır. Yanma işlemi tamamlandıktan sonra, örneklerin toplam hacimleri, saf su ile 5 ml'ye tamamlanmıştır.

Analize hazırlanan örneklerdeki Zn, Cu ve Cd derişimi Perkin Elmer 3100 Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresinde okunmuştur.

Deney verilerinin istatistik analizlerinde "Regresyon Analizi" ve "Student Newman Keul's Test (SNK)" kullanılmıştır (6, 7).

3. Bulgular ve Tartışma

1997 yılı Mart ayı içerisinde İçel iline bağlı Karaduvar, Erdemli yöresi ve Mersin limanından yakalanan *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata* türlerinin doku ve organlarında Zn, Cu ve Cd ağır metallerinin birikim düzeyleri saptanmıştır. Tablo 1-9'da bu

metallerin kas, solungaç ve karaciğer dokularında, balık türlerine ve istasyonlara göre birikim düzeyleri verilmiştir. Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği'nde belirtildiği gibi, balıklarda kabul edilebilir düzeyler bakır için, 20.00 mg/kg, çinko için, 50.00 mg/kg (8), FAO'ya göre bazı ağır metallerin akuatik canlılarda tolerans sınırları çinko için 3-100 µg/g, kadmiyum için 0.01-1.5 µg/g'dır (9) olarak belirtilmiştir. Çalışma sonuçları bu değerlerle karşılaştırılmıştır.

İncelenen istasyonlarda *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata* türlerinin kas dokusunda Zn ve Cu birikim düzeyi arasında istatistiksel bakımdan herhangi bir fark bulunmamıştır (Tablo 1, 2). Kas dokusunda Zn ve Cu birikim düzeyleri kabul edilebilir değerler içerisinde. Cd birikim düzeyi ise Erdemli yöresinde incelenen türlerde yüksek miktarda bulunmuştur (Tablo 3). Balıklarda kas dokusu bakır ve çinko bağlamada etkin bir doku olmamasına karşın, metalin besin zinciri yolu ile insanlara değin taşınmasında önemli bir işlevi olması nedeniyle bu dokudaki metal birikimi ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmaktadır (10, 11).

Tablo 1- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Kas Dokusunda Zn Birikim Düzeyi (µg Zn/g k.a.)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	16.70 ± 0.41 ax	16.77 ± 2.06 ax	19.18 ± 1.77 ax
<i>M. cephalus</i>	18.99 ± 0.97 ax	17.53 ± 2.08 ax	20.99 ± 1.22 ax
<i>S. aurata</i>	21.93 ± 1.73 ax	15.00 ± 2.27 ax	19.35 ± 1.59 ax

Tablo 2- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Kas Dokusunda Cu Birikim Düzeyi (µg Cu/g k.a.)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	2.69 ± 0.42 ax	2.94 ± 0.94 ax	2.01 ± 0.25 ax
<i>M. cephalus</i>	1.10 ± 0.93 ax	1.75 ± 0.80 ax	1.99 ± 0.08 ax
<i>S. aurata</i>	1.69 ± 0.22 ax	1.33 ± 0.13 ax	1.26 ± 0.35 ax

**SINK: a, b, c harfleri balık türleri; x, y, z harfleri istasyonlar arası ayrımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır.
Farklı harfler ile gösterilen veriler arasında P < 0.05 düzeyinde istatistik ayrımı vardır.
 $\bar{X} \pm S \bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata

Tablo 3- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Kas Dokusunda Cd Birikim Düzeyi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	1.74 \pm 0.14 ax	1.64 \pm 0.13 ax	4.59 \pm 0.60 ay
<i>M. cephalus</i>	1.20 \pm 0.08 ax	1.34 \pm 0.24 ax	4.52 \pm 0.30 ay
<i>S. aurata</i>	1.14 \pm 1.05 ax	1.50 \pm 0.53 ax	3.23 \pm 0.52 ay

Tablo 4 ve 5'de görüldüğü gibi solungaç dokusunda, Zn ve Cu birikim düzeyleri, istasyonlar arasında istatistiksel bakımından fark göstermiştir. Bulunan değerler, FAO'nun kabul ettiği sınırlar içerisinde. Ancak Erdemli'de *M. barbatus* solungacında çinko birikim düzeyi 212.88 $\mu\text{g/g}$ gibi yüksek bir değer olarak bulunmuştur. Cd birikim düzeyi, incelenen türlerde yüksek miktarda bulunmuş, Erdemli'de saptanan değer, diğer istasyonlardan fazla olduğu gözlenmiştir (Tablo 6). İncelenen türlerden *M. barbatus*'da Cd birikim düzeyi diğer türlere göre fazla miktarda saptanmıştır. Su ortamındaki ağır metallerin balıklar tarafından alınması besin, su ve tüm vücut yüzeyinden absorpsiyon yolları ile olursa da en fazla solungaçlar aracılığı ile olmaktadır (12).

Tablo 4- *M. barbatus*, *M. cephalus*, ve *S. aurata*'nın Solungaç Dokusunda Zn Birikim Düzeyi ($\mu\text{g Zn/g k.a.}$)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	59.32 \pm 2.72 ax	87.62 \pm 3.11 ay	212.88 \pm 3.81 az
<i>M. cephalus</i>	43.60 \pm 0.65 ax	81.75 \pm 4.12 ay	102.84 \pm 1.40 bz
<i>S. aurata</i>	65.26 \pm 1.53 ax	67.45 \pm 1.56 ax	89.42 \pm 3.66 by

Tablo 5- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Solungaç Dokusunda Cu Birikim Düzeyi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	6.43 \pm 0.08 ax	7.10 \pm 0.69 ax	6.35 \pm 0.61 ax
<i>M. cephalus</i>	5.31 \pm 0.31 ax	6.42 \pm 0.47 ax	5.63 \pm 0.30 ax
<i>S. aurata</i>	4.70 \pm 0.59 ax	5.08 \pm 0.36 ax	5.53 \pm 0.23 ax

**SNK: a, b, c harfleri balık türleri; x, y, z harfleri istasyonlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harfler ile gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırımı vardır.
 $\bar{X} \pm S \bar{x}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

Tablo 6- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Solungaç Dokusunda Cd Birikim Düzeyi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	3.15 \pm 0.21 ax	8.45 \pm 0.48 ay	11.92 \pm 0.23 az
<i>M. cephalus</i>	1.73 \pm 0.18 bx	3.58 \pm 0.46 by	4.67 \pm 0.41 bz
<i>S. aurata</i>	1.50 \pm 0.66 bx	3.86 \pm 0.54 by	4.55 \pm 0.21 by

Karaciğer dokusunda, Zn birikim düzeyinin, *S. aurata*'da her üç istasyonda da yüksek olduğu saptanmıştır (Tablo 7). Cu birikim düzeyi, *M. cephalus*'ta Mersin Limanı ve Erdemli yöresinde yüksek bulunmuştur (Tablo 8, 9). Ağır metaller, balıkların karaciğer ve böbrek gibi metabolik aktivitenin yoğun olduğu organlarında birikmektedir. Cu ve Zn'nun çeşitli balık türlerindeki birikimi üzerinde yapılan araştırmalarda karaciğerdeki birikimin diğer organlara göre oldukça yüksek olduğu saptanmıştır (13). Cd gibi bazı ağır metaller, balıkların metabolik aktivitesinde önemli işlevi olan solungaç, karaciğer dokularında daha fazla birikmektedir (14). Karaciğer, toksik maddelerin regülasyonunda önemli işlevi olan bir organdır (15).

Tablo 7- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Karaciğer Dokusunda Zn Birikim Düzeyi ($\mu\text{g Zn/g k.a.}$)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	63.44 \pm 2.31 ax	50.15 \pm 8.25 ay	63.59 \pm 6.50 ay
<i>M. cephalus</i>	48.84 \pm 1.90 ax	46.17 \pm 3.31 ay	46.75 \pm 1.26 by
<i>S. aurata</i>	90.95 \pm 2.34 bx	71.57 \pm 5.23 bx	70.66 \pm 5.11 ax

Tablo 8- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Karaciğer Dokusunda Cu Birikim Düzeyi ($\mu\text{g Cu/g k.a.}$)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	70.84 \pm 2.05 ax	82.22 \pm 1.58 ax	91.60 \pm 2.99 ay
<i>M. cephalus</i>	84.43 \pm 1.70 bx	164.25 \pm 10.12 by	201.20 \pm 5.87 bz
<i>S. aurata</i>	23.80 \pm 2.50 cx	29.75 \pm 1.84 cx	37.92 \pm 2.72 cy

**SFK: a, b, c harfleri balık türleri; x, y, z harfleri istasyonlar arası ayırımı belirlemek amacı ile kullanılmıştır.

Farklı harfler ile gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyinde istatistik ayırım vardır.

$\bar{X} \pm S \bar{x}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

Tablo 9- *M. barbatus*, *M. cephalus* ve *S. aurata*'nın Karaciğer Dokusunda Cd Birikim Düzeyi ($\mu\text{g Cd/g k.a.}$)

	Karaduvar $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Mersin $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$	Erdemli $\bar{X} \pm S \bar{x}^{**}$
<i>M. barbatus</i>	1.96 \pm 1.43 ax	3.95 \pm 0.69 ay	4.15 \pm 0.22 ay
<i>M. cephalus</i>	1.05 \pm 0.25 ax	2.22 \pm 0.32 ay	2.53 \pm 0.18 by
<i>S. aurata</i>	1.72 \pm 0.15 ax	3.34 \pm 0.52 ay	3.24 \pm 0.34 ay

**SNK: a, b, c harfleri balık türleri; x, y, z harfleri istasyonlar arası ayırımı belirlemek amacıyla kullanılmıştır.
Farklı harfler ile gösterilen veriler arasında P < 0.05 düzeyinde istatistik ayırım vardır.
 $\bar{X} \pm S \bar{x}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata

Deniz ekosisteminde normal koşullarda belirli derişimlerde denge halinde bulunan ağır metaller, ortamın fizikokimyasal yapısına bağılı olarak ya dibe çöker, ya da biota tarafından absorbe edilirler. Bu absorpsiyon, metallerin oluşturdukları bileşikler, derişim ve türlerle yakından ilgilidir. Organizmalarda ağır metal birikim düzeyi, ortamdaki derişimlerinden yüzlerce kez daha yüksek olmakta ve birikimleri canlının farklı organ ve dokularına, mevsime, türlere ve beslenme tiplerine göre farklılıklar göstermektedir (16).

İskenderun Körfezi'nde yapılan bir çalışmada, bentik bir tür olan *M. barbatus* 'un dokularında, pelajik bir tür olan *S. aurata*'ya göre daha fazla metal birikim düzeyi bulunmuştur. *M. barbatus*'da Zn, Cu ve Cd birikim düzeyleri sırasıyla kas dokusunda 26.6, 9.9, 5.4 $\mu\text{g/g}$, solungaç dokusunda 83.4, 12.4, 6.1 $\mu\text{g/g}$, *S. aurata*' da ise kas dokusunda 20.8, 5.8, 4.1 $\mu\text{g/g}$, solungaç dokusunda 72.5, 9.5, 5.1 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur (17).

Sinop yarımadası çevresinden avlanan *Alosa bulgarica*' da Cu 0.26, 0.52 $\mu\text{g/g}$, Zn ise 1.65, 4.48 $\mu\text{g/g}$ değıştığı rapor edilmektedir (18). Deneysel çalışmalar, organizmalardaki metal derişimlerinin bölgeden bölgeye değıştığını ortaya koymaktadır (19).

Bu çalışmada doku ve organlarda Zn ve Cu birikim düzeyi, FAO'nun kabul ettiği değerler arasında bulunmuştur. Cd birikim düzeyinin yüksek düzeyde bulunması, sanayi ve evsel atıkların bölgeye katılımının bir sonucu olabilir.

KAYNAKLAR

1. ÖZTÜRK, M., BAĞ, L. ve ÖZTÜRK, M. Karadeniz'in Sinop Kıyılarından Örneklenen Bir Karides Türünde (*Palaemon elegans* Rathke 1837) Bazı Ağır Metallerin Birikim Düzeyleri, Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu "Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı" Bildiri Kitabı, Mersin, 366-373, 1996.
2. USLU, O. ve TÜRKMAN, A. Su Kirliliği ve Kontrolü, T. C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1 Ankara, 364, 1987.
3. BRYAN, G.V. The Effects of Heavy Metals (Other than Mercury) on Marine and Estuarine Organisms, Proc. Roy. Soc. Lond. B., 177, 389-410, 1971.
4. SASTRY, K.V. and SUBHADRA, K.M. In vivo Effects of Cadmium on some Enzyme Activities in Tissues of the Freshwater Catfish *Heteropneustes fossilis*, Environmental Research, 36, 32-45, 1985.
5. MURAMOTO, S. Elimination of Copper from Cu-Contaminated Fish by Long-Term Exposure to EDTA and Freshwater, J. Environ. Sci. Health, A18 (3), 455-461, 1983.
6. ROHLF, J.F. and SOKAL, R.R. "Statistical Tables" W.H. and Freeman and Company, San Francisco, 253 pp., 1969.
7. SOKAL, R.R. and ROHLF, J.F. "Biometry" W.H. and Freeman and Company, San Francisco, 776 pp., 1969.
8. Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı Su Ürünleri Kanunu ve Su Ürünleri Yönetmeliği, Ankara, 1995.
9. FAO Manual des Methodes de Recherche Sur L'environnement Aquatique Troisieme partie Echantillonnage Et Analyse Material Biologique, Document Technique Sur Les Peches No:158., 1977.
10. CROSS, F.A., HARDY, L.H., JONES, N.Y. and BARBER, R.T. Relation Between Total Body Weight and Concentrations of Manganese, Iron, Zinc and Mercury in White Muscle of Bluefish (*Pomatomus saltatrix*) and a Bathy Demersal Fish *Antimora rostrata*, J. Fish. Res. Board Can., 30, 1287-1291, 1973.
11. MIKLOVICS, M.H., KOVACS-GAYER, E. and SZAKOLCZAI, J. Accumulation and Effects of Heavy Metals in the Fishes of Lake Balaton, Symposia Biologica Hungarica, 29, 111-118, 1985.
12. HODSON, P.V. The Effects of Metal Metabolism on Uptake, Disposition and Toxicity in Fish, Aquatic Toxicology, 11, 3-18, 1988.
13. NOEL-LAMBOT, F., GERDAY, C.H. and DISTECHE, A. Distribution of Cd, Zn and Cu in Liver and Gills of the Eel *Anguilla anguilla* with Special Reference to Metallothioneins, Comp. Biochem. Physiol., 61 C, 177-187, 1978.
14. THOMAS, D.G., BROWN, M.W., SHURBEN, D., SOLBE, J.F. Del. G. and KAY, J. A Comparison of the Sequestration of Cadmium and Zinc In the Tissues of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Following Exposure to the Metals Singly or Combination. Comp. Biochem. Physiol., 82C, 1, 56-62, 1985.
15. HAESLOOP, U. and SCHIRMER, M. (1985). Accumulation of Orally Administered Cadmium by the Eel (*Anguilla anguilla*). Chemosphere, 14, 10, 1627-1634, 1985.
16. TUNCER, S. İzmir ve Çandarlı Körfezi'nde Yaşayan Bazı Mollusk, Alg ve Ortamlarındaki Ağır Metal Kirlenmesi ile İlgili Araştırmalar, Doktora Tezi, E.Ü. 1985.
17. KARGIN, F. Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Collected from İskenderun Gulf (Turkey), Water, Air, and Soil Pollution, 89, 1-6, 1996.
18. TUNCER, S. ve GÖKSEL, H. Trabzon Kıyılarından Avlanan Mezgitlerde (*Merlangius merlangus euxinus*) Bazı Ağır Metal (Cu, Mn, Zn) Birikimlerinin Araştırılması. Karadeniz Kirlenmesi ve Korunması Kongresi Bildiriler, Trabzon, 9, 65-71, 1995.
19. USLU, O. ve TÜRKMAN A. Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları Eğitim Dizisi 1. Ankara, 1987.