

## ***CLADOPHORA GLOMERATA* (CHLOROPHYCE)'DA AĞIR METAL BİRİKİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Yakup GÜNDOĞAN<sup>1</sup>, Ali GÜL<sup>1</sup>, Şükran ÇAKIR ARICA<sup>2</sup>,  
Kültiğin ÇAVUŞOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Eğitim Fakültesi, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, 06500 Teknikokullar/ANKARA

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 71450- Yahşihan/KIRIKKALE.

### **ÖZET**

Bu çalışmada, Kızılırmak Nehri üzerinde belirlenen beş istasyondan toplanan *Cladophora glomerata* (Chlorophyceae) örneklerinde ağır metal birikiminin düzeylerini araştırdık. Bu amaçla bitkinin fotosentez, solunum, büyüme ve gelişmesinde etkili olan sodyum (Na), magnezyum (Mg), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), mangan (Mn), selenyum (Se) ve iyot (I) gibi iz ve makro elementler ile, belirli bir miktarın üzerinde canlılar için toksik sayılan alüminyum (Al), krom (Cr), demir (Fe), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi ağır metallerin yoğunlukları, elektron dağılım spektroskopisi (EDS) kullanılarak belirlendi. Sonuçta, üçüncü, dördüncü ve beşinci istasyonlardan toplanan örneklerdeki ağır metal seviyeleri, birinci ve ikinci istasyondan toplanan örneklerle karşılaştırıldığında daha yüksekti. Bu sonuçlar *Cladophora glomerata*'nın ağır metal birikiminin araştırılmasında hassas ve kullanışlı bir biyoindikatör olduğunu gösterdi.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır Metal Birikimi, *Cladophora glomerata*, Elektron Dağılım Spektroskopisi (EDS), Kızılırmak.

### **THE INVESTIGATION OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN *CLADOPHORA GLOMERATA* (CHLOROPHYCE)**

#### **ABSTRACT**

This study, we investigated the levels of heavy metal accumulation in *Cladophora glomerata*. (Chlorophyceae) samples collected from five different stations determined on Kızılırmak river. For this aim, the intensity of the trace and macro-elements such as sodium (Na), magnesium (Mg),

phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), selenium (Se) and iodine (I) which is required for photosynthesis, respiration, grown and develop of plant and heavy metals such as aluminium (Al), chrome (Cr), iron (Fe), nickel (Ni), copper (Cu), cadmium (Cd), zinc (Zn) and lead (Pb) which are respected as toxic for alives were determined by using electron disperse spectroscopy (EDS). As a result, the accumulation levels of heavy metal in the samples collected from third, fourth and fifth stations were higher when compared with samples collected from first and second stations. These results indicate that *Cladophora glomerata* was very sensitive and useful bioindicator for the investigation of the heavy metal accumulation.

**Key Words:** Heavy Metal Accumulation, *Cladophora glomerata*, Electron Dispersive Spectroscopy (EDS), Kızılırmak.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, çevresel problemler tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi Türkiye’de de günlük yaşam problemleri arasında yer almaktadır. Ormanların yok edilmesinden kaynaklanan erozyon, çarpık kentleşme, yeşil alanların azalması, trafik, endüstride kullanılan kimyasallar ile tatlı ve tuzlu suların kirlenmesi sadece Türkiye’de değil tüm dünyada çözümü araştırılan problemlerden bazılarıdır [1]. Buna ilaveten, şehir nüfusundaki hızlı artış daha fazla endüstri oluşturmak için talebi arttırmış ve zaten var olan problemlere yenilerini eklemiştir [2]. Yıllar boyunca birçok gelişmiş ülkenin olduğu gibi Türkiye’nin de çevresel politikaları bu problemlere kalıcı çözümler üretememiştir. Ülkemizde son yıllarda giderek artan problemlerin başında ise ağır metal iyonlarından kaynaklanan su kirliliği gelmektedir.

Ağır metaller çevre için son derece tehlikeli olan kimyasallar olarak bilinirler [3,4]. Bunlar her gün büyük miktarlarda çevreye yayılmakta ve değişik yollarla nehir, göl ve denizlere ulaşmaktadır. Sucul ortama giren bu maddeler burada yaşayan canlılar üzerinde birçok olumsuzluğa sebep olmaktadır [5]. Ağır metal kirliliğinin karadaki boyutlarını araştırmak için toprak, havadaki partiküller, yol kenarı bitkileri, yosunlar ve likenler kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır [6-14]. Sucul ortamdaki kirliliğin araştırılmasında ise başlıca gölsuları, sedimentler, sucul bitkiler, gastropodlar, balıklar ve özellikle alg türleri kullanılmaktadır [15-19].

Algler yüzeylerinde sahip oldukları yüksek negatiflikten dolayı, sudaki birçok ağır metal iyonunu kendilerine çekme ve depolama özelliğine sahiptirler. Buda sudaki kirliliğinin belirlenmesinde ve mücadelesinde alglerin kullanımını önemli bir hale getirmiştir [20]. *Cladophora* türleri

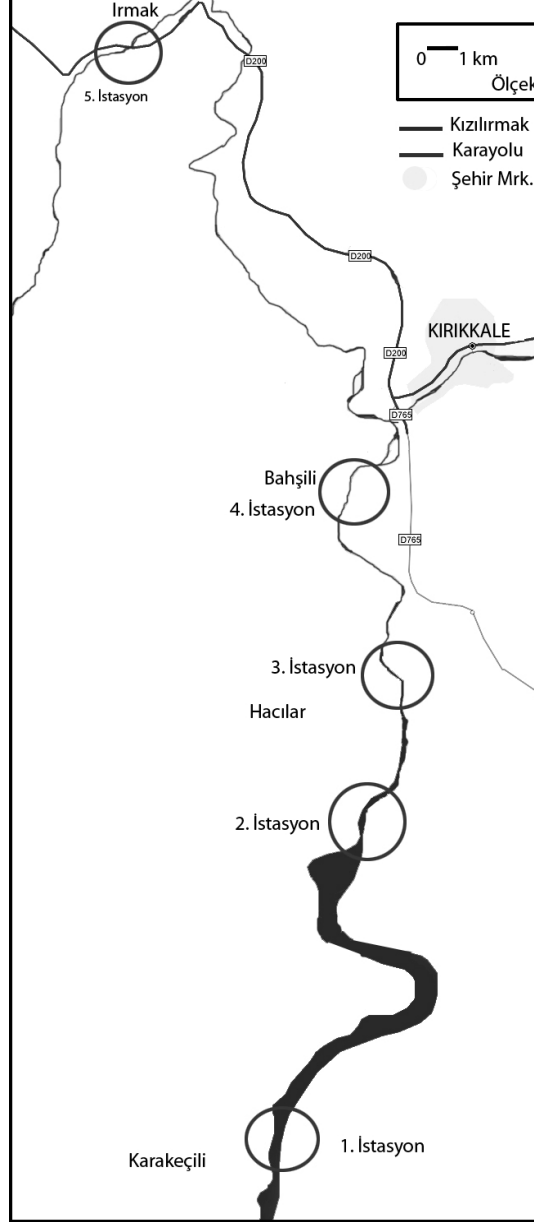
sucul ortamdaki ağır metal kirliliğinin araştırılmasında kullanılan en iyi biyoindikatörler arasındadır [21].

Bir türün ağır metal kirliliğini belirlemede bioindikatör olarak kullanılabilmesi için bazı temel kriterler vardır. Bunlar, toplama alanında geniş sayılarda temsil edilme, geniş bir coğrafik alana sahip olma, örneklenmesinin kolay olması ve kimlik probleminin olmaması şeklinde sıralanabilir [22]. Bu çalışmada incelenen *Cladophora glomerata* türü gerek toplama kolaylığı gerekse de ağır metal iyonlarının büyük miktarlarını çok kısa bir sürede yapısında biriktirmesinden dolayı tercih nedeni olmuştur.

Bu çalışmanın amacı, Kırıkkale ilinden geçen Kızılırmak Nehri'ndeki ağır metal birikiminin boyutlarını *Cladophora glomerata* türünü indikatör olarak kullanarak gözler önüne sermektir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

İncelenen *Cladophora glomerata* örnekleri Mayıs 2005'de toplanmıştır. Toplama işlemi nehrin geçtiği Kırıkkale Karakeçili İlçesi ile Irmak Beldesi arasında belirlenen beş istasyondan gerçekleştirilmiştir. Örnek toplanan istasyonları gösteren harita Şekil 1'de verilmiştir. Birinci istasyon Karakeçili İlçesi, ikinci istasyon Kapulukaya Barajının bulunduğu bölgenin hemen altı, üçüncü istasyon nehir kenarında kurulan sanayi kuruluşlarının olduğu bölge (Hacılar Kasabası Mevkii), dördüncü istasyon Bahşili İlçesi yakını, beşinci istasyon ise Kırıkkale'nin Ankara çıkışında yer alan Irmak Beldesi olarak belirlenmiştir. Her istasyondan beş *Cladophora glomerata* örneği toplanmıştır. Örneklerin toplanması sırasında kontaminasyonu önlemek amacıyla steril naylon eldivenler kullanılmıştır. Toplanan örnekler yine steril poşetlere konularak laboratuvar ortamına getirilmiş, ağır metal kaybını önlemek amacıyla her hangi bir şekilde yıkama veya silme yapılmadan örneklerden 1 cm büyüklüğünde parçalar alınmıştır. Alınan parçalar 24 saat süreyle 25 °C'de kurutulduktan sonra stablar üzerine alınmış ve "Poloron SC-5600" marka karbon kaplama cihazıyla 2 dakika karbonla kaplanmıştır [23]. Son aşamada ise her bir istasyondan toplanan beş alg örneğine ait beş parçanın elektron dağılım spektroskopisi (EDS) yardımıyla analizleri yapılmış ve en yüksek ağır metal birikimin gözlemlendiği parçanın verilerine bulgular kısmında yer verilmiştir. Örnek hazırlanması sırasında fiksasyon ve dehidrasyon gibi işlemler kullanılmamıştır. Çünkü gerek fiksasyon ve gerekse dehidrasyon işlemlerinde kullanılan kimyasalların (gluteraldehid, osmium tetroksit gibi) incelenen örneğin yapısına girerek analiz sonuçlarını etkileyebileceği düşünülmüştür.



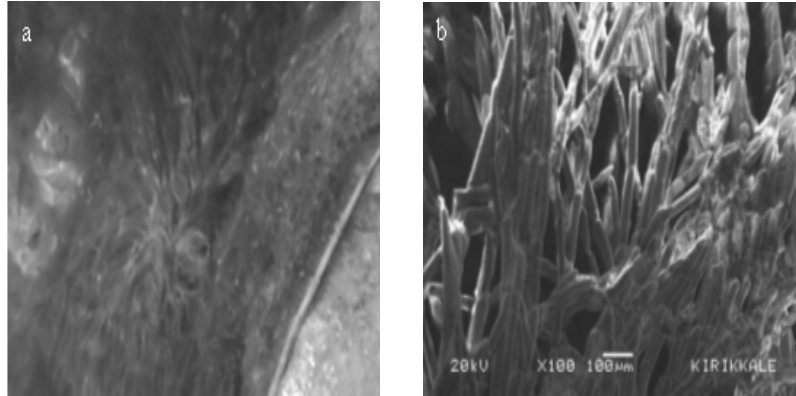
**Şekil 1.** Örnek toplanan istasyonları gösteren harita

### 2.1. EDS (Elektron Dağılım Spektroskopisi)

Her elementi karakteristik X-ışını spektrumlarına göre tanıyarak, onların numune içindeki oranlarını yüzde olarak belirleyen bir analiz cihazıdır. Bu cihazın çalışma prensibi şu şekildedir: İncelenen doku örneği üzerine elektron ışınları yollanır, bu ışınlar numune içinde bulunan elementlerle etkileşime girer ve her element için farklı olan  $K_{\alpha}$ ,  $L_{\alpha}$  ve  $M_{\alpha}$  enerji düzeylerinde geri doğru yansıtılırlar. Bu yansımalar her elementin numune içinde bulunma miktarına bağlı olarak farklı bir şiddettedir. EDS analiz cihazı da geri doğru yansıyan bu şiddetleri yüzdeye çevirerek her bir elementin doku içinde bulunma miktarını yüzde olarak göstermektedir.

### 2.2. *Cladophora glomerata*

Bu tür dallanmış filamentli algler grubunda yer alır. Üyeleri 10 cm uzunluğunda saç benzeri yapılara sahiptir. Su ortamında taş veya diğer sert cisimlere tutunarak yaşarlar. Hücreleri oldukça büyük ve silindirik şekilli, kloroplastları ağsı yapıda ve üremeleri ise izogami şeklindedir [21]. *Cladophora glomerata*'ya ait görünüm Şekil 2'de verilmiştir.



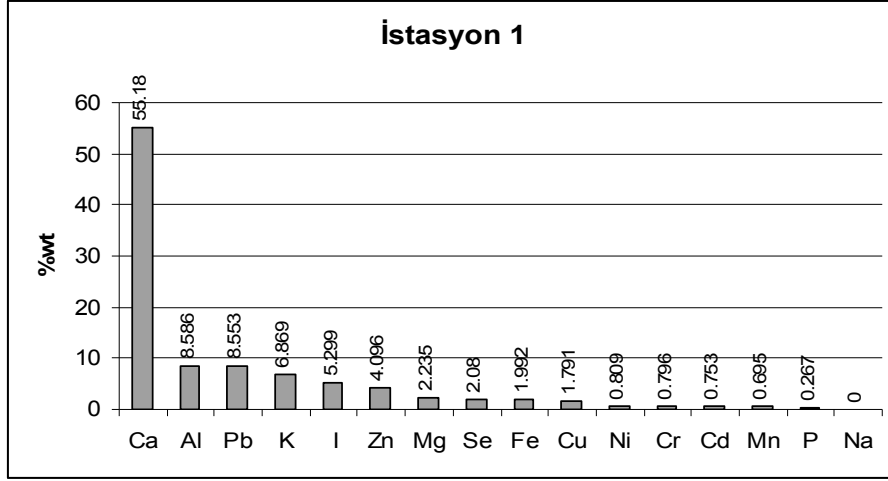
Şekil 2. *Cladophora sp*' nin genel (a) ve SEM (b)görünümü.

### BULGULAR

Beş istasyondan toplanan *Cladophora glomerata* örneklerinde tespit edilen elementlerin birikim yüzdeleri Tablo 1'de verilmiştir.

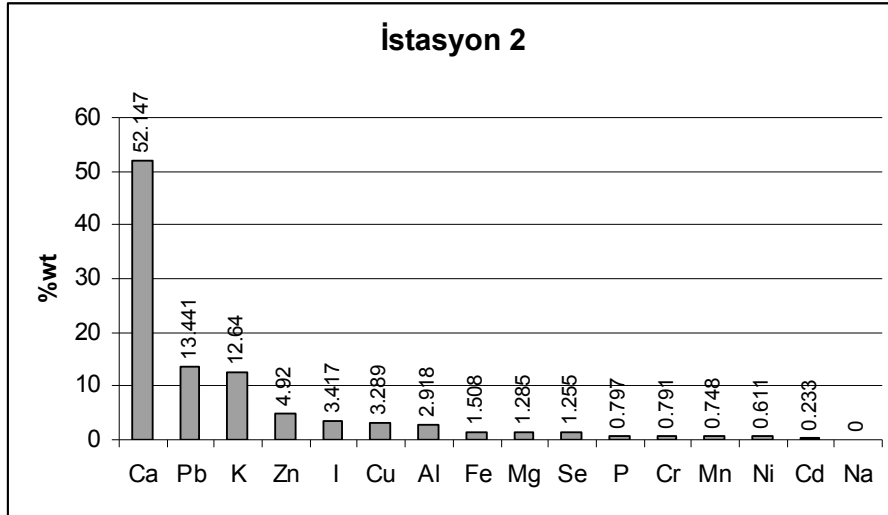
**Tablo 1.** Her bir istasyondan toplanan *C.glomerata* örneklerindeki elementlerin en yüksek birikim yüzdeleri

Element	1.istasyon Birikim wt%	2.istasyon Birikim wt%	3.istasyon Birikim wt%	4.istasyon Birikim wt%	5.istasyon Birikim wt%
Na	0	0	4,454	0,766	1,08
Mg	2,235	1,285	4,64	3,259	10,825
Al	8,586	2,918	18,246	4,094	8,71
P	0,267	0,797	0,454	0,259	12,473
K	6,869	12,64	1,44	27,888	7,765
Ca	55,18	52,147	6,651	6,272	11,06
Cr	0,796	0,791	0,534	0,349	0,86
Mn	0,695	0,748	1,692	0,721	1,366
Fe	1,992	1,508	6,269	0,875	3,683
Ni	0,809	0,611	1,965	0,67	1,847
Cu	1,791	3,289	6,011	1,572	1,995
Zn	4,096	4,92	4,284	9,226	8,495
Se	2,08	1,255	0	1,832	3,302
Cd	0,753	0,233	1,214	2,607	2,987
I	5,299	3,417	6,342	1,844	7,582
Pb	8,553	13,441	35,803	37,767	15,972



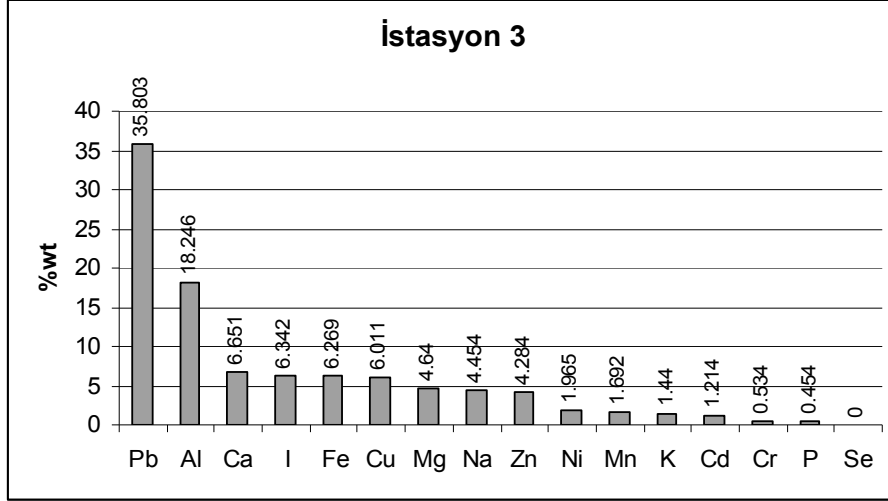
Şekil 3. Birinci istasyondaki iz ve makro elementler ile ağır metallerin oranları

Birinci istasyonun, beş istasyon içerisinde ağır metal birikimi yönünden en az yoğunluğa sahip istasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu istasyondan toplanan *Cladophora glomerata* örneklerinde tespit edilen Cd, Ni, Fe, Cu ve Cr gibi ağır metallerin oranının oldukça düşük olduğu görülebilmektedir.



Şekil 4. İkinci istasyondaki iz ve makro elementler ile ağır metallerin oranları

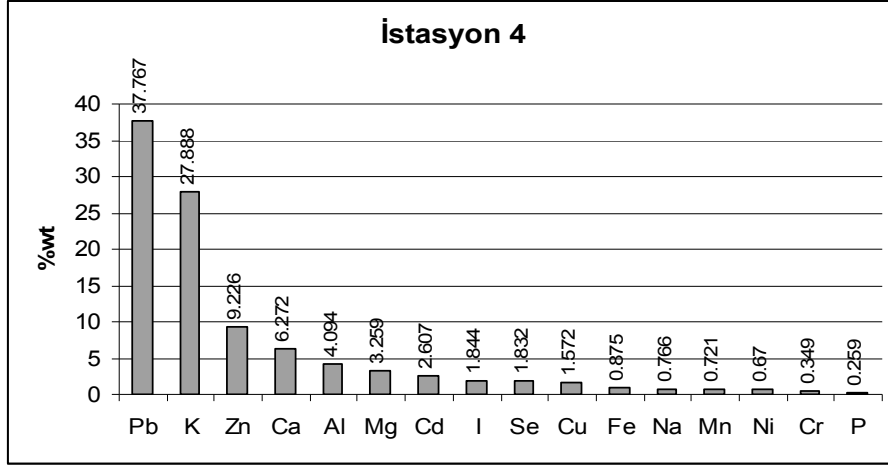
İkinci istasyonun, birinci istasyondan sonra ağır metal birikimi yönünden en az yoğunluğa sahip istasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu istasyonda %12,64 oranında K, %1,285 oranında Mg, %0,797 oranında P ölçülürken, Pb (%13,44), Cu (%3,289) ve Fe (%1,508) gibi toksik metallerin oranı ise birinci istasyondan sonra en düşük düzeydeydi.



Şekil 5. Üçüncü istasyondaki iz ve makro elementler ile ağır metallerin oranları

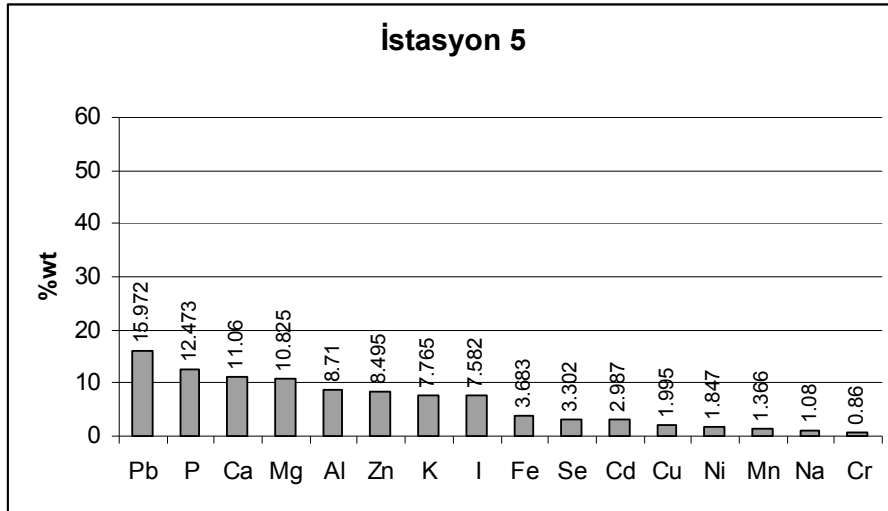
Üçüncü istasyonun tüm istasyonlar içerisinde ağır metal birikimi yönünden en yoğun istasyon olduğu belirlenmiştir. Bu istasyondan toplanan örneklerde K, Ca ve Se gibi iz ve makro elementlerin oranının azaldığı, Pb, Fe, Al ve Cu gibi toksik elementlerin oranının ise oldukça arttığı tespit edildi.





Şekil 6. Dördüncü istasyondaki iz ve makro elementler ile ağır metallerin oranları

Dördüncü istasyondaki ağır metallerin birikim oranları üçüncü istasyondakilere oldukça yakındı. Her iki istasyonunda sanayi kuruluşlarının yakınında bulunmaları bu benzerlikte rol oynamıştı. Tablodan iz ve makro elementlerin oranlarının azalırken, ağır metallerin oranlarının ise arttığı görülebilmektedir.



Şekil 7. Beşinci istasyondaki iz ve makro elementler ile ağır metallerin oranları

Beşinci istasyon, birinci ve ikinci istasyonlar ile üçüncü ve dördüncü istasyonlar arasındaki bir geçişi yansıtmaktadır. Yani ağır metal yönünden birinci ve ikinci istasyonlara göre daha fazla, üçüncü ve dördüncü istasyonlara göre ise daha az birikimin olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bu istasyonda toplanan örneklerdeki Se ve K gibi iz ve makro elementlerinin oranlarının tekrar artmaya başladığı, Pb, Fe, ve Al gibi toksik elementlerin oranlarının ise tekrar azalışa geçtiği görülmüştür.

## **TARTIŞMA VE SONUÇ**

Kırıkkale ulaşım bakımından Türkiye'nin doğuya açılan kapısı olma, Makine Kimya Endüstrisi ile Tüpraş Rafinerisi gibi büyük sanayi kuruluşlarını bünyesinde barındırma ve Kızılırmak gibi Türkiye'nin en büyük nehirlerinden birinin güzergahında yer almasından dolayı oldukça önemli illerden biridir. Kırıkkale ilinde sanayi oldukça gelişmiş bir durumdadır. Hemen hemen bütün sanayi kuruluşları Kızılırmak Nehri'nin çevresinde bulunmaktadır. Bu işletmelerin faaliyeti sonucu oluşan atık sular ve gazlar çeşitli yollarla nehre ulaşmakta, sonuçta tüm su ekosistemi olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu çalışmada belirlenen beş istasyondan toplanan *Cladophora glomerata* örnekleriyle yapılan araştırma sonuçları da bunu doğrulamaktadır.

İncelenen beş istasyona ait *Cladophora glomerata* örnekleriyle yapılan inceleme sonucunda, ağır metal birikiminin en fazla sırasıyla üçüncü, dördüncü ve beşinci istasyonlarda, en az ise birinci ve ikinci istasyonlarda olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1, Şekil 3-7). Birinci ve ikinci istasyonların sanayi kuruluşlarının uzağında oluşu ağır metal birikiminin azlığında şüphesiz en önemli unsur olmuştur. Yapılan analizler sonucunda birinci ve ikinci istasyonlardan toplanan *Cladophora glomerata* örneklerinin yapısında yüksek miktarda Na, Mg, Mn, P, K, Ca, Se ve I, düşük miktarlarda ise Al, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb tespit edilmiştir (Şekil 3,4). Bunlardan Na, Mg, P, K, Ca, Mn, Se ve I bitki yapısında bulunan iz ve makro elementler olup bitkinin büyüme, gelişme, fotosentez ve solunum gibi faaliyetlerinde görev alırlar. Bu elementlerin yüksek düzeyde olması birinci ve ikinci istasyondaki kirliliğin düşük seviyelerde olduğunun açık bir göstergesidir. Bu istasyonlarda rastlanan diğer elementler olan Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb ise bitki için hem iz, hem de toksik olan elementlerdir. Örneğin Fe, Cu ve Zn iz miktarda bulduklarında bitkinin bir çok metabolik yolunda hayati görevler üstlenmektedirler. Ancak bunların aşırı miktarlarda artmaları bitki için toksik etki yapmaktadır. Birinci ve ikinci istasyonlarda diğer istasyonlara göre düşükte olsa bu elementlere rastlanması, bunların

kaynağının çevredeki sanayi kuruluşları olmadığını, Kızılırmak Nehri'nin doğduğu yerden Kırıkkale'ye ulaşınca kadar biriktirdiği kirlilikten kaynaklandığını düşündürmüştür. Zira birinci ve ikinci istasyon yakınlarında her hangi bir sanayi kuruluşu bulunmamaktadır. Üçüncü ve dördüncü istasyonlardan toplanan *Cladophora glomerata* örneklerinde ise yüksek miktarlarda Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb'na, düşük miktarlarda ise Na, Mg, P, K, Ca, Mn, I ve Se'a rastlanılmıştır (Tablo 5,6). Bu istasyonlardaki ağır metal birikiminin yüksekliğinin bu bölgede yer alan sanayi kuruluşlarından kaynaklandığını düşündürmüştür. Zira bu kuruluşların faaliyeti sonucu oluşan arıtılmış atık sular nehre verildiği gibi, yine oluşan gazların bir kısmı da suya geçmektedir. Beşinci istasyonda ise, ağır metal birikiminin üçüncü ve dördüncü istasyonlara göre daha düşük olduğu görülmüştür (Tablo 7). Bu istasyon Kırıkkale ilinin çıkışında yer aldığından, sanayi kuruluşlarının uzağında kalmış ve dolayısıyla da ağır metal oranları üçüncü ve dördüncü istasyonlara göre nispeten azalmış, iz ve makro element oranları ise nispeten artmıştır.

Diğer araştırmacılar tarafından da, bizim sonuçlarımızı doğrulayan tarzda bazı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin Chmielewska ve Medved [24] tarafından yapılan bir çalışmada, rafineri atık sularının verildiği Danube nehri üzerinde kurulan 106 metre genişliğinde, 186 metre uzunluğunda ve 5 metre derinliğindeki bir su cebinde yetiştirilen *Cladophora glomerata* türünde Ni, Cd, V, Pb ve Cr gibi ağır metallerin konsantrasyonları araştırılmış, spektrofotometrik ölçümler sonucunda bu ağır metallerin algın yapısında yüksek miktarlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Gümgüm ve arkadaşları [25] tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise, Tigres nehrindeki su, sediment ve balık örnekleri kullanılarak Co, Cu, Mo, Ni, Pb, V ve Zn gibi ağır metallerin sebep oldukları kirliliğin boyutları araştırılmıştır. Sonuçta su örnekleri içinde Mo ve V rastlanmazken, düşük miktarlarda Co, Cu, Ni, Pb ve Zn'ya, sediment ve balık örneklerinde ise yüksek miktarlarda Co, Cu, Pb, Ni, V ve Zn'ye rastlanılmıştır. Benzer bir çalışmada ise, Mısır'daki Manzala gölünde pasif ve aktif indikatör bitkiler ile sediment örnekleri kullanılarak Hg, Zn, Pb ve Cd kirliliği araştırılmıştır. Pasif indikatör bitkiler olarak göl ekosisteminde yabancı olarak yetişen *Atriplex portulacoides*, *Zygophyllum album*, *Typha domingensis*, *Juncus rigidus*, *Cyperus laevigatus*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salsola sp.* ve *Phragmites australis* türleri, aktif indikatörler olarak iyi bilinen iki ekin bitkisi olan *Trifolium alexandrinum* ve *Raphanus sativum* türleri kullanılmıştır. Sonuçta incelenen tüm örnekler içinde ağır metal konsantrasyonlarının büyükten küçüğe doğru Hg>Zn>Pb>Cd şeklinde sıralandığı görülmüştür. İncelenen numuneler içerisinde ise bu ağır metallerin en fazla aktif indikatörlerde, sonra sediment

örneklerinde, en az ise pasif indikatörlerde bulunduğu belirlenmiştir [26]. Ali ve Soltan [27] tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise *Eichhornia crassipes*, *Ceratophyllum demersum* ve *Potamogeton crispus* sucul bitkileri kullanılarak sudaki Cd, Cu, Fe, Mn, Zn ve Pb kirliliğinin boyutları tespit edilmeye çalışılmış. Sonuçta bu elementlerin *Ceratophyllum demersum*'un dokularında diğer bitkilere göre daha yoğun biçimde biriktiği tespit edilmiş ve bu bitki türünün biyolojik indikatör olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Bütün bu bulgular ışığında öneriler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sanayi kuruluşlarının faaliyetleri sonucu oluşan atık sular mümkünse nehire verilmemeli yada en azından tamamen arıtıldığından emin olunduktan sonra verilmeli.
- Oluşan atık gazların su ekosistemine ve çevreye daha az zarar vermesi amacıyla bütün sanayi kuruluşları son teknoloji hava filtrelerini kullanmalı, her yıl periyodik olarak bunların bakımını ve temizliğini yaptırmalı.
- Su ekosisteminde ağır metal biriktirme özelliğine sahip olan alglerin sayısı arttırılmalı.
- Buna benzer çalışmalar belirli aralıklarla tekrarlanarak su kirliliğinin ulaştığı boyutlar hakkında bilgi sahibi olunmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Aslan A., Budak G., Karabulut A., The amounts Fe, Ba, Sr, K, Ca and Ti in some lichens growing in Erzurum province (Turkey), Journal of Quantative Spectroscopy & Radiative Transfer, 88: (4), 423-431, (2004).
2. Çelik A., Kartal AA., Akdoğan A., Kaksa Y., Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Robinio pseudo-acacia* L., Environment international, 31: (1), 105-112, (2004).
3. Jiries A., Vehicular contamination of dust in Amman, Jordon, The Environmentalist, 23, 205-210 (2003).
4. Cooke M., Dennis AJ., Polynuclear aromatic hydrocarbons: mechanism, method and metabolism. Ohio Battelle Press, Columbus, USA, 1-457 sf (1985).
5. Kautshy L., Monitoring eutrophication and pollution in estuarine environments-focusing on the use of benthic communities, Pure and Application Chemistry, 70: (12), 2313-2318, (1998).
6. Mellor A., Lead and zinc in the wallsend burn, an urban catchment in Tyneside, UK, The Science of the Total Environment, 269, 49-63, (2001).

7. Culbart EB., Thornton I., Watt J., Wheatly M., Moorcroft S., Thompson M., Metal contamination in British suburban dusts and soils, *Journal of Environmental Quality*, 17, 226-234, (1988).
8. Moir AM., Thornton I., Lead and cadmium in urban allotment and garden soils and vegetables in the United Kingdom, *Environmental Geochemistry Health*, 11, 113-119, (1998).
9. Bubb JM., Lester JN., Anthropogenic heavy metal inputs to lowland river systems, a case study-the river stour, UK, *Water, Air Soil Pollution*, 78, 279-296, (1994).
10. Kelly J., Thornton I., Simpson PR., Urban geochemistry a study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and nonindustrial areas of Britain, *Application Geochemistry*, 11, 363-370, (1996).
11. Yılmaz S., Zengin M., Monitoring environmental pollution in Erzurum by chemical analysis of Scot pine (*Pinus sylvestris* L.) needles, *Environment International*, 29, 1041-1047, (2004).
12. Aksoy A., Şahin U., Duman F., *Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri, *Turkish Journal Botany*, 24: (5), 279-284, (2000).
13. Markert B., Herpin U., Siewers U., Berlkamp J., Lieth H., The German heavy metal survey by means of mosses, *Science Total Environment*, 182, 159-168, (1996).
14. Al-Shayeb SM., Al-Rajhi MA., Seaward MRD., The date palm (*Phoenix dactylifera*L.) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments, *Science Total Environment*, 168, 1-10, (1995).
15. Ravera O., Monitoring of the aquatic environment by species accumulator of pollutions, *Journal of Limnology*, 60: (1), 63-78, (2001).
16. Neal EE., Patent BC., Poe CE., Periphyton growth on artificial substrates in a radioactively contaminated lake, *Ecology*, 48, 918-924, (1967).
17. Abo-Rady MTK., Makrophytische Wasserpflanzen als Bioindikatoren für die Schwermetallbelastung der oberen Leine, *Archiv für Hydrobiologie*, 89, 287-404, (1980).
18. Vymzal J., Short term uptake of heavy metal by periphyton algae, *Hydrobiologia*, 119, 171-179, (1984).
19. Cenci RM., II. Muschio *Fontinalis antipyretica* utilizzato quale bioindicatore di inquinamento nelle acque da mercurio e piombo, *Studi Saresi*, Annual Faculty Agraria University di Sassari, 35, 469-478, (1993).
20. Rao SVR., Cadmium accumulation in fiddler crabs *Uca annulipes* uptake of lead chromium, cadmium and cobalt by *Cladophora glomerata*, *International Journal Environment Studies*, 27, 219-223, (1986).

21. Forstner U., Prosi F., Heavy metals pollution in freshwater ecosystems, In: Ravera O., Biological aspects of freshwater pollution, ergamon Press, Oxford, New York, 129-150 sf (1979).
22. Aksoy A., Hale WHG., Dixon JM., *Capsella bursa-pastoris* (L.) medic as a biomonitor of heavy metals, Science Total Environment, 226, 177-186, (1999).
23. Çavuşoğlu K., İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) yapraklarında kurşun (Pb) yoğunluğunun araştırılması, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6: (3), 191-196, (2002).
24. Chmielewska E., Medved J., Bioaccumulation of heavy Metals by Green Algae *Cladophora glomerata* in a Refinery Sewage Lagoon, Croatica Chemica Acta, 74: (1), 135-145, (2001).
25. Gümgüm B., Ünlü E., Tez Z., Gülsün Z., Heavy metal pollution in water, sediment and fish from the Tigris river in Turkey, Chemosphere, 29: (1), 111-116, (1994).
26. Ramadan AA., Heavy metal pollution and biomonitoring plants in Lake Manzala, Egypt, Pakistan Journal of Biological Sciences, 6: (13), 1108-1117, (2003).
27. Ali MM., Soltan ME., Heavy metals in aquatic macrophytes, water and hydrosols from the river Nile, Egypt, Journal Union Arabia Biology, 9, 99-115, (1999).