

## ***VERBASCUM SINUATUM* L. (SCROPHULARIACEAE) (SİĞİRKUYRUĞU) TÜRÜ KULLANILARAK KARADENİZ SAHİL ŞERİDİNDE TAŞITLARIN SEBEP OLDUĞU AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Neslihan DURU<sup>1\*</sup>, Zafer TÜRKMEN<sup>1</sup>, Kültiğın ÇAVUŞOĞLU<sup>1</sup>, Emine YALÇIN<sup>1</sup>,  
Kürşad YAPAR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Giresun Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 28100, Debboy Mevkii-Giresun - TÜRKİYE

<sup>2</sup>Giresun Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı, 28100, Nizamiye Yerleşkesi-Giresun - TÜRKİYE

### **Özet**

Bu çalışmada, Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize illeri ile Hopa ilçesi arasında uzanan Karadeniz Sahil yolundan toplanan *Verbascum sinuatum* L. (Scrophulariaceae) (sığırkuyruğu) türünün yapraklarında taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin boyutları araştırılmıştır. Örnek toplama işlemi yol boyunca belirlenen 23 istasyondan gerçekleştirilmiştir. Her bir istasyondan toplanan yaprak örneklerindeki ağır metal miktarları “Perkin Elmer Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)” yardımıyla belirlenmiştir. Yaprak örneklerinde gerçekleştirilen ağır metal ölçümleri sonucunda sırasıyla Kurşun (Pb) > Çinko (Zn) > Krom (Cr) > Nikel (Ni) > Bakır (Cu) > Kadmiyuma (Cd) rastlanılmıştır. Bu çalışma sonuçları yapraklardaki ağır metal birikiminin trafik yoğunluğu ile arttığını ve *V. sinuatum* türünün bu birikimin tespitinde biyolojik bir belirleyici (markır) olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal kirliliği, Karadeniz Sahil Yolu, *Verbascum sinuatum* L. (sığırkuyruğu).

## **INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF HEAVY METAL POLLUTION IN BLACK SEA SEASIDE CAUSED FROM VEHICLES BY USING *VERBASCUM SINUATUM* L. (SCROPHULARIACEAE)**

### **Abstract**

In this study, the heavy metal pollution caused by vehicle traffic was investigated in the leaves of *Verbascum sinuatum* L.(Scrophulariaceae) collected from the Blacksea coast ranging between Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon, Rize and Hopa. Sample collection procedure was made in 23 stations in the related route. Heavy metal concentrations in the leaf samples of each station were determined with Perkin Emler Optic Emission Spectrometry

(ICP-OES). Heavy metal concentration in samples was showed an order as Lead (Pb) > Zinc (Zn) > Chromium (Cr) > Nickel (Ni) > Copper (Cu) > Cadmium (Cd). The results of this study showed that the heavy metal accumulation in samples increased with an increase in traffic and *V. sinuatum* used as a biological indicator of this accumulation.

**Keywords:** Black Sea seaside, Heavy metal pollution, *Verbascum sinuatum* L.

## 1.GİRİŞ

Doğa ve doğa kaynaklarının aşırı ve yanlış kullanımı ile doğanın temel fiziksel öğeleri olan hava, su, toprak ve bitki kirlenmesinin doğal çevre üzerinde meydana getirdiği bozulmalar, çevre sorunları olarak değerlendirilir [1]. Çağımızda doğal dengeyi ve canlıları tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir [2]. Başlıca çevre sorunları; hava, gürültü, su, toprak, flora-fauna ve kültürel çevre gibi alt başlıklar halinde incelenebilir. Çevre sorunları birtakım etkenler ve bunların etkileşimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Söz konusu etkenler; nüfus, sanayileşme, kentleşme ve turizm gibi etkenlerdir [3]. Sanayileşmenin ve insan aktivitelerinin artması ile çevrede çeşitli kirlenmeler oluşmakta ve atmosfere çeşitli zararlı maddeler girmektedir. Bunun sonucunda, havada, suda, toprakta ve bitkilerde insan sağlığına zararlı olan ağır metaller (Kurşun (Pb), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Krom (Cr), Kobalt (Co), Kadmiyum (Cd) vb.) birikmekte bu da karşımıza kirlilik olarak çıkmaktadır. İnsan ve diğer canlılar üzerinde zehirleyici etki yapan bu ağır metaller toksik maddelerdir [1]. Ülkemizde özellikle son yıllardaki hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşmeye paralel olarak çevre kirliliği önem kazanmış bunun yanında hava kirliliği de özellikle büyük şehirlerimizde kendini hissettirmeye başlamıştır. Konutlar ve endüstriyel kuruluşlar gibi sabit emisyon kaynaklarından ileri gelen hava kirliliğinin yanı sıra motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği de aynı derecede önemli bir sorun haline almıştır [4]. Şu an da

bilinmektedir ki, çeşitli motorlu araçlar, eser miktarda da olsa Pb, Cd, Ni, Cr, Cu ve Zn gibi ağır metalleri yaymaktadır [5]. Yeni otoyolların yapılması ile birlikte trafiğe çıkan araç sayısı ve dolayısıyla atmosfere bırakılan ağır metal yükü her geçen gün artmaktadır [2]. Bu durum tarım arazilerini de etkilemektedir. Özellikle anayol ve yol kenarlarında yetişen bitkilerde ağır metal kirlenmeleri gözlenmektedir [6]. Çevreyi kirleten bütün bu unsurlar bitkilerde strese neden olmaktadır [7]. Ağır metallerin özellikle belirli dozlardan itibaren bitkilerdeki fizyolojik fonksiyonları ve biyokimyasal olayları direkt veya dolaylı olarak etkilediği bilinmektedir. Bitki dokularında ağır metal birikimi fazla olursa mineral besin alımı [8], transpirasyon [9], fotosentez [10], enzim aktivitesi [11], nükleik asit yapısı [12], klorofil biyosentezi [13] ve çimlenme [14] gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca bunlara hücresel zarlarda hasar [15], hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir.

Ağır metal stresinin bitkilerdeki metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, ayrıca bitkilerin bu kirleticilere karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi uyum mekanizmalar geliştirdiğini belirlemek oldukça önemlidir. Problemin boyutu bu durumda daha iyi anlaşılabilir. Bu da alınacak önlemlerin ve gelecekle ilgili yapılacak planlamaların daha sağlıklı olmasını sağlar. Son yıllarda, kurşun gibi toksik metallerin zararlı etkilerinden sakınmak veya en aza indirmek için, şehir ve kırsal alanlardaki atmosferin niteliğinin izlenmesinde doğal biyo-

indikatörlerin (belirteç) kullanımında önemli bir artış olmuştur [16]. Biyolojik materyaller arasında en fazla tercih edilenler ise mantar, liken, karayosunu, ağaç kabukları, yaş halkaları, tek ve çok yıllık bitkilerin yapraklarıdır [17].

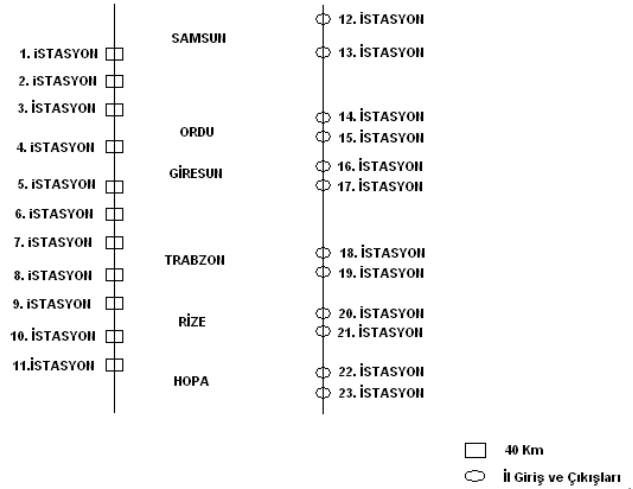
Bir türün ağır metal kirliliğini belirlemede biyomonitor olarak kullanılabilmesi için bazı temel kriterler vardır. Bunlar, toplama alanında geniş sayılarda temsil edilme, geniş bir coğrafik alana sahip olma, örneklenmesinin kolay olması ve kimlik probleminin olmaması şeklinde sıralanabilir [18]. Bu çalışmada incelenen *Verbascum sinuatum* L. (Sığır Kuyruğu) örnekleri geniş bir yayılıma sahip olma, toplama kolaylığı ve yol kenarlarında yetişebilmesi ve bu nedenle ağır metal iyonlarına doğrudan maruz kalabilme özelliğinden dolayı tercih nedeni olmuştur.

Karadeniz Sahil Yolu, yapımı 9 Nisan 2007 yılında tamamlanan yeni otoyollarımızdan birisidir. Bu bakımından, bu yol güzergâhı ile ilgili kirlilik çalışmaları artış göstermekte olup henüz yeterli bir düzeyde değildir. Bu kapsamda Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon, Rize ve Hopa arasında uzanan Karadeniz Sahil yolundan toplanan *V. sinuatum* örneklerinin biyo-indikatör olarak kullanılması ile Karadeniz Sahil Yolunda ağır metal kirliliğinin boyutları belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

**2.1. İstasyonların belirlenmesi ve örneklerin toplanması:** Samsun İli ile Artvin'in Hopa İlçesi arasında uzanan toplam 542 km uzunluğundaki Karadeniz Sahil Yolu 40 km'lik aralıklarla 11. istasyona ayrılmıştır. Ayrıca, her bir ilin giriş ve çıkışlarındaki kirliliği de belirleyebilmek amacıyla, her ilin giriş ve çıkışlarında da

iki istasyon olmak üzere toplam 23 istasyon oluşturulmuştur. Her bir istasyondan *V. sinuatum* türüne ait beş örnek toplanmıştır. Örneklerin toplanması sırasında kontaminasyonu önlemek amacıyla steril plastik eldivenler kullanılmış, toplanan örnekler yine steril poşetlere konularak laboratuvar ortamına getirilmiştir.



Şekil 1. Örnekleme istasyonları

**2.2. Ağır metal miktarının ölçülmesi:** Her bir istasyondan toplanan *V. sinuatum* örnekleri aynı gün laboratuvar ortamına getirilmiş, tüm örnekler ardışık olarak distile su ile yıkanmış ve yaprakları ayrılarak, 60 °C'lik etüvde kurutulmuştur. Temizlenen ve kurutulan yaprak örnekleri plastik bir öğütücü kullanılarak homojenize edilmiştir. Örneklerinin mineralizasyonu bir mikrodalga çözümleme sistemi (CEM Mars X-Press) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 0.5 g kuru yaprak örneği cam bir kap içerisine konularak üzerine 10 ml %65'lik konsantre nitrik asit ilave edilmiş ve 50 °C'de 2 saat süre ile karıştırılmak suretiyle parçalanmıştır. Soğutma işleminden sonra, örneklerdeki nitrik asit buharlaştırılmış ve üzerine 10 ml saf su ilave edilmiştir. Örnekler filtre edilerek, üzerlerine 25 ml oluncaya kadar saf su eklenmiş, sonunda

ağır metal miktarları “Perkin Elmer Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)” ile

belirlenmiştir. Her bir örnekteki ağır metal konsantrasyonları ard arda 3 kez ölçülmüş ve ortalama değerleri alınmıştır [19]. Ayrıca mümkün olduğunca trafikten uzak ve şehir dışında yer alan *V. sinuatum* örnekleri de kontrol grubu olarak kullanılmıştır. **2.3. İstatistiksel Analiz:** İstatistiksel analizler SPSS 10.0 (SPSS

Inc, Chicago, USA) istatistiksel analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde “Varyans analizi (ANOVA) ve Duncan’s testleri” kullanılmıştır. Kontrol grubu ve 23 istasyondan toplanan *V. sinuatum* örneklerine ait verilerin karşılaştırılması sonucunda elde edilen P değerleri 0,05’den küçük olduğunda (P<0,05) istatistiksel açıdan önemli olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 1.** *V. sinuatum* örneklerindeki ağır metal kirliliği

İst/Elm (ppm)	Pb	Zn	Cr	Ni	Cu	Cd
Kontrol	09,12±2.13 <sup>f</sup>	07,14±2.24 <sup>f</sup>	04,47±1.80 <sup>f</sup>	02,56±1.38 <sup>e</sup>	0,95±1.24 <sup>d</sup>	0,00±0.00 <sup>d</sup>
1. İstasyon	55,36±3.48 <sup>d</sup>	32,65±2.98 <sup>e</sup>	15,12±2.12 <sup>de</sup>	10,58±2.14 <sup>d</sup>	4,68±2.15 <sup>bc</sup>	0,24±0.02 <sup>c</sup>
2. İstasyon	52,28±3.25 <sup>e</sup>	33,24±3.54 <sup>e</sup>	14,23±2.54 <sup>de</sup>	11,29±2.32 <sup>c</sup>	5,22±2.26 <sup>b</sup>	0,28±0.08 <sup>c</sup>
3. İstasyon	52,85±3.13 <sup>e</sup>	34,22±3.68 <sup>e</sup>	15,88±2.68 <sup>de</sup>	14,41±2.56 <sup>bc</sup>	4,96±2.58 <sup>bc</sup>	0,32±0.12 <sup>c</sup>
4. İstasyon	58,62±3.64 <sup>d</sup>	37,44±3.10 <sup>d</sup>	17,54±2.96 <sup>d</sup>	13,58±2.52 <sup>bc</sup>	5,88±2.90 <sup>b</sup>	0,38±0.14 <sup>c</sup>
5. İstasyon	59,21±3.68 <sup>d</sup>	38,21±4.11 <sup>d</sup>	18,36±2.90 <sup>cd</sup>	13,75±2.64 <sup>bc</sup>	6,48±2.02 <sup>b</sup>	0,45±0.25 <sup>bc</sup>
6. İstasyon	58,66±3.55 <sup>d</sup>	37,96±4.10 <sup>d</sup>	17,78±3.28 <sup>d</sup>	12,56±2.24 <sup>bc</sup>	6,25±2.25 <sup>b</sup>	0,49±0.32 <sup>bc</sup>
7. İstasyon	57,42±3.44 <sup>d</sup>	38,58±3.88 <sup>d</sup>	16,64±3.44 <sup>d</sup>	14,73±2.80 <sup>bc</sup>	7,96±2.63 <sup>b</sup>	0,42±0.24 <sup>bc</sup>
8. İstasyon	54,56±3.40 <sup>d</sup>	32,48±3.24 <sup>e</sup>	14,26±2.88 <sup>de</sup>	10,25±2.24 <sup>d</sup>	4,44±1.45 <sup>bc</sup>	0,28±0.07 <sup>c</sup>
9. İstasyon	53,28±4.20 <sup>e</sup>	32,75±3.54 <sup>e</sup>	13,84±2.66 <sup>e</sup>	11,64±2.48 <sup>c</sup>	4,96±1.68 <sup>bc</sup>	0,30±0.14 <sup>c</sup>
10. İstasyon	55,68±4.92 <sup>d</sup>	33,52±3.90 <sup>e</sup>	15,41±3.48 <sup>de</sup>	11,98±2.80 <sup>c</sup>	5,25±1.96 <sup>b</sup>	0,34±0.16 <sup>c</sup>
11. İstasyon	54,73±3.18 <sup>d</sup>	34,40±3.65 <sup>e</sup>	12,98±2.55 <sup>e</sup>	12,10±2.65 <sup>bc</sup>	4,56±1.75 <sup>bc</sup>	0,29±0.18 <sup>c</sup>
12. İstasyon	82,42±5.56 <sup>a</sup>	55,74±4.75 <sup>a</sup>	30,54±4.66 <sup>a</sup>	20,46±3.57 <sup>a</sup>	10,56±2.20 <sup>a</sup>	0,89±0.65 <sup>a</sup>
13. İstasyon	83,60±4.48 <sup>a</sup>	54,76±4.28 <sup>a</sup>	31,28±4.85 <sup>a</sup>	21,22±3.66 <sup>a</sup>	11,20±2.66 <sup>a</sup>	0,92±0.74 <sup>a</sup>
14. İstasyon	70,18±5.28 <sup>bc</sup>	46,78±3.92 <sup>b</sup>	22,26±3.54 <sup>c</sup>	15,63±3.14 <sup>b</sup>	6,56±1.86 <sup>b</sup>	0,52±0.44 <sup>b</sup>
15. İstasyon	71,24±4.44 <sup>bc</sup>	47,25±3.98 <sup>b</sup>	23,88±3.92 <sup>bc</sup>	16,47±3.50 <sup>b</sup>	7,12±1.93 <sup>b</sup>	0,63±0.48 <sup>b</sup>
16. İstasyon	68,59±5.10 <sup>bc</sup>	45,23±3.50 <sup>b</sup>	21,56±3.54 <sup>c</sup>	15,26±3.26 <sup>b</sup>	6,14±1.50 <sup>b</sup>	0,45±0.30 <sup>bc</sup>
17. İstasyon	67,77±4.36 <sup>bc</sup>	46,10±3.66 <sup>b</sup>	20,42±3.21 <sup>c</sup>	15,88±3.54 <sup>b</sup>	7,64±1.92 <sup>b</sup>	0,58±0.42 <sup>b</sup>
18. İstasyon	75,66±3.54 <sup>b</sup>	50,73±5.38 <sup>ab</sup>	27,64±4.10 <sup>b</sup>	18,63±3.90 <sup>ab</sup>	8,88±2.06 <sup>b</sup>	0,75±0.52 <sup>ab</sup>
19. İstasyon	74,23±3.39 <sup>b</sup>	51,36±5.88 <sup>ab</sup>	26,25±3.98 <sup>b</sup>	17,96±3.78 <sup>ab</sup>	9,23±2.00 <sup>ab</sup>	0,81±0.63 <sup>a</sup>
20. İstasyon	68,55±4.29 <sup>bc</sup>	45,38±3.87 <sup>b</sup>	22,58±3.65 <sup>c</sup>	16,21±3.55 <sup>ab</sup>	6,10±2.24 <sup>b</sup>	0,54±0.38 <sup>b</sup>
21. İstasyon	69,15±3.88 <sup>bc</sup>	44,56±4.12 <sup>b</sup>	23,32±3.78 <sup>bc</sup>	15,93±3.22 <sup>b</sup>	5,96±2.12 <sup>b</sup>	0,60±0.44 <sup>b</sup>
22. İstasyon	65,87±3.50 <sup>c</sup>	40,16±4.24 <sup>c</sup>	20,40±3.24 <sup>c</sup>	13,12±2.98 <sup>bc</sup>	4,25±1.93 <sup>bc</sup>	0,43±0.28 <sup>bc</sup>
23. İstasyon	66,24±3.86 <sup>c</sup>	41,47±3.97 <sup>c</sup>	19,58±2.58 <sup>cd</sup>	14,25±3.29 <sup>bc</sup>	3,86±1.66 <sup>c</sup>	0,36±0.18 <sup>c</sup>

### 3. BULGULAR

\*Değerler ortalama ( $\pm$ ) standart sapma şeklinde gösterilmiştir. Aynı sütün içerisinde farklı harfler ile belirtilen ortalamalar istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ ).

Karadeniz Sahil Şeridi boyunca belirlenen 23 istasyondan toplanan *V. sinuatum* türünde belirlenen ağır metal içerikleri Tablo 1'de verilmiştir. Yaprak örneklerinde gerçekleştirilen ağır metal ölçümleri sonucunda sırasıyla  $Pb > Zn > Cr > Ni > Cu > Cd$  rastlanılmıştır. Tespit edilen diğer bazı elementlerin miktarları ise oldukça düşük seviyede olduğundan dikkate alınmamıştır. Yapılan inceleme sonucunda Pb miktarının diğer ağır metallerle karşılaştırıldığında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Belirlenen 23 istasyon içerisinde en yoğun ağır metal kirliliğine 12, 13, 18 ve 19. istasyonlarda rastlanılmıştır. Bu istasyonlar Samsun ve Trabzon illerinin Giriş ve Çıkışlarında yer almaktadırlar. En düşük ağır metal kirliliği ise 1, 2, 3, 8 ve 9. istasyondan toplanan örneklerde ölçülmüştür. Bu istasyonlar Samsun-Ordu ve Trabzon-Rize illeri arasında konuşlanmıştır. Belirlenen tüm istasyonlardaki ağır metal kirliliğinin, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ).

### 4. TARTIŞMA

Belirlenen 23 istasyondan toplanan *V. sinuatum* türünün yapraklarında gerçekleştirilen ölçümler sonucunda miktar olarak en fazla Pb ağır metaline rastlanılmıştır. Bunda en büyük neden, Pb'nin taşıtlar tarafından kullanılan petrol ürünlerinin bileşiminde yer almasıdır.

23 istasyon içerisinde en fazla ağır metal kirliliği 12–23. istasyonlardan toplanan yaprak örneklerinde ölçülmüştür. Bu istasyonların Samsun, Ordu, Giresun, Trabzon ve Rize illeri ile Hopa ilçesinin giriş ve çıkışlarında yer almalarının bu artışta önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir. Ayrıca şehir giriş ve çıkışlarında oluşturulan bu istasyonlar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, en fazla kirlilik 12, 13, 18 ve 19. istasyonlardan toplanan yaprak örneklerinde ölçülmüştür. Söz konusu istasyonlar Samsun ve Trabzon illerinin şehir giriş ve çıkışlarında oluşturulmuş olan istasyonlar olup, bu illerdeki taşıt sayısının dolayısıyla da taşıt trafiğinin diğer illere göre fazla olması bu kirliliğin artışında temel sebep gibi görülmektedir.

Araştırma güzergâhındaki Samsun ili ile Hopa ilçesi arasında, yer alan iller arasında oluşturulan istasyonlarda ise, şehir giriş ve çıkışlarında oluşturulan istasyonlara göre daha az ağır metal kirliliği ölçülmüştür. Bu düşüşteki en büyük etkenin trafikteki taşıt sayısındaki azalma ile alakalı olabileceği düşünülmektedir. Zira şehir giriş çıkışlarında yer alan istasyonlardaki kirlilikte hem şehir içi hem de şehirlerarasındaki taşıt trafiği etkili olurken, şehirler arasında oluşturulan istasyonlardaki kirlilikte ise sadece şehirlerarası ulaşımı kullanan taşıt trafiği etkili olmaktadır. Ayrıca şehirler arasında oluşturulan istasyonlardaki ağır metal kirliliğinin boyutları kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, en fazla kirlilik Ordu-Giresun ve Giresun-Trabzon illeri arasında oluşturulan 4, 5, 6 ve 7. istasyonlarda tespit edilmiştir. Bu ilginç bir durumdur. Zira Ordu ve Giresun illerindeki taşıt trafiği yoğunluğu, Samsun ve Trabzon illerine göre daha düşük olmasına rağmen, bu illere göre daha fazla kirlilik tespit edilmiştir. Bu durum, ölçülen bu kirlilikte taşıt

trafiğinden ziyade hava sirkülasyonunun rolünün olabileceğini düşündürmektedir. Zira Samsun-Ordu, Trabzon-Rize ve Rize-Hopa illeri arasında uzanan yolun etrafında dağların bulunmaması ya da yola uzakta yer alması, hava sirkülasyonunun iyi olmasına dolayısıyla da araçlardan yayılan ağır metallerin birikimini önleyerek etkili bir şekilde havaya yayılmalarına izin vermektedir. Fakat Giresun ve Ordu illeri arasında uzanan yolun, arazi yapısı nedeniyle dağın yamacında yer alması hava sirkülasyonunu olumsuz yönde etkileyerek, taşıtlardan yayılan ağır metallerin havaya yayılımına engel olarak bitki örtüsü üzerine çökmesine neden olmaktadır.

Bizim sonuçlarımızı doğrular tarzda, diğer araştırmacılar tarafından da gerçekleştirilen bazı çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu [20] tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Isparta ili Şehir Merkezi Girişi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki 10 km'lik yol boyunca sıralanan, *Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus libani* A. Rich ağaçlarının yapraklarında taşıtların sebep olduğu Pb kirliliği araştırılmıştır. Sonuçta her iki bitki türünde de Pb kirliliğinin şehre yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir. Çavuşoğlu ve ark. [17] tarafından yapılan benzer bir çalışmada ise, Kırıkkale ve Kırşehir illeri arasında yer alan 100 km uzunluğundaki karayolu kenarından toplanan *Sinapis arvensis* L. türünün yapraklarında taşıtların yaydığı Pb kirliliğinin miktarı araştırılmış, sonuç olarak, Pb kirliliğinin Kırıkkale ve Kırşehir illerinin yakınında bulunan istasyonlardan toplanan örneklerde diğer istasyonlardakilere göre daha yüksek olduğunu belirlenmiştir. Çavuşoğlu ve ark. [16] tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise, Giresun ve Ordu illeri arasında uzanan 40 km'lik karayolu boyunca asılan *Peltigera praetextata*

(Sommerf.) Zopf. liken türünde Pb kirliliğinin seviyeleri araştırılmıştır. Sonuçlar, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tüm istasyonlarda ölçülen Pb miktarlarında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu görülmüştür. Ayrıca, Giresun ve Ordu illerinin yakınında yer alan istasyonlardan toplanan örneklerdeki Pb kirliliğinin, diğer istasyonlara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kınalıoğlu ve ark. [21] tarafından yapılan bir çalışmada, *Usnea longissima* Acharius liken türünde taşıt trafiğinin sebep olduğu Pb kirliliği araştırılmıştır. Sonuçlar, Pb kirliliğinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığını göstermiştir. Çavuşoğlu ve Çakır Arıcı [22] tarafından yapılan benzer bir çalışmada, Kırıkkale il ve ilçelerinde yayılış gösteren *Pinus nigra* Arnold subsp. *nigra* var. *caramanica* Loudon türünün yapraklarında taşıtlardan yayılan Pb birikiminin miktarı araştırılmıştır. Sonuçta, yapraklardaki Pb birikiminin trafik yoğunluğu ile arttığı belirlenmiştir. Karademir ve Toker [23] tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise, Ankara'nın bazı kavşaklarında yetiştirilen çim bitkilerinde, egzoz gazlarından kaynaklanan Pb birikimi, 6 ay süresince incelenmiştir. Sonuçta, Pb kirlenmesinin Ankara'da devamlı arttığı gösterilmiştir.

Bu çalışmada, Samsun-Hopa arasında uzanan Karadeniz Sahil yolunda belirlenen 23 istasyondan toplanan *V. sinuatum* türünün yapraklarında taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin boyutları araştırılmış ve kirliliğin boyutları ortaya konulmuştur. Sonuçta ağır metal kirliliğinin trafik yoğunluğu ve hava sirkülasyonu ile doğru orantılı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Bu konuda alınabilecek önlemler ise, benzine ilave edilen Pb miktarının en aza indirilmesi, Pb'siz benzin kullanımının teşvik edilmesi, Pb içeren kimyasal madde kullanımının sınırlandırılması veya yasaklanması, yol kenarlarına

*Agrostis tenois*, *Deschamsia flexuosa* ve *Festuca ovina* [24, 25] gibi Pb'ye dayanıklı ve Pb tutucu bitkilerin dikilmesi şeklinde sıralanabilir. Ayrıca Karadeniz sahil yolu yapımı 2007 yılında tamamlanan yeni karayollarımızdan biridir ve bu nedenle de yol kenarlarındaki flora ve fauna ile ilgili çalışmalar zenginleştirilmelidir. Bu çalışmamızın bu yol güzergahı ile ilgili yapılacak çalışmalara ışık tutacağı ve iyi bir kaynak oluşturabileceği kanısındayız.

#### KAYNAKLAR

1. KELEŞ C. T., Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2007) .
2. AKSOY, A., Duman, F., Demirezen, D., Atmosferdeki Ağır Metallerin Tutulmasında Bitki Tüplerinin Rolü ve Ağır Metal Dağılımında Rüzgarın Etkisi, Erciyes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Kayseri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 16 (1-2):31 – 37, (2000).
3. TÜRKÜM S., “Çağdaş Toplumda Çevre Sorunları ve Çevre Bilinci”, Gürhan Can (ed.), *Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan*, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını, No: 503, s. 165-182. (1998)
4. MEMİŞOĞLU A., Erzurum İlinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı (2001).
5. ŞİŞMAN İ., Sapanca Bölgesinde Tem Otoyolundan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans

#### *VERBASCUM SINUATUM* L. (Scrophulariaceae) (Sığırkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması N. DURU

Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (1999).

6. SESLİ M., Soma İlçesinde Yol Kenarında Yetişen Tütünlere Kurşun Miktarlarının Araştırılması, Celal Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek Yüksek Okulu, Manisa, (2002).
7. ZENGİN FK., Munzuroğlu Ö., Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine kadmiyum (Cd<sup>++</sup>) ve Civa<sup>++</sup> (Hg<sup>++</sup>)'nin etkileri, C. Ü. Fen Bilimleri Dergisi., 24 (1), 64–75, (2003).
8. OUZOUNIDOU G., Eleftheriou EP., Karataglis S., Ecophysical and ultrastructural effects of copper in *Thlaspi ochroleucum* (Cruciferae), Canadian J. Botany., 70, 947-957, (1992).
9. POSCHENRIEDER CH., Gunse B., Barcelo J., Influence of cadmium on water relations, stomatal resistance, and abscisic acid content in expanding bean leaves, Plant Physiol., 190, 1365-1371, (1989).
10. LİDON FC., Ramalho J., Henriques FS., Copper inhibition of rice photosynthesis, Plant Physiol., 142, 12-17, (1993).
11. NUSSBAUM S., Shemutz D., Brunold C., Regulation of assimilatory sulfate reduction by cadmium *Zea mays* L. Plant Physiol., 88, 1407, (1988).
12. DONCHEVA S., Nicolov B., Ogneva V., Effect of copper excess on the morphology of the nucleus in maize root meristem cellsPhysiol. Plantarum., 96, 118-122, (1996).
13. SOMASHEKARAIAH BV., Padmaja K., Prasad ARK., Phytotoxicity of cadmium ions on germinating seedlings of mung bean (*Phaseolus*

- vulgaris*) involvement of lipid peroxides in chlorophyll degradation Physiol. Planarum., 85, 85-89, (1992).
14. MUNZUROĞLU O., Geçkil H., Effects of metals on seed germination, root elongation, and coleoptile and hypocotyl growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus* Environ. Cont. and Toxi., 43, 203-213 (2002).
  15. KENNEDY CD., Gonsalves FAN., The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots J. Exp. Bot. 38, 800-817, (1987).
  16. ÇAVUŞOĞLU K., Kınalıoğlu K., Yapar K., Türkmen Z., Yalçın E., Duyar Ö., Özdoğan S., Giresun-Ordu Karayolunda Taşıt Trafikinin Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 13. Cilt, 1. Sayı , s. 55 – 60, (2009).
  17. ÇAVUŞOĞLU K., Budak A., Çakır Arıca Ş., Kırıkkale – Kırşehir Karayolunda Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (2), 223 – 231, (2008).
  18. AKSOY A., Hale WHG., Dixon JM., *Capsella bursa-pastoris* (L.) medic as a biomonitor of heavy metals, Sci. Total. Environ., 226, 177 – 86, (1999).
  19. ÇAYIR A., Çoskun M., Çoskun M., Determination of Atmospheric Heavy Metal Pollution in Canakkale and Balıkesir Provinces Using Lichen (*Cladonia rangiformis*) as a Bioindicator, Bull. Environ. Contam. Toxicol., 79, 367-370, (2007).
  20. ÇAVUŞOĞLU K., Çavuşoğlu K., *Cupressus sempervirens* ve *Cedrus libani* a. Rich yapraklarında taştların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliği araştırılması, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7.2, (2005).
  21. KINALIOĞLU K., Çavuşoğlu K., Yapar K., Türkmen Z., Yalçın E., Şengül B., Şengül Ü., Duyar Ö., Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin *Usnea longissima* acharius Kullanılarak Araştırılması, SDÜ Fen Dergisi (E – Dergisi), 4 (2), 129 – 135, (2009).
  22. ÇAVUŞOĞLU K., Çakır Arıca Ş., *Pinus nigra* (Arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica* (loudon) Rehder Türünün Yapraklarında Kurşun Birikiminin Araştırılması, SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 11. Cilt, 1. Sayı, s. 42 – 46, (2007).
  23. KARADEMİR M., Toker C., Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim Bitkilerinde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi, Çev Kor., 7. Cilt, 26. Sayı, 9 – 12, (1998).
  24. HOILAND K., Oftedal P., Lead-Tolerance in *Deschampsia flexuosa* from a Naturally Lead Polluted Area in S Norway, Oikos, 34 (2), 168-172, (1980).
  25. BROWN G., Brinkmann K., Heavy metal tolerance in *Festuca ovina* L. from contaminated sites in the Eifel Mountains, Germany, Plant and Soil, 143 (2), 239-247, (2004).