

## Van Gölü'ne Dökülen Engil Çayı'nın Mansabındaki Su ve Toprak Örneklerinde, Ağır Metal Miktarlarının Mevsimsel Değişimlerinin İncelenmesi

Sema Kaptanoğlu<sup>1\*</sup>, Ahmet Bakır<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Sağlık Hizmetleri M.Y.O, Van/ Türkiye

<sup>2</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Van/ Türkiye

\*yasarsema@hotmail.com

**Özet:** Van Bölgesi'nde bulunan Engil Çayı'nın göle dökülen noktasındaki su ve toprak numunelerinde, ağır metal kirliliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda belirlenen örnekleme noktalarından belirli periyotlarla numuneler alınmış ve numuneler için çeşitli ağır metaller (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) tayin edilmiştir.

Deneysel çalışmalar Mart 2014 – Şubat 2015 dönemlerini kapsamaktadır. Su ve toprak numuneleri mevsimsel olarak alınmıştır. 10-15 cm derinlikten alınan toprak örnekleri kurutma, öğütme ve eleme işlemlerinden sonra 1 gr tartılarak ( her örnek için 3 paralel numune) 5 ml kral suyunda çözüldü. Su örnekleri ise 100 ml'lik plastik numune kaplarında toplandı. Su ve toprak numunelerini sağlıklı ve hava almayacak şekilde korumak amacıyla ağızları alüminyum folyo ile sarılıp bantlanmıştır. Bu süre boyunca alınan numune örnekleri ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) cihazında ağır metal analizi yapılmış ve zaman içindeki değişim gözlenmiştir. Yapılan ölçümlerin sonuçları su kirliliği kontrol yönetmeliği ve topraktaki ağır metal sınır değerlerindeki oranlara göre karşılaştırılmıştır. Cd<sup>+2</sup> (su), Ni<sup>+2</sup> (su) ve Cu<sup>+2</sup> (su) iyonlarının varlığı ve artan seyirde sonuçlanması suyun kirlenme aşamasında olduğunu kanıtlar. Özellikle Cd<sup>+2</sup> (su) iyonlarının diğer iyonlara göre daha çok çıkması üzerinde durulması gereken önemli bir veri olduğu söylenebilir. Alınan toprak numunelerinde Cd, Ni, Cr ve Pb kirliliğine rastlanmaktadır. Topraklarda Cr, Ni ve Pb miktarları 10-100 ppm aralığında, kadmiyum ise 1 ppm'in altında bulunuyorsa normal kabul edildiğine göre yaptığımız çalışmada topraktaki ağır metallerin düzeyleri standart ölçülerde olduğu açıktır. Ancak bir an önce kirlenici kaynaklara gerekli önlemlerin alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu durumda, insan ve çevre sağlığı açısından tehlike arz etmediği fakat gelecekte tehlike arz edeceği göz önüne alınarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Van Gölü, Ağır metal, Su ve toprak kirliliği, Çevre.

### Investigation of Seasonal Variations of Heavy Metal Amounts in Water and Soil Sample Following Engil Stream Casting Van Lake

**Abstract:** Determining pollution especially by heavy metals of water and soil samples taken the areas where Engil stream in Van region flow into lake has been aimed. For this purpose, specimens were taken from the sampling points determined at certain periods and various heavy metals ( Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn) were determined for the samples.

The experimental studies have included the period between March 2014- and February 2015. Water and soil samples were taken seasonally. Soil specimens taken from 10-15 cm depth were dried, milled and sieved and then weighed 1 gr (3 parallel samples for each sample) and dissolved in 5 ml of king water. The water samples were collected in 100 ml plastic sample containers. The mouths are wrapped with aluminum foil and taped to protect water and soil samples in a healthy and non-breathable manner. During this period heavy metal analysis was done by ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-atomic emission spectroscopy) and the variation was observed in due time. The results of the measurements were compared according to the water pollution control regulations and the ratios of the heavy metal limit values in the soil. The presence of Cd<sup>+2</sup> (water), Ni<sup>+2</sup>(water) and Cu<sup>+2</sup>(water) ions and evidence of an increasing trend is evidence of water contamination. Especially, it can be said that Cd<sup>+2</sup> (water), ions are more important data than other ions. Cd, Ni, Cr and Pb pollution is found in the soil samples. It is clear that the levels of heavy metals in the soil are at the standart level in our study when the quantities of Cr, Ni and Pb the soil are within the range of 10-100 ppm and cadmiyum is below 1 ppm. However, as soon as possible the necessary measures have to be taken to the polluting sources. It doesn't

pose a danger in respect to human and environment health but in future as if it can pose a danger, same suggestions have been proposed.

**Key words:** Lake Van, Heavy metal, Water and soil pollution, Environment

## Giriş

21. yy'da ekolojik dengeyi tehdit eden en önemli sorunların başında çevre sorunları gelmektedir. Endüstriyel üretim sürecinde ortaya çıkan hava, su ve toprak kirliliği günümüzde yaşanan çevresel sorunların temel kaynağını oluşturmaktadır. 20. yy ikinci yarısından itibaren nüfus artışına paralel olarak artan çevre kirliliği, yaşam kaynaklarının daha fazla kirlenmesine neden olmuş ve ekosistemin bozulması giderek daha hayati bir sorun haline gelmiştir (Çalışkan, 2005). Ülkemiz hızla büyüyen bir süreci yaşamakta olup, hızlı nüfus artışının, endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetlerin yol açtığı çevre sorunları ile sınırlı su kaynaklarının kirlenmesine ve erişilebilir suyun stratejik ve ekonomik bir meta haline gelmesine neden olmaktadır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının korunması ve atık suların geri kullanımı çok önem arz etmektedir (Şahin ve ark. 2011).

Endüstrileşmenin hızlanması ve yaygınlaşması ile birlikte, endüstride çeşitli fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılması süreci de yaygınlaşmış ve bunun sonucunda fark edilen çevre sorunlarının başında asit yağmurları, hava, su ve toprak kirliliği olmuştur. Çevre ve toprak kirliliğine neden olan faktörlerden en önemlisi ağır metallerdir (Asri ve ark. 2006). Havaya atılan ağır metaller, karaya ve buradan da bitki ve sulara ulaşarak insan ve hayvanlar üzerinde olumsuz etki yaparlar. Ayrıca ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan da toprak ve suya geçmesiyle besin zincirine girerek insanlara zarar verirler (Kahvecioğlu ve ark. 2003).

Toprak, minerallerin ve organik artıkların parçalanarak ayrışması sonucu oluşan, yerküremizi oluşturan hava, su ve kara bileşenleri arasında yer alan ve insan ve diğer canlıların yaşamında önem teşkil eden bir kaynaktır (Anonim, 2005). Günümüzde toprak kirliliğinin küresel bir sorun haline geldiği bir gerçektir (Çağlaırnak ve ark. 2010). Toprak kirliliğine neden olan inorganik maddelerin başında ağır metalleri verebiliriz. Ağır metaller biyolojik süreçlerde birikme eğilimi ve yüksek birikme düzeylerinde kanserojen-öldürücü özellik sergileyen elementlerdir. Gübreler ve tarım ilaçları belirli düzeylerde ağır metal içerirler.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde Su kirliliğinin tanımı olarak, “*Su kaynaklarının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında balıkçılıkta, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılması*” şeklinde belirtmiştir (Anonim, 2004). Çevre kirlenmesinden en çabuk, en kolay ve en çok etkilenen sudur (Dündar, 2012). Endüstriyel ve evsel atıkların arıtılmadan veya gerektiği gibi arıtım yapılmadan nehir ve göl sularına karışması ve birikmesi nedeniyle, nehirlerde yaşayan birçok canlı yok olma tehlikesiyle karşılaşmaktadır. Bu gibi olaylarda nehirlerin ve göllerin kirlilik düzeylerinin araştırılması gerekçesini açıkça göstermektedir (Zengin, 2008). Ayrıca bazı atıklar içinde ve çeşitli yollarla denizlere gelen iz elementler, ortamda belirli miktarlarda bulduklarından organizmaların

fizyolojik aktivitelerinde önemli rol oynamakta, ancak doğal konsantrasyon düzeylerinin dışına çıktığında ekosistem bireylerinin biyolojik aktivitelerini etkileyerek, gıda zinciri organizmaları arasında dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Uzunoğlu, 1999). Bu çalışmada Van Gölü Gevaş İlçesi tarafında bulunan Engil Çayı'nın mansabındaki noktadan mevsimsel

periyotlar halinde alınan su ve toprak numunelerinin içerdiği bazı ağır metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn) düzeyleri ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) cihazı ile tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Su kirliliği kontrol yönetmeliği ve topraktaki ağır metal sınır değerlerindeki oranlara göre karşılaştırılması amaçlanmıştır.

### Çalışma Yerinin Tanımı



Şekil 1: Numune alınan yeri gösterir harita.

Edremit- Gevaş yolu üzerinde göle dökülen nehrin göle birleşen yeri ( $38^{\circ} 20' 20,1''$  K ve  $43^{\circ} 09' 16,1''$  D enlemleri) numune alım bölgesidir. Nehre katılan herhangi bir atık bulunmamaktadır (Şekil 1). Engil Çayı, İlin güneydoğusunda, Başkale civarındaki ispiriz dağlarıyla, Norduz Yaylasından kaynağını alır. Doğu- batı uzanımlı olan bu çay, Zernek baraj sahasını geçerek Havasor Ovasına girer. Gevaş ilçesinin kuzeyinden Van Gölü'ne ulaşır. Uzunluğu 130 km'dir.

### Materyal ve Metot

#### Su Örneklerinin Alınması ve Su Örneklerinin Analizinde Kullanılan Metotlar

Örnekleme noktasından alınan su numuneleri 100 ml'lik plastik numune kaplarında ağızına kadar dolacak şekilde alınmış olup, su örneklerini hava almayacak şekilde korumak için ağızları alüminyum folyo ile sarılıp bantlanmıştır. Ayrıca örneklerin üzerine örnekleme yeri ve tarihi yazılmıştır.

Numune örnekleri için toplam 36 adet alınmış ve laboratuvarında analiz edilene kadar +4°C muhafaza edilmiştir.

Örnekleme noktasından plastik kaplara konularak laboratuvara getirilen su numuneleri mavi bantlı süzgeç kağıdı (110 mm çap ve çm shift filtration) ile süzülüp falkon tüplerine doldurulmuştur. Örnekleme noktasında; Kadmiyum ( $Cd^{+2}$ ), Krom ( $Cr^{+3}$ ), Bakır ( $Cu^{+2}$ ), Nikel ( $Ni^{+2}$ ), Kurşun ( $Pb^{+}$ ) ve Çinko ( $Zn^{+2}$ ) gibi bulunabilecek bazı ağır metal miktarları Yüzüncü Yıl Üniversitesi'nde bulunan Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan ICP-OES cihazı ile okunmuştur.

### **Toprak Örneklerinin Alınması ve Toprak Örneklerinin Analizinde Kullanılan Metotlar**

Toprak örneklerini mevsimsel olarak incelemek için yağışların en yoğun olduğu nisan, temmuz, eylül, ocak aylarında, örnekleme noktalarından 100 ml'lik plastik numune kaplarına 10-15 cm derinlikten alınmıştır. Su örneklerinde olduğu gibi toprak örneklerinin de hava almayacak şekilde korumak için ağızları alüminyum folyo ile sarılıp bantlanmıştır. Toprak numuneleri için 12 adet örnekleme alınmış, bu örneklerin laboratuvarında analiz edilene kadar +4°C de muhafaza edilerek analizi yapılmıştır. Toprak örneklerinin numune kaplarından çıkartılıp 3-4 gün gibi bir zamanda kurumaya bırakıldı. Kuruyan toprak numune örneklerini 2 mm lik elekten geçirmek için havan ve tokmak yardımıyla ufaltıldı. Hassas elektronik tartıda 1 gr

numune örnekleri tartıldıktan sonra ayrı ayrı erlenlere bırakıldı. Erlen içerisine alınan numune örneklerinin üzerine 5 ml kral suyu ( $HNO_3+3HCL$ ) ilave edildi. Daha sonra yakma bloklarda yakıldı, numuneler turuncu renge gelene kadar bekletildi ve soğumaya bırakıldı. Soğutulan çözelti deiyonize su ile 100 ml olana kadar seyreltilmeye devam edildi (seyreltik çözelti için 0,1 N  $HNO_3$  kullanıldı.) Son olarak seyreltilip süzülen (süzme işlemi 110 mm'lik mavi bantlı kağıtlarla yapılmıştır) numune örnekleri falkon tüplerine dolduruldu (Deveci, 2012). Hazırlanan numune örneklerinde bulunabilecek Kadmiyum ( $Cd^{+2}$ ), Krom ( $Cr^{+3}$ ), Bakır ( $Cu^{+2}$ ), Nikel ( $Ni^{+2}$ ), Kurşun ( $Pb^{+}$ ) ve Çinko ( $Zn^{+2}$ ) gibi bazı ağır metal içerikleri Yüzüncü Yıl Üniversitesi'nde bulunan Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan ICP-OES cihazı ile okunmuştur.

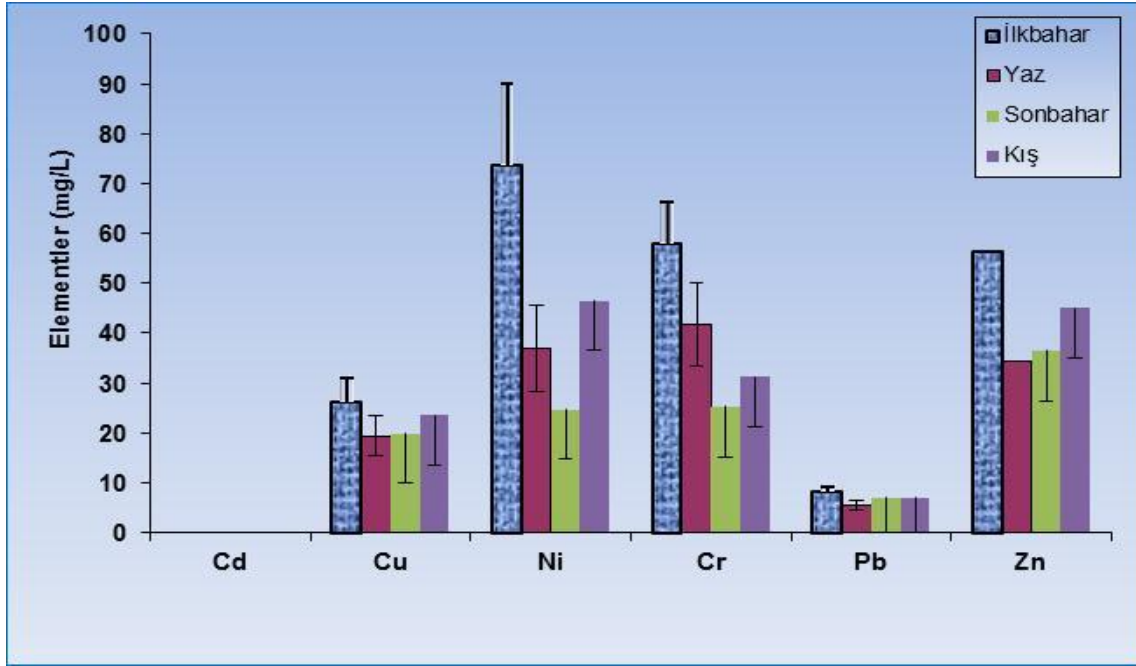
### **Bulgular**

Yapılan çalışmalar sonunda elde edilen bulgular Çizelge: 1 ve 2 'de verilmiştir. Çizelgedeki değerlerin grafiksel gösterimi şekil 2, 3 ve 4 'de yapılmıştır. Su numuneleri paralel 3 farklı noktadan 36 adet örnek alınmış, toprak numuneleri için ise mevsimlerin en yağışlı olduğu nisan, temmuz, ekim ve ocak aylarında paralel 3 farklı noktadan 12 adet örnek alınmıştır (Anonim, 2015).

Van Gölü'ne dökülen Engil Çayı'nın mansabından alınan toprak numunelerini gösterir veriler aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 1. Engil Çayı/Van noktasının mansabından alınan toprak örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri (ppm).

Ağır metaller	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd <sup>+2</sup>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Cu <sup>+2</sup>	26,10 ± 4,90	19,40 ± 4,01	19,90 ± 3,44	23,50 ± 2,28
Ni <sup>+2</sup>	73,90 ± 16,20	37,00 ± 8,73	24,70 ± 4,58	46,60 ± 4,67
Cr <sup>+3</sup>	57,88 ± 8,39	41,82 ± 8,36	25,29 ± 6,25	31,30 ± 8,30
Pb <sup>+</sup>	8,22 ± 0,98	5,51 ± 0,88	7,07 ± 1,28	6,98 ± 0,43
Zn <sup>+2</sup>	56,46 ± 12,90	34,38 ± 7,75	36,50 ± 6,90	45,08 ± 3,96

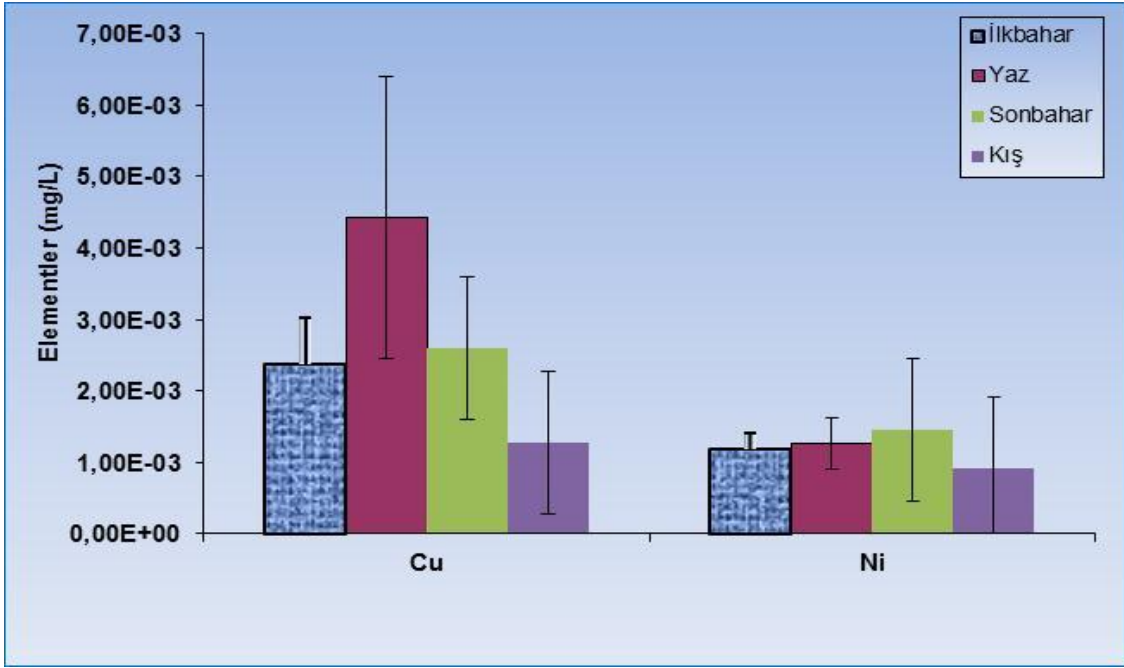


Şekil 2. Engil Çayı/Van noktasının mansabından alınan toprak örneklerinde bulunan bazı ağır metallerin mevsimsel karşılaştırılması (ppm).

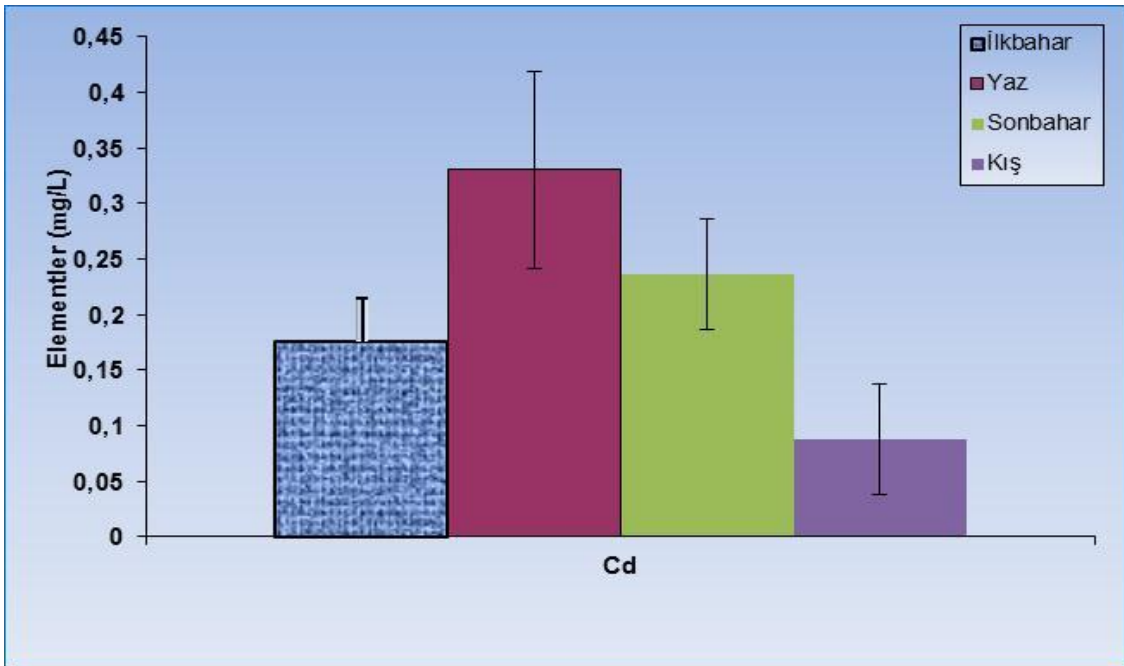
Van Gölü'ne dökülen Engil Çayı'nın mansabından alınan su örneklerini gösterir veriler aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 2. Engil Çayı/Van noktasının mansabından alınan su örneklerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişim verileri (ppm).

Ağır metaller	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Cd <sup>+2</sup>	0,18 ± 0,04	0,33 ± 0,09	0,24 ± 0,04	0,09 ± 0,03
Cu <sup>+2</sup>	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Ni <sup>+2</sup>	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,04	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Cr <sup>+3</sup>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Pb <sup>+</sup>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Zn <sup>+2</sup>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00



Şekil 3. Engil Çayı/Van noktasının mansabından alınan su örneklerinde bulunan Cu ve Ni elementinin mevsimsel karşılaştırılması (ppm).



Şekil 4. Engil Çayı/Van noktasının mansabından alınan su örneklerinde bulunan Cd elementinin mevsimsel karşılaştırılması (ppm).

## Tartışma ve Sonuç

2872 sayılı Çevre Kanuna ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanuna göre 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “ Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” nde yer alan ağır metallerin kirletici ögesi olan sınır değerlerine göre;

Engil Çayı/Van  $Cd^{+2}$  (su),  $Cu^{+2}$  (su),  $Ni^{+2}$  (su),  $Cr^{+3}$  (su)  $Pb^{+}$  (su) ve  $Zn^{+2}$  (su) konsantrasyonlarına bakıldığında  $Cd^{+2}$  (su) iyonlarının konsantrasyonunun hiçbir mevsimde tespit edilmediği gözlenmektedir.  $Ni^{+2}$  (su),  $Zn^{+2}$  (su) ve  $Cr^{+3}$  (su) iyonlarının konsantrasyonunun kış ayında maksimum değere ulaşırken  $Cu^{+2}$  (su),  $Pb^{+}$  (su) iyonlarına ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış mevsimsel dönüşümlerinde konsantrasyon değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Bu değerlere bakıldığında  $Cd^{+2}$  (su) iyonları yönünde kirlenmediği söylene bilinir; fakat diğer iyonlar bakımından ( $Cr^{+3}$ ,  $Pb^{+}$  ve  $Zn^{+2}$ ) yüksek kaliteli su olarak değerlendirile bilinir (Anonim, 2004).

$Ni^{+2}$  (su),  $Zn^{+2}$  (su) ve  $Cr^{+3}$  (su) iyonlarının yüksek çıkması (diğer iyonlara göre) toprağın yapısından kaynaklandığı söylene bilinir. Sularda bulunabilecek her türlü madde belirli bir konsantrasyonun üzerinde ise sağlık için zararlıdır. Canlı hayatının devamını sağlamada temel unsur olan su, doğal kaynakların en önemlilerinden biridir. Suyun kalitesinin ve bulunduğu ortamdaki doğal dengesinin bozulması su kirliliği olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2004).

Ağır metaller, toprağın adsorpsiyonu veya kimyasal reaksiyonu ve iyon değişimi sonucu toprakta tutulur. Özellikle yağışların yoğun olduğu aylarda sulara karışan sediment (katı madde), organik ve anorganik maddeler

ağır metal miktarının artışında önemli rol oynadığı tahmin edilmektedir. Topraktaki ve sudaki canlıların hastalanmasına ve ölümlerine sebep olan, yiyecek ve içeceklerimize karışan ağır metaller, insan sağlığı açısından büyük tehlike oluşturduğu aşikardır. Engil Çayı su numunelerinde Cd iyonuna rastlanmadığı halde toprak numunelerinde bu iyonun az da olsa rastlandığı açıktır. Killi ve mineral topraklardaki kadmiyum ve nikel miktarı, peat (turba) ve organik topraklara oranla daha fazladır. Günümüzde toprakların ağır metal kapsamları kirlenmeye bağlı olarak çevre ve insan sağlığını tehdit edebilecek seviyelere ulaşabilmektedir. Alınan toprak numunelerinde kadmiyum, nikel ve bakır kirliliğine rastlanmaktadır. Topraklarda kadmiyum, nikel ve bakır miktarları 10-100 ppm aralığında, kadmiyum ise 1 ppm’in altında bulunuyorsa normal kabul edildiğine göre yaptığımız çalışmalarda topraktaki ağır metallerin düzeyleri standart ölçülerde olduğu söylenebilir (Karaca, 2012).

Gerek su gerekse toprak analizleri göstermiştir ki Van Gölü’ne dökülen Engil Çayı’nın toprak numuneleri kirlilik boyutuna gelmediğini fakat bunun ileride gelmeyeceği anlamını çıkarmaz. Çevre ve insan ilişkisini vurgulayarak ağır metal kirliliğini artırma eğilimini gösterecek endüstriyel ve evsel kirliliklerden arıtma tesislerine önem verilmesi gerekliliğini ortaya çıkarır. Yaptığımız bu çalışmanın rutin olarak yapılması önerilir. Dahası bu Van Gölü’ne dökülen Engil Çayı’nda yaşayan su canlılarında da ağır metal birikim düzeyleri bu verilere paralel olarak yürütülmelidir.

**Kaynaklar**

- Anonim, 2004. *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*.
- Anonim, 2005. *Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği*.
- Anonim, 2015. *Van Meteoroloji Genel Müdürlüğü 14. Bölge Müdürlüğü 2004-2014 yılları arası yıllık yağış verileri*.
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., 2006. Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü Dergisi*, 23 (2) : 36-45.
- Çağlaırnak, N., Hepçimen, A. Z., 2010. Ağır metal toprak kirliliğinin gıda zinciri ve insan sağlığına etkisi. *Akademik Gıda*, 8 (2): 31-35.
- Çalışkan, E., 2005, *Asi Nehri'nde Su, Sediment ve Karabalık (Clarias gariepinus BURCHELL, 1822) 'ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması*. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 75.
- Deveci, T., 2012. *Gaziantep'te Atık Sularda Etkilenen Toprak ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP- MS ile Tayini*) Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kilis.
- Dündar, Ş, M., 2012. Çeşitli endüstriyel atık sularda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 16 (1):6-12.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., 2003. Metallerin Çevresel Etkileri-I. *İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji Dergisi*, 136: 47-53.
- Karaca, A., Turgay, O.C., 2012. Toprak Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*. 1 (1): 13-19.
- Şahin, Ü., Tunç, T., Örs, S., 2011. Yer altı suyu kirliliği açısından atık su kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi (TABAD) Erzurum*, 4 (1) : 33-39.
- Uzunoğlu, O., 1999. *Gediz Nehrinde Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi* Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Manisa.
- Zengin, O., 2008. *Van Gölü ve Gölü Besleyen Kaynaklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması* Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara.