

Ergene Nehri ile Sulanan Çeltik Tavalarının Sediment ve Sulama Suyunda Kobalt (II) ve Nikel (II) Birikim Düzeyleri Analizi

Barış Can KÖRÜKÇÜ^{1,2,*} 

Cihan TORLAK² 

Cemile ÖZCAN² 

¹Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü
²Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): bariscankorukcu@gmail.com
Geliş tarihi (Received): 09.07.2019
Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019
DOI: 10.21657/topraksu.655494

Öz

Trakya bölgesi için hayati önem arz eden Ergene Nehri'nin kirlilik durumunun artarak devam ettiği bilinen bir gerçektir. Bölgede olmazsa olmaz, ekonomik gelişime katkı sağlayan sanayi yatırımlarının artmasına ve endüstriyel zirai ilaç kullanımına paralel olarak gelişen çevre kirliliği sorunu da takip edilmesi zaruri olgulardandır. Batı Trakya'nın temel tarımsal üretim materyallerinden biri olan çeltik bitkisi de yetiştirildiği koşullar bakımından bu kirlilikten etkilenen başlıca ürünler arasında bulunmaktadır. Doğrudan gıda ürünü olarak tüketime sunulan, insan sağlığını doğrudan etkileyebilecek potansiyelde, tarım ürünlerinin ihtiva ettiği ve toksisiteye neden olabilecek ağır metal birikim düzeyleri üzerine yapılan çalışmalar da önemini korumaya devam etmektedir. Toksik özellikteki ağır metallerin çevresel koşullarda bozunmadan kalabilmeleri ve besin zincirine dahil olarak ekolojik çevrede birikim düzeylerini arttırmaya devam ettiğinden uzun yıllar etkilerini görebileceğimiz kimyasal kirlilikler arasında öncelikli sıralarda yerini almaktadırlar.

Yapılmış olan çalışma çerçevesinde Ergene Nehri'nin Edirne ili Uzunköprü ilçesi sınırları içinde bulunan Muhacirkadı Köyü'nden, çeltik tarımı yapılan arazilerden tohum ekimi ve hasat dönemleri gözetilerek toprak, sulama suyu ve bitki örneklemeleri yapılmıştır. Numuneler mikrodalga çözünürleştirme metodu ile analize hazırlanarak, ICP-OES (inductively coupled plasma- optical emission spectrometry) cihazı ile içerdikleri Ni ve Co miktarları analiz edilmiştir. Metodun doğruluğunun kontrolü NIST-2709 (san joaquin toprağı), NIST-1640a (doğal su) ve NIST-1570a (İspanak yaprağı) sertifikalı referans maddeleri (SRM) ile sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler : Ergene, ICPOES, pirinç, sediment, sulama suyu

Analysis of Cobalt (II) and Nickel (II) Pollutions in Sediment and Irrigation Water in Rice Paddy Fields with Ergene River

Abstract

The pollution situation of the Ergene River which is vital for the Thrace region continues to increase. Industrial activities and increasing environmental pollution problems with the use of pesticides must also be followed. One of the main agricultural production materials of Western Thrace is rice paddy, which

is among the main product affected by the pollution. Studies, which are for the health of humanity, affect on toxic and accumulation of agricultural products, are important and have to be observed. In fact, toxic heavy metals remain constant in the environment and enter the food chain. Their accumulation in the ecological environment continues to increase, and for many years their effectiveness has been a priority among the ongoing chemical pollution.

In this study soil, irrigation water and plant sampling were done from the paddy fields of the Ergene River in the Muhacirkadı village of the Uzunköprü district of Edirne province during both seed and harvest periods. For the following analysis the samples are going to be prepared by using the microwave digestion method. The amounts of Ni (Nickel) and Co (Cobalt) contained were analyzed by ICP-OES. The control of method validity is provided by certified reference materials (CRM), NIST-2709 (san-joaquin soil), NIST-1640a (natural water), NIST-1570a (spinach leaves).

Keywords: Ergene, ICP-OES, irrigation water, rice, sediment

GİRİŞ

Teknolojinin gelişimi ve Dünya üzerindeki insan nüfusunun artmasıyla birlikte çevre kirliliği sorunu da ciddi bir şekilde baş göstererek doğal ekosistemler olan toprak, su ve hava gibi canlıların yaşam ortamlarını tehdit etmeye başlamıştır. Özellikle sanayi faaliyetlerinin artmasıyla çevre habitatları zarar görmeye ve canlı nüfusu azalmaya başlamıştır. Kirlenici etmenlerin arasında bulunan sanayi faaliyetleri, maden yatakları, emisyon gazları, tarımsal kaynaklı gübreler ve zirai ilaçlar kaynaklı ağır metal kirliliği, tehdit unsurlarının önemli bir bölümünü kapsamaktadır (Sun vd., 2019).

Tarımın gelişimi ile birlikte ilk olarak toprağın bitki büyümesindeki rolünü anlamak gerekir (Ayers ve Wescott, 1976). Toprak ortamındaki faaliyetlerden olan sulama ve kimyasal gübreleme bitki gelişimini etkileyen ana faktörlerin başında gelmektedir (Baker ve Harza, 1953). Toprak, bitkiler ile olan direkt bağlantısından dolayı çevre bilimciler tarafından da oldukça önem arz etmektedir (Shatanawi vd., 2013).

Göller ve akarsular çevre kirliliğinden en çok etkilenen ekosistemlerin başında gelmektedir. Su ortamında oluşan ağır metal kirliliği canlı metabolizması için ciddi tehlike oluşturmaktadır. Cu, Co, Mo, Ni gibi ağır metallerin canlıların yaşamlarını sürdürdürebilmeleri açısından etkili olduğu gibi organizmada çok düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Bu metallerin organizma da birikmeleri sonucu doku ve organlarda çok ciddi hasarlar oluşarak işlevlerini yitirmelerine sebep olmaktadır (Kır vd., 2007). Ağır metal ile kontamine olmuş yiyeceklerin tüketimi vücutta çok ciddi sağlık sorunlarına yol açarak vücudun

bazı temel besinleri almasını engel olabilir (Aora vd., 2008). Canlılarda B12 vitamininin metabolizma reaksiyonlarında katalizör olarak ihtiyaç duyduğu Co metali aşırı miktarlarda alındığında toksik etkiye sebep olarak bazı tür cilt ve epitel doku kanserlerine sebep olmaktadır (Lyn, 2006). İnsan ve hayvan organizmalarında gerçekleşen bazı alerjik reaksiyon bulguları Ni elementi konsantrasyonu ile ilişkilendirilmiş olup nikelin bazı inorganik kompleksleri ve tuzları ile kanser vakaları arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Denkhaus ve Salnikow, 2002).

Türkiye'nin en önemli tarım alanlarından olan Trakya bölgesi ayçiçeği, buğday, çeltik gibi ürünlerin üretiminde ciddi rol oynamakta, ancak son yıllarda bölgede yoğunlaşan hızlı sanayileşme ve nüfus artışı ile birlikte özellikle Ergene Nehri çevresinde de önemli çevre sorunları baş göstermektedir.

Ergene havzası 14560 km² yüzölçümüne sahip olup, yetiştirilen ürünlerin büyük çoğunluğunu buğday, ayçiçeği ve çeltik bitkileri kapsamaktadır. Özellikle ayçiçeği ve çeltik açısından Ergene havzası Türkiye geneli üretimi içerisinde ciddi bir paya sahiptir (Özkan ve Kubaş, 2008). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2018) ve Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (Yazıcı, 2018) verilerine göre Marmara bölgesinin çeltik üretimindeki payı Türkiye genelinin %72' sini oluşturmaktadır.

Edirne İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ve DSİ 11. Bölge Müdürlüğü tarafından sürekli ve düzenli olarak takip edilen Ergene Nehri'nin, yapılan yüzeysel su analiz sonuçlarına göre Tekirdağ İli Çerkezköy İlçesi'nden başlayarak Meriç Nehri ile

buluştuğu noktaya kadar olan 180 km'lik kısmı tamamen kirlenmiş durumdadır. Edirne İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün yapmış olduğu analizler sonucunda şehrin girişinden alınan numuneler baz alınarak nehir suyu; fiziksel ve inorganik-kimyasal parametreler bakımından IV. sınıf (çok kirlenmiş su), organik parametreler bakımından IV. sınıf ve yine inorganik parametreler bakımından da IV. sınıf su olarak sınıflandırılmaktadır (T.C. Edirne Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2010).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin "Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması" başlıklı içeriğinin nikel ve kobalt miktarlarının kalite parametrelerine göre sınıfları Çizelge 1' de verilmiştir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2012; SKKY, 2004).

Çizelge 1. . Ni ve Co içeriklerine göre su kalitesi sınıfları.

Table 1. Water quality classes according to Ni and Co contents.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
Kobalt ($\mu\text{g L}^{-1}$)	≤ 10	20	200	> 200
Nikel ($\mu\text{g L}^{-1}$)	≤ 20	50	200	> 200

Yönetmelik kalite parametreleri ve geçmişte yapılan analizler sonucunda Ergene Nehri suyunun IV. kalite su sınıfına girdiğine değinmiştik ve tarımsal sulama da dahil I, II ve III. Sınıf suların kullanıldıkları alanlarda fiziksel ve kimyasal arıtma proseslerine tabii tutulmadan kullanılmasının söz konusu olmadığı görülmektedir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2012).

Bu çalışma içerisinde numune alınacak bölgede yapılan incelemeler sonucu direkt olarak nehirden sulama yapıldığı tespit edilen tarım arazilerinden alınan çeltik, sediment ve sulama suyu örneklerinin nikel ve kobalt ihtiva düzeylerinin analizleri gerçekleştirilmiş olup sonuçlar insan ve çevre sağlığı açısından etkileri ile birlikte değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Ergene Nehri üzerinde çeltik alanlarının yoğun olarak bulunduğu Kırklareli İli Pehlivan köy İlçesi'nin güneyinde bulunan Edirne İli Uzunköprü İlçesi'ne bağlı Muhacirkadı Köyü lokasyon olarak belirlendi. Yerinde yapılan ön incelemelerde Ergene Nehri'nin hemen sınırında bulunan ve doğrudan nehirden dalgıç pompalar ile sulama yapılan çeltik tavaları tespit edilerek örneklemeler bu noktalardan yapıldı.

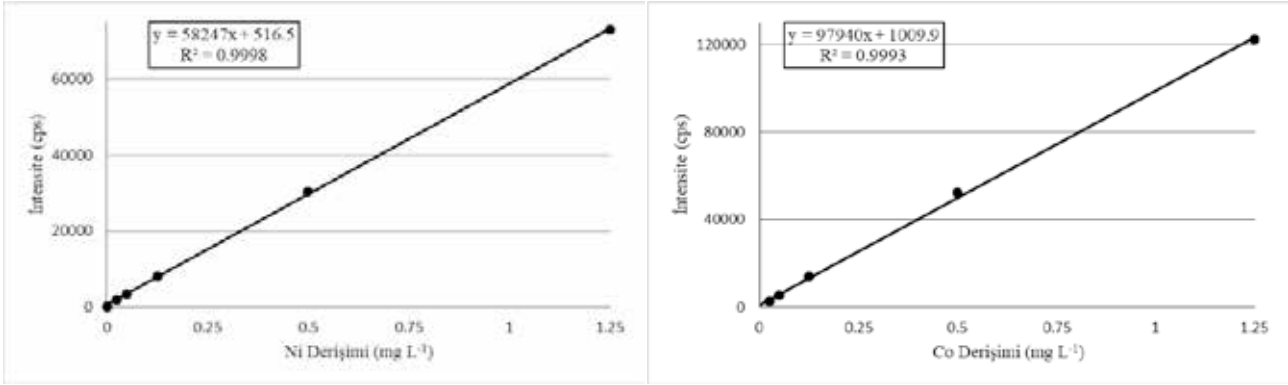
Örnekleme, çeltik ekimi ve hasat dönemleri gözetilerek yapıldı. Numune alma işlemi tavalardan kurulması aşamasında ve hasattan hemen önce olmak üzere iki defa yapılarak ilk örneklemede tavanın genelini temsil edecek 3 noktadan 0-20 cm derinlikten toprak ve yüzeyden su örnekleri toplandı. İkinci örneklemede ise yine aynı noktalardan toprak ve su örnekleri ile birlikte bitki örnekleri de toplandı.

Yöntem

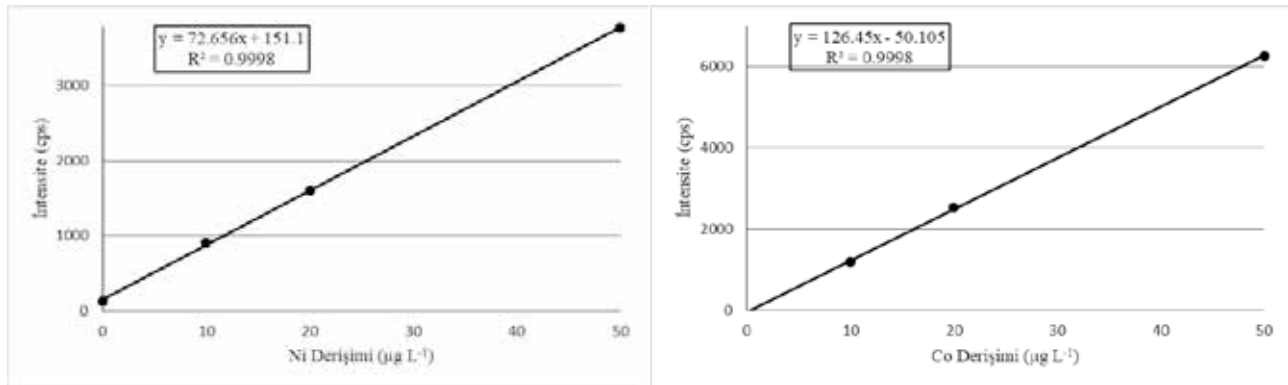
Toplanan sediment ve bitki örnekleri önceden nitrik asit ve ultra saf su ile yıkanmış olan numune kaplarına konulup laboratuvara taşınırken, su örnekleri ise nitrik asit ile pH 1-2 arasında olacak şekilde asitlendirilerek analize kadar 4 °C' de polipropilen numune kapları içerisinde bekletildi.

Sediment örnekleri analiz edilmeden önce 80 °C'ye ayarlanmış etüvde 6-8 saat aralığında kurutulmuş içerisindeki nemin uzaklaştırılması sağlandı. Ardından 0.5 g örnek tartılarak üzerine 1 mL %35'lik H₂O₂ (Merck EMPROVE) eklenerek organik içeriğin yükseltgenmesi için 5' kadar bekletildi. Peroksitli karışımın üzerine 9 mL HNO₃ (Merck EMSURE) ve en son olarak 3 mL %36.5 - 38 HCl (Sigma Aldrich) eklendikten sonra teflon bombalar kapatıldı. Hazırlanan örnekler CEM-MARS 6 marka mikrodalga cihazında çözüldü. Mikrodalga 600 W güçte 20' boyunca 220 °C'ye ısıtıldıktan sonra 10' bekletildi. Yakma işleminin ardından 50 mL'lik falcon tüplere alınan numuneler 7' boyunca 9000 rpm devirde santrifüjlenerek içeriğindeki silikat bakiyesi dekantasyon işlemi ile ayrıldı ve ultra saf su ile 50 mL son hacme tamamlandı.

Laboratuvara getirilen çeltik numunelerinin öncelikle daneleri saplarından ayıkladıktan sonra kavuzlu daneler CRM 125-2T marka çeltik randıman makinasından geçirilerek kavuz ve pirinç kısımları birbirinden ayrıldı. Ayrılan parçalar ultra saf su, %1'lik teepol deterjan çözeltisi (sodyum yüksek alkali sülfat) ve %0.2'lik asetik asit çözeltisi ile yıkandıktan sonra 60 °C' ye ayarlanmış etüvde sabit tartıma getirilinceye kadar kurutuldu. Kuru numune blender yardımı ile öğütülüp her bir numuneden 0.25 g tartım alınarak üzerine 1 mL %35'lik H₂O₂ eklenip 5' beklendikten sonra 10 mL HNO₃ ilave edilip teflon bombalar içerisinde mikrodalga cihazında çözünürleştirildi. Mikrodalga cihazı 600 W güçte 20' boyunca 100 °C sıcaklıkta çalıştırılıp son 1' 180 °C sıcaklığa yükseltildi ve 5' bu sıcaklıkta bekletilerek toplam 40' sürenin ardından çözülen



Şekil 1. Sediment ve bitki örneklerinde Ni ve Co analizi için oluşturulan kalibrasyon eğrileri.
Figure 1. Calibration curves for Ni and Co analysis in sediment and plant samples.



Şekil 2. Su örneklerinde Ni ve Co analizi için oluşturulan kalibrasyon eğrileri.
Figure 2. Calibration curves for Ni and Co analysis in water samples.

numuneler 7' boyunca 9000 rpm devirde santrifüjlenip dekante edilerek 50 mL son hacme ultra saf su ile tamamlandı.

Su numuneleri ise EPA METHOD 3015a 0.5 ölçekle modifiye edilerek mikrodalga çözünürleştirilmesi uygulanıp her bir örnek için 22.5 mL numuneye 0.5 mL HCl ilave edilerek işlem sonunda son hacim 25 mL'ye tamamlandı. 3015a methodu için mikrodalga sıcaklık programı 10' 170 °C' ısıtma ve 10' aynı sıcaklıkta bekletme şeklinde uygulandı.

Hazırlanan numunelerin nikel ve kobalt içerikleri Spectro Arcos marka ICP-OES cihazı ile analiz edildi. Analiz esnasında numune aktarım sistemi olarak modifiye lichte nebulizer ve cyclonic spray chamber kullanıldı. Analizden önce sediment, bitki ve su örnekleri için ayrı ayrı kalibrasyon standartları okutulurak lineer regresyon eğrileri çizilip, LOD ve LOQ değerleri hesaplandı. Ni ve Co elementlerinin LOD ve LOQ değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Ni ve Co elementi için LOD ($mg\ kg^{-1}$) ve LOQ ($mg\ kg^{-1}$) değerleri.

Table 2. LOD ($mg\ kg^{-1}$) ve LOQ ($mg\ kg^{-1}$) values for Ni and Co.

	Ni		Co	
	LOD	LOQ	LOD	LOQ
Sediment	0.0117	0.0391	0.0068	0.0227
Bitki	0.0117	0.0391	0.0068	0.0227
Su	0.7454*	2.4849*	0.2952*	0.9841*

* $\mu g\ L^{-1}$

Sediment, bitki ve su numunelerinin nikel ve kobalt analizleri için ICP-OES cihazında kullanılan kalibrasyon eğrileri, doğru denklemleri ve R^2 değerleri Şekil 1 ve Şekil 2' de verilmiştir.

Uygulanan analiz metodunun validasyon çalışmaları sonucu metodun doğruluğunun tespit edilmesi adına sertifikalı standart referans maddeler ile metod kontrolü yapılmıştır. Toprak örneği için NIST-2709 (san joaquin soil), su için NIST-1640a (natural water) ve bitki için NIST-1570a (spinach leaves) standart referans maddeleri aynı

Çizelge 3. Standart referans madde ICP-OES analiz sonuçları (n=6).

Table 3. ICP-OES analysis results of standard reference materials (n=6).

	Ni			Co		
	Sertifika	Analiz	%RSD	Sertifika	Analiz	%RSD
Sediment*	85 ± 2	84.7 ± 5.1	0.17	12.8 ± 0.2	12.6 ± 0.9	0.79
Bitki*	2.142 ± 0.0058	2.14 ± 0.09	0.05	0.393 ± 0.03	0.364 ± 0.012	0.12
Su**	25.12 ± 0.12	25.0 ± 1.1	0.22	20.08 ± 0.24	20.2 ± 0.5	0.22

*Sediment ve Bitki Örnekleri için mg kg⁻¹.

**Su örnekleri için µg L⁻¹.

koşullarda çözünürleştirilip analiz edilerek Ni ve Co içerikleri sertifika değerleri ile kıyaslanmış ve metodun doğruluğu tespit edilmiştir. ICP-OES'de yapılan toprak, su ve bitki SRM analizleri sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çeltik tavalarından ekim ve hasat dönemlerinde alınan sediment numunelerinin Ni ve Co analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Ekim ve hasat dönemi sediment örnekleme analiz sonuçları (n=6).

Table 4. Sediment sampling analysis results of sowing and harvesting period (n=6).

	Ni (mg kg ⁻¹)	Co (mg kg ⁻¹)
Sediment 1	86.7 ± 0.1	14.5 ± 0.1
Sediment 2	89.7 ± 0.1	14.4 ± 0.1
Sediment 3	88.8 ± 0.1	14.5 ± 0.1
Sediment 1-2	89.0 ± 0.1	14.6 ± 0.1
Sediment 2-2	93.3 ± 0.1	15.1 ± 0.1
Sediment 3-2	88.2 ± 0.1	14.2 ± 0.1

Ni elementi için analiz sonuçlarına bakıldığında maksimum değer 93.3 mg kg⁻¹ ile hasat zamanı 2. lokasyonda tespit edilirken, minimum değer 86.7 mg kg⁻¹ ile ekim dönemi 1. lokasyonda bulunmuştur. Co elementi için minimum 14.2 mg kg⁻¹ hasat zamanı 3. lokasyonda görülürken maksimum değer 15.1 mg kg⁻¹ ile hasat zamanı 2. lokasyonda tespit edilmiştir. Ni elementi derişiminin ekim ve hasat dönemleri arasında yaklaşık 2 mg kg⁻¹ arttığı görülürken Co elementi

Çizelge 5. Ekim ve hasat dönemi su analiz sonuçları (n=6).

Table 5. Water analysis results of sowing and harvesting period (n=6).

	Ni (µg L ⁻¹)	Co (µg L ⁻¹)
Su 1	2.79 ± 0.01	0.504 ± 0.008
Su 2	3.97 ± 0.01	0.421 ± 0.005
Su 3	3.80 ± 0.01	0.384 ± 0.002
Su 1-2	5.86 ± 0.02	0.780 ± 0.003
Su 2-2	8.71 ± 0.02	0.657 ± 0.003
Su 2-3	7.75 ± 0.02	0.758 ± 0.005

için önemli sayılacak bir değişim görülmemiştir.

Çeltik alanlarından ekim ve hasat dönemlerinde alınan tava suyunda Ni ve Co analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir.

Çeltik tavalarından yapılan örnekleme sonuçlarında Ni elementi minimum 2.79 µg L⁻¹ ile ekim döneminde 1. lokasyonda, maksimum değer ise 8.71 µg L⁻¹ ile hasat zamanı 2. lokasyonda görülmüştür. Ekim ve hasat dönemleri arasında yaklaşık 4 µg L⁻¹'lik bir artış saptanmıştır. Co analizi sonuçlarına bakıldığında minimum değer 0.384 µg L⁻¹ ile ekim dönemi 3. lokasyonda, maksimum değer 0.780 µg L⁻¹ ile hasat dönemi 1. lokasyonda saptanmıştır. Yine Ni elementinde olduğu gibi Co'ta da ekim ve hasat dönemleri arasında bir artış görülmüş olup bu miktar 0.3 µg L⁻¹'dir.

Hasat döneminde alınan çeltik bitkisi numunelerinden ayıklanan pirinç ve kavuz örneklerinin Ni ve Co içeriklerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Hasat dönemi pirinç ve kavuz analiz sonuçları (n=6).

Table 6. Analysis results of rice and rice husk in harvest period (n=6).

	Ni (mg kg ⁻¹)	Co (mg kg ⁻¹)
Pirinç 1	0.899 ± 0.002	0.128 ± 0.001
Pirinç 2	0.966 ± 0.002	0.166 ± 0.001
Pirinç 3	1.16 ± 0.01	0.172 ± 0.001
Kavuz 1	0.623 ± 0.002	0.179 ± 0.002
Kavuz 2	0.902 ± 0.002	0.197 ± 0.002
Kavuz 3	0.879 ± 0.002	0.188 ± 0.002

Bitki örnekleri analizi sonucunda Ni elementi için konsantrasyon 0.623 mg kg⁻¹ ile 1.16 mg kg⁻¹ aralığında değişmektedir. Co elementi için konsantrasyon aralığı incelendiğinde 0.128 mg L⁻¹ ile 0.197 mg L⁻¹ arasında değiştiği görülmektedir. Pirinç ve kavuz arasındaki farklar çok belirgin olmamakla birlikte kabaca Ni için pirinçte, Co için ise kavuzda ağırlıklı birikim gösterdiği söylenebilir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada Ergene Nehri havzasında bulunan ve nehirde direkt olarak sulama yapıldığı tespit edilen çeltik arazisinde Ni ve Co kirliliği, sediment, bitki ve su örnekleri içerisinde araştırılmıştır.

Dünya toprakları değerlendirildiğinde Ni konsantrasyonu 0.2 – 450 mg kg⁻¹ gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Nikel elementi kolaylıkla topraktan ve sudan bitkiye mobilize olan bir element olmakta ve takibi insan ve çevre sağlığı açısından önem taşımaktadır (Dartan ve Toröz, 2013). Sediment için Ni sonuçları Çevre ve Orman Bakanlığı yönetmeliğindeki sınır değerler ile kıyaslandığında yönetmeliğin yaklaşık 20 mg kg⁻¹ üzerinde olduğu saptanmıştır. Co için ise tespit edilen derişimlerin sınır değerleri aşmadığı görülmektedir.

Su sonuçları incelendiğinde ilk bakışta Ni ve Co kirliliği olmadığı ve sulamaya uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak alınan örneklerin direkt kaynaktan değil çeltik tavalarda biriken sudan alındığı göz önünde bulundurulduğunda suyun toprak ile teması sonucu metallerin toprağa mobilizasyonunun mümkün olduğu düşünülmektedir. Bu sebepten dolayı sonuçları sulama suyu kriterleri açısından değerlendirmek için doğrudan nehir suyunun analizi yapılmalıdır. Çalışma sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ise hasat dönemi her iki element derişiminde de bir artış olduğu görülmektedir. Bunun sebebi yaz dönemi sonlarına doğru sıcaklıkların artışı ile buharlaşmanın hızlanması ve yoğun sulama sonucu nehrin debisindeki düşüş ile nehirde ki mevcut kirlilik birikiminin atması olduğu düşünülmektedir.

Bitki sonuçlarında kavuz ve pirinç arasında kesin ve sağlıklı yorum yapılabilecek düzenli bir değişim görülmemiştir. Elde edilen verilere göre pirinç içeriğinde Ni ve Co bakımından toksisite oluşturacak değerlere rastlanmamıştır.

KAYNAKLAR

- Arora M, Kiran B, Rani A, Kaur B, Mittal N (2008). Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chemistry*, 111:811-815.
- Ayers RS, Wescott DW (1976). *Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage*, United Nations Food and Agricultural Organisation, Italy, p. 29.
- Baker, Harza (1953). *Jordan Valley Project, Master Plan Report*, Amman, Jordan.
- TUIK (2018). *Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri Tabanı*.
- Çeltik üretimi. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>
- Dartan G, Toröz İ (2013). Güney Marmara Bölgesinde Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1): 24-40.
- Denkhaus E, Salnikow K (2002). Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity, *Critical Reviews in Oncology Hematology*, 42:35-56.
- Kır İ, Tuncay Y, Tekin S (2007). Kovada Gölü'nün su ve sedimentlerindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24:155-158.
- Patrick L (2006). *Lead Toxicity, A Review*. *Alternative Medicine Review*, 11(1):2-22.
- Özkan E, Ahmet K (2008). Ergene Havzasındaki Kirliliğin Sosyo Ekonomik Etkileri, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları, Havza Kirliliği Konferansı. p.15-21, 26-27 Haziran, İzmir, Türkiye.
- Shatanawi M, Al-Zu'bi Y, Al-Jayoussi O (2003). *Irrigation Management Dynamics in the Jordan Valley. Tools for Drought Mitigation in Mediterranean Regions*. p.243-258.
- SKKY (2004). *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*. T.C. Resmi Gazete, 25687, 31.12.2004. <http://www.mevzuat.gov.tr/>
- Sun X, Fan D, Liu M, Liao H, Tian Y (2019). Persistent impact of human activities on trace metals in the Yangtze River Estuary and the East China Sea: Evidence from sedimentary records of the last 60 years. *Science of The Total Environment*, 654:878-889.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı (2012). *Atık Su Arıtımı Eylem Planı*. Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı. p. 91, Ankara.
- T.C. Edirne Valiliği (2010). *Ergene Analiz Raporu*. İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, p.1-5, Edirne.
- Yazıcı E (2018) *Durum ve Tahmin, PİRİNÇ*. Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü, p. 9, Ankara.