



Determination of Cobalt Pollution Levels in Agricultural Soils Near Residential Areas in Ankara

Zeynep Rana Demircan Ölmez^{1,a}, İnci Sevinç Kravkaz Kuşçu^{2,b,*}

¹Tarım ve Orman Bakanlığı

²Orman Mühendisi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi, Kastamonu, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Research Article</i> Received : 14.06.2024 Accepted : 03.08.2024 Keywords: Heavy metal Cobalt Agriculture Soil Ankara	Today, the increase in urbanization and the expansion of urban centers have led to the intertwining of industrial areas, residential areas and agricultural areas in many city centers. This situation causes agricultural soils to be significantly affected by anthropogenic pollution sources. Pollution of these soils poses a risk to human health when products consumed as food are grown. Therefore, these soils should be controlled for pollution. In this study, the change in the concentration of cobalt (Co), one of the most dangerous and harmful heavy metals for human and environmental health, was evaluated in soil samples taken from 20 different sampling stations at three different soil depths in agricultural soils within the borders of Yenimahalle District of Ankara Province. As a result of the study, it was determined that Co concentrations were quite high especially in locations close to industry and highways.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(11): 1894-1899, 2024

Ankara'da Yerleşim Alanlarına Yakın Tarım Topraklarında Kobalt Kirlilik Düzeylerinin Belirlenmesi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<i>Araştırma Makalesi</i> Geliş : 14.06.2024 Kabul : 03.08.2024 Anahtar Kelimeler: Ağır metal Kobalt Tarım Toprak Ankara	Günümüzde şehirleşmenin artması ve şehir merkezlerinin genişlemesi, birçok kent merkezinde sanayi alanları, yerleşim alanları ve tarım alanlarının iç içe geçmesine sebep olmuştur. Bu durum tarım topraklarının antropojenik kirlilik kaynaklarından önemli ölçüde etkilenmesine sebep olmaktadır. Bu toprakların kirlenmesi, gıda olarak tüketilen ürünler yetiştirildiğinde insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Bundan dolayı bu topraklar kirlilik yönünden kontrol edilmelidir. Bu çalışmada da Ankara İli Yenimahalle İlçesi sınırları içerisinde yer alan tarım topraklarında 20 farklı örnekleme istasyonundan, üç farklı toprak derinliğinden alınan topraklar numunelerinde, insan ve çevre sağlığı açısından en tehlikeli ve zararlı ağır metallerden olan kobalt (Co) konsantrasyonunun değişimi değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ortalama Co konsantrasyonunun 0-15 cm derinlikteki topraklarda 14556,8 ppb, 15-30 cm derinliklerdeki topraklarda 15273,4 ppb ve 30-45 cm derinlikteki topraklarda 14761,1 ppb düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Lokasyon bazında en düşük değer 7348,3 ppb ile L1 lokasyonunda (yerleşim alanında açık alanda) belirlenirken en yüksek değer 23609,1 ppb ile L8 lokasyonunda (yerleşim alanında, sanayi bölgesine yakın açık alanda) elde edilmiştir.

^a rndemircan@gmail.com

^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-0005-540X>

^b ikravkaz@kastamonu.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0001-8519-4681>



Giriş

Günümüzde tarım yapılan topraklar büyük önem taşımaktadır. Çünkü küresel ölçekte en önemli problemlerden birisi gıda yetersizliğidir. Günümüzde 830 milyon civarında insanın kronik açlık çektiği, gıdaya olan talebin karşılanabilmesi için gıda arzının son 35 yılda 2 katına çıkartıldığı, önümüzdeki 15 yılda bu arzda 2 kat daha artış olacağı tahmin edilmektedir (Dölekoğlu ve Yurdakul, 2004). Buna karşın tarım alanları giderek azalmaktadır. Dolayısıyla mevcut tarım topraklarının efektif kullanımı bir zorunluluktur.

Dünya nüfusunun hızla artışı ile beraber insanların istek ve ihtiyaçları da aynı oranda artmaktadır. Bu süreçte sanayi faaliyetleri, dünyanın demografik yapısının değişmesine sebep olarak kentleşme sorununu ortaya çıkarttığı gibi (Kaplan ve ark., 2023; Dogan ve ark., 2023), sanayi faaliyetleri veya ürünlerinde ihtiyaç duyulan enerjinin karşılanması amacıyla fosil yakıtların kullanımı da küresel iklim değişikliğine sebep olmaktadır (Varol ve ark., 2022; Özel ve ark., 2024). Böylece son yüzyılda dünya gündemine giren bu iki sorun, bugün geri döndürülemez küresel sorunlar haline gelmiştir (Bayraktar ve ark., 2022; Arıca ve ark., 2024). Dünya gündemindeki bir diğer küresel sorun da çevre kirliliğidir (Memiş ve ark., 2018; Gur ve ark., 2024).

Yine sanayi faaliyetleri ile ilişkilendirilen çevre kirliliği büyük oranda antropojeniktir (Ozel ve ark., 2024). İnsan kaynaklı kirlenmeler, kısa sürede fazla miktarda kirleticinin ortama salınması sebebiyle geniş alanların kirlenmesine sebep olmaktadır. Endüstriyel faaliyetler, madencilik faaliyetleri, kentsel kirlenme veya taşıtların egzoz dumanlarından kaynaklanan kirlilikler başlıca insan kaynaklı kirlenmelerdir. Dünyanın atmosferi son 30 ile 40 yıl içinde antropogenik kaynaklı çeşitli kirleticilerin atmosfere yayılmasına sebep olmuş ve atmosferin kalitesi insan sağlığını tehdit edecek seviyede bozulmuştur (Shahid ve ark., 2017; Çobanoğlu ve ark., 2023; Şevik ve ark., 2024). Öyle ki dünya genelinde her yıl yaklaşık 7 milyon insanın hava kirliliği sebebiyle hayatını kaybettiği rapor edilmiştir (Savas ve ark., 2021).

Hava kirliliği ile birlikte su ve toprakta antropojenik kaynaklı olarak hızla kirlenmektedir. Özellikle sanayi faaliyetlerinde hammadde olarak kullanılan elementlerin yeraltındaki rezervlerden çıkartılarak ortama salınması hava (Isinkaralar ve ark., 2023) ile birlikte toprak (İstanbul ve ark., 2023) ve suyun (Şimşek ve Mutlu, 2023; Mutlu ve ark., 2023; Tokatli ve ark., 2024) hızla kirlenmesine sebep olmaktadır. Üstelik bu elementlerin birçoğu ağır metallerdir. Ağır metal kirliliği insan ve çevre sağlığı açısından diğer kirlilik türlerine göre çok daha tehlikeli ve zararlıdır. Çünkü ağır metaller doğada kolay kolay yok olmazlar, biyobirikme eğilimindedirler ve bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik, kanserojen ve ölümcül etkilere sahiptir (Koç ve ark., 2024). Yapılan çalışmalar ağır metallerin tamamına yakınının belirli bir miktarın üzerinde alındığında toksik etki oluşturduğunu göstermektedir (Yayla ve ark., 2022). Civa (Hg), Kadmiyum (Cd), Arsenik (As) ve Kurşun (Pb) gibi bazı ağır metaller ise yaşayan organizmalar için düşük konsantrasyonlarda dahi ciddi toksisite oluşturabilmektedirler (Arıca ve ark., 2019).

Ağır metaller içerisinde en zararlılarından birisi kobalt (Co) dır. Orta gerilim elektrik, patlatma ve kobalt metal madenciliğinde kullanılan kobalt cevheri insan sağlığına zararlı etkilere yol açmaktadır. Küresel coğrafi bağlamda, orta gerilim elektrik üretimi, küresel ısınmaya en büyük katkısı yapan unsurdur (Farjana ve ark., 2019). Co iyonlarının potansiyel sızıntısı, katalitik aktiviteyi azaltabilir ve ikincil su kirliliğine neden olarak ekolojik güvenliği ve insan sağlığını tehdit edebilir (Wang ve ark., 2022).

Özellikle kentsel alanlar, sanayi alanları ve taşıt trafiğinin fazla olduğu alanlarda ağır metal kirliliği de yüksek seviyededir. Kentleşme ile birlikte yerleşim alanları ile tarım alanları hemen hemen bütün şehirlerde iç içe geçmiş durumdadır (Şen ve ark., 2018). Bu durum tarım alanlarının da ağır metallerce kirlenmesine sebep olmaktadır. Bu durum, gıda amaçlı üretim yapılan tarım alanlarında büyük bir risk unsurudur. Çünkü bitki gelişimi her şeyden önce genetik yapı ile birlikte çevresel faktörlere bağlı olarak şekillenir (Sevik ve ark., 2017; Yucedag ve ark., 2019). Çevresel faktörler içerisinde toprak, bitki gelişimini şekillendiren en önemli faktörlerdendir. Ayrıca topraktaki ağır metaller bitki bünyesinde biriktirilmekte ve bu bitkileri gıda olarak tüketen insanlarda önemli sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin yüksek olduğu düşünülen alanların yakınındaki tarım topraklarında ağır metal kirliliğinin düzeyinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada da yerleşim alanları, sanayi alanlar ve otoyolların arasında kalan tarım alanlarının sıkça bulunduğu Ankara İli Yenimahalle ilçesi sınırlarında yer alan bazı tarım topraklarında en tehlikeli ağır metallere olan kobalt (Co) konsantrasyonlarının bölgesel bazda ve toprak derinliğine bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece insan ve diğer canlıların sağlığı açısından büyük tehdit oluşturabilen Co elementinin, gıda amaçlı bitkisel üretim yapılan tarım topraklarında, sanayi, trafik veya kentsel alanların etkisi ile hangi düzeyde kirliliğe sebep olabileceği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Toprak örnekleri Ankara ili Yenimahalle İlçesindeki tarım topraklarından alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı noktalar Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmanın yapıldığı alan yaklaşık olarak 39°59'54"-40°00'59" kuzey enlemleri ile 32°46'06"-32°44'51" dopu boylamları arasında yer almaktadır. Örneklerin alındığı bölgenin eğimi genel olarak düz veya düze yakın (%0-5 eğimli) olup bundan dolayı hakim bir bakı etkisi görülmemektedir. Alanın ortalama rakımı 950 m civarındadır. İklim olarak karasal iklim tipinin etkisi görülmektedir. Çalışmanın yapıldığı alandaki topraklarda genellikle buğday tarımı yapılmakta olup örneklerin alındığı yıl da yine topraklarda buğday yetiştirilmiş ve hasat yapılmıştır. Bu topraklarda her yıl N, P ve K elemntlerini içeren gübreler kullanılmaktadır.



Şekil 1. Toprak örneklerinin alındığı noktalar
Figure 1. Points where soil samples were collected

Örneklerin alındığı lokasyonlar belirlenirken, sanayi bölgesine, yollara, orman alana ve yerleşim alanlarına mesafeleri göz önüne alınmıştır. Lokasyonların genel özellikleri şu şekildedir:

- L1; yerleşim alanında, açık alanda
- L2; yerleşim alanında, açık alanda
- L3; yerleşim alanında, açık alan sınırında, anayoldan uzak
- L4; ara yolun kenarında ve sanayi bölgesinden uzak
- L5; ana yol kenarında ve sanayi bölgesine yakın
- L6; ara yol kenarında ve sanayi bölgesine yakın
- L7; ara yol kenarında ve sanayi bölgesine yakın
- L8; yerleşim alanında, açık alanda ve sanayi bölgesine yakını
- L9; ana yolun kenarına yakın
- L10; ara yolun kenarına yakın
- L11; sanayi bölgesinden uzak ve ormanlık alanın yakını
- L12; sanayi bölgesine yakın
- L13; ana yolun kenarına yakın, sanayiye bölgesine uzak
- L14; sanayi bölgesinden uzak
- L15; sanayi bölgesinden uzak
- L16; sanayi bölgesinden uzak, arayolun kenarı
- L17; sanayi bölgesinden ve ana yoldan uzak
- L18; sanayi bölgesinden uzak ve ormanlık alanın yakını
- L19; sanayi bölgesinden ve ana yoldan uzak
- L20; sanayi bölgesinden ve ana yoldan uzak

Çalışmaya konu toprak örnekleri Temmuz ayı içerisinde, yukarıda belirtilen noktalardan üç farklı toprak derinliğinden alınmıştır. Toprak örnekleri toprağın üst yüzeyinden (0-15 cm derinlikten), toprağın orta derinliğinden (15-30 cm derinlikten) ve toprağın alt derinliğinden (30-45 cm derinlikten) alınmıştır. Böylece çalışmada toplam 60 adet toprak numunesi analiz edilmiştir. Toprak numuneleri alındıktan sonra etiketlenerek poşetlere konulmuş ve analiz için laboratuvara götürülmüştür.

Toprak örnekleri laboratuvarında öncelikle sınıflandırılmış, temiz bir ortamda 2-3 gün süresince

kurutma kağıtları üzerine serilerek kurutma işlemine tabii tutulmuştur. Örnekler daha sonra 50 °C de etüvde 15 gün kurutulmuş (İstanbul ve ark., 2023; Erdem ve ark., 2024) ve 2 mm elekten geçirilmiştir. Elenen topraklarda Co analizleri ICP-OES (GBC Scientific Equipment Pty Ltd., Melbourne, Australia) cihazı yardımıyla yapılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntem son yıllarda topraklardaki ağır metal analizleri için sıklıkla kullanılmaktadır (İstanbul ve ark., 2023; Erdem ve ark., 2024). Analizler sonucu elde edilen veriler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiş verilere varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır.

Bulgular

Kobalt (Co) Konsantrasyonu (ppb)

Çalışmaya konu olan Co konsantrasyonlarının lokasyona ve toprak derinliğine bağlı olarak değişimine ilişkin ortalama değerler ile istatistiki analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 değerleri incelendiğinde, bütün lokasyonlarda toprak derinliği ve bütün toprak derinliklerinde de lokasyon bazında Co konsantrasyonunun değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonuçlarına göre, üst topraklarda en düşük değerler 7029,6 ppb ile L1 ve 9836,2 ppb ile L4 lokasyonlarında elde edilmiştir. Bu iki lokasyon da hem sanayi bölgesine hem de anayollara uzak lokasyonlardır. En yüksek Co konsantrasyonları ise 26201,8 ppb ile L16, 21684,4 ppb ile L8 ve 20786,7 ppb ile L10 lokasyonlarında elde edilmiştir. Bu lokasyonlardan L8 sanayi bölgesine yakındır. Diğer iki lokasyon ise arayolun kenarıdır.

Orta derinlikteki topraklarda en düşük değerler 7183,6 ppb ile L1 ve 10785,7 ppb ile L3 lokasyonlarında elde edilmiş olup her iki lokasyon da sanayi bölgesi ve anayola uzaktır. En yüksek Co değerleri ise 25723,1 ppb ile L12, 22657,7 ppb ile L9, ve 22296,8 ppb ile L8 lokasyonlarında elde edilmiştir. Bu lokasyonlardan L8 ve L12 sanayi bölgesine, L9 ise anayola yakın lokasyonlardır.

Çizelge 1. Co konsantrasyonlarının lokasyon ve toprak derinliğine bağlı değişimi

Table 1. Variation of Co concentrations depending on location and soil depth

Lokasyon	Derinlik			F Değeri	Ortalama
	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm		
L1	7029,6 ^{aA}	7183,6 ^{aA}	7831,8 ^{aB}	25,5*	7348,3 ^a
L2	12171,7 ^{fA}	13700,4 ^{hB}	16675,2 ^{mC}	142,0***	14182,4 ^{de}
L3	11520,6 ^{dC}	10785,7 ^{bB}	10567,1 ^{dA}	163,7***	10957,8 ^b
L4	9836,2 ^{bA}	12054,5 ^{dB}	12123,2 ^{hB}	427,4***	11338,0 ^b
L5	11762,1 ^{eB}	13153,8 ^{fgC}	10171,7 ^{cA}	1981,4***	11695,9 ^{bcd}
L6	14320,2 ^{kC}	12884,4 ^{efB}	9497,7 ^{bA}	7155,0***	12234,1 ^{bcd}
L7	18506,6 ^{oA}	18913,8 ^{lA}	20948,7 ^{nB}	103,1***	19456,3 ^{fg}
L8	21684,4 ^{rA}	22296,8 ^{nB}	26846,2 ^{rC}	1440,3***	23609,1 ^h
L9	15950,5 ^{nA}	22657,7 ^{oC}	21556,4 ^{pB}	2681,6***	20054,8 ^{fg}
L10	20786,7 ^{pA}	21103,4 ^{mB}	21574,5 ^{pC}	49,7***	21154,9 ^g
L11	14934,1 ^C	11550,4 ^{cA}	11857,2 ^{gB}	2392,5***	12780,6 ^{bcde}
L12	12977,6 ^{gA}	25723,1 ^{pC}	21303,0 ^{oB}	4885,6***	20001,2 ^{fg}
L13	15713,6 ^{mB}	17483,4 ^{kC}	12025,7 ^{ghA}	1947,3***	15074,2 ^e
L14	14099,9 ^{iC}	12112,8 ^{dB}	11425,6 ^{fA}	91,1***	12546,1 ^{bcde}
L15	13281,3 ^{hB}	12676,0 ^{eA}	14596,0 ^{kC}	367,3***	13517,8 ^{bcde}
L16	26201,8 ^{sC}	16128,7 ^{jB}	12433,6 ^{lA}	32865,1***	18254,7 ^f
L17	13293,8 ^{hA}	13258,7 ^{gA}	13548,7 ^{jB}	94,8***	13367,1 ^{bcde}
L18	13713,3 ^{lA}	14774,7 ^{lB}	13632,3 ^{iA}	96,5***	14040,1 ^{cde}
L19	12956,6 ^{gA}	13893,9 ^{hB}	15545,0 ^{lC}	4251,7***	14131,8 ^{de}
L20	10394,9 ^{eA}	13131,6 ^{fgC}	11062,8 ^{eB}	703,2***	11529,8 ^{bc}
F Değeri	4504,2***	2521,1***	4150,3***		27,7***
Ortalama	14556,8	15273,4	14761,1	0,37ns	

Tabloda harfler Duncan testi sonucunda oluşan homojen grupları göstermektedir. Küçük harfler dikey, büyük harfler yatay sonuçları vermektedir. Aynı harflerin bulunduğu değerler Duncan testi sonucunda aynı gruplarda yer almaktadır ve aralarında istatistiki olarak anlamlı düzeyde fark yoktur ($p>0,05$).

Derin topraklarda da en düşük değerler 7831,8 ppb ile L1, 9497,7 ppb ile L6, ve 10171,7 ppb ile L5 lokasyonlarında elde edilmiş olup, en yüksek değerler ise 26846,2 ppb ile L8, 21556,4 ppb ile L9 ve 21574,5 ppb ile L10 lokasyonlarında elde edilmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise; lokasyonlarda ortalama en yüksek değer 23609,1 ppb ile L8, ortalama en düşük değer 7348,3 ppb ile L1 lokasyonlarında da elde edilmiştir. L8 lokasyonu sanayi yakınında bir lokasyon olup, L1 lokasyonu ise hem sanayi hem de anayola uzak bir lokasyondur.

Sonuç ve Tartışma

Çalışma sonuçları genel olarak sanayi bölgesi (L7, L8, L12 vb) ve anayol kenarındaki (L9 ve L13) lokasyonlardan alınan topraklarda Co konsantrasyonunun daha yüksek seviyelerde olduğunu göstermektedir. Bu durum sağlık açısından risk teşkil etmektedir. Çünkü bu bölgelerde tarım yapılmakta ve yetiştirilen bitkiler gıda olarak tüketilmektedir. Yüksek düzeyde Co kirliliği olan topraklarda yetişen bitkilerdeki Co konsantrasyonunun da yüksek olacağı açıktır. Çünkü ağır metaller bitki bünyesine girer; topraktan kökler vasıtasıyla, havadan yapraklar vasıtasıyla ve gövde bölümlerinden doğrudan adsorbsiyonla olabilmektedir (Key ve ark., 2023). Dolayısıyla yüksek konsantrasyonda Co bulunan topraklarda yetişen bitkilerde Co konsantrasyonu da oldukça yüksek seviyede olacaktır. Bitkilerde ise kobaltın morfoloji üzerindeki toksik etkisi yaprak dökümüne, yeşillenmenin engellenmesine, damarların renginin bozulmasına, yaprakların erken kapanmasına ve sürgün ağırlığının azalmasına neden olmaktadır (Palit ve ark., 1994).

Co konsantrasyonları toprakta 1 ila 40 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanında Co konsantrasyonunun da bu değerler arasında değiştiği belirlenmiştir. Bitkiler topraktan küçük miktarlarda (kuru ağırlık bazında 0,03–2 ppm aralığında) Co biriktirebilmektedirler (Yamaguchi ve ark., 2017). Bitkilerde Co alımı ve dağılımı türe bağlı olarak değişmektedir ve farklı mekanizmalar tarafından kontrol edilmektedir (Nagajyoti ve ark., 2010). Co'nun bitki bünyesine alımı ve yer değiştirmesine oldukça özel taşıyıcı sistemler aracılık etmektedir (Banerjee ve ark., 2021). Kobaltın bitkilerdeki dağılımı tamamen türe bağlıdır. Yapılan çok sayıda çalışmada ağır metal biriktirme kapasitesinin tür bazında önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir (Sevik ve ark., 2019; Karacocuk ve ark., 2022; Isinkaralar ve ark., 2024a,b). Bundan dolayı topraktaki Co kirliliğinden etkilenmeyen ve Co'yu bünyesinde biriktirmeyen bitki türleri bu alanlarda tercih edilmelidir.

Bitkiler canlı yaşamın kaynağı olup dünyadaki tüm canlı yaşamı bitkilere bağlıdır (Sevik ve ark., 2016; Yigit ve ark., 2019). Bitkiler besin pramidinin temelini oluştururken aynı zamanda çok sayıda ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonu da yerine getirirler (Isinkaralar ve ark., 2023a,b; Erdem ve ark., 2023). Ancak, bitkilerin kendilerinden beklenen fayda ve fonksiyonları yerine getirebilmeleri sağlıklı olarak gelişmelerine bağlıdır. Bitki gelişimi temel olarak genetik yapı ile çevre faktörlerine bağlı olarak şekillenir (Kurz ve ark., 2023; Hrivnak ve ark., 2024). Çevre faktörleri içerisinde de en önemlileri iklim (Canturk ve ark., 2024; Özdicmenli ve ark., 2024) ve topraktır (Kravkaz Kuşçu ve ark., 2018). Bundan dolayı toprak içerisinde bulunan ve bitkiler için toksik olabilen elementler, bitki sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Sulhan ve ark., 2023; Cobanoglu ve ark., 2023).

Buna karşın topraklar, çevre kirliliğinden en çok etkilenen unsurlardandır. Topraklar hem üzerlerinde yaşayan bitkiler, hem de ekosistem için vazgeçilmez temel unsurlardandır. Ülkemizde tarıma elverişli topraklar her geçen yıl daha da azalmakta, dünyadaki diğer ülkelerde olduğu gibi bu topraklardaki kirlilik miktarı artmakta ve böylece tarım toprakları hem alansal olarak azalmakta hem de niteliği bozulmaktadır. Oysa gıda ihtiyacı sürekli artmaktadır. Tarım yapılabilen toprakların alansal olarak azalması, niteliğini kaybederek verimsizleşmesine ek olarak küresel iklim değişikliği gibi faktörlere bağlı olarak birim alandan alınan ürünün azalması, tarım topraklarını daha da değerli hale getirmektedir (Dölekoğlu ve Yurdakul, 2004; Koç, 2022a,b). Oysa bu değerli topraklar, kentsel alanlar, sanayi tesisleri ve trafik gibi ağır metal kirlilik kaynağı olan alanlarda büyük bir tehdit altındadır. Bundan dolayı tarım topraklarının kirlilik etmenlerinden korunması büyük önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- Aricak, B., Canturk, U., Koc, I., Erdem, R., Sevik, H. (2024). Shifts that may appear in climate classifications in Bursa due to global climate change, *Forestist* 74, 129-137. Doi:10.5152/forestist.2024.23074
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 6723-6734.
- Banerjee, P., Bhattacharya, P. (2021). Investigating Cobalt in Soil-plant-animal-human system: Dynamics, Impact and Management. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21, 2339–2354 (2021). <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00525-w>
- Bayraktar, O. Y., Yilmazoglu, M., Mutevelli, İ., Çetin, M., Çitoğlu, G. S., Dadula, C. P., & Dadula, D. P. (2022). Usability of organic wastes in concrete production; palm leaf sample. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 69-77.
- Canturk, U., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Possible Changes of *Pinus nigra* Distribution Regions in Türkiye with the Impacts of Global Climate Change. *BioResources*, 19(3), 6190-6214.
- Cobanoğlu, H., Sevik, H., & Koç, İ. (2023). Do annual rings really reveal cd, ni, and zn pollution in the air related to traffic density? An example of the cedar tree. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(2), 65.
- Çobanoğlu, H., Cantürk, U., Koç, İ., Kulaç, Ş., & Sevik, H. (2023). Climate change effect on potential distribution of Anatolian chestnut (*Castanea sativa* mill.) in the upcoming century in Türkiye. *Forestist*, 73(3), 247-256.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., Cetin, M., & Kocan, N. (2024). Comprehensive risk assessment for identifying suitable residential zones in Manavgat, Mediterranean Region. Evaluation and program planning, 102465. Dölekoğlu, C. Ö., & Yurdakul, o. (2004). Adana ilinde hane halkının beslenme düzeyleri ve etkili faktörlerin logit analizi ile belirlenmesi. *Akdeniz University Faculty of Economics & Administrative Sciences Faculty Journal*, 4(8).
- Erdem, R., Çetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2023a). The change of the concentrations of boron and sodium in some forest soils depending on plant species. *Forestist*, 73(2), 207-212.
- Erdem, R., Aricak, B., Cetin, M., & Sevik, H. (2023b). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist*, 73(3), 257-263.
- Erdem, R., Koç, İ., Çobanoğlu, H., & Şevik, H. (2024). Variation of magnesium, one of the macronutrients, in some trees based on organs and species. *Forestist*, 74(1), 84-93.
- Erdem, R. (2023). Change of Cr, Co, and V concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *BioResources*, 18(3), 6183.
- Gur, E., Palta, S., Ozel, H. B., Varol, T., Sevik, H., Cetin, M., ve Kocan, N. (2024). Assessment of Climate Change Impact on Highland Areas in Kastamonu, Turkey. *Anthropocene*, 46, 100432.
- Hrivnák, M., Krajmerová, D., Paule, L., Zhelev, P., Sevik, H., Ivanković, M., Goginashvili, N., Paule, J., Gömöry, D. (2024). Are there hybrid zones in *Fagus sylvatica* L. sensu lato?. *European Journal of Forest Research*, 143, 451–464. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01634-0>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04399-z>
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koc, I., Cobanoglu, H., & Canturk, U. (2024a). Accumulation analysis and overall measurement to represent airborne toxic metals with passive tree bark biomonitoring technique in urban areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(8), 689.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., & Bayraktar, E. P. (2024b). Ecological and health risk assessment in road dust samples from various land use of Düzce City Center: Towards the sustainable urban development. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235(1), 84.
- Istanbullu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial distribution of heavy metal contamination in road dust samples from an urban environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78. <https://doi.org/10.1007/s00128-023-03720-w>
- Kaplan, G., Bayraktar, O. Y., Li, Z., Bodur, B., Yilmazoglu, M. U., & Alcan, B. A. (2023). Improving the eco-efficiency of fiber reinforced composite by ultra-low cement content/high FA-GBFS addition for structural applications: Minimization of cost, CO2 emissions and embodied energy. *Journal of Building Engineering*, 76, 107280.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., Cetin, M. (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 18, 75-83. <https://doi.org/10.1007/s11355-021-00483-6>
- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2023). Proof of concept to characterize historical heavy-metal concentrations in atmosphere in North Turkey: determining the variations of Ni, Co, and Mn concentrations in 180-year-old *Corylus colurna* L.(Turkish hazelnut) annual rings. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(10), 1-13.
- Koç, İ., Canturk, U., Isinkaralar, K., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2024). Assessment of metals (Ni, Ba) deposition in plant types and their organs at Mersin City, Türkiye. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(3), 282.
- Kravkaz-Kuscu, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1613-1617.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech–Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Memiş, S., Özkan, İ. M., Yilmazoglu, M. U., Kaplan, G., & Yaprak, H. (2018). Behavior of mortar samples with waste brick and ceramic under freeze-thaw effect. In *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium, (ISBS 2017) 2(3)*, 189-202. Springer International Publishing.

- Mutlu, E., Tokatlı, C., Islam, A. R. M. T., Islam, M. S., & Muhammad, S. (2023). Water quality assessment of Şehriban Stream (Kastamonu, Türkiye) from a multi-statistical perspective. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 1-17.
- Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., ve Sreekanth, T. V. M. (2010). Ağır metaller, bitkiler için oluşum ve toksisite: bir inceleme. *Çevre Kimyası mektupları*, 8, 199-216.
- Ozel, H. B., Sevik, H., Cetin, M., Varol, T., ve Isik, B. (2024). Impact of employment policies on disabled individuals in silvicultural activities. *Environment, Development and Sustainability*, 1-14.
- Özdikmenli, G., Yiğit, N., Özel, H. B., & Şevik, H. (2024). Altitude-dependent Variations in Some Morphological and Anatomical Features of Anatolian Chestnut. *BioResources*, 19(3), 4635-4651.
- Özel, H. B., Şevik, H., Yıldız, Y., & Çobanoğlu, H. (2024). Effects of silver nanoparticles on germination and seedling characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis*) seeds. *BioResources*, 19(2), 2135-2148.
- Palit, S., Sharma, A., & Talukder, G. (1994). Effects of cobalt on plants. *The Botanical Review*, 60, 149-181.
- Savas, D. S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science Pollution Research*, 28, 55446-55453. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1>
- Sevik, H., Cetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications*, 39(1), 485-492.
- Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6579-6587.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5909-5921.
- Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 325, 36-58.
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on *Picea pungens* Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 25(5), 4365-4384.
- Şen, G., Güngör, E., & Şevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 190(8), 454.
- Şevik, H., Yıldız, Y., & Özel, H. B. (2024). Phytoremediation and Long-term Metal Uptake Monitoring of Silver, Selenium, Antimony, and Thallium by Black Pine (*Pinus nigra* Arnold).. *BioResources*, 19(3), 4824-4837.
- Şimşek, A., & Mutlu, E. (2023). Assessment of the water quality of Bartın Kışla (Kozcağız) Dam by using geographical information system (GIS) and water quality indices (WQI). *Environmental Science and Pollution Research*, 30(20), 58796-58812.
- Tokatli, C., Mutlu, E., Ustaoglu, F., Islam, A. R. T., & Muhammad, S. (2024). Spatiotemporal variations, health risk assessment, and sources of potentially toxic elements in potamic water of the Anday Stream Basin (Türkiye), Black Sea Region. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(5), 420.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1), 637-647.
- Wang, W., Song, F., Du, C., & Su, Y. (2022). Durable and eco-friendly peroxymonosulfate activation over cobalt/tin oxides-based heterostructures for antibiotics removal: Insight to mechanism, degradation pathway. *Journal of Colloid and Interface Science*, 625, 479-492.
- Yamaguchi, T., Tomioka, R. ve Takenaka, C. (2017). Metal dozlama denemesinde Clethra barbinervis dokularında kobalt ve nikel birikimi. *Bitki ve Toprak*, 421, 273-283.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Variation of stomatal characteristics in broad leaved species based on habitat. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12859-12868.
- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(5), 1-4.