

# TARIM JEOFİZİĞİ

Mehmet Ali Kaya<sup>1</sup>, Çağlayan Balkaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trakya Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 22020, Sarayçı, Edirne, E-mail: malikaya1@trakya.edu.tr

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Isparta, E-mail: caglayanbalkaya@sdu.edu.tr

## ÖZET

Tarım jeofiziği, tarımsal amaçlı jeofizik araştırmaları kapsamaktadır. Toprağın fiziksel özelliklerindeki değişimler, doğru akım elektrik öz direnç (DAÖ), yer radarı ve elektromanyetik EM indüksiyon gibi yöntemler ile belirlenebilmektedir. Jeofizik yöntem uygulamaları, toprağın yatay ve düşey yöndeki değişimlerini belirlemede geleneksel tarım (/ ziraat) uygulamalarına oranla önemli ekonomik katkılar sağlamaktadır. Ek olarak, toprağın doğal değişimlerinin yanısıra kirleticilerin etkisiyle kirlenmiş zirai alanlar da jeofizik yöntemlerle belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, kendi araştırmamızdan da örnek verilmişse de, tarım jeofiziği genel olarak ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım jeofiziği, Elektriksel iletkenlik, DAÖ, EM, Tuzluluk

## ABSTRACT

Agriculture geophysics covers geophysical investigations for agricultural applications. Changes in the physical properties of soil can be determined by methods such as direct current resistivity (DCR), ground-penetrating radar (GPR) and electromagnetic (EM) induction. The application of geophysical methods provides significant economic contributions to traditional agricultural applications by determining the horizontal and vertical changes of the soil when compared to the conventional techniques. Besides, agricultural areas contaminated with pollutants, as well as the natural changes of the soil, can be determined by geophysical methods. In this study, although our own research has been also considered, agricultural geophysics has been generally explained.

Keywords: Agricultural Geophysics, Electrical conductivity, DCR, EM, Salinity

## 1. GİRİŞ

Toprak, jeolojik olarak, yerkürenin en üst katmanında bulunan ve sert kayadan kolaylıkla ayırt edilebilen gevşek yüzey oluşumları ve zirai olarak, gelişmekte olan bitkilere durak yeri olan ve onları besleyen materyaller bütünüdür (inorganik ve organik maddeler ile su ve hava içerir) olarak tanımlanmaktadır (Erpul, 2014). Diğer bir tanımlama ile toprak, yeryüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayan, kayaların ve organik maddelerin türlü ayrışma ürünlerinin karışımından meydana gelen, içerisinde ve üzerinde geniş bir canlılar âlemi barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan, belli oranlarda su ve hava içeren üç boyutlu bir varlıktır (Akan, 1983). Erpul (2014)'den toprağın, hacimsel anlamda %50 katı ve %50 gözenek yapısı olduğu ve gözenekli yapının %25 su ve %25 hava; katı kısmının da %45 minerallerden kaynaklanan inorganik ve %5 organik maddeden oluştuğu anlaşılmaktadır. Toprağın derinliği 1.5-2 m civarındadır.

Maden arama, petrol arama, yeraltısuyu arama gibi jeofiziğin geleneksel uygulamalarına son yıllarda bilgisayar ve alet teknolojilerindeki gelişmelere de bağlı olarak birçok yeni uygulama alanı eklenmiştir. Çevre jeofiziği ve arkeoloji jeofiziği gibi geniş kapsamlı araştırma ve uygulama alanına sahip dalların yanısıra yapı jeofiziği, tarım (/ziraat) jeofiziği gibi nispeten daha yeni ve yine geniş kapsamlı araştırma ve uygulama alanları ortaya çıkmıştır. Bu uygulama alanları, jeofiziğin geleneksel uygulamalarına oranla daha sığ olduğu için "Yakın Yüzey Jeofizik" (Near-Surface Geophysics) olarak da tanımlanmaktadır.

Bu bağlamda, jeofiziğin uygulama alanlarına yeni eklenen tarım jeofiziği, ziraatçılar tarafından örnek toplama ve laboratuvar analizi gibi geleneksel tarım alanlarını değerlendirme yöntemlerine kıyasla hızlı, hasarsız, düşük maliyetli ve güvenilirdir. Araştırma maliyetinde jeofizik uygulamaların daha ekonomik

olduğu Humpreys vd. (1990) ve Wienhold ve Doran (2008)'de açıkça belirtilmektedir. Bu nedenlerle de tarım jeofiziği, geleneksel yöntemlere ek olarak tercih edilen bir uygulama haline gelmiştir. Aynı gerekçelerle jeofizik yöntemler tarımsal uygulamalarda ve araştırmalarda gittikçe daha önemli araçlar haline gelmiş ve tarım amaçlı jeofizik uygulamaların önem ve değerini anlatan kitap da basılmıştır (Allred vd., 2008).

Tarımsal amaçlı uygulamalarda jeofizik, yeryüzünden 2 m derinliğe kadar olan toprağı araştırmaktadır. Öncelikle, araştırılan bu 2 m derinlik seviyesinin bir avantaj olduğunu belirtmek gerekir. Zira hemen hemen tüm jeofizik yöntemler bu derinliği araştırmakta üstelik yüksek çözünürlüklü sonuçlar elde edilebilmektedir. İkincil olarak, kayacın bileşimi, gözenekliliği ve suya doygunluğu, kil içeriği, yönbağımlılığı, tuzluluğu, sıcaklığı, yaşı ve derinliği gibi parametreler araştırılan yapının öz direncini (/iletkenliğini) doğrudan etkilemektedir. En fazla 2 m derinliğe sahip toprak tabakasının yanal ve düşey değişiminin yanısıra yukarıda sayılan parametrelerden etkilenmesi özellikle yerelektrik yöntemler olarak tanımlanan DAÖ, EM ve yer radarı (ground-penetrating radar, GPR) yöntemlerinin tarım jeofiziğinde daha yoğun uygulanmasını sağlamaktadır. Bu da ikinci bir üstünlük olarak görülebilir. Toprağın günlük nem ve sıcaklık değişiminin dikkat edilmesi gereken iki parametre olduğunu da vurgulamak gerekir.

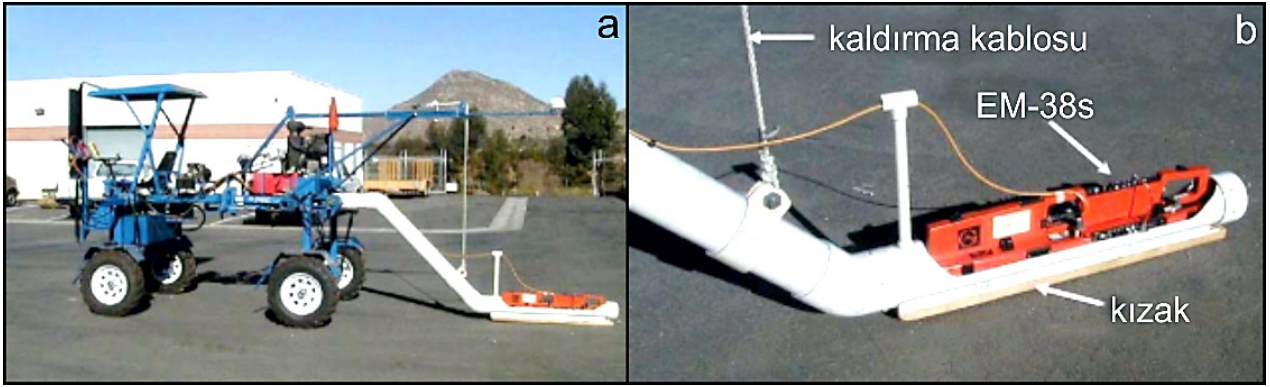
Tarımdaki ilk uygulamalar, toprak suyu (Edlefsen ve Anderson, 1941) ve tuzluluk (Rhoades ve Ingvalson, 1971) araştırmaları olsa da tarımsal alanların en verimli şekilde yönetiminin sağlanması amacıyla hassas tarımın geliştirilmesi, 1980'lerden itibaren uygulamaların artmasını sağlamıştır (Bitella vd., 2015). Elektriksel iletkenlik (Electrical Conductivity, EC), tarım alanlarındaki zeminin değişkenliğinin dolaylı olarak değerlendirilmesinde en çok kullanılan değişkenlerden biridir (Corwin ve Plant, 2005). Bu nedenle, tarım ile ilgili bitki, toprak ve kök araştırmalarının yanısıra drenaj borularının araştırılmasını kapsayan çalışmalarda yaygın olarak DAÖ, GPR ve EM indüksiyon yöntemleri kullanılmaktadır (Doolittle, 1987; Collins ve Doolittle, 1987; Banton vd., 1997; Butnor vd., 2001; Allred vd., 2005a ve b, Carroll ve Oliver,

2005; Amato vd., 2008; Allred ve Redman, 2010; Basso vd., 2010; Sabbağ, 2012; Doolittle ve Brevik, 2014). Ayrıca, radyoaktivite ölçümleri ile toprağın radyolojik özellikleri belirlenerek yerleşime uygunluk açısından bir risk değerlendirilmesi araştırması da gerçekleştirilmiştir (Uyanık vd., 2013).

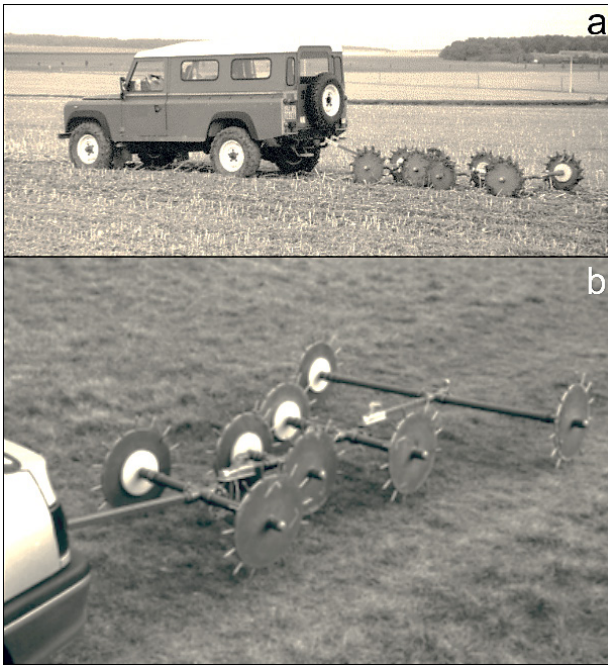
Bilindiği gibi, uygulamalı jeofizik yöntemlerinin her biri ayrı bir fiziksel özelliğe duyarlıdır. Bu nitelikleri ile önceki yıllarda bir jeolojik sorunu çözmek için tek başlarına kullanılmışlarsa da son yıllardaki uygulama; bir yöntemin sonuçları ile yetinmek yerine birkaç yöntemin birlikte uygulanması ve sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi ve bu yolla daha doğru bir yoruma ulaşma şeklindedir. Bu da, jeofizik araştırmanın başarısını yükseltmektedir. Birkaç jeofizik yöntemin birlikte uygulanması tarım jeofiziğinde de geçerlidir. Ayrıca, tarım amaçlı jeofizik uygulamalarda da, arkeoloji jeofiziğinde olduğu gibi, veri toplama aşamasında veri toplama örnekleme aralığı çok küçüktür. Çoğu kez cm mertebesinde aralıklarla veriler toplanmaktadır. Bu bağlamda, uygulanan yöntemler geleneksel olsa da uygulamada yeni ölçüm sistemleri (/uygulama biçimleri) dikkat çekmektedir. Corwin ve Lesch (2005), tarım amaçlı olarak toprağın görünür elektriksel iletkenliğini ( $EC_a$ ) ölçerken EM uygulama için Şekil 1'de gösterilen uygulama biçimini tercih etmişlerdir. Panissod vd. (1998)'in arkeoloji jeofiziği amaçlı önerdiği "Multidepth Continuous Electrical Profiling (MUCEP)" sistemini Tabbagh vd. (2000) ve Samouelian vd. (2005), toprak araştırmaları için önermişlerdir (Şekil 2).

Tarım jeofiziği araştırmalarını önerirken ülkemizin tarım toprakları açısından durumuna da bakmak gerekmektedir. Dünya Bankası verilerine göre Türkiye yüzölçümünün neredeyse yarısı tarım alanı olarak gözlenmektedir (Şekil 3). Bu kadar tarım alanımız olmasına karşılık yine Dünya Bankası verileri sulu tarım açısından %13.5 seviyelerinde olduğumuzu göstermektedir (Şekil 3).

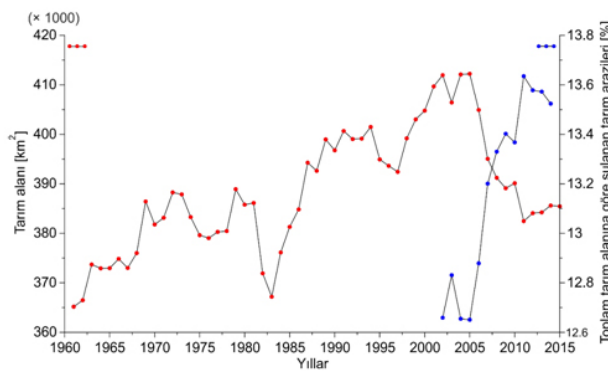
Tarım alanlarına dair sorunlardan biri, tarım alanlarının miras yoluyla sürekli küçülmesidir. Türkiye'de uygulanan miras hukuku kapsamındaki hükümlerin, tarımsal taşınmazlarda ekonomik bütünlüğü koruyamaması, tarımın devamlılığı açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır.



Şekil 1. Bir traktöre bağlanmış Geonics EM-38s iletkenlik ölçer (Corwin ve Lesch, 2005).



Şekil 2. Çok kanallı V-MUCEP sistemi (Tabbagh vd., 2000; Panissod vd., 1998).



Şekil 3. Türkiye'nin toplam tarım alanları ve sulu tarımın Türkiye'de toplam tarım alanına oranı [1, 2].

Gerek miras gerekse satış yollarıyla tarımsal arazi ve işletmelerin ölçeklerinde görülen küçülmeler, tarım topraklarının parçalılık sayısının artmasıyla beraber tarımsal üretimdeki verimliliğin giderek azalmasına neden olmaktadır. Tarım arazilerinde parçalanmayı önlemeye yönelik Toprak Kanunu ile getirilen son yasal düzenleme, 2014 yılında yürürlüğe giren "6537 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun" dur. Kanun'un en belirgin özelliği, Medeni Kanun'da yer alan tarımsal taşınmazlar ile ilgili düzenlemelerin, 6537 Sayılı Kanunu'nun içine taşınarak mülga haline gelmesiyle miras yolu ile arazi bölünmeleri konusunda bütünlük sağlanmasıdır. Mirasla ilgili düzenlemeleri tek bir çatı altında toplanarak, tarımsal araziler üzerinde mülkiyet devrini esas tutması şartı Kanun'un getirdiği en önemli değişikliktir (Kavasoğlu ve Sayın, 2016).

Tarımsal alanların parçalanmasına izin verilmemesi geniş alanlarda tarım yapan işletmelerin artması sonucunu doğururken sulu tarıma geçilmesi de tarımsal ürün çeşitliliği anlamına gelmektedir. Her iki durumda da tarım jeofiziği araştırmaları akademik ya da uygulama anlamında artış demektir. Bu nedenle meslektaşlarımızın tarım jeofiziği araştırmalarını izlemeleri, kendilerini geliştirmeleri ve bu uygulamalara hazır olmaları önerimizdir.



## 2. GÖRÜNÜR ELEKTRİKSEL İLETKENLİK (EC<sub>a</sub>) VE TOPRAK TUZLULUĞU

Görünür elektriksel iletkenlik (EC<sub>a</sub>) tarım alanlarındaki toprağın yanal ve düşey yöndeki değişimini dolaylı olarak değerlendirmek için en çok kullanılan değişkenlerden biridir (Corwin ve Plant, 2005). EC<sub>a</sub>'yı etkileyen; çözültideki iyonların türü ve konsantrasyonu, toprak matrisindeki killerin miktarı ve türü, su içeriği ve toprak suyunun sıcaklığı ve fazı gibi özellikleri daha iyi anlamak için önemli araştırmalar yapıldığı bilinmektedir (McNeill, 1980). EC<sub>a</sub>, ayrıca, Bulk yoğunluğu, toprak yapısı, iyonik bileşim, katyon değişim kapasitesi (CEC), pH, toprak organik karbon (TOC), besin ve CaCO<sub>3</sub> içerikleri gibi diğer yardımcı toprak özellikleriyle de ilişkilendirilmiştir (Doolittle ve Brevik, 2014). Bu yardımcı özellikler, toprak EC<sub>a</sub>'sını belirleyen özellikleri dolayısıyla EC<sub>a</sub>'yı dolaylı olarak etkileyebileceği için EM indüksiyon teknikleri kullanılarak araştırılabilir (Heilig vd., 2011). Bu etkileşen toprak özellikleri ile EC<sub>a</sub> arasındaki ilişkiler genellikle karmaşıktır ve kısa mesafelerde değişebilir (Brevik vd., 2004). Sonuç olarak, bazı durumlarda EC<sub>a</sub> ile belirli bir toprak özelliği arasındaki ilişkinin yönleri (±) ve derecesi değişebilmektedir (Doolittle ve Brevik, 2014). Genel olarak, yanal ve düşey yönlerde ölçülen toprak özelliğinde büyük farklılıklar ortaya çıktığı zaman daha güçlü korelasyonlar elde edilir ve EC<sub>a</sub>'yı etkileyen diğer tüm toprak özellikleri nispeten sabit kalır. Daha zayıf korelasyonlar ise ölçülen toprak özelliğinin, EC<sub>a</sub>'yı etkileyen daha değişken toprak özelliklerine göre düşük farklılıklar gösterdiği yerde ortaya çıkmaktadır. Farklı zemin özellikleri arasındaki karmaşık etkileşimler yorum aşamasını zorlaştırırken görece belirsiz ve tutarsız sonuçlara ulaşılmasına yol açabilmektedir. Yine de EC<sub>a</sub> ölçümleri bir alandaki toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliğini belirlemek ve haritalamak için giderek daha fazla kullanılmakta ve günümüzde bu amaç için tarımda en değerli araç olarak değerlendirilmektedir (Corwin, 2008; Doolittle ve Brevik, 2014).

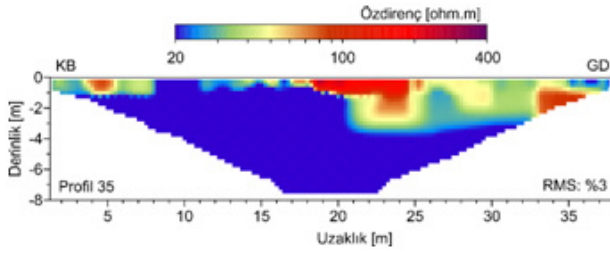
Toprak araştırmalarında, tuzdan etkilenen zeminlerin tanımlanması ve haritalanması, geleneksel olarak, sınırlı laboratuvar ölçümleri ile desteklenen görsel gözlemlerle gerçekleştirilmektedir. Genellikle toprağın yapısal özellikleri ile ortamdaki bitki örtüsü ve yüzey tuzlarının varlığına bağlı olan bu gözlemler, genel bir tuzluluk içeriğinin haritalanması

için yeterli olmakla birlikte sadece niteliksel bilgi sağlamaktadır. Ayrıca, söz konusu bu laboratuvar yöntemleri zaman alıcı ve maliyetli olmasının yanısıra alan veya zemin görünümünü temsil etmede sınırlı sayıda ölçüm içermektedir. Tuzdan etkilenen topraklarda bu geleneksel yöntemler makul derecede doğru olmakla birlikte bölgesel ölççeklerde toprak tuzluluğunun değerlendirmesinde sınırlı değerlere sahiptir (Corwin, 2008). Bu nedenlerle, Corwin (2008) tarafından belirtildiği gibi, EM indüksiyon tekniklerinin tarıma uyarlanması, alan ve peyzaj ölççeklerinde toprak tuzluluğunun güvenilir, hızlı ve kolayca hesaplanmasında büyük katkılar sağlamaktadır. Bu tekniklerin en büyük avantajı, görece büyük ölççeklerde tuzluluk ile ilgili çok sayıda niceliksel ölçüm üretebilme kapasiteleridir (Doolittle ve Brevik, 2014).

## 3. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

### 2.1. Peyzaj Amaçlı Jeofizik Uygulamalar

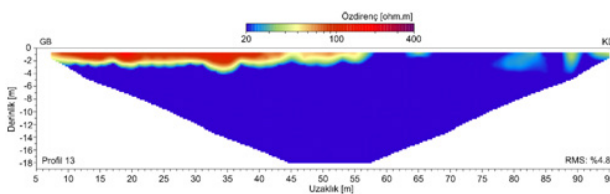
Kaya vd. (2017), Trakya Üniversitesi, Makedonya Yerleşkesinin sığ jeofizik araştırmasını yaparak, yapının tabanında gözlenen, ortamdaki yeraltı suyunun bulunması ve kontrolü için gerekli peyzaj tasarım projesini gerçekleştirmek ve aynı zamanda yeraltı suyu seviyesinin belirlenmesi ile yerleşkede bulunan tarihi yapıların yeraltı suyundan kurtarılmasını da sağlamak amacıyla proje yürütmüşlerdir. Mevcut Osmanlı dönemine ait yapıların yanı sıra, bahçede yine Osmanlı dönemine ait toprak altında duvar kalıntılarının da olabileceği tahmin edilmektedir. Yapı tabanında yer alan su sızıntıları, yeraltı suyu seviyesinin sığ olabileceğini göstermektedir. Sığ jeofizik uygulamalar sonucunda belirlenecek yeraltı suyu, hazırlanacak peyzaj tasarımı projesine göre sulama ve su gösteri alanlarında kullanılacak, aynı zamanda, olası, toprak altındaki kültürel mirasa dair yapı kalıntıları da korumaya alınacaktır. Proje kapsamında; Jeofizik yöntemlerden DAÖ yöntemi ERT (Electrical Resistivity Tomography) tekniği şeklinde uygulanarak yapılar civarındaki, olası, yeraltı suyu seviyesinin belirlenmesi ve belirlenen yeraltı suyunun peyzaj tasarım projesinin uygulanması ile kontrolünün sağlanarak yapıların korunması için çözüm önerileri amaçlanmıştır.



Şekil 4. 35. profilin özdirenç tomografisi

Uzunluğu 20-100 m arasında değişen 24 profilde ERT uygulanmıştır. Yaklaşık 40 m uzunluğundaki 35. profilde 8 m derinliklere kadar araştırılmıştır (Şekil 4). Şekil 4’de gösterildiği gibi, bu profilin orta kısımlarına rastlayan bölümde (18-25 m’ler arası) yüksek değerli özdirenç belirtileri ölçülmüştür. Belirtilerin çok sık ve ince olması, yaklaşık 5-8 m genişliğinde modern zamanlarda yapılmış fakat şu an toprak altındaki bir yolu temsil ediyor görünümündedir.

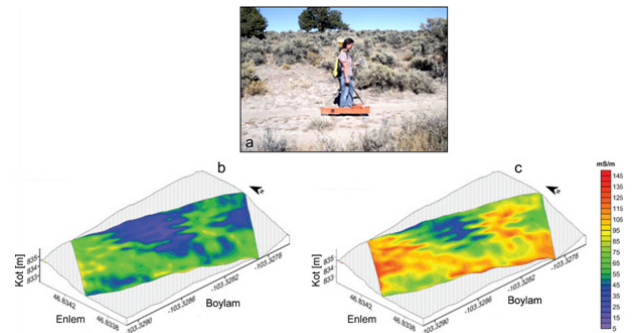
Şekil 5’de verilen GB-KD doğrultulu ve 35. profili dik kesen Profil, alanın yapısal durumunu görmek amacıyla tercih edilmiştir. 18 m derinliklere kadar alanın incelenmesi sağlanmıştır. Mavi renk ile temsil edilen düşük özdirenç bu uzun profilin hemen hemen tamamına egemen olurken kısa profiller için de benzer durum geçerlidir. Koyu mavi renk bir kaç ohm m özdirenç temsil etmektedir ki, jeolojik olarak karşılığı ıslak killerdir. Tüm profillerde alanın sık derinliklerinin, yaklaşık 0.50 m derinliğe kadar, özdirençinin nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum alanın yüzey ve sık derinliklerindeki kilin hava, güneş ışığı ve ısısına maruz kalmasından dolayı kuruması, çatlaması, pekişmesi ile açıklanabilir. Killerin gözenekliliği (porosity) yüksek olmasına karşılık geçirgenliği (permeability) neredeyse sıfırdır. Bu nedenle kil, su ile doymun olduğu durumlarda şişip suyu geçirmeyen bir yapıya dönüşmektedir. Dolayısıyla kilin akifer özelliği yoktur. Diğer yandan,



Şekil 5. Yaklaşık 100 m uzunluklu 13. profilin özdirenç tomografi sonucu.

kılcallık (capilarity), suyun yeraltı suyu seviyesinin üzerindeki bölgeye kılcal kuvvetlerle çekilmesi olup kılcal yükseklik ince taneli zeminlerde büyük, iri taneli zeminlerde küçüktür (Keskin, 2018). Mimarlık Fakültesi zeminindeki bir tahliye kuyusu ile yeraltı suyu yapı dışına tahliye edilmektedir. Yüzeydeki kil tabakasının kuru ve çatlaklı yapısı hem yüzeydeki nispeten yüksek özdirenç hem de kil çatlaklarından olası su sızıntıları ve zeminin kapilerite yolu ile suya doygunluğunun artmasıyla özdirençin düşmesi açıklanabilir.

Elde edilen bu sonuçlar, peyzaj mimarlığı bölümü ile paylaşılmış ve elde edilen veriler doğrultusunda Makedonya Yerleşkesi için Kurakçıl Peyzaj Tasarımı (Xeriscaping) dikkate alınmıştır. Araştırmanın amaçlarından biri de, Osmanlı Dönemi kültür mirasını korumaya yönelik, yeraltındaki olası yapı kalıntılarını ortaya koymaktır. Özdirenç tomografi sonuçları Yerleşkenin bahçesinde belirtiler ortaya koymuştur. Bunlar; gömülü merdivenin olduğu kısım, olası bir yol ve yük taşımaya yarabilecek beton bloklar olarak düşünülmüştür. Merdivenler Osmanlı dönemi; yol ve beton blokların ise Cumhuriyet dönemi olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6. Billings County (Kuzey Dakota, ABD)'de (a) EM-38-MK2-2 iletkenlik ölçer uygulaması (Doolittle ve Brevik, 2014) (b) 0-75 cm ve (c) 0-150 cm için ECa haritaları (Helling vd., 2011)

## 2.2. Görünür iletkenlik ve tuzluluk uygulamaları

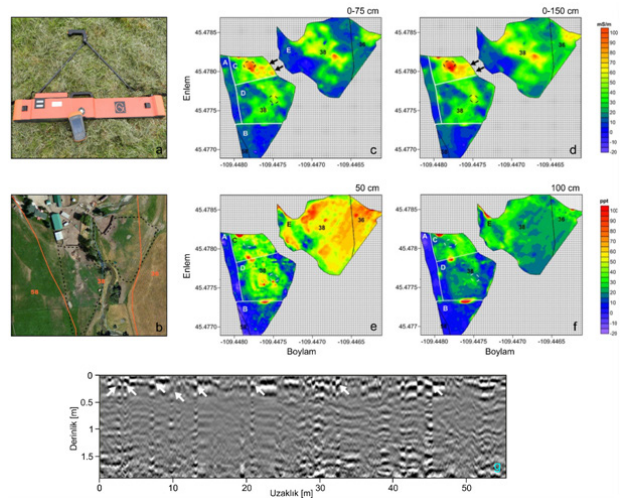
Heiling vd. (2011), Kuzey Dakota'nın güneybatısında bulunan Billings County (ABD)'de bir mera alanında toprak örnekleri alınmasına rehberlik etmek ve sodyum içeriğinden etkilenen alanlardaki toprak özelliklerinin etkisini değerlendirmek için EM-38-MK2-2 iletkenlik ölçer (Şekil 6a) kullanarak bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Halka aralıklarının sırasıyla 50 ve 100 cm olarak belirlendiği çalışmada 0-75 cm (Şekil 6b) ve 0-150 cm (Şekil 6c) için  $EC_a$  haritaları oluşturulmuştur. Araştırmacılar, sodyum içeriğinden etkilenen alanlarda  $EC_a$ 'nın çözünür tuz konsantrasyonu ile önemli ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, çalışma alanındaki  $EC_a$  değerlerinin genel olarak derinlik ile arttığını vurgulayarak bunun alandaki tuzlanmanın bir göstergesi olduğunu açıklamışlardır.

Bir diğer araştırmada, Güney Merkez Montana (ABD)'de hayvanların barındırıldığı ve yetiştirildiği bit tarım işletmesinin (Animal Feeding Operation, AFO) alandaki Stillwater Nehri'nin bir kolundan uzaklaştırılarak besin ve organik maddelerin nehre karışmasını önlemeye yardımcı olacak daha geniş bir bitki örtüsü şeridinin oluşturulması amaçlanmıştır (Doolittle, 2013). Alan aynı zamanda, kapsamı tam olarak bilinmemekle birlikte, arkeolojik bir alan içerisinde bulunmaktadır. Bu nedenle Doğal Kaynakları Koruma Servisi (Natural Resources Conservation Service, NRCS) bölgede herhangi bir arkeolojik özellik bulunup bulunmadığının belirlenmesi amacıyla detaylı bir durum tespit çalışması için bir jeofizik çalışma gerçekleştirilmesi istemiştir (Doolittle, 2013).

Önerilen alanda EM indüksiyon ve yer radarı çalışmaları gerçekleştirilmiştir.  $EC_a$  ve  $MS_a$  (görünür manyetik duyarlılık) ölçümleri Geonics tarafından üretilen ve bir verici ve iki alıcı bobin ile 14.5 Hz frekansında çalışan EM38-MK2 iletkenlik ölçer cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 7a). Şekil 7b, söz konusu işletmeye ait yapılar ile çalışma alanı sınırlarını (siyah kesikli çizgiler) göstermektedir. 50 ve 100 cm olmak üzere iki farklı verici (Tx) ve alıcı (Rx) bobin aralığı kullanılarak ölçülen  $EC_a$  değerleri haritalanmıştır (Şekil 7c ve d). C ve D ile gösterilen ağılların bulunduğu alanlarda her iki

derinlik seviyesinde de görece yüksek  $EC_a$  değerleri (siyah kesik çizgili elipsler) hayvan atık yığınları ile ilişkilendirilmiştir. E ağının bulunduğu alanda da benzer olarak yüksek değerler sunan iki belirti görülmektedir. Bu ağılların batısında ve güneyinde kalan A ve B ile gösterilen ağıl alanlarında belirgin şekilde daha düşük konsantrasyonda atık maddeleri ve daha düşük  $EC_a$  değerleri görülmektedir.  $EC_a$  çalışmalarında doğal özellikler, genel olarak, daha düzensiz belirtiler sunarken nadiren doğrusal bir geometriye sahip olmaktadır. Bu nedenle, belirgin bir şekilde doğrusallık gösteren alanların yapay belirtiler oldukları belirtilmiştir (Doolittle, 2013).

Şekil 7e ve f'de sunulan haritalar ise aynı alanlarda ölçülen  $MS_a$  değerlerinin iki farklı derinlik seviyesi için değişimlerini göstermektedir. Kültürel bakımdan bozulmuş zeminler olduğu düşünülen alanlarda  $EC_a$  verilerinden daha geniş bir alana yayılım gösteren anormal yüksek ve düşük  $MS_a$  değişimleri izlenmektedir. Görece daha küçük bobin aralığında (50 cm) kaydedilen verilerden elde edilen  $MS_a$  haritasında Şekil 7f'de sunulana göre (bobin aralığı 100 cm) daha fazla doğrusal uzanımlar izlenmektedir.



**Şekil 7.** (a) Çalışmada kullanılan EM38-MK2 iletkenlik ölçer (<https://www.geomatrix.co.uk/land-products/electromagnetic/geonics-em38mk2/>) (b) Çalışma alanı hava fotoğrafı (c) 75 cm ve (d) 150 cm derinlik seviyeleri için alanın  $EC_a$  haritaları (e) 50 cm ve (f) 100 cm bobin aralıkları kullanılarak elde edilen  $MS_a$  haritaları (g) Alanda gerçekleştirilen yer radarı çalışmasından örnek bir profil (Doolittle, 2013'ten düzenlenmiştir)



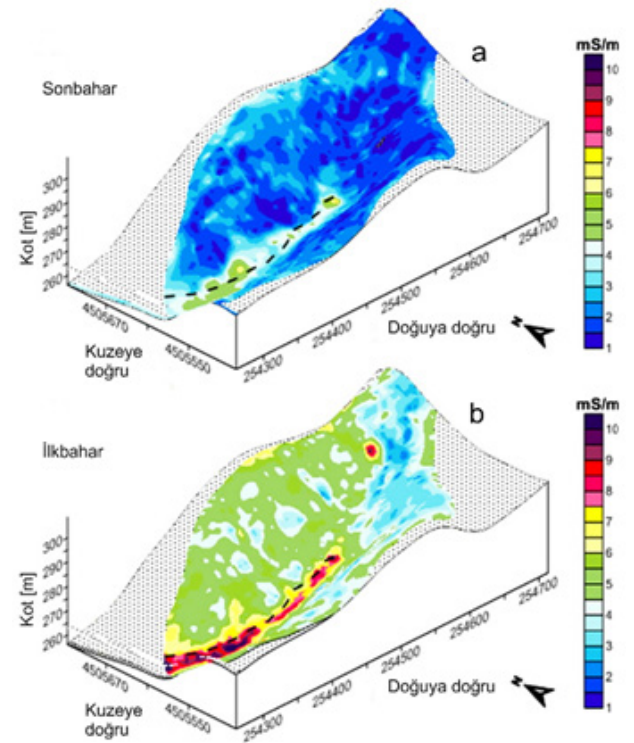
Bunda yüzey tabakalarının alandaki kültürel yükü de (duvar çit, elektrik hatları gibi) taşımamasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Dolayısıyla, derinliğin artması ile  $MS_a$  değerlerinin azaldığı ve daha az değişken olduğu açıkça görülmektedir (Doolittle, 2013).

Alandaki kil içerikleri, CEC, toprak nemi, hayvan atıkları gibi pedolojik kısıtlamalar nedeniyle D ağıl alanının kuzey ve güneyinde kalan alanlarda her biri 56 m uzunluğunda ve 60 cm aralıklı DB doğrultulu 5 profil üzerinde GPR çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 400 MHz merkez frekansına sahip anten kullanılarak elde edilen ve değerlendirilen profillerden biri Şekil 7g'de verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi, işlenmiş radargram alandaki yoğun yüksek besin, kil ve çözünür tuz seviyeleri nedeniyle kalitesizdir. Bu nedenle, genel olarak, arayüzeyler belirlenememiştir. Şekil üzerindeki beyaz oklar, metalik nesnelere ve zemin yüzeyindeki engellerin üzerinden geçerken antenin sarsılmasından kaynaklanan yansımaları göstermektedir. Dolayısıyla tanımlanabilir hiçbir radar yansıma izinin görülmediği alanda GPR çalışması istenen katkıyı sağlayamamıştır (Doolittle, 2013).

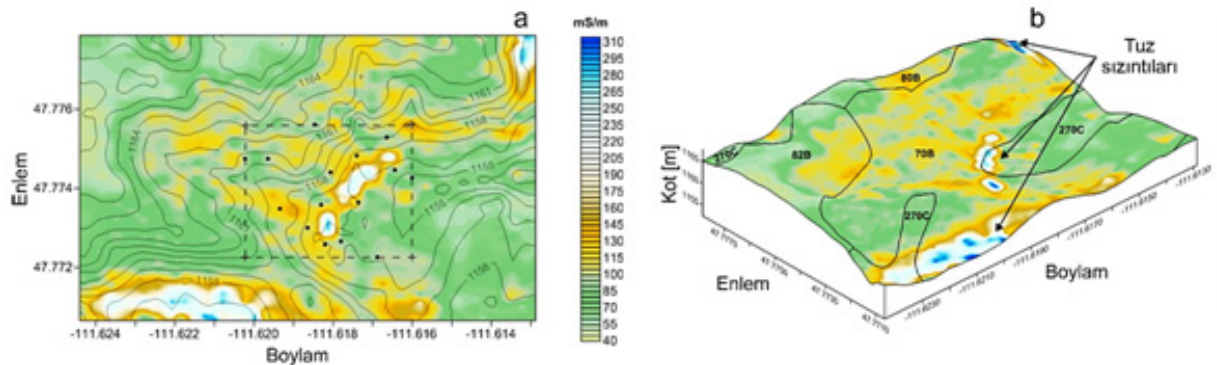
Tuzluluk araştırması için bir diğer çalışma Kuzey Merkez Montana'nın Brown Glaciated Ovasında (Teton, ABD) gerçekleştirilmiştir. Şekil 8a, tuz sızıntıları içeren 65 ha alan boyunca  $EC_a$  değişimini göstermektedir. Alan, görece düşük  $EC_a$  değerleri gösterirken tuz sızıntıları yüksek  $EC_a$  (>150 mS/m) değerleri ile tanımlanmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi, bu sızıntılar siyah kesik çizgili alan içerisinde kıvrımlı bir yapıda izlenirken nispeten daha yüksek tuz konsantrasyonlarına sahip olan potansiyel

yeraltı akış yollarını da temsil ettiği düşünülmektedir (Doolittle, 2013).

Son uygulama örneği Merkez Pensilvanya Kuzey Appalachian (ABD) sırt ve vadileri'nde bulunan yaklaşık 7.9 ha kadar görece küçük bir havza çalışmasının sonuçlarını içermektedir (Doolittle vd., 2012). Bu çalışmada,  $EC_a$  verileri nispeten kuru (sonbahar) ve ıslak (ilkbahar) koşullar altında hektar başına 750 ölçüm gerçekleştirilerek toplanmıştır.



Şekil 9. EM38 iletkenlik ölçer ile (a) sonbahar (ıslak koşullarda) ve (b) ilkbahar (kuru koşullarda) gerçekleştirilen  $EC_a$  çalışmasının sonuçları (Doolittle vd., 2012)



Şekil 8. Kuzey Merkez Montana'nın Teton Bölgesi (ABD) boyunca toprağın 0-150 cm'lik kısmındaki  $EC_a$  değerlerinin dağılımının (a) 2B ve (b) 3B düzlemde gösterimi (Doolittle, 2013)

Şekilden de görüldüğü gibi havza, ince tabakalı, çok kırıklı ve katlanmış asit şeyllerinden oluşan bir sırt içindedir. Toprak, vadi tabanında görece derin olmakla birlikte ( $> 152$  cm), doruklarda ve yan yamaçlarda sığ (0-51 cm) ve orta derinliklerde (51-102 cm) bulunmaktadır. Havza, oldukça düşük ve tekdüze bir  $EC_a$  dağılımı göstermektedir. Havza alanındaki çok düşük  $EC_a$ , toprak ve ana kayanın elektriksel olarak dirençli niteliğini ve aynı zamanda da toprak çözeltisinin düşük iyonik konsantrasyona sahip olduğunu göstermektedir. Sonbahar (Şekil 9a) ve ilkbahar (Şekil 9b) aylarında EM38 iletkenlik ölçer ile gerçekleştirilen EM indüksiyon araştırmalarına göre;  $EC_a$  değerleri yaklaşık 0 ila 24 mS/m arasında değişmektedir. Bununla birlikte, havzanın genelinde  $EC_a$ , 4 mS/m'den fazla bir değişiklik göstermemiştir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Jeofizik yöntemler son yıllarda tarımsal ekosistem içinde giderek daha fazla uygulama alanı bulan önemli bir araca dönüşürken çeşitli ölçeklerde gerçekleştirilen uygulamalar sektöre hem zaman hem de maliyet açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Dolayısıyla, elektrik özdirenç, elektromanyetik indüksiyon ve yer radarı yöntemleri toprak suyunun izlenmesi, toprak tuzluluğunun değerlendirilmesi ve haritalanmasında yoğun olarak kullanılmaktadır. Hassas tarım çalışmalarını hedefleyen tarımsal uygulamalar hızla artarken manyetik, doğal uçlaşma ve sismik gibi diğer jeofizik yöntemler de kullanılmaya başlamıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak, tarım/çevre ve jeofizik bilimleri arasında yakın bir işbirliğinin oluştuğu açıktır.

Jeolojik araştırmalarda doğru yerden doğru derinliğe kadar mekanik sondaj, arkeolojik araştırmalarda doğru yerde ve doğru derinliğe kadar açmanın (trench) karşılığı olarak, tarım jeofiziğinde de, çevre jeofiziğinin benzeri olarak, doğru yerlerden ve doğru derinliklere kadar örnek (numune) alma rehberliği bulunmaktadır. Bu bağlamda, ülkemizde de gerek akademik ve gerekse serbest çalışan meslektaşlarımızın tarım ile ilgili değinilen çevresel problemlerin çözümünde yer alması oldukça önemlidir.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- The World Bank, World Development Indicators, 2017. Agriculture land. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.K2?end=2015&locations=TR&start=1961&view=chart>. Erişim Tarihi: 16.01.2018.
- The World Bank, World Development Indicators, 2017. Agricultural irrigated land. <https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.K2?end=2015&locations=TR&start=1961&view=chart>. Erişim Tarihi: 16.01.2018.
- Akalan, İ., 1983, Toprak Bilgisi, A. Ü. Ziraat Fak. Yayınları.
- Allred, B.J., Ehsani, M.R., Saraswat, D. 2005a. The Impact of temperature and shallow hydrologic conditions versus soil properties on near-surface electromagnetic induction based electrical conductivity measurements. Trans. ASAE., 48, 2123-2135.
- Allred, B.J., Daniels, J. J., Fausey, N. R., Chen, C., Peters, Jr., L., Youn, H. 2005b. Important considerations for locating buried agricultural drainage pipe using ground penetrating radar. Applied Eng. Agric., 21, 71-87.
- Allred, B.J., Daniels, J. J., Ehsani, M.R. 2008. Handbook of Agricultural Geophysics, CRC Press, 434p.
- Allred, B.J., Redman, J.D. 2010. Location of agricultural drainage pipes and assessment of agricultural drainage pipe conditions using ground penetrating radar. J. Environ. Eng. Geophys., 15, 119-134.
- Amato, M., Basso, B., Celano, G., Bitella, G., Morelli, G., Rossi, R. 2008. In situ detection of tree root distribution and biomass by multi-electrode resistivity imaging. Tree Physiol., 28, 1441-1448.
- Banton, O., Seguin, M.K., Cimon, M.A. 1997. Mapping field-scale physical properties of soil with electrical resistivity. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 54-548.
- Basso, B., Amato, M., Bitella, G., Rossi, R., Kravchenko, A., Sartori, L., Carvahlo, M., Gomes, J. 2010. Two-dimensional spatial and temporal variation of soil physical properties in tillage systems using electrical resistivity tomography. Agron J., 102, 440-449.
- Bitella, G., Rossi, R., Loperte, A., Satriani, A., Lapenna, V., Perniola, M., Amato, M. 2015. Geophysical Techniques for Plant, Soil, and Root Research Related to Sustainability. In: Vastola A. (eds). The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin. Springer, Cham, 353-397.
- Butnor, J.R., Doolittle, J.A., Kress, L., Cohe, S., Johnsen, K.H. 2001. Use of ground-penetrating radar to study tree roots in the southeastern United States. Tree Physiology, 21, 1269-1278.



- Carroll, Z.L., Oliver, M.A., 2005. Exploring the spatial relations between soil physical properties and apparent electrical conductivity. *Geoderma*, 128, 354–374.
- Collins, M.E., Doolittle, J.A. 1987. Using ground-penetrating radar to study soil microvariability. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 491-493.
- Corwin, D.L., Lesch, S.M. 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Comput. Electron. Agric.*, 46, 11–43.
- Corwin D.L., Plant, R.E. 2005, Applications of apparent soil electrical conductivity in precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.*, 46, 1–10.
- Corwin, D.L. 2008. Past, present, and future trends in soil electrical conductivity measurements using geophysical methods. In: Allred, B.J., Daniels, J.J., Ehsani, M.R. (eds.), *Handbook of Agricultural Geophysics*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Florida, pp. 17–44.
- Doolittle, J.A. 1987, Using ground-penetrating radar to increase the quality and efficiency of soil surveys. In: *Soil Survey Techniques*, SSSA Special Publication Number 20, edited by Reybold, W. U. and Petersen, G. W. Soil Science Society of America. Madison, WI. pp. 11-32.
- Doolittle, J., Zhu, Q., Zhang, J., Guo, L., Lin, H. 2012. Geophysical investigations of soil-land scape architecture and its impacts on subsurface flow. In: Lin, H. (ed), *Hydropedology: Synergistic Integration of Soil Science and Hydrology*. Academic Press, Elsevier, pp. 413–447.
- Doolittle, J.A., 2013. Technical Report on geophysical investigation conducted near the Crow Agency II National Register Site and Technical Report on EMI and Saline Seep Workshop, Great Falls. USDA-NRCS-National Soil Survey Center, Lincoln, Nebraska, pp. 4–17 and 18–27. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_MANUSCRIPTS/alabama/doolittle\\_reports/states/mt/MT-07-2013.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_MANUSCRIPTS/alabama/doolittle_reports/states/mt/MT-07-2013.pdf). Erişim Tarihi: 16.01.2018.
- Doolittle, J.A., Brevik, E.C. 2014. The use of electromagnetic induction techniques in soils studies, *Geoderma*, 223-225, 33-45.
- Erpul, G. 2014, *Toprak Bilimi (Ders Notları)*, A. Ü. Ziraat Fak. Greenhouse, J.P. 1991. Environmental geophysics: it's about time. *Lead Edge*, 10, 32–34.
- Heilig, J., Kempenich, J., Doolittle, J., Brevik, E.C., Ulmer, M. 2011. Evaluation of electromagnetic induction to characterize and map sodium-affected soils in the Northern Great Plains. *Soil Surv. Horiz.*, 52, 77–88.
- Humpreys G.L., Linford J.G., West, S.M. 1990. Application of Geophysics to the Reclamation of Saline Farmland in Western Australia, *Geotechnical and Environmental Geophysics II*, (ed. Ward, S.H.), SEG Pub., U.S.A.
- Kavasoğlu, İ.İ., Sayın, C. 2016, *Tarımda Yeni Miras Kanunu ve Olası Sonuçları*, XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, SDÜ Ziraat Fak., Tarım Ek. Bölümü, Isparta.
- Kaya, M.A., Balkaya, Ç., Zülfikar, C., Kiran, Çakır, H., Bayrak, G., Savran, D., Dönmez, S., Delibaş, N. 2017. Trakya Üniversitesi, Makedonya Yerleşkesi (Mimarlık Fakültesi) Sığ Jeofizik İncelemesi ve Peyzaj Tasarımı Projesi, TÜBAP, Proje No: 2016/76, Edirne.
- Keskin, İ. 2018. Zeminlerde Su, Zemin Mekanığı Ders Notları. <http://www.inankeskin.com/index.php/dsd>. Erişim Tarihi: 16.01.2018.
- McNeill, J.D. 1980. Electrical conductivity of soils and rock. Technical Note TN-5. Geonics Limited, Mississauga, Ontario, Canada.
- Panissod, C., Dabas, M., Florsch, N., Hesse, A., Jolivet, A., Tabbagh, A., Tabbagh, J. 1998. Archaeological prospecting using electric and electrostatic mobile arrays. *Archaeol. Prospect.*, 5, 239-251.
- Rhoades, J.D., Ingvalson, R.D. 1971. Determining salinity in field soils with soil resistance measurements. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35, 54-60.
- Sabbağ, N., 2012. Atatürk Baraj Gölünün Tuzlanmasına Neden Olabilecek Jeolojik Yapıların Doğru Akım Özdirenç ve Elektromanyetik Yöntemlerle Tanımlanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 53s.
- Samouelian, A., Cousin, I., Tabbagh, A., Bruand, A., Richard, G. 2005. Electrical resistivity survey in soil science: a review. *Soil & Tillage Research*, 83, 173-193.
- Tabbagh, A., Dabas, M., Hesse, A., Panissod, C. 2000. Soil resistivity: a non-invasive tool to map soil structure horizonation, *Geoderma*, 97, 393–404.
- Uyanık, A.N., Uyanık, O., Akkurt, İ. 2013. Micro-zoning of the natural radioactivity levels and seismic velocities of potential residential areas in volcanic fields: The case of Isparta (Turkey). *Journal of Applied Geophysics*, 98, 191-204.
- Wienhold, B.J., Doran, J.W. 2008. Apparent Electrical Conductivity for Delineating Spatial Variability in Soil Properties, *Handbook of Agricultural Geophysics*, (ed. Allred et al.), CRC Press.

# TOPRAK, TARIM, GIDA, JEOFİZİK

**Cem Demirel**

*Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Jeofizik Modelleme Grubu  
\*Tarım Alanlarında Jeofizik Uygulamalar Komisyonu Çalışmalarından yararlanılmıştır.*

## 1

Canlı yaşamının sürdürülebilmesi ve gıdanın sağlanmasında en büyük rollerden bir tanesi toprağıdır. Toprağın doğal yapısı, varlığı ve üretim potansiyeli korunmadığı taktirde sağlıklı tarım ürünlerinin yetiştirilebilmesi mümkün olmayacaktır. Toprak niteliğinin, dış etkenler ile bozulması, erozyon ve verimsizleşme gibi nedenlerden dolayı istenilen ürün verimliliği ve kalitesi sağlanamayacaktır. Bu nedenle ilerleyen yıllarda ürün yetiştirmek için maliyetin artmasına rağmen, verimin azalması veya kimyasal ilaç kullanımının artması gibi sonuçların ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır. Tarım sektörü, tüm canlıların ihtiyaç duyduğu gıda sektörünün temel anlamda en önemli bileşenidir. Bu sebeple ülkelerin tarım politikaları bu bilinç ile geliştirilmelidir. Siyasilerin bir çok kez dile getirdiği gibi, tarım sektörünün küresel anlamda kontrolü, gıda sektörünün kontrolü anlamına gelmektedir. Gittikçe artan nüfusa ve yapılaşmaya ters orantılı olarak azalan tarım alanlarının planlanması çok iyi yapılmalıdır. Yoksulluğu sonlandırmak, insanlara sağlıklı yaşamı sağlamak, güçlü ve her kesimi kapsayıcı refah seviyesi, sürdürülebilir kalkınma, tüm halklar ve çocuklarımız için ekosistemin en önemli parçası olan toprağı en üst düzeyde korumak zorundayız.

## 2

İnsanoğlu toprağın canlı olduğunu bilmeli ve her varlığın toprağın bir parçası olduğunu fakına varmalıdır, küresel düzenin tüm canlı yaşamı riske atarak, toprağı uyguladığı yıkım ve bozulmanın farkında olmalıdır. Bu yıkımda ki en büyük pay, ulus şirketlerin veya kapitalist ülkelerin sömürgeci anlayışı, ırksal, dinsel ve medeni üstünlük gibi sebepleri kullanarak haklı çıkartılmaya çalıştığı savaşlardır. Gıda ve Kalkınma Politikaları Enstitüsü'ne göre "Azgelişmiş ülkelere ihraç geliri sağlanan çoğu tarım ürünü ABD

ve Avrupa merkezli bir avuç şirket tarafından kontrol ediliyor." [1]. ABD Eski Tarım Bakanı Catherine Bertini'nin dile getirdiği "Gıda güçtür! Gıdaları ulusların davranışlarını değiştirmek için kullanıyoruz. Bazıları buna rüşvet diyebilir. Ama biz bunun için kimseden özür dilemeyiz." sözleri ise olayın boyutunu anlamamızda bize yardımcı olmaktadır. Dünyada ki bu işleyişin ulus şirketlerin kuruğu küçük bir şebeke tarafından yetiştiriliyor, işleniyor ve pazarlanıyor olması gerçeği bilinmelidir [1]. Bu durumda, doğal olarak uluslar arası gıda sektörünü yönlendirmektedir. F. William Engdahl "Seeds of Destruction" adlı kitabında "Asya'nın Altın Princi, Afrikanın Harika patatesi ve Arjantin'in soya fasülyesi çılgınlığı" gibi bir çok örneği ayrıntıları ile bulmak mümkündür [2]. İçinde bulunduğumuz durumu anlamamız için David. R. Montgomery'nin "Dirt The Erosion of Civilizations" kitabında anlattığı anıdan kısa alıntı;

-Guetamalalılar Dünyanın en iyi kahvesini üretmelerine karşın, ülkelerinde kahve satın alamazlar. Turistlerde alamaz. Oradayken, güne başlarken dondurulmuş ve kurutulmuş Meksika neskafesi içmek zorunda kalmıştım. Oysa yaşadığım Seattle'da evimin iki sokak yanından torbalarca Guetamala kahvesi alabiliyorum[3].

## 3

Toprak insalık tarihi boyunca yaşamın merkezinde yer almıştır. Yazıldığı bilinen en eski kitaplarda tarım yöntemlerine rastlanmaktadır. Tarım alanlarının sürdürülebilirliği için toprağı nasıl davrandığımız önemlidir. Wendell Berry'nin dediği gibi "Toprağı nasıl davranırsak, kendimize de öyle davranmış oluruz." Bu anlamda toprak verimliliği ile ürün yetiştirme arasında doğrudan ilişki vardır. Topraktaki kil içeriği ve kil mercekleri, toprak tuzluluğu, tatlı-tuzlu su içeriği, mineral varlığı, tarım ilaçlarının kullanımı, radyoaktivite, erozyon ve heyelan gibi etkenler top-

rak verimliliğini etkilemektedir. Topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimler toprağın iletkenliğini, manyetik geçirgenliğini, dielektrik geçirgenliğini, sismik hızını, poisson oranını değiştirir. Bu değişimler jeofizik yöntemler ile tahribatsız, ucuz, hızlı ve ekonomik şekilde izlenebilmektedir. Gravite, manyetik, elektrik, elektromanyetik, radyometrik yöntemler tarım alanlarında uygulanan yöntemler arasında gösterilmiştir ve Dünya çapında sayısız uygulama yapılmıştır ve yapılmaktadır [4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20]. Tarım alanlarında jeofizik uygulamalar Dünya’da uzun yıllardır yapılmaktadır. Bilimsel çalışmaların artması ve teknolojinin de gelişmesi ile ortaya çıkan yaklaşımlar ve cihazlar sayesinde bu tür uygulamalarda jeofizik yöntemler ile duyarlı çalışmalar yapılabilmektedir.

Dünya çapında bir çok süreli yayında Tarım alanlarında jeofizik uygulama makaleleri gittikçe artmaktadır (Journal of environmental and engineering geophysics, hydrology and earth system sciences, vadose zone journal, fast times ...). Bir çok kez “Tarım Jeofiziği” başlığı ile özel dergi sayıları çıkarılmıştır. Prestijli yayın evleri tarafından bir çok kitap basılmıştır. Bahsedilen dergi ve kitapların bazılarının fotoğrafları Şekil 1’de verilmiştir.

Dünya çapında özellikle 2009 yılından itibaren jeofizik çalışmaların sunulduğu toprak ve tarım kongreleri gerçekleşmiştir. Bunlardan bazılarının görselleri Şekil 2’de verilmiştir.

Bahsi geçen makale ve bildirilerden yararlanarak, tarım alanlarında jeofizik yöntemler ile çözüm getirilecek problemler genel başlıklar halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir ;

- Drenaj sistemlerinin planlanması,
- Toprak dokusunun belirlenmesi (kil, kum gibi ve jeolojik sınır tespiti),
- Erbisit madde gibi toprağın yapısını fiziko-kimyasal olarak değiştiren maddelerin kullanılmasında kontrolün sağlanması ve etkisinin kontrolü,
- Tarım sahalarında sel, erozyon ve heyelan gibi doğal olayların etkisinin incelenmesi,
- Küçük kırıkların, boşlukların ve mikro değişimlerin incelenmesi,
- Bitki canlı-kök kütlelerinin belirlenmesi ve karışık ekim alanları için bitki emme yapılarının tespiti,
- Tarım sahalarındaki tatlı-tuzlu su varlığının belirlenmesi ve yönetilmesi,



Şekil 1. Tarım alanlarında jeofizik uygulamaların yer aldığı yayınlardan bazıları





Şekil 2. Tarım alanlarında jeofizik uygulama bildirilerinin olduğu son 5 yılda gerçekleşen kongrelerin görselleri

- Toprak yıkama kontrolünün yapılması,
- Ağaç gövdelerinin görüntülenmesi,
- Hidrojeolojik sistemlerin zamana veya mevsime bağlı değişiminin izlenmesi,
- Kayıp sulama veya drenaj sistemlerinin tespiti,
- Potasyum, uranyum ve toryum tespiti,
- Kadyum gibi toksik metallerin tespiti,
- Yapay zeminlerde (golf, futbol sahası vb.), zemin altındaki değişimlerin izlenmesi,
- Arazi planlamalarında alınacak olan mekanik sondajların yerlerinin tespiti.

## Son Söz

Ahmed Arif'in dediği gibi rızıkımızı veren (...Kurdun, karıncanın rızıkını veren, Toprak nasıl ayartılır...), Hasan Hüzeyin Kormazgil'in dediği gibi bizi ayakta tutan (...Etmışler mi içine ekmeğinin, Salacaksın köklerini toprağa, Güneşi çınarla selâmlayıp, Fırtınaya meşeyle duracaksın...) ve Aşık Veysel'in dediği gibi günü gelince bizi bağrına basacak olan toprağa (...Gün gelir Veysel'i bağrına basar, Benim sadık yarım kara topraktır...) Nazım Hikmet'in dediği gibi saygı ile davranmak gerekir (...Sonra saygıyla toprağa oturdum...) ve unutulmamalıdır Kazım Koyuncu'nun dediği gibi "Bütün dünyanın, bütün toprakları hepimizdir".

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- [1] F. William Engdahl, 2009, Ölüm Tohumları, Bilim+Gö-nül.
- [2] F. William Engdahl, 2007, Seede of Detruccion, Global Research; 1st edition
- [3] David. R. Montgomery'nin 2007, Dirt The Erosion of Civilizations, University of California Press; 1 edition
- [4] Barry Allred, Mohammad Reza Ehsani, Jeffrey J. Daniels, 2008, Handbook of agricultural geophysics, Crcpress

- [5] Besson, A., et al. "Changes in field soil water tracked by electrical resistivity." *Proximal Soil Sensing*. Springer, Dordrecht, 2010. 275-282.
- [6] Coulouma, G., B. Tisseyre, and P. Lagacherie. "Is a systematic two-dimensional EMI soil survey always relevant for vineyard production management? A test on two pedologically contrasting Mediterranean vineyards." *Proximal Soil Sensing*. Springer, Dordrecht, 2010. 283-295.
- [7] Söderström, M., and J. Eriksson. "Gamma ray sensing for cadmium risk assessment in agricultural soil and grain: a case study in southern Sweden." *Proximal Soil Sensing*. Springer, Dordrecht, 2010. 333-342.
- [8] Wong, M. T. F., et al. "Use of EM38 and gamma ray spectrometry as complementary sensors for high-resolution soil property mapping." *Proximal soil sensing*. Springer Netherlands, 2010. 343-349.
- [9] Taylor, J. A., et al. "Comparing the ability of multiple soil sensors to predict soil properties in a Scottish potato production system." *Proximal soil sensing*. Springer, Dordrecht, 2010. 387-396.
- [10] Cassiani, G., et al. "Monitoring and modelling of soil-plant interactions: The joint use of ERT, sap flow and eddy covariance data to characterize the volume of an orange tree root zone." *Hydrology and Earth System Sciences* 19.5 (2015): 2213.
- [11] Sénéchal, Pascale, et al. "Non destructive geophysical monitoring of water content and fluid conductivity anomalies in the near surface at the border of an agricultural." *Subsurface Sensing Technologies and Applications* 6.2 (2005): 167.
- [12] Samouëlian, Anatja, et al. "Electrical resistivity survey in soil science: a review." *Soil and Tillage research* 83.2 (2005): 173-193.
- [13] Guo, Yan, et al. "Mapping Horizontal and Vertical Spatial Variability of Soil Salinity in Reclaimed Areas." *Digital Soil Mapping Across Paradigms, Scales and Boundaries*. Springer, Singapore, 2016. 33-45.
- [14] Garré, Sarah, et al. "Noninvasive monitoring of soil water dynamics in mixed cropping systems: a case study in Ratchaburi Province, Thailand." *Vadose Zone Journal* 12.2 (2013).
- [15] Imre, Stephen P., and Jeffrey L. Mauk. "Geophysics and wine in New Zealand." *Earth and Environmental Sciences*. InTech, 2011.
- [16] Robinson, Judith L., Lee D. Slater, and Karina VR Schäfer. "Evidence for spatial variability in hydraulic redistribution within an oak-pine forest from resistivity imaging." *Journal of Hydrology* 430 (2012): 69-79.
- [17] Beff, L., Günther, T., Vandoorne, B., Couvreur, V., & Javaux, M. (2013). Three-dimensional monitoring of soil water content in a maize field using Electrical Resistivity Tomography. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(2), 595.
- [18] Jakalia, I. S., Aning, A. A., Preko, K. S., Sackey, N., & Danuor, S. K. (2015). Implications Of Soil Resistivity Measurements Using The Electrical Resistivity Method: A Case Study Of A Maize Farm Under Different Soil Preparation Modes At KNUST Agricultural Research Station, Kumasi. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 4(1), 9-18.
- [19] Jayawickreme, Dushmantha H., Esteban G. Jobbágy, and Robert B. Jackson. "Geophysical subsurface imaging for ecological applications." *New Phytologist* 201.4 (2014): 1170-1175.
- [20] Boettinger, Janis L., et al., eds. *Digital soil mapping: Bridging research, environmental application, and operation*. Springer Science & Business Media, 2010.





Hollanda, dünyanın tarım alanındaki en başarılı **üniversitesi** olan Wageningen **Üniversitesine** ev sahipliği yapıyor.

Bu alandaki teknik bilgi ve becerinin (know-how) yüksekliği, sürdürülebilir ve verimli tarımın en önemli anahtarı. Eğitim, araştırma ve nitelikli iş gücünün yüksekliği dolayısıyla dünyanın yeme-içme sektöründe **önde** gelen 40 **şirketinden** 12'sinin Ar-Ge merkezi Hollanda'da.

Kaynak: <https://onedio.com/haber/tarimin-kucuk-dev-ulkesi-15-maddede-hollanda-nin-tarimsal-basarisinin-sirini-acikliyoruz-752425>



Bünyesinde en çok su bulunduran yiyecek  
**%92 ile karpuzdur.**



Beyaz çikolata kakao içermediği için  
**aslında çikolata değildir.**





Elma suyun üzerinde yüzebilir.  
Çünkü %25'i havadır.



Sarımsak yediğinizde kötü kokmasının nedeni  
**içindeki sülfürdür.**

Kaynak: <https://yemek.com/yiyecekler-hakkinda-sasirtici-bilgiler/>