

150788

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI

ÇANAKKALE DÜZENSİZ ATIK DEPOLAMA
SAHASININ YÜZEY VE YERALTI SULARINA
ETKİSİNİN UYGULAMALI JEOFİZİK YÖNTEMLERLE
ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hazırlayan : Ebru ŞENGÜL

Danışman : Yrd. Doç. Dr. M. Ali KAYA

150188

ÇANAKKALE-2004

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu araştırma, jürimiz tarafından Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan *Doç. Dr. M. Ali KAYA*
Üye *Doç. Dr. Ayşe BABA*
Üye *Doç. Dr. Çetin Dönmez*
Üye

Kod No: 145

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylım.

Prof. Dr. Mehmet Emin ÖZEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



ÇANAKKALE DÜZENSİZ ATIK DEPOLAMA SAHASININ YÜZEY VE YERALTI SULARINA ETKİSİNİN UYGULAMALI JEOFİZİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

Ebru ŞENGÜL

ÖZ

Bu çalışma kapsamında Çanakkale katı atık alanından kaynaklanan sızıntı suyunun, yere ve yeraltı suyuna doğru olası yatay ve düşey girişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla alanda jeofizik ve jeokimyasal yöntemler birlikte uygulanmıştır. Jeofizik çalışmalar 3 farklı profil üzerinde, DC öz direnç, doğal gerilim ve sismik kırılma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Jeokimyasal çalışmalar kapsamında, alanda açılan 3 çukurdan toprak örnekleri alınarak bazı major ve minör element analizleri yapılmıştır. Ayrıca bir araştırma profili (profil 1) üzerinden alınan toprak örneklerinde pH ve EC değerleri ölçülmüştür. Alandan alınan su örneklerinde ise As, Cd, Pb, Zn, pH ve EC derişimleri belirlenmiştir.

Jeofizik ve jeokimyasal çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, sızıntının araştırma profilleri boyunca 3-4 m derinlere doğru geliştiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Katı atık alanı, Öz direnç, Sızıntı suyu, Yeraltı suyu kirliliği.

INVESTIGATION THE IMPACT OF OPEN WASTE DISPOSAL SITE ON SURFACE AND GROUNDWATER USING APPLIED GEOPHYSICAL METHODS

Ebru ŞENGÜL

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate vertical and horizontal limits of the pollution, leaking from Çanakkale Open Waste Disposal Site into the soil, and groundwater. To accomplish this study, several geophysical and hydro-geochemical studies were used. Geophysical studies were carried out in three different profiles, by using DC Resistivity, Self-Potential and Seismic Refraction methods. Three investigation wells were drilled to major and minor element analyzes were performed on soil samples. In addition to them, EC, pH levels were measured on the soil samples collected along the profile 1. Also, water samples were collected and As, Cd, Pb, and Zn concentration levels were determined

In summary, the result of combined geophysical and hydro-geochemical works has suggested that pollution has reached to depth of 3-4 m along the investigation profiles.

Keywords: Waste disposal site; Resistivity, Leakage, Groundwater contamination.

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÇİZELGELER.....	IV
ŞEKİLLER.....	V
1.GİRİŞ.....	2
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
3. ÇANAKKALE KENTİ ÇEVRE SORUNLARINA GENEL BİR BAKIŞ	5
3.1 Kirlilik ve Katı Atık Yönetimi.....	7
3.1.1 Vahşi Depolama	10
4. ÇANAKKALE DÜZENSİZ KATI ATIK ALANINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMALAR.....	11
4.1 Jeolojik, Jeokimyasal ve Hidrojeokimyasal Çalışmalar.....	16
4.2 Jeofizik Çalışmalar	27
4.2.1 Doğru Akım Elektrik Özdirenç Yöntemi ve Uygulaması.....	28
4.2.2 Doğal Gerilim Yöntemi (DG) ve Uygulaması.....	40
4.2.3 DG Belirti Kaynakları.....	41
4.2.4 Ekipman ve Ölçü Alma Düzeni	45
4.2.5 İletkenlik ve pH Ölçümleri.....	47
4.2.3 Sismik Çalışma.....	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	53
ÖZET.....	56
SUMMARY.....	57
EKLER.....	58
KAYNAKLAR.....	61
TEŞEKKÜR	66
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ÇİZELGELER

<u>Cizelge No</u>	<u>Cizelge Adı:</u>	<u>Sayfa No:</u>
3.1	2001 yılı itibariyle toplanan katı atık miktarları	6
3.2	Yıllara göre nüfus dağılımı ve katı atık oluşum miktarı	6
3.3	Çeşitli illerimize ait katı atık içerikleri	7
4.1.a	Sızıntı suyu ağır metal analiz sonuçları	25
4.1.b	Sızıntı suyu pH, iletkenlik ve sıcaklık değişimleri	26
4.2	Ölçüm hattından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları	48



ŞEKİLLER

<u>Sekil No</u>	<u>Sekil Adı:</u>	<u>Sayfa No:</u>
4.1	Çanakkale Kenti yerleşim alanları ve düzensiz katı atık alanı	11
4.2	Atık alanından Kentin görünüşü	12
4.3	Depo gazlarının atmosfere geçmesi	12
4.4	Depo gazlarının atmosfere geçmesi, zararlı gaz ve maddelerin rüzgar ve kuşlar aracılığıyla taşınması	13
4.5	Çanakkale düzensiz atık alanı ve sızıntı suyu etkisi	14
4.6	Rüzgar etkisiyle atık alanından taşınan malzeme	15
4.7	Çanakkale düzensiz katı atık alanı tıbbi atık çukuru	15
4.8	Çanakkale Düzensiz Katı Atık Alanı (a) Jeofizik araştırma profilleri (b) Jeokimyasal araştırma lokasyonları	17
4.9	Katı atık alanı araştırma çukurları ve toprak örnek lokasyonları	18
4.10	T2 araştırma çukuru üstten görünüm	19
4.11	T1, T2 ve T3 araştırma çukurları kimyasal element analizler (a) Ba (b) Cu analizi (c) K analizi (d) Pb analizi (e) Zn analizi	20 21 22 23 24
4.12	Sızıntı suyu örnek yerleri ve Jeofizik araştırma Profili-2	26
4.13	Jeofizik ölçüm Profili-1	27
4.14	Jeofizik ölçüm Profili-2	27
4.15	Tek kutuplu dizilim geometrisi	28
4.16	Çift kutuplu dizilimler	30
4.17	Homojen bir yer modeli için; a) Wenner dizilimi, b) Wenner- Schlumberger dizilimi, c) Dipol-Dipol dizilimleri, iki boyutlu duyarlılık değişimleri grafikleri	31
4.18	Elektrik yöntemlerde kullanılan (a); Bir Boyutlu, (b); İki Boyutlu, (c); Üç Boyutlu modeller	33
4.19	Nicel yorumlamanın basitleştirilmiş akış şeması	34

4.20	Dikdörtgen şeklinde oluşturulmuş grid	35
4.21	Ters çözüm işlemi sonucu oluşturulan yerelektrik kesiti, Profil-1	37
4.22	Ters çözüm işlemi sonucu oluşturulan yerelektrik kesiti, Profil-2	38
4.23	Ters çözüm işlemi sonucu oluşturulan yerelektrik kesiti, Profil-3	39
4.24	Düşey Elektrik Sondaj verilerine göre oluşturulmuş yer altı modeli	40
4.25	Su hareketi sonucu DG belirtisi	42
4.26	Kirlilik girişi alanında elde edilen DG belirtisi	44
4.27	Çanakkale düzensiz katı atık alanı doğal gerilim kayma ölçüsü	47
4.28	Profil 1 toprak örnekleri elektrik iletkenlik grafiği	49
4.29	Profil 1 iletkenlik ve öz direnç değişimi	50
4.30	Profil 1. toprak örnekleri pH değişimi	50
4.31	Sismik ölçü alma düzeni	51
4.32	Sismik sonuçlara göre oluşturulmuş yeraltı kesiti	52

1. GİRİŞ

Çevre canlıların yaşamı boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamı ifade etmektedir. Hava, su ve toprak bu çevrenin fiziksel olguları; insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise çevrenin biyolojik olgularını oluşturmaktadır. İnsanlar, toplumsal yaşam ilişkileri içerisinde doğal kaynakları kullanarak, teknoloji geliştirerek ve ekonomik faaliyetlerde bulunarak kendilerine yapay çevreyi oluştururlar (Erdem, 2000). Toplumlar, yapay çevre içindeki yaşam koşullarını geliştirirken doğa ile sürekli bir ilişki içindedirler. İnsan ve doğa arasındaki bu ilişki, ekolojik sistemin bir parçasıdır.

İnsanoğlu'nun yeryüzünde yaşamaya ve kendisine ait yapay çevre oluşturmaya başlamasıyla doğal kaynakların insan tarafından kullanımı da başlamıştır. İnsan ve doğa arasındaki denge bu kaynakların bilinçsizce ve süratle tükenmesi ve sağlık sorunlarına neden olabilecek biçimde bozulmasıyla çevre sorunlarına dönüşmüştür. Özellikle son yıllarda bu çevre sorunlarından oldukça fazla etkilenen insan, çevre bilinciyle bu çevresel sorunlarına çözüm arama yoluna gitmiştir. Önemli çevre sorunlarının başında, hızla artan nüfus ile gelişen sanayileşme ve kentleşmenin karşılıklı etkileşimi sonucu, hızla artan evsel ve endüstriyel atık üretimi ve bu atıkların yok edilmesi konusu yer almaktadır. Planlı kentleşme ve atık yönetimi gibi çalışmaların pratiğe dönüşmediği toplumlarda, zararlı atıklar arıtılmadan doğrudan alıcı ortama bırakılması ekosistemin olumsuz bir şekilde etkilenmesine neden olmaktadır.

Türkiye'nin birçok kenti gibi Çanakkale kentinde de yaşanan bu problemler, katı atık alanının herhangi bir ön çalışma yapılmaksızın oluşturulması ve atıkların gelişigüzel doğaya bırakılması (vahşi depolama) gibi etkenler sonucu oluşmuştur. Çanakkale düzensiz katı atık alanı, şehir merkezinden 3 km uzaklıktaki Fıstıklı vadisi içinde yer almaktadır. Atık bölgesinin yüzey alanı yaklaşık 10.000 m², alandaki toplam atık miktarının ise 1989 yılından günümüze değin yaklaşık 670.000 ton'dur. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesinin sınırları içinde bulunan düzensiz katı atık alanı, yerleşim birimlerine de oldukça yakındır.

Bir düzensiz katı atık alanının durumun belirlenmesi çalışmalarında; alanın kullanım süreleri, genel özelliklerinin (jeolojik yapısı, hidrolojik ve hidrojeolojik

özellikleri) belirlenmesi ile atılan atık türleri ve etkileri hakkında elde edilen bilgiler, olası etki alanları ve hacimleri belirlenmektedir. Kimyasal analiz çalışmaları ile, belirteç (indikatör) kirlilik parametreleri analiz edilerek kirliliğe neden olan maddelerin dökümü yapılmaktadır. Kirliliğin yorumlanması ise, diğer bütün aşamalarda gerçekleştirilen çalışmaların birlikte değerlendirilmesi yapılarak tehlike potansiyeli tahmini olarak belirlenmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Atık alanlarının kirlilik tehlike potansiyelini belirlemek amacıyla dünyada ve ülkemizde jeofizik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiş başarılı uygulamalar bulunmaktadır. Buselli ve Lu (2001) çalışmasında; TEM ve DC yöntemlerinin yeraltı suyu kirliliği haritalanmasında test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar; bu yöntemler ile kirliliğin yanal uzanımını haritalamanın yanında akiferin temelini belirlemede de etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca sadece yanal dağılım ve kirlenmiş yeraltı suyunun akifer derinliği gerektiğinde TEM yönteminin tek başına uygulanabilir olduğu, düşük özdirenç değerlerinin, su analiz sonuçlarının kirlenmiş yeraltı suyunu gösterdiği alanlarla çakıştığı ve jeofiziksel yöntemlerin zamansal izleme (monitoring) yeteneklerinin, gelecek birkaç yıl içinde kirliliğin gelişimini aydınlatmasının beklendiği vurgulanmıştır.

Yeraltı suyu kirliliğinin belirlenmesinde DC özdirenç yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak son yıllardaki elektromanyetik aletler ve veri yorumlama çalışmalarındaki gelişmeler sonucu bazı durumlarda indüktif elektromanyetik yöntemleri kullanmanın birçok avantajı olmuştur.

Jeofizik yöntemler, eski kapalı atık alanlarının uzanımı ve yeraltı kirlenme bölgelerinin belirlenmesinde oldukça başarılıdır. Jeofizik çalışmalar ile, alanın jeolojik yapısı; tabakaların tip ve kalınlığı, temel kaya ve varsa kırıklar, akifer özellikleri; su tablası derinliği, su kalitesi ve kırıklarla ilişkisi ve sızıntı suyu ile ilişkili olarak kirliliğin yatay ve düşey dağılımı belirlenebilmektedir. Bunların yanında jeofizik yöntemler ile hızlı sonuç alınabilmesi ve göreceli olarak daha az bir maliyete gereksinim duyulması, diğer alanlarda olduğu gibi atık alanları ıslah ve atık alan yeri belirleme çalışmalarında

jeofizik yöntemlerin kullanım sıklığını arttırmaktadır. Ayrıca yıkıcı olmayan (nondestructive) bir özelliğe sahip bu yöntemler ile eski deponilerdeki zamana bağlı değişimler kolayca takip edilebilmektedir.

Zonge ve diğ. (1985), yeraltısuyu kirliliğini SP, CR ve CSAMT yöntemleriyle araştırmışlardır. Ward (1990), yeraltısuyu kirliliği ve tuzluluğunun; atık alanlarından kaynaklanan kirliliğin; nükleer atık alanlarının araştırılmasında IP'nin uygulanabileceğini belirtmiştir. Cahyna ve diğ. (1990), zehirli atık alanları için IP yöntemini ve Barker (1990) ise yeraltısuyu tuzluluğu için özdirenç ve IP'i uygulamışlardır. Keçeli ve diğ. (1993), özdirenç ve IP yöntemleri işbirliği ile yeraltısuyu kirliliğinin belirlenebileceğini göstermişlerdir.

Bernstone ve Dahlin (1996) atık alanında yaptıkları sığ jeofizik çalışmasında, gömülü atık alanının düşük özdirençli değerlere karşılık geldiğini, DC özdirenç yönteminin eski atık alanının uzanımını ve kirli sızıntı suyu yollarını belirlemede önemli bir rol oynadığını söylemiştir. Ayrıca araştırmacılar benzer bir çevre araştırmasında DC yönteminin diğer yöntemlere göre gürültüye daha az duyarlı oluşunun ana avantajı olduğunu vurgulamışlardır ve örneğin VLF ölçülerinin alanı çevreleyen metal çitten oldukça fazla etkilendiğini belirtmişlerdir.

Karlık ve Kaya (2001), Isparta katı atık alanı civarındaki kirlilik dağılımını VLF ve özdirenç yöntemleri ile haritalamışlardır. Kaya ve Balkaya (2001), gömülü plastik atıkların özdirenç yöntemi kullanılarak belirlenmesinin mümkün olduğunu, Noguera ve diğ. (2002) ise jeofizik ve jeokimyasal yöntemleri birlikte uygulayarak, eski bir atık alanı civarında yaptıkları çalışmada, sığ akifere sızıntı suyu girişiminin olduğunu ve bölgede kirlilik potansiyelinin yüksek olduğunu saptamışlardır.

Uygulamalı jeofizik yöntemlerden DC özdirenç yöntemi, düşük maliyet, uygulama ve yorumlama kolaylığı gibi avantajlarının yanında, katı atık alanlarından yeraltı suyuna ve toprağa sızıntı suyu girişimi olan iletken bölgelere oldukça duyarlı bir yöntemdir. Doğal gerilim (DG) yöntemi, yeraltısuyu hareketi ve sızıntısı ile ilgili uygulamalarda yaygın kullanılan bir jeofizik yöntemidir. Sismik yöntemlerle de yeraltı

yapısını ortaya konabilmektedir. Bu çalışma kapsamında Çanakkale kenti düzensiz katı atık alanından kaynaklı sızıntı suyunun yeraltısuyu ve toprakta oluşturacağı kirlilik etkileri araştırılmıştır. Sızıntının yer içindeki dağılımını belirlemek amacıyla jeofizik yöntemlerden öz direnç, doğal gerilim ve sismik yöntemler kullanılarak alanda ölçüler alınmıştır. Çevre jeofiziği uygulamalarına bir örnek oluşturan bu çalışma jeofizik, jeolojik ve jeokimyasal yöntemlerin aynı alanda uygulanması ve sonuçların birlikte değerlendirilmesi şeklinde gerçekleşmiştir.

3. ÇANAKKALE KENTİ ÇEVRE SORUNLARINA GENEL BİR BAKIŞ

Çanakkale ili, 11 ilçe, 22 belde ve merkez ilçe ile birlikte 34 adet yerleşim yeri ile 9.737 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. İl, merkez ve ilçelerde 215.571, köylerde 249.404 ve toplamda ise 464.975 nüfusa sahiptir (DİE, 2000). Tarıma dayalı endüstri bölge ekonomisi için önem taşımaktadır ve tarım kaynaklı endüstriyel girdi ekonomi açısından baskındır, toprağa dayalı seramik ve çimento, petrokimya sentetik deri, şarap ve kanyak sanayinde önemli tesisler bulunmaktadır. Turizm bakımından doğal güzelliklere ve tarihi zenginliklere sahip bir bölgede yaşanan çevre sorunları; hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, katı atık ve gürültü kirliliği başlıkları altında gruplandırılmıştır (Kelkit, 2003). Çanakkale düzensiz atık alanından kaynaklı kirlilik kentte karşılaşılan bu çevre sorunlarının başında yer almaktadır.

Kentte atık alanından kaynaklı sorunlar, atıkların düzensiz depolanması sonucu genel olarak koku, görüntü ve sızıntı suyu kirliliği şeklinde gelişmiştir. Kentin kullandığı atık alanının 2001 yılı içerisinde yıllık katı atık miktarı 32.850 ton dur. Deponi tesisinin ömrü, nüfus oranındaki artış ve bölgenin turistik bir bölge olmasından kaynaklı olarak gelen turist sayısındaki artış da göz önüne alınarak değerlendirilmelidir. Deponi alanına kabul edilecek atıklar evsel nitelikli atıklar olup, 2001 yılı içerisinde, mevcut deponi alanına diğer tesis ve bölgelerden gelen atık miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir (MT, 2002).

Çizelge 3.1 2001 yılı itibariyle toplanan katı atık miktarları (Kg);* (MT, 2002)

Merkezler	1-2.2001	3-4.2001	5-6.2001	7-8.2001	9-2001	10-11.2001	12.2001	Toplam
Kepez .B.	91.010	95.570	124.580	139.320	162.460	147.420	59.670	820.030
Dardanel	167.340	114.740	244.760	99.880	237.960	225.710	31.950	1.122.340
Tekel F.	4.050	2.450	7.760	3.430	28.200	6.610	480	52.980
S. Bank A.Ş.	2.250	2.470	7.240	1.090	8.950	1.850	0	23.850
İntepe B.	0	0	0	34.650	85.735	11.110	20.450	151.945
Bektaş A.Ş.	24.480	1.100	0	0	23.800	10.700	4.200	64.280
Truva Ören	0	0	0	28.740	65.650	21.300	0	115.690
Jan. Alay	144.760	118.400	223.400	208.520	156.230	196.701	92.991	1.141.002
Boğaz Kom.	37.780	44.880	57.650	72.750	76.034	70.430	40.420	399.944
Hava Radar	12.910	15.670	14.190	19.160	19.760	17.000	13.180	111.870
Jandarma	0	24.540	96.420	77.720	85.620	45.450	15.650	345.400
Meyve Üretim	11.810	12.530	11.630	4.190	4.150	4.950	0	49.260

*Kendi imkanları ile getiren tesisler.

Yıllık nüfus artış oranı % 0,3 olarak kabul edilirse (şehir nüfusu artışı 2000 yıllı sayım sonuçlarına göre %24,55'tir), yıllara göre oluşacak yıllık katı atık miktarları Çizelge 3.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.2 Yıllara göre nüfus dağılımı ve katı atık oluşum miktarı (MT, 2002)

Yıllar	Nüfus	Katı Atık Miktarı
2001	383.469	33.000 ton/yıl, 90 ton/gün
2005	399.039	34.339 ton/yıl, 94 ton/gün
2010	419.394	36.067 ton/yıl, 99 ton/gün
2015	440.787	37.907 ton/yıl, 104 ton/gün
2020	463.272	39.841 ton/yıl, 108 ton/gün
2025	486.903	41.873 ton/yıl, 114 ton/gün
2030	511.740	44.009 ton/yıl, 120 ton/gün
2035	559.669	48.131 ton/yıl, 132 ton/gün

Katı atığın içeriği, yaşam biçimi ve tüketim alışkanlıklarının bir yansımasıdır ve içerik geri dönüşüm ve depolama işlemlerindeki önemli olgulardan birisidir. Çizelge 3.3'de ülkemizdeki 7 farklı kent için, katı atık içerikleri ile ilgili bir çalışma gerçekleştirilmiş ve bu çalışmada yaz ve kış aylarında evsel katı atık-geri kazanılabilir katı atık miktarları ve bunların kentlerin nüfusuna bağlı oranları incelenmiştir.

Çizelge 3.3 Çeşitli illerimize ait katı atık içerikleri (Özkıdık, 1995)

Kentler	Nüfus	Toplam EKA	Kişi başına çöp	Yaş EKA		Kül cüruf		GKA	
		Ton/ay	gr/gün	Miktar	%	Miktar	%	Miktar	%
Adana (yaz)	1010145	24459	865	18448	75,42	407	1,66	5604	22,91
Adana (kış)	1009586	13371	473	9376	70,12	2266	16,95	1723	12,93
Ankara (yaz)	2723867	46873	615	37731	80,50	1283	2,74	7859	16,77
Ankara (kış)	2752351	48939	635	22652	46,29	24204	49,46	2081	4,25
Bursa (yaz)	949190	15283	613	12569	77,16	543	3,33	3178	19,51
Bursa (kış)	948656	21074	793	7109	33,74	12214	57,94	1750	8,30
Gaziantep (yaz)	684256	4232	221	3525	83,30	7	0,17	700	16,53
Gaziantep (kış)	683769	3355	175	1332	39,71	1641	48,91	381	11,38
İstanbul (yaz)	7082028	109767	554	88394	80,53	1414	1,29	19958	18,18
İstanbul (kış)	7082847	102004	514	44461	43,59	48599	47,64	8943	8,77
İzmir (yaz)	1750499	35564	724	29794	84,01	401	1,13	5268	14,86
İzmir (kış)	1749990	23725	484	12302	51,85	8851	37,31	2571	10,84
Samsun (yaz)	344268	5220	542	4349	83,32	83	1,68	783	15,00
Samsun (kış)	344378	4341	450	2237	63,14	1205	27,66	399	9,20

EKA: Evsel Katı Atık

GKA: Geri Kazanılabilir Atık

Mevsimsel değişimlere bağlı olarak atık içeriğindeki değişim Çizelge 3.3'de gösterilmektedir. Burada 7 farklı kent için; yaz aylarında oluşan yaş evsel atıkların kışa aylarına oranla oldukça fazla olduğu ve buna bağlı olarak geri kazanılabilir atık yüzdesinin de kışa oranla yaz aylarında arttığı görülmektedir.

3.1 Kirlilik ve Katı Atık Yönetimi

Çöplerin toplanmasından başlayarak, depolanması veya bertaraf edilmesine kadar tüm hizmetlerin bir plan çerçevesinde ele alınması ve öncelikle bu atıkların

değerlendirilmesi veya geri kazanılmasına, "çevre ile uyumlu atık yönetimi" denilmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004). Katı atık yönetiminin üç temel ilkesi; az atık üretilmesi, atıkların geri kazanılması ve atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesidir. Bu aşamalardan en önemlisini, atığın başlangıçta ayrı ayrı toplanması (kağıt, plastik, yiyecek artığı gibi), hatta sınıflandırılarak atılması oluşturmaktadır. Gelişmiş bir çok Avrupa ülkesinde özellikle evsel atıklar belli içeriklerine göre sınıflandırılıp hiçbir görüntü ve koku kirliliğine oluşmadan atılmaktadır.

Katı atıkların uzaklaştırılması için genel olarak üç yöntem bulunmaktadır. 20814 Sayılı Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde katı atık yoketme işlemleri,

- Geri Kazanma
- Kompostlaştırma
- Yakma
- Düzenli Depolama

olarak gruplanmaktadır. Depolamanın, katı atıkların uzaklaştırılmasında kullanılan en eski yöntemlerden biri olduğu bilinmektedir. İmha yöntemlerinden birinin uygulanması durumunda bile yine de bir miktar atığın depolanması gerekmektedir. Depolama işlemi, gelişmekte olan ülkelerde atıkların bertaraf yöntemlerinin başında gelmektedir. Düzenli depolama yöntemi katı atıkların çevreye zarar vermeyecek ve insan sağlığını tehlikeye atmayacak bir şekilde araziye boşaltılması işlemidir. Bu işlem vahşi depolama ve sıhhi veya düzenli depolama olarak iki şekilde uygulanmaktadır. Yapılan araştırmalar katı atıkların uzaklaştırılmasında, düzenli depolamanın maliyet yönünden en uygun çözüm olduğunu ortaya koymaktadır. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği gereği deponi yerinin seçiminde uyulması gereken bazı koşullar bulunmaktadır.

- Deponi alanı içme suyu temin edilecek olan koruma alanlarında kurulamaz,
- Depo tabanı tabii yeraltı suyunun maksimum seviyesinden en az 1 m. yüksekte olmalıdır,
- Sel, heyelan, çığ ve deprem bölgelerinde olmamalı,

- En yakın yerleşim biriminden en az 1 km uzakta olmalıdır.

Genel olarak depolama yerini planlanması ve düzenlenmesinde gözönünde bulundurulacak 3 önemli olgu; çevresel etkiler, halk tepkisi ve ekonomik imkanlardır.

Düzenli depolamanın avantajları;

- Uygun arazi bulunduğu takdirde en ekonomik yöntemdir
- Ön yatırımı nispeten en az olan yöntemdir
- Nihai imha yöntemidir
- Esnek bir yöntemdir, katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla arttırılabilir.

Dezavantajları ise;

- Kalabalık yörelerde, ekonomik taşıma mesafesi içinde uygun yer bulmak güçtür,
- Yerleşim yerlerine yakın deponi alanları için, halkın muhalefeti ile karşılaşılabilir,
- Tamamlanmış deponi alanlarında göçük ve yerel çökmeler olabileceğinden devamlı bakımı gereklidir,
- Sıvı ve gaz sızıntıları kontrol edilmezse, sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir.

Yönetmeliğe uygunluğu belirlenen deponi yerinde, hidrolojik, hidrojeolojik, jeolojik ve jeofiziksel araştırmalar detaylı olarak yapılmalıdır. Sızıntı sularından yeraltı sularının, yüzeysel sularının, toprak ve besin maddelerinin kirlenmesini önlemek için geçirimsizliğin hem zemin hem de yüzey için sağlanması gerekmektedir.

Depolama yeri seçimi için gereken kriterler sağlandıktan sonra yapılması gereken işlem düzenli depolama alanının dizayndır. Alan ve atık tipine göre farklı dizayn yöntemleri bulunmaktadır. Kalıcı kirliliğe sahip atık alanı dizaynında en önemli etken sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışmasının önlenmesidir. Bu nedenle depolama alanının tabanı ve tavanı, kil ve geomembran ya da her ikisini de birden kullanarak

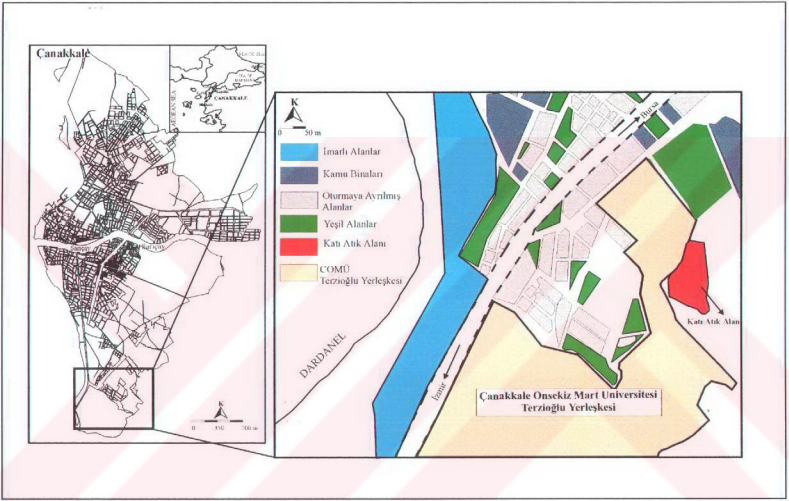
geçirimsiz hale getirilip sızıntı suyu toplama sistemi ile gaz bacaları yerleştirilmektedir. Geçirimsiz taban ve tavan örtü özellikleri yönetmeliklerce belirlenmiştir.

3.1.1 Vahşi Depolama

Vahşi depolama, atığın araziye gelişigüzel boşaltılması işlemidir. Atıkların herhangi bir ön çalışma ve planlama yapılmadan doğrudan alıcı ortama bırakılması, insan sağlığını olumsuz etkileyebilecek bir çok çevre problemine neden olmaktadır. Rüzgar ve başıboş hayvanlar aracılığıyla atık malzemelerin yerleşim birimlerine taşınması, yoğun çöp kokusu, yanan çöplerin etkisiyle oluşan duman ve sızıntı suyunun kontrolsüzce doğaya karışması vahşi depolama alanlarının neden olduğu problemlerin birkaçıdır. Zararlı atık kapsamına giren ve yok edilmesi özel işlemler gerektiren atıkların vahşi depolanma yöntemi ile depolanması ise ekosistem olumsuz bir biçimde etkilemektedir. Ayrıca artan nüfus ve doğan ihtiyaçlar doğrultusunda yerleşim birimlerinin çoğalması, vahşi depolama alanlarının zaman içinde şehrin görüntüsünü de olumsuz etkileyerek gelişmesine neden olabilmektedir.

4. ÇANAKKALE DÜZENSİZ KATI ATIK ALANINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMALAR

Çanakkale düzensiz katı atık alanı, şehir merkezinden 3 km uzaklıktaki Fıstıklı vadisi içinde yer almaktadır. Atık alanı çevresi, yerleşim alanları, orman alanları ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşkesi ile sınırlıdır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Çanakkale Kenti yerleşim alanları ve düzensiz katı atık alanı

Yerleşim alanlarına ve havaalanına oldukça yakın olan alanda vahşi depolama yöntemi ile atık depolanmaktadır (Şekil 4.2). Alandan yayılan yoğun koku, depo gazlarının atmosfere geçmesi ve sıkışan gazların etkisiyle çıkan yangınlar atık alanından kaynaklı çevre problemlerinden bazılarıdır (Şekil 4.3, Şekil 4.4).



Şekil 4.2 Atık alanından Kentin görünüşü

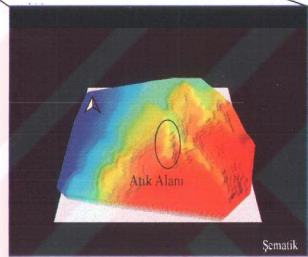
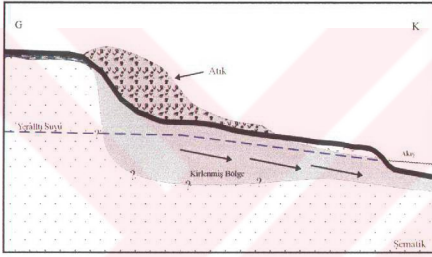
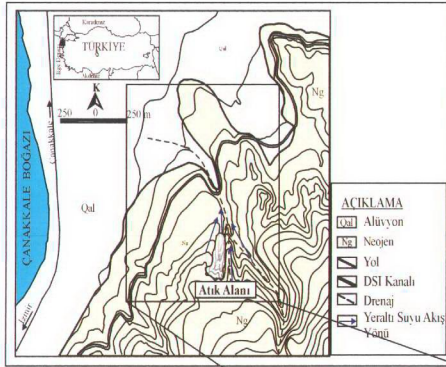


Şekil 4.3 Depo gazlarının atmosfere geçmesi



Şekil 4.4 Depo gazlarının atmosfere geçmesi, zararlı gaz ve maddelerin rüzgar ve kuşlar aracılığıyla taşınması

Çanakkale düzensiz katı atık alanında olduğu gibi vahşi depolama ile oluşan atık alanlarında, sızıntı suları etkisiyle gelişen kirlilik, çevre bilimcilerin noktasal olmayan bir kaynaktan yayılan, insan etkisiyle oluşmuş ikinci tip kirlilik olarak tanımladıkları kirliliktir ve kontrol altına alınması oldukça güçtür. Atık alanında oluşan sızıntı suyu ve yeraltındaki dağılımı Şekil 4.5'teki kesitte gösterilmektedir. Bunun yanında, atıkların rüzgarla taşınması ve hastane atıkları gibi zararlı atıkların doğrudan temasa açık olması Çanakkale atık alanında karşılaşılan önemli birer çevresel problemdir (Şekil 4.6,7).



Şekil 4.5 Çanakkale düzensiz atık alanı ve sızıntı suyu etkisi

Bu çalışma kapsamında Çanakkale düzensiz katı atık alanından kaynaklı kirliliğin boyutları ve çevresel tehlike potansiyeli belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla alınan toprak ve su örneklerinde gerçekleştirilen kimyasal analizler ile kirlilik parametreleri hakkında bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan jeofizik araştırmalarla da, atık alanından kaynaklı sızıntı suyunun toprakta ve yeraltı suyunda kirlenmeye neden olup olmadığı belirlenmek istenmiştir. Son olarak da, hidrojeoloji, jeokimya ve jeofizik çalışmalar birlikte değerlendirilerek sorunun boyutları belirlenmiş ve çözüm önerileri üzerinde durulmuştur.



Şekil 4.6 Rüzgar etkisiyle atık alanından taşınan malzemeler

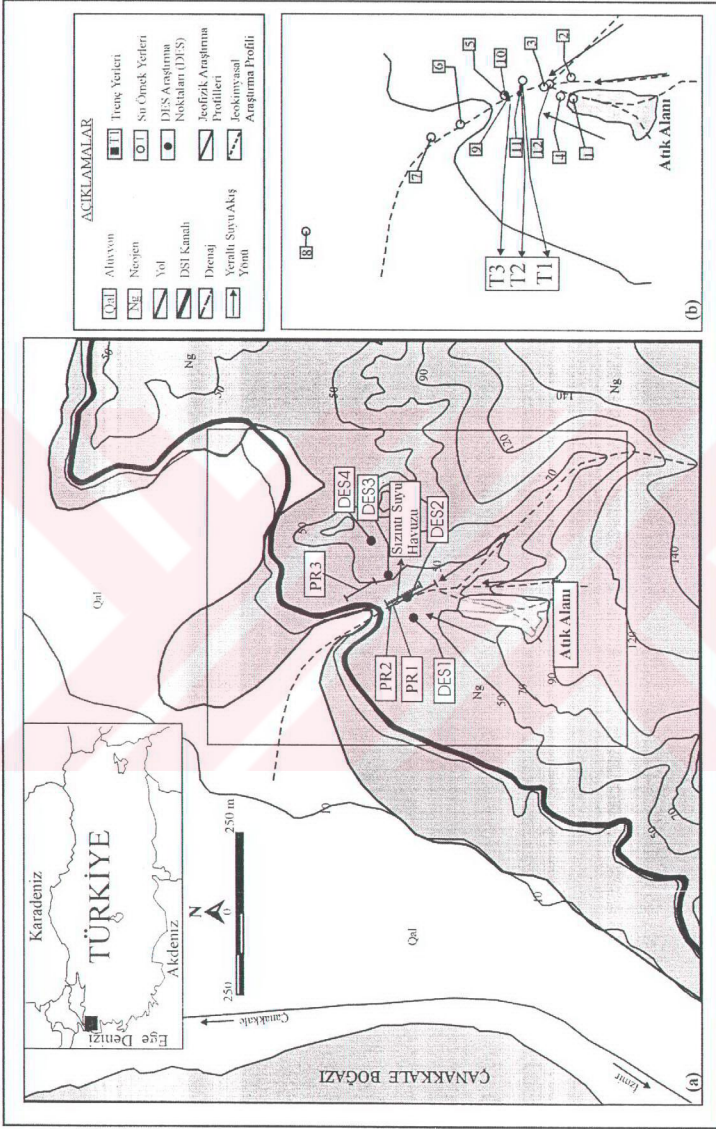


Şekil 4.7 Çanakkale düzensiz katı atık alanı tıbbi atık çukuru

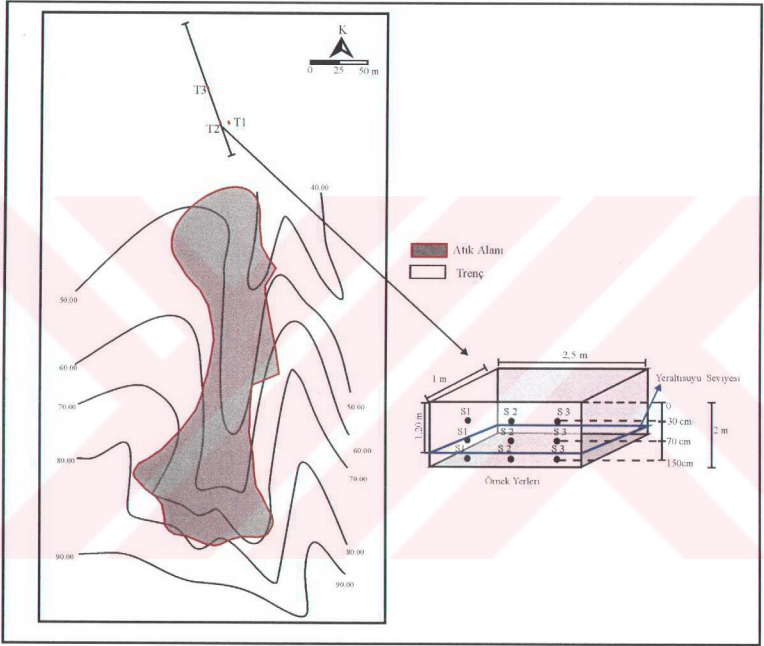
4.1 Jeolojik, Jeokimyasal ve Hidrojeokimyasal Çalışmalar

Düzensiz katı atık alanı, Fıstıklı vadisi içinde, Neojen yaşlı, oldukça geçirgen tortullar üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.8). Bu tortullar genel olarak sarı-boz renkli, orta-kalın katmanlı, çoğu kötü yer yer de kornişler oluşturacak şekilde çimentolanmış, çapraz katmanlı (levha) kumtaşları ve bununla ardalanmalı, bordo-kırmızı renkli, ince-orta katmanlı (3-10 cm), kötü çimentolu mercek ve levha şekilli çapraz katmanlı, yer yer taban oturma yapıları da sergileyen çakıltaşı birimlerinden oluşmaktadır. Alandaki tortulların geçirgenliği 10^{-4} - 10^{-5} cm/s'dir (IULA-EMME, 1998). Çalışma alanının temel akiferini oluşturan Alüvyon birim, taneli ve serbest akifer niteliğindedir ve akiferden tarımsal sulama amaçlı yararlanılmıştır.

Atık alanının kuzey sınırından başlayan, ikisi jeofizik ölçüm hattı (PR1) üzerinde olmak üzere, alanda 2x2,5 ve 2 m boyutlarında 3 araştırma çukuru (trenç-hendek) açılmıştır. Şekil 4.8.b'de lokasyonları belirtilen T1, T2 ve T3 trençlerinden düşeyde 30, 70 ve 150 cm olmak üzere üç farklı derinlikten toplam 34 adet 0,5 kg toprak örneği alınmıştır. Bu örnekler üzerinde ACME (Kanada) laboratuvarında 26 minör, 8 major olmak üzere 34 element analizi gerçekleştirilmiştir (Ek 1). Alınan toprak örneklerinin yatay ve düşeydeki değişimleri ve lokasyonları Şekil 4.9'da görülmektedir. Şekil 4.10'da ise T2 çukuru üstten görülmektedir.



Şekil 4.8 Çanakkale Düzensiz Katı Atık Alanı (a) Jeofizik Araştırma Profilleri (b) Jeokimyasal Araştırma Lokasyonları

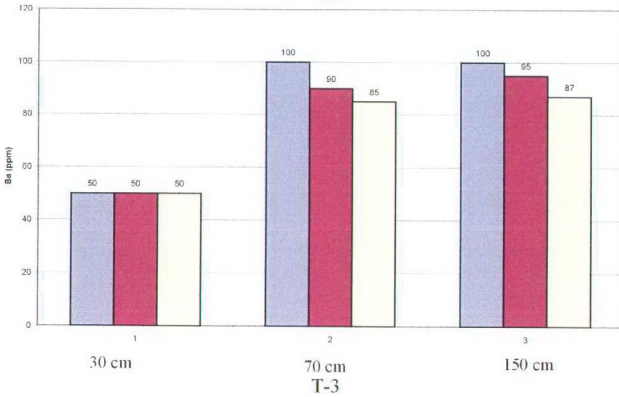
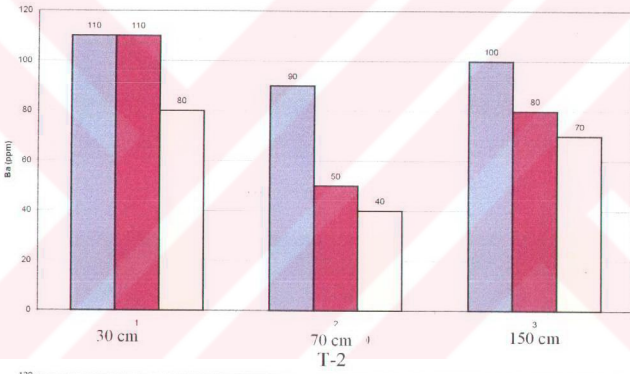
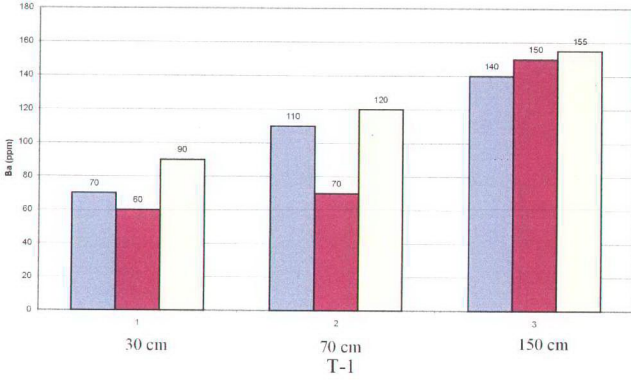


Şekil 4.9 Katı atık alanı araştırma çukurları ve toprak örnek lokasyonları

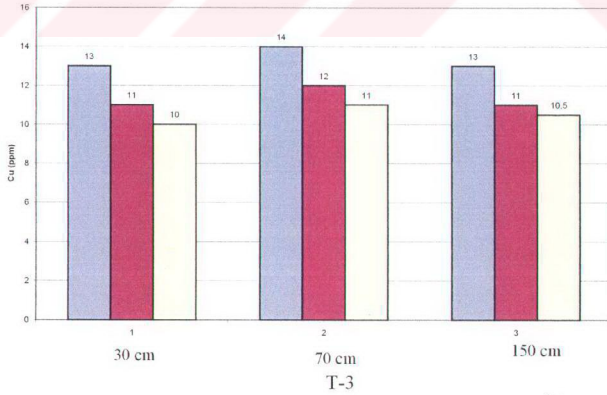
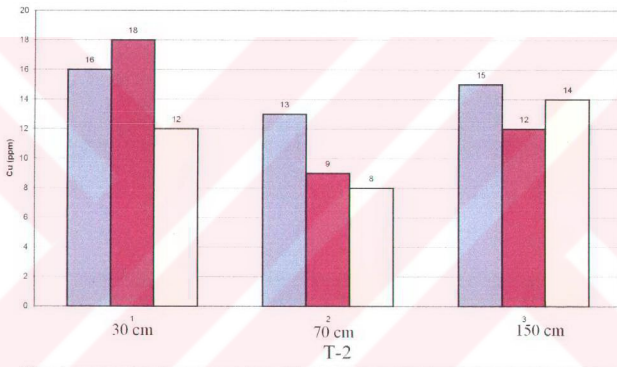
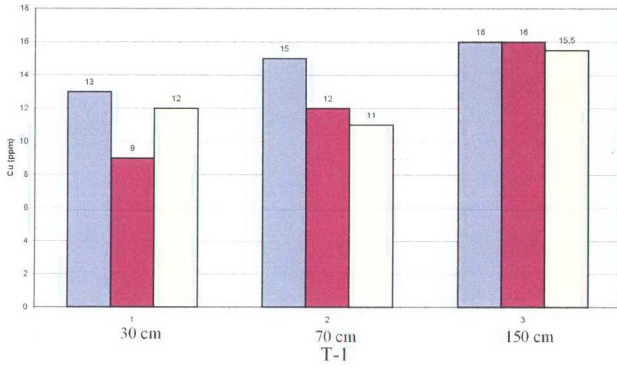


Şekil 4.10 T2 araştırma çukuru üstten görünüm

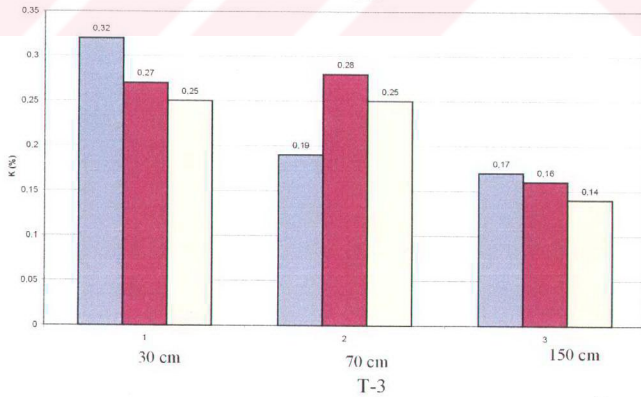
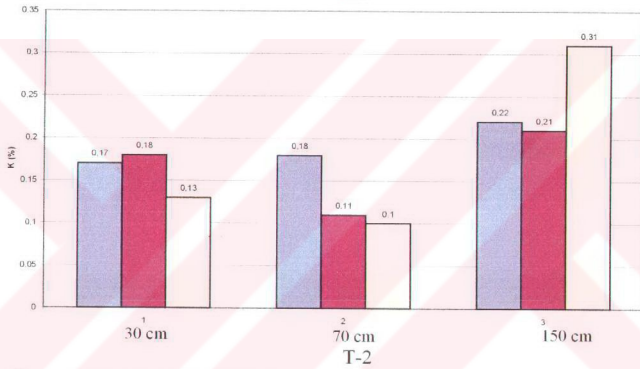
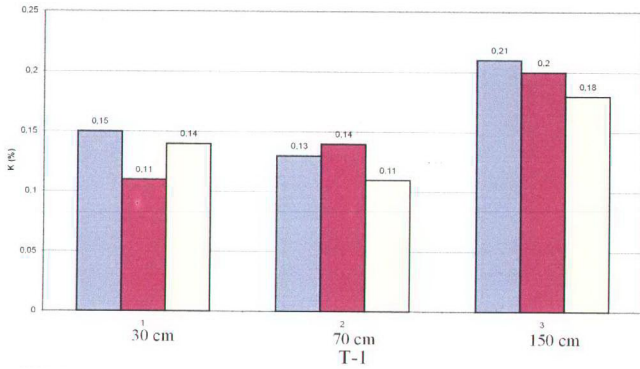
Toprak örneklerinde yapılan analizler element değerlerinin, düşey (30, 70 ve 150 cm) ve yatay (S1, S2 ve S3) doğrultudaki değişimleri Şekil 4.11'de grafikleştirilmiştir. T1, T2 ve T3 araştırma çukurları değişimleri incelendiğinde, bazı elementlerin topraktaki miktarının atıktan uzaklaştıkça azaldığı gözlenmektedir. Örneğin, Ba elementi $T2_{Ba} > T3_{Ba}$ olarak değişmektedir (Şekil 4.11.a) . Benzer şekilde S1 atığa en yakın örnek noktası olmak üzere, T2 ve T3 çukurlarında Cu değeri; S1, S2 ve S3 noktalarına doğru giderek azalan bir grafik sunmaktadır (Şekil 4.11.b). Şekil 4.11.d'de ise T3 çukurunda Pb elementinin, 30 cm derinlik için yatayda S1;12, S2;10 ve S; 9 ppm, 70 cm için S1.,14, S2; 10 ve S3; 9 ppm ve 150 cm derinlik için ise S1; 14, S2; 13 ve S3; 11 ppm'lik atıktan uzaklaştıkça azalan bir değişim sunduğu görülmektedir. Analizler Pb ile benzer olarak toprakta Zn element derişiminin de atıktan uzaklaştıkça azaldığını göstermiştir.



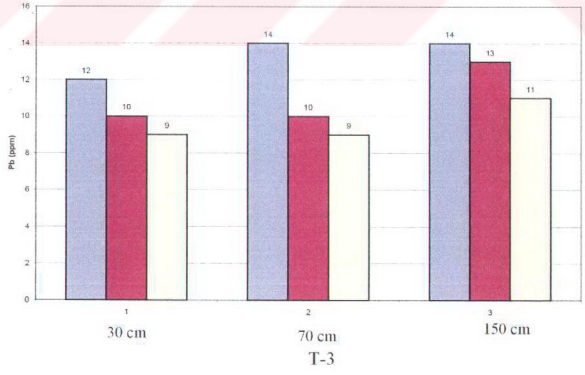
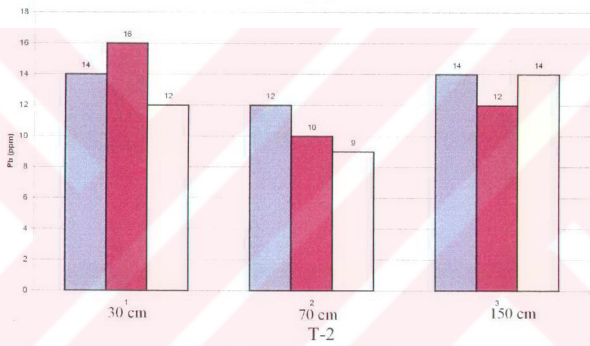
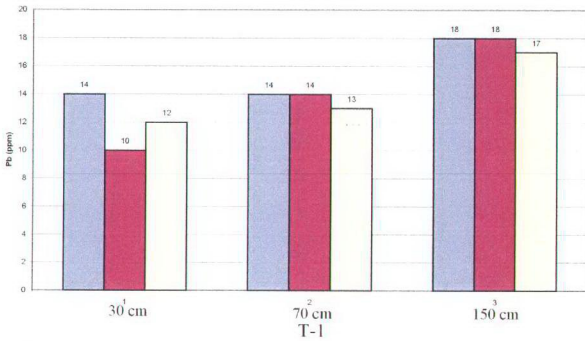
Şekil 4.11 T1, T2 ve T3 araştırma çukurları kimyasal element analizler (a) Ba,



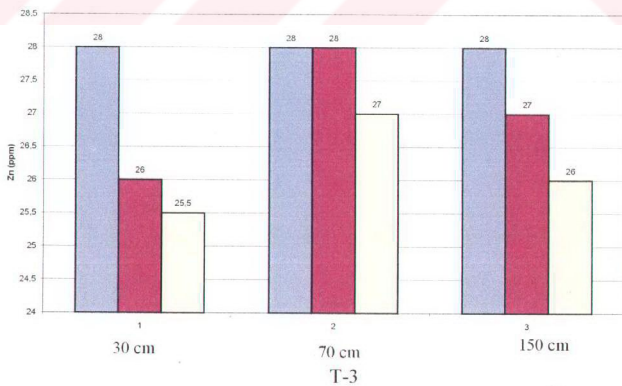
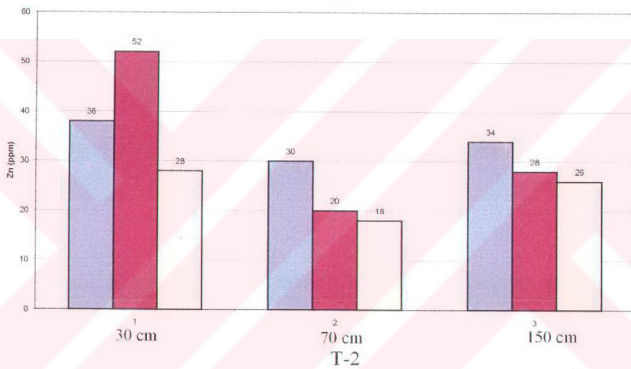
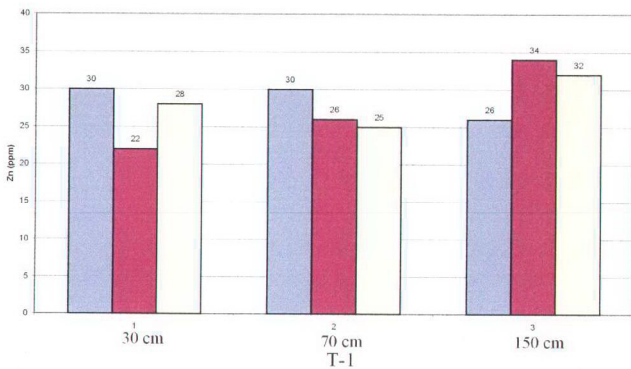
(b) Cu analizi



(c) K analizi



(d) Pb analizi



(e) Zn analizi

Sızıntı suyu, atıklardaki çözünebilen ve çözünemeyen bileşiklerin çöplerden süzülmesi ve depoda meydana gelen reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır. Sızıntı suyunun bileşimi deponi alanındaki değişimleri yansıtan önemli bir göstergedir (Özkıdık, 1995). Sızıntı suyunun özelliklerini etkileyen faktörler; atığın içeriği, atığın işenmesi, parçalanma, sıkıştırma, depo alanı işletme şeklinin etkileri, depo alanının yaşı, fiziksel ve kimyasal reaksiyonlar, sıcaklık olarak özetlenmektedir. Mikrobiyolojik şartların değişmesinden, sülfat değerleri de etkilenmektedir. Asidik fazdaki yüksek organik asit, pH'ın düşmesine ve inorganik maddelerin çözünürlüğünün artmasına sebep olmaktadır. Sülfatlarda meydana gelen azalmalar ise çöp suyunda mevcut çeşitli ağır metallerin çökmesini sağlayabilir. Depo alanı henüz yeniyken düşük pH değerleri yüzünden yüksek düzeyde bir metal çözünürlüğü belirlenmektedir. Depo alanının yaşı ilerledikçe pH'da artış meydana gelmektedir (Özkıdık, 1995).

Araştırma alanında atık depolama sahasının çevredeki yeraltı sularına etkisini araştırmak amacıyla atık depolama sahasının sızıntı suyunda ve inceleme alanındaki kuyularda su örnekleri alınmıştır (Baba ve Deniz, 2004).

Şekil 4.8.b'de gösterilen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 numaralı örneklerin, **As, Cd, Pb, Zn** ve **Cu** derişimlerini belirlemek amacıyla TUBİTAK Ankara Test ve Analiz Laboratuvarında Atomik absorpsiyon spektrometresi ve indüksiyonla eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi ile analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.1.a). Ayrıca 9, 10, 11 ve 12 numaralı sızıntı suyu örnekleri üzerinde Multi 340 i/Set cihazı ile yerinde (insitu) pH ve iletkenlik ölçüsü gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.12, Çizelge 4.1.b).

Çizelge 4.1.a. Sızıntı suyu ağır metal analiz sonuçları

Örnek	1	2	3	4	5	6	7	8	US EPA 2003
As	0.001	0.0013	0.574	0.451	0.017	0.043	0.074	0.159	0.010
Cd	0	0	<0.001	0	0	<0.001	0	0	0.005
Pb	0	0	<0.001	0	0	0	<0.001	0	0.015
Zn	0.232	0.005	0.055	0.024	0.016	0.008	0.013	0.017	5
Cu	0.006	0.005	0.005	0.006	0.018	0.009	0.016	0.014	1.3

Çizelge 4.1.b Sızıntı suyu pH, iletkenlik ve sıcaklık değişimleri

	pH	İletkenlik (mS/cm)	Sıcaklık (°C)
9	8,38	22,5	31,6
10	7,75	8,49	29,9
11	7,13	7,03	28,8
12	7,91	33,4	33,4



Şekil 4.12 Sızıntı suyu örnek yerleri ve Jeofizik araştırma Profili-2

Çizelge 4.1.a'daki verilere göre, inceleme alanında suların Arsenik (As) değerlerinin US EPA tarafından içme suları için önerilen (0.01 ppm) standart değeri aştığı görülmektedir (Baba ve Deniz, 2004).

4.2 Jeofizik Çalışmalar

Jeofizik yöntemlerden öz direnç ve doğal gerilim yöntemleri, ortamın elektrik akımını farklı iletmesi özelliğinden hareketle yer yapısını ortaya koyan yöntemlerdir. Atık depolama alanı zemininde kirliliğin artması iyonlaşmayı dolayısıyla elektrik akımının akmasını kolaylaştırıcı bir etken olduğundan, kirlenmiş bölgeler öz direnç ve doğal gerilim yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Sismik kırılma yöntemi ile de yer yapısına ilişkin durum belirlenirken, P ve S dalga hızları ortamın pekişmişliği ve ortamdaki sıvı varlığı konusunda bilgi verebilecektir. Bu amaçla, alanda 3 profil üzerinde jeofizik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.13'te gösterilen 117 metre uzunluğundaki GD-KB doğrultulu Profil-1 boyunca DC öz direnç, doğal gerilim ve sismik kırılma ölçümleri alınmıştır. Ayrıca aynı profil üzerinde alınan toprak örneklerinde pH ve iletkenlik (EC) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Lokasyonları Şekil 4.8'de gösterilen 2 ve 3 Profilleri boyunca, DC öz direnç ölçümleri alınırken, aynı hat üzerinde yer alan 4 farklı noktada genel jeolojik yapıyı ortaya koymak amacıyla Düşey Elektrik Sondaj ölçüsü alınmıştır.



Şekil 4.13 Jeofizik ölçüm Profili-1



Şekil 4.14 Jeofizik ölçüm Profili-2

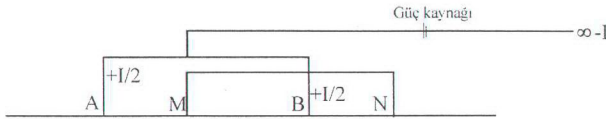
4.2.1 Doğru Akım Elektrik Özdirenç Yöntemi ve Uygulaması

DC özdirenç yönteminin yeraltı suyu aramalarında kullanılması 1930'ların sonunda başlamaktadır. Özdirenç yöntemi, kirlilik alanlarını tanımlamada, yerinde yapılabilen (insitu), yıkıcı olmayan ve hızlı sonuç alınabilen yöntemlerden biridir (Yoon ve diğ. 2002). Yerin elektriksel özdirenci, genel olarak ortamdaki sıcaklık, basınç, gözeneklilik, geçirgenlik, ortamın su doygunluğu ve suyun yer içindeki dağılımı gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Bunlara ek olarak tuzlanma ve buna bağlı olarak gelişen topraktaki iyon varlığındaki değişim, ortamın özdirencine etki eden önemli birer parametredir. Sızıntı suyunun etkisiyle yeraltı suyu ve topraktaki kirlenme, ortamın iyon derişimini (konsantrasyonu) ve iletkenliğini arttırmaktadır. Böylelikle yapılan özdirenç ölçümleri ile kirlenmiş bölgelerin belirlenebilmesi mümkün olmaktadır.

Akımın yer içindeki iletimi, ortamın iletkenlik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir ve akım yer içinde elektronik iletim, elektrolitik iletim, dielektrik iletim olmak üzere 3 farklı yolla iletilmektedir. Topraktaki iletkenlik elektrolitiktir. Bu tip iletkenlikte özdirenç, ortamdaki iyonların devingenlik (mobility), derişim ve çözünme dereceleri ile değişim göstermektedir ve iletkenlik sıcaklık ve çözülmüş tuz miktarındaki artışa paralel olarak artmaktadır.

Doğru akım özdirenç yönteminin başarısı önemli oranda yeraltındaki özdirenç zıtlığına ve bu zıtlığı belirleyebilmek için seçilen dizilimin tepkisine bağlıdır. Dizilim türleri ise, akım uçlarının konumuna bağlı olarak *Tek Kutuplu* ve *Çift Kutuplu Dizilimler* olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.

1. *Tek kutuplu dizilimler*: Gerilim elektrotlarının çevresindeki akım elektrotları aynı uçlu, zıt uçlular ise sonsuzda olan dizilimlerdir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 Tek kutuplu dizilim geometrisi

2. *Çift kutuplu dizilimler:* Gerilim elektrotlarının çevresinde akım elektrotlarının üreticinin her iki ucuna bağlanmasıyla oluşturulan dizilimlerdir. Bunlar geleneksel dizilimler olarak da adlandırılırlar ve sayısı oldukça fazladır.

Şekil 4.16'da ise çift kutuplu dizilimlerden birkaçını görmekteyiz . Şekilde k: akım ve gerilim elektrotlarının yerleşim düzenlerine bağlı geometrik faktör olmak üzere, ρ_a : görünür öz direnç değeridir.

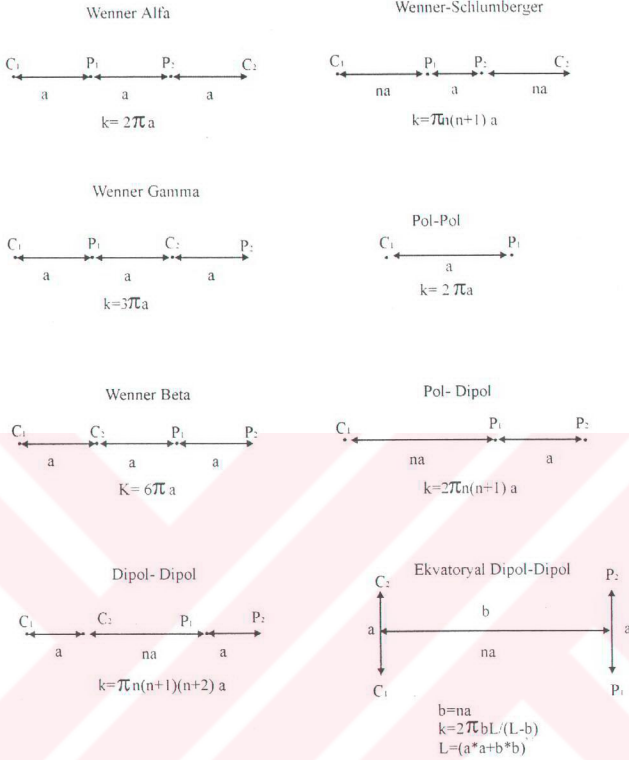
$$\rho_a = k (V / I) \quad (4.1)$$

Bu dizilimlerinin her birinin karakteristik özellikleri arasında;

- Yer içinin öz direncindeki yatay ve düşey değişimlere karşı duyarlılık,
- İnceleme derinliği,
- Sinyal katkı oranı gibi

gibi ölçütler bulunmaktadır.

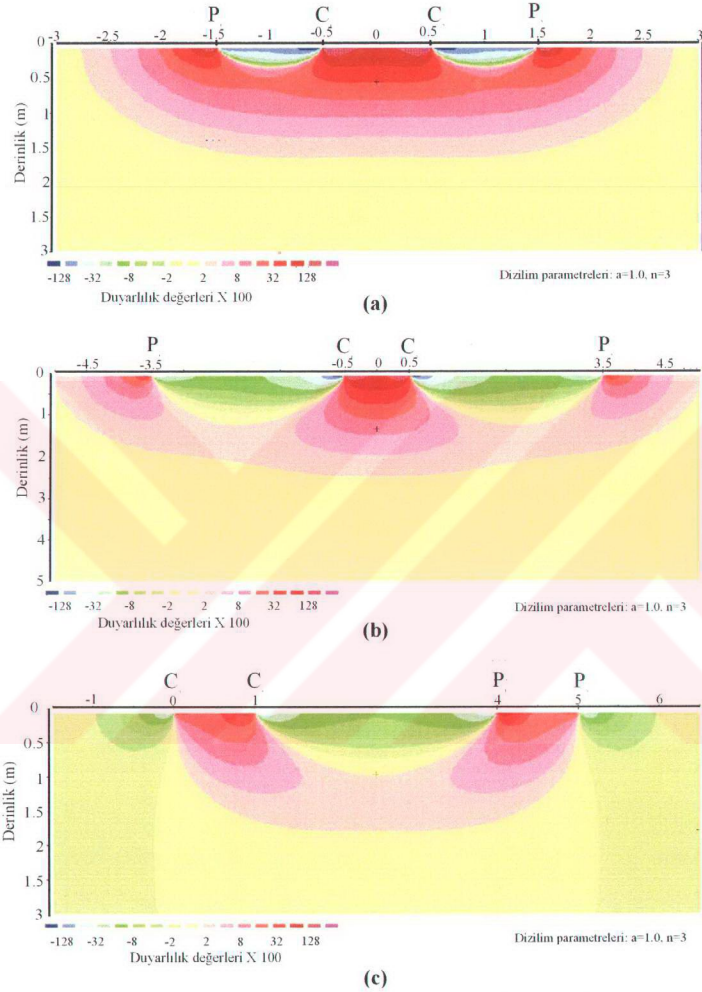
İki boyutlu homojen bir yer modeli için Wenner, Wenner-Schlumberger ve Dipol-Dipol dizilimlerinin duyarlılık değişimleri (sinyal katkı kesiti) Şekil 4.17'de görülmektedir (Loke, 1999). Benzer biçimde Candansayar (1998), Wenner, Dipol-dipol, Schlumberger ve Yarım Schlumberger dizilimleri için oluşturduğu sinyal katkı kesitlerinde negatif ve pozitif katkı bölgelerine göre bahsedilen dizilimlerin avantaj ve dezavantajları üzerinde durmuştur.



Şekil 4.16 Çift kutuplu dizilimler

Şekil 4.17'da yeralan kesitlerde ise, tüm dizilim türleri için, en yüksek duyarlılık elektrotların yanında ölçülürken, elektrotlardan uzaklaştıkça 3 dizilim türü arasında farklılıklar oluşmaktadır. *Wenner dizilimi* için sinyal katkı kesitinde C_1 - P_1 ve C_2 - P_2 arası çok büyük negatif etkiye sahiptir. Bu bölgede küçük boyutlu ve dirençli bir yapı varsa ölçülen görünür öz direnç değeri, gerçekte olduğundan daha küçük bir değer

olacaktır.



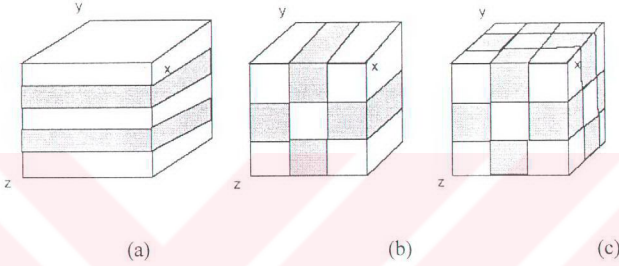
Şekil 4.17 Homojen bir yer modeli için; a) Wenner dizilimi, b) Wenner-Schlumberger dizilimi, c) Dipol-Dipol dizilimleri, iki boyutlu duyarlılık değişimleri grafikleri (Loke, 1999)

Wenner-Schlumberger diziliminde ise duyarlılık, açılımın merkezi altında pozitif değerlidir. n değeri arttıkça merkezdeki pozitif duyarlılık yoğunlaşır. n 'nin küçük değerleri için dizilim, yatay değişimlere, n 'nin büyük değerleri için düşey değişimlere duyarlıdır. Araştırma derinliği, $n > 3$ için C_1C_2 aynı olmak üzere Wenner diziliminden %10 daha fazladır. Sinyal katkı kesitinde *Dipol-Dipol diziliminde* ise dipol çiftleri arası pozitif değerlidir ve bu bölge öz direnç değişimlerine daha duyarlıdır. n büyüdükçe duyarlılık dipol çiftleri arasında gittikçe artarken C_1-P_1 arasında azalmaktadır. $n=2$ 'den büyük değerler için sinyal katkı konturları hemen hemen düşey bir konum almakta ve bu nedenle de dizilim yanal değişimlere karşı oldukça duyarlılık göstermektedir.

Bu karşılaştırmadaki üstünlükleri ve arazide kullanılabilirliği dikkate alınarak çalışmada *wenner-schlumberger* açılımı seçilmiştir. DC öz direnç yöntemi, Profil 1 için, RVA-1 model yerli yapım doğru akım öz direnç aletiyle 1 m kaydırma aralığı ve $n=1, 2, 3, 4, 5$ olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Profil 2 ve Profil 3 ölçüleri ise İRİS DC Öz direnç aleti ile 1 m kaydırma aralığı ve $n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ olarak alınmıştır. Bu uygulamanın tek bir DES profilinin dizilim merkez noktasında verdiği cevaba göre daha çok avantajı bulunmaktadır. Bu dizilim, küçük elektrot aralığı kullanılarak yapılan ölçümler için kuru ve yüksek yatay anizotropiye sahip ortamlarda, oldukça fazla oluşan gürültüyü azaltmaya yardımcı olmaktadır (Pozdnyakova ve diğ. 2001). Ayrıca alanın genel yer altı yapısını ortaya koymak amacıyla 4 farklı noktada düşey elektrik sondaj ölçüleri alınmıştır.

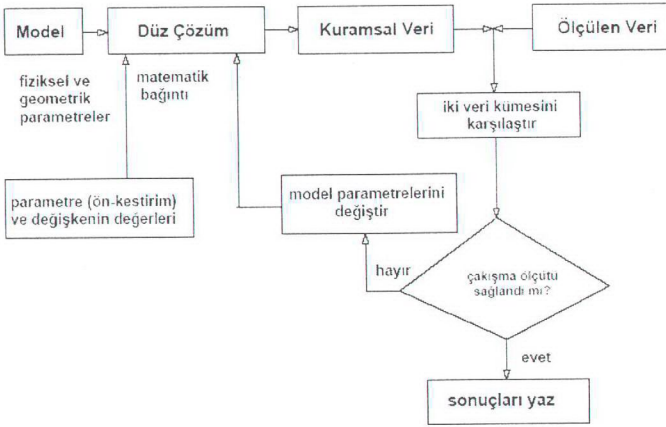
Öz direnç yönteminde elde edilen veriden yeraltı yapısının fiziksel parametrelerine, yapılan ters çözüm çalışmaları sonucu oluşturulan yeraltı modeli ile ulaşılabilmektedir. Jeofizik yöntemlerle problem çözümünde, jeolojik yapının modellenmesi, fiziksel benzeşimin kurulması, matematiksel modelin oluşturulması, doğrusal dizge modellenmesi, kaynağın modellenmesi, uyarı iminin modellenmesi gibi birbirinden farklı yaklaşımlarla elde edilen modelleme türleri bulunmaktadır. Bunların dışında ortamın düzgün bir geometriye, homojen bir yapıya sahip olmadığı durumlarda uygulanan sonlu farklar ve sonlu elemanlar modellerinin jeofizikte geniş uygulamaları bulunmaktadır (Canitez, 1997).

Elektrik ve elektromanyetik yöntemlerde genellikle üç tür model kullanılmaktadır (Şekil 4.18) (Başokur, 2003). Doğru akım öz direnç verilerinin bir boyutlu modellenmesinde, iletkenlik dağılımına göre yeriçinin homojen ve izotrop yatay katmanlardan (Şekil 4.18.a), iki boyutlu modellemede, yeriçinin, iletkenliği x ve z yönünde değişen y yönünde sabit kalan bloklardan oluştuğu kabul edilir (Şekil 4.18.b). Üç boyutlu modellemede ise yeriçinin iletkenliğe göre kendi içinde homojen ve izotrop küplerden oluştuğu varsayılmaktadır (Şekil 4.18.c).



Şekil 4.18 Elektrik yöntemlerinde kullanılan (a); Bir Boyutlu, (b); İki Boyutlu, (c); Üç Boyutlu modeller (Başokur, 2003)

Ölçülen veriden, parametre değerlerinin hesaplanması ters çözüm olarak tanımlanmaktadır. Ters çözüm işlemi; ölçülen veri ile kuramsal modelin uyumunu en iyi yapan parametrelerden oluşan fiziksel bir model üretir (Şekil 4.19). Yorumlama ise; geometrik ve fiziksel parametreler ile tanımlanan sonuç modelin, jeolojik olarak adlandırılması olarak tanımlanmaktadır (Başokur, 2002). Bu çalışmalarda seçilen model çok önemlidir. Ölçü noktalarının düz bir hat üzerinde bulunması durumunda iki boyutlu ters-çözüm işlemi uygulanabilir (Başokur, 2002).

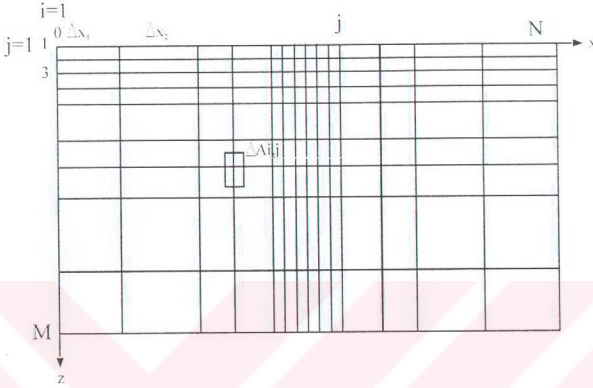


Şekil 4.19 Nicel yorumlamanın basitleştirilmiş akış şeması (Başokur, 2002)

Dey ve Morrison (1979), yaptıkları modelleme çalışmalarında ise; sonlu farklar tekniğiyle noktasal bir akım kaynağından kaynaklanan iletkenliğin gelişigüzel iki boyutlu dağılımı ile bir yarı sonsuz yüzeyin içinde veya üstündeki gerilim dağılımının çözümünü yapmışlardır. Doğada da olduğu gibi, ortamın düzgün bir geometriye ve homojen bir yapıya sahip olmaması durumunda, sonlu farklar yöntemiyle oluşturulan iki boyutlu model, yerin bir dikkörtgen gridden (ağ/mesh) oluşan çok sayıda bölge bölünmesi temeline dayanmaktadır (Şekil 4.20). Böylelikle oldukça karmaşık olan yeraltı yapısı basit parçalara bölünerek modellenip, tanımlanmaya çalışılmaktadır. Dey ve Morrison (1979) yaptıkları bu hesaplamalarda karma sınır koşullarını kullanmışlardır. Bundaki amaç, sağ, sol ve alt sınırlar boyunca gerilimin ve gerilimin normal bileşene göre değişiminin asimtotik davranışının kaynaktan oldukça uzak olmasını beklemektir. Eşitliklerin çözümünde $z=0$ için (yeryüzünde) Neuman tipi sınır koşulu, gridin diğer sol, sağ ve alt sınırında ise Drichlet tipi sınır koşulları geçerlidir. Araştırmacıların yaptıkları matematiksel çözümler için kullanılan karma sınır koşulları;

- Gerilim gridin sol, sağ ve alt sınırında sıfır kabul edilmektedir (Drichlet sınır koşulu)
- Gridin sol, sağ ve alt sınırı sınırlarda gerilimin değişimi de sıfır olacaktır (Neumann sınır koşulu).

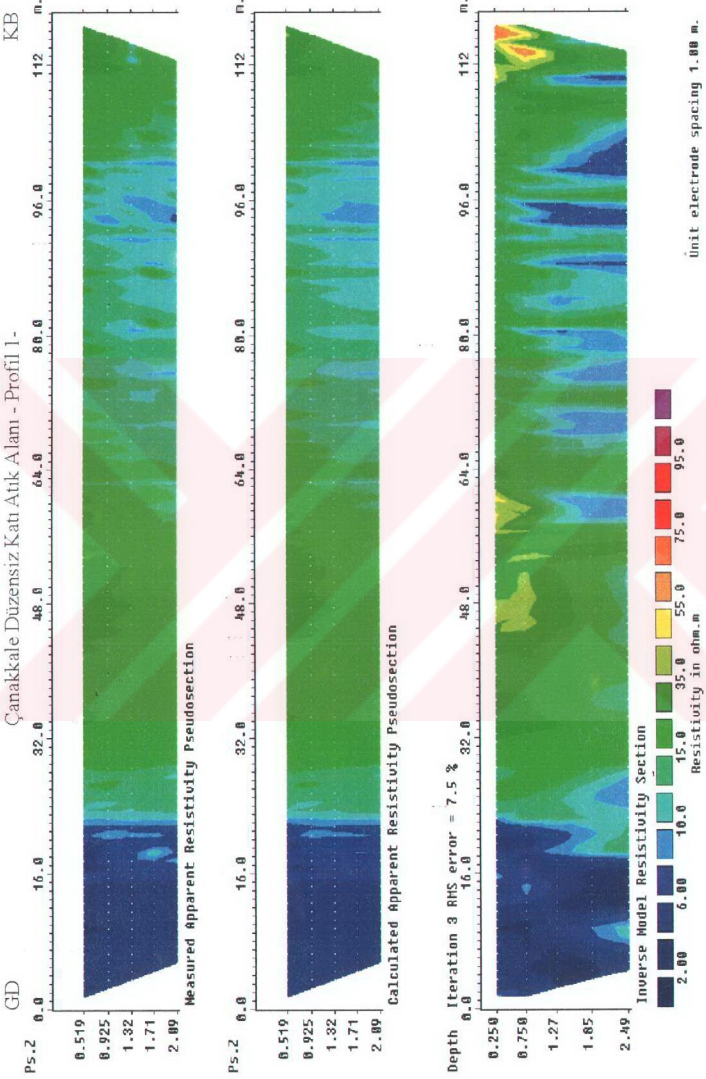
Bu çalışma kapsamında doğru akım öz direnç verisinin iki boyutlu ters çözümü için kullanılan yazılım, temelde Dey ve Morrison'un hesaplamalarına dayanmaktadır.



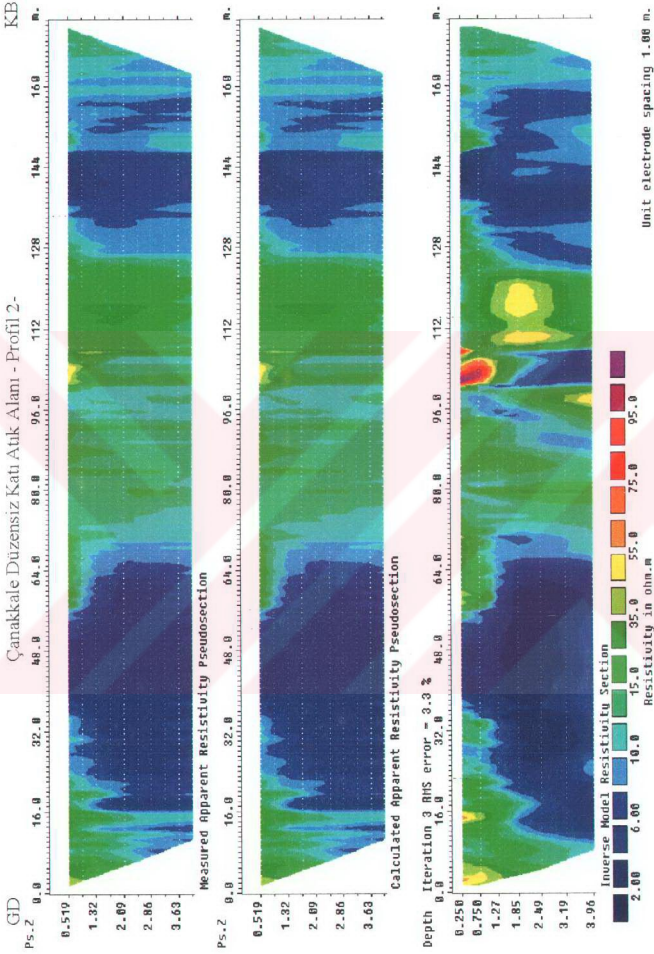
Şekil 4.20 Dikdörtgen şeklinde oluşturulmuş grid (Dey ve Morrison, 1979)

Profil-1 verisinin ters çözüm çalışmaları sonucu elde edilen kesiti Şekil 4.21'de görülmektedir. Şekilde üstteki, araziden elde edilen görünür öz direnç değerleriyle oluşturulmuş yapma kesit, ortadaki hesaplanmış görünür öz direnç yapma kesiti ve alttaki kesit ise ters çözüm sonucu elde edilen elektrik yapı kesitidir. Kesitlerde mavi bölgeler düşük, kırmızı bölgeler ise yüksek dirençli alanları göstermektedir. Hattın atık alanına yakın olan GD bölgesindeki iletkenliği oldukça yüksek olan bölgeler, sızıntının yüzeyden derine doğru izlediği yolu açıkça göstermektedir. Yüzeyde yükselen öz direnç değerleri derinlere doğru yeraltı seviyesi ve sızıntı girişimi ile uyumlu olarak düşmüştür. Açılan araştırma çukurlarından da görüldüğü gibi yeraltı su seviyesi yaklaşık 1.5-2 metre derinde yer almaktadır. Şekil 4.22'de Profil 2'nin ters çözüm sonucu görülmektedir. Burada Profil-2'dekine benzer biçimde mavi bölgeler, sızıntı suyu etkisiyle oluşmuş kirlilik alanlarını ifade etmektedir. Kırmızı alanlar ise gömülü atık ve dolgular etkisiyle yüksek dirençli alanları tanımlamaktadır. Şekil 4.23'te Profil-3 sonucu ise bu alanın sızıntı suyundan etkilenmediğini göstermektedir.

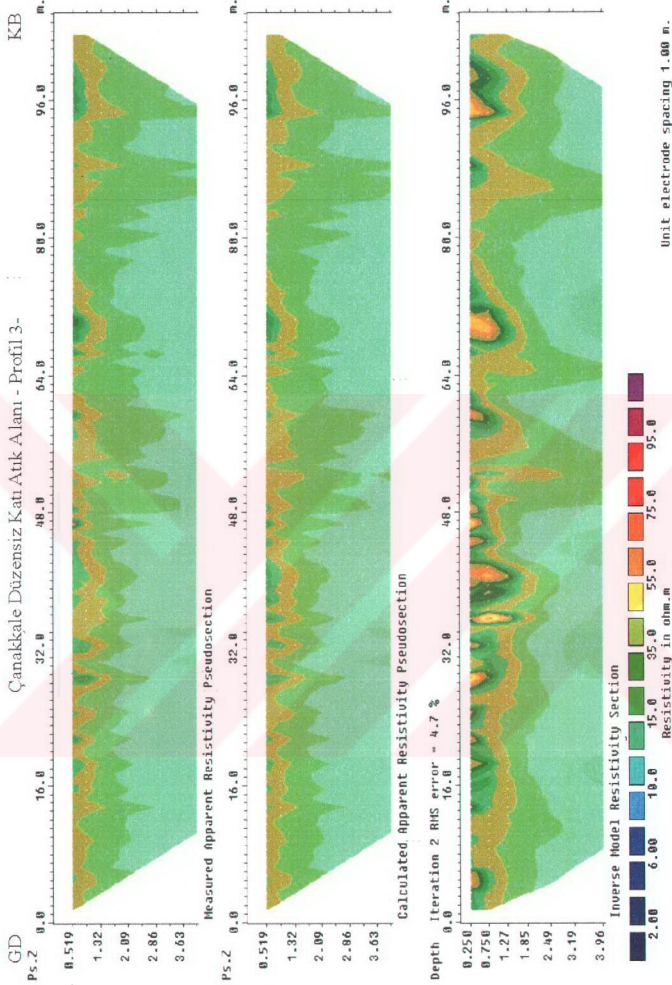
DüŖey Elektrik Sondaj çalışmalarında jeolojik yapı belirlenmek istendiği için başlangıç $AB/2$ değerleri geniş tutulmuştur, bu nedenden DES 2 noktasında sığ derinliklere karşılık gelen kirlilik etkisi yer elektrik kesitte görülememektedir(Şekil 4.23). Daha derinlerde süreklilik gösteren birimler jeolojik olarak killi yapılara karşılık gelmektedir.



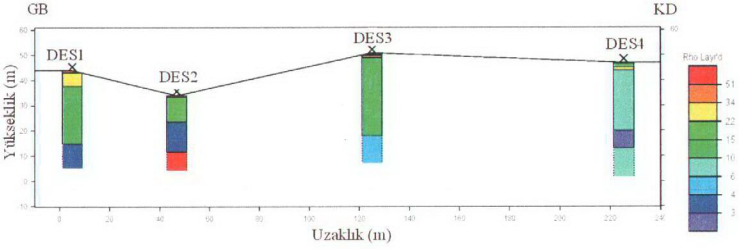
Şekil 4.21 Ters çözüm işlemi sonucu oluşturulan yereletrik kesiti, Profil 1



Şekil 4.22 Ters çözüm işlemi sonucu oluşturulan yerelektirik kesiti, Profil 2



Şekil 4.23 Ters çözüm işlemi sonucu oluşturulan yerelektrik kesiti, Profil 3



Şekil 4.24 Düşey Elektrik Sondaj ölçülerine göre oluşturulmuş yeraltı modeli

4.2.2 Doğal Gerilim Yöntemi (DG) ve Uygulaması

Jeofiziğin pasif yöntemlerinden biri olan doğal gerilim yöntemi, ilk olarak 1830 yılında Robert Fox tarafından bakır-sülfat yataklarında kullanılmıştır. Yüzeyden iki uçlaşmaz elektrot aracılığıyla yer içi akım akışının doğal alanını ölçen bu yöntem, geçmişte sadece maden aramalarında kullanılırken günümüzde hidrojeolojik araştırmalar, çevre jeofiziği, mühendislik jeofiziği, baraj sızıntı kontrolü, deprem ön kestirimi, jeotermal ve arkeolojik aramacılık gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Corwin 1990). Doğal gerilim yönteminin çevre ve mühendislik uygulamalarının temelde, yüzeye yakın su hareketinin araştırılması şeklinde olduğunu; baraj, drenaj yapıları, dolgu alanlar, atık alanları ve tünel gibi yapılar ile dayk, fay, rezervuar tabanları gibi doğal oluşumlarla ilişkili **sızıntı belirleme** çalışmalarında doğal gerilim yönteminin uygulamaları bulunmaktadır (Corwin 1990).

Buseli ve Lu (2001), “DG değerleri bilindiği gibi yeraltı suyunun hidrolik gradiyentinden, kimyasal içeriğinin değişiminden ve kimyasal maddelerin sudaki konsantrasyonundan, bitki topluluklarından ve taban jeolojisinden etkilenmektedir” demişlerdir. Naudet ve ark (2002) ise, organik atık alanı üzerinde yaptıkları çalışmada negatif doğal gerilim belirtisi elde etmiş ve bu belirtinin derinlerdeki biyolojik bozulma (degradation) süresince gelişen redoks reaksiyonları (tepkimleri) sonucu olduğunu söylemişlerdir. Böylelikle de DG yöntemi ile DG verisinin ters çözümünden redoks geriliminin tanımlanmasını mümkün olabileceğini belirtmiştir. Doğal gerilim yöntemi

kullanılarak yapılan bütün bu çalışmalarda yer içinde kendiliğinden gelişen bir elektrik akımı sonucu oluşan gerilim alan etkisi ölçülmektedir. Yer içinde bir elektrik alan oluşmasına neden olacak olgu ortamdaki yük dengesindeki bozulmadır. Bu dengeyi bozacak durumlara göre de DG belirti kaynağı değişim göstermektedir. Yer içinin sıcaklık, basınç, gözeneklilik ve dolayısıyla elektrik iletkenlik değişimleri, yeraltındaki sıvı varlığı ve sıvı hareketi, bu sıvı içinde çözülmüş madde konsantrasyonu (yoğunluğu), ortamın nem ve oksijen içeriğindeki değişimler farklı genliklerde birer doğal gerilim belirtisi olarak yüzeyden ölçülebilmektedir. Bu etkilere göre doğal gerilim belirtisine neden olan ana olaylar; **elektrokinetik** ve **elektrokimyasal** olaylardır.

4.2.3 DG Belirti Kaynakları

Bir elektrolitin ortamdaki basınç etkisiyle, kapilarite veya boşluklu ortamdan akışı sonucu **elektrokinetik gerilim** oluşur ve bu gerilim akış gerilimi, elektromekanik veya elektrofiltrasyon gerilimi (Streaming, electromechanical or electrofiltration potential) olarak isimlendirilir. Bu konudaki kuramsal temel Helmholtz kanunlarıyla açıklanmakta, elektrokinetik gerilim; yer içindeki boşluk, boşluksuyu viskozitesi ve kimyasal konsantrasyonuna bağlı olarak yatay ve düşey yönlü *su akışının* bir sonucu olarak gelişmektedir.

$$E_k = -(\phi \Delta P \epsilon \rho) / (4\pi \eta) \quad \dots\dots\dots \text{Akış Gerilimi} \quad (4.2)$$

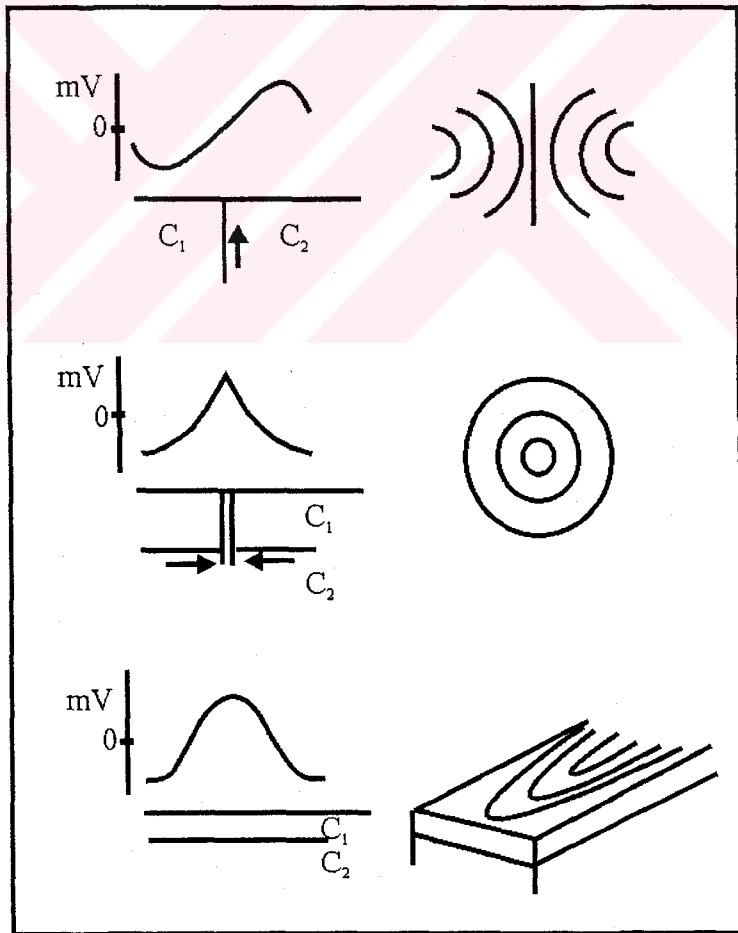
Burada E_k : elektrokinetik gerilim (mV), ϕ : absorpsiyon gerilimi, ΔP : basınç farkı, ϵ : çözelti dielektrik sabiti, ρ : çözelti öz direnci (ohm-m), η : çözelti viskozitesidir.

Hareketle ilişkili olarak elektriksel iletkenlik kazanan cisimlerde olduğu gibi, sabit bir katı ile bir sıvı ve içindeki asılı katı tanecikler temasta ise, seviye farkı sürekli olamayacağından, katı tanecikler elektrotlardan birine doğru göç edeceklerdir. Böylece iki faz, sürtünme ile elektriklenmeye benzer biçimde ve ters işaretli yüklerle yüklenmiş olacaktır. Wynn ve Sherwood (1984) da akış gerilimine neden olan suyun göreceli hareketinin pozitif DG belirtisine neden olduğunu söylemişlerdir (Şekil 4.25).

Elektrokimyasal gerilim ise Difüzyon, Nernst ve Redoks gerilimi olmak üzere farklı biçimlerde oluşmaktadır. Bilindiği gibi kimyasal enerji elektrik enerjisine dönüşebilmektedir ve ikisi arasındaki bağıntı Gibbs-Helmholtz denklemleri ile tanımlanmaktadır. Difüzyon geriliminin nedeni farklı kimyasal konsantrasyonlara sahip çözeltilerdeki yük akışıdır.

$$E_d = - (R\theta / F.n) \text{Log} (C_1/C_2). ((I_a-I_c) / (I_a+I_c)) \quad \dots\text{Difüzyon Gerilimi (4.3)}$$

Burada E_d : difüzyon gerilimi, C_1, C_2 : çözeltilerin konsantrasyonları, R : gaz sabiti (8.31 joule °C), θ : mutlak sıcaklık, I_a, I_c : anod ve katot yük hareketliliği, F : Faraday sabiti $9,65.10^4$ °C/mol, n : alınan-verilen elektron sayısıdır.



Şekil 4.25 Su hareketi sonucu DG belirtisi, C1 ve C2 farklı basınca sahip jeolojik ortamları ifade etmektedir (Wynn ve Sherwood 1984).

Nernst gerilimi, farklı konsantrasyonlardaki iki çözelti içine batırılan iki elektrot arasında oluşan gerilimdir. Temiz ve kirlenmiş yeraltısuyu kontaklarında, tatlı-tuzlu su kontaklarında bu tip gerilim beklenmelidir.

$$E_s = - (R\theta / F.n) \text{Log} (C_1/C_2) \quad \dots\text{Nernst Gerilimi (4.4)}$$

Burada E_s : Nernst gerilimi, C_1 , C_2 : çözelti konsantrasyonları, R : gaz sabiti (8.31 joule °C), θ : mutlak sıcaklık, F : Faraday sabiti $9,65.10^4$ °C/mol, n : alınan-verilen elektron sayısıdır. I_a ve I_c ; eksi ve artı yüklerin hareketi olmak üzere $I_a=I_c$ ise Nernst gerilimi Difüzyon gerilimine eşittir.

$$E_d = E_s \quad (4.5)$$

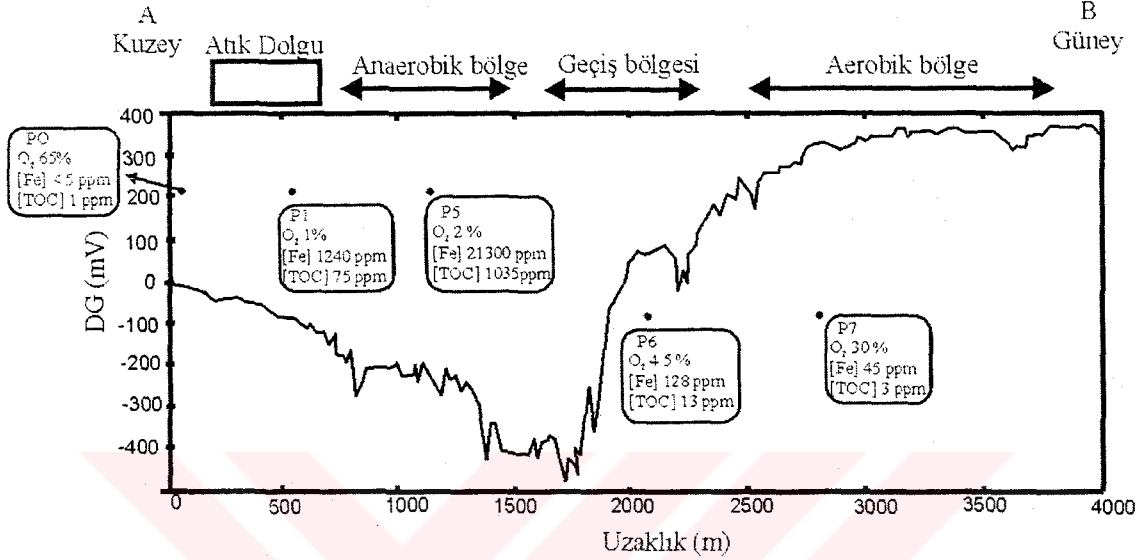
Redoks gerilimi ise, yükseltgenmiş ve indirgenmiş yapıların birlikte buldukları sistemde (redoks sistem) gelişen elektron hareketi sonucu oluşan gerilimdir.

$$E = e^0 + (R\theta / F.n) \ln (a_{ox}/a_{red}) \quad \dots\text{Redoks Gerilimi (4.6)}$$

e = Redoks gerilimi, e^0 = sistemin normal redoks gerilimidir ve yükseltgen (oksidan) yapının indirgen (redükten) yapının aktivitesine eşit olduğundaki gerilimdir, a_{ox} = yükseltgenin aktivitesi, a_{red} = indirgenin aktivitesidir. Aktiviteler alındığında gerçek, yoğunluklar alındığında standart gerilim elde edilmektedir.

Kirlenmiş bölgelerdeki belirgin redoks tepkimelerinin büyük çoğunluğu mikrobik ve organik malzeme ile ilişkilidir (Christensen ve diğ., 2000). Evsel atıkların organik malzeme içerdikleri ve Çanakkale düzensiz katı atık alanındaki evsel atık yoğunluğu göz önüne alındığında, araştırma alanında redoks tepkimelerinin gelişeceği kaçınılmazdır. Ancak atık etkisiyle oluşan sızıntı kirliliği girişiminde, redoks durumunun ölçülmesi görecelidir ve tam bir standardizasyona sahip değildir, bazı genel yaklaşımlar bulunmaktadır (Christensen ve diğ., 2000). Christensen ve diğ. (2000)'dan anlaşıldığına göre, Golwer ve diğ. (1969), atık sızıntı suyu girişimini bir **anaerobik, geçiş bölgesi, aerobik bölge** ve kirlilik bölgesinin bir bölümünde gözlenmiş **yükseltgen**

çözünmüş demir konsantrasyonları bakımından tanımlamaktadırlar. Buna bağlı olarak da Naudet ve diğ. (2002), bir atık alanı sızıntı suyu kirliliği araştırmasında yaptığı doğal gerilim ölçülerini bu 3 farklı bölge ile redoks tepkimelerine bağlı olarak açıklamaktadır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 Kirlilik girişimi alanında elde edilen DG belirtisi (Naudet 2002)

Şekil 4.26'da negatif doğal gerilim alanları, atık alanına daha yakın, indirgenmenin olduğu bölgeleri (anaerobik bölge), doğal gerilim belirtisinin yükseldiği alanlar ise yükseltgen bölgeleri ifade etmektedir. İki farklı bölge arası ise geçiş bölgesi olarak isimlendirilmiştir.

Bahsedilen doğal gerilim tiplerinin yanında, ohmik gerilim kaynaklı mineralizasyon gerilimi; metalik maden yataklarının bulunduğu alanlarda, elektrokimyasal kökenli, termoelektrik gerilim; jeotermal alanlarda, yeraltındaki sıcaklık farkı ve çözelti yoğunluğuna bağlı olarak oluşmaktadır. Ayrıca yerküre manyetik alanındaki değişimlerle oluşan uzun dönemli tellürik akımlar, yapay kaçak akımlar ve gömülü borular gibi insan aktiviteleri sonucu yer içindeki doğal yük dengesini bozacak olgular doğal gerilim yöntemiyle kaydedilen birer belirtidir.

Bu çalışma kapsamında, sızıntı suyu ve yeraltı suyunun yer içindeki hareketinden, ortamdaki basınç, öz direnç değişimleri gibi fiziksel olaylar ile yeraltı suyu

ve topraktaki iyon dengesizliğinden kaynaklı kimyasal olayların doğal gerilim yöntemiyle belirlenebileceği ve kirlilikle ilişkilendirilebileceği düşünülmüştür.

4.2.4 Ekipman ve Ölçü Alma Düzeni

Doğal gerilim yönteminin uygulama ve yorumlamada bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yöntemin avantajlarının başında, göreceli olarak veri toplama hızının yüksek ve alet-ekipman bakımından diğer jeofizik yöntemlere göre daha ucuz olması söylenebilir. Yöntemin en büyük dezavantajı ise diğer doğal kaynaklı jeofizik yöntemler gibi çok çözümlülüğün getirdiği yorumlama güçlükleri ve belirtiyeye eklenen doğal veya yapay, sabit veya zamanla değişen gürültü kaynaklarıdır (Corwin 1990). Corwin (1990) doğal gerilim veri kalitesinin,

- araştırma yapılanmasına (konfigürasyonuna) ve işlemine (prosedürüne),
- ekipman seçimine,
- alandaki hata ve gürültü kaynaklarının tanımlanmasına,
- uygun veri düzeltme tekniklerinin kullanılmasına

bağlı olarak arttığını vurgulamıştır.

Doğal gerilim çalışmalarında başarı için **gerek koşul**; ekipman kalitesi ve uygunluğudur. **Yeter koşul** ise; çalışmanın amacına bağlı olarak, alandan elde edilmesi beklenen doğal gerilim belirtisini oluşturacak mekanizmanın ve gürültü yaratabilecek kaynakların tanımlanmış olmasıdır. Bütün bunların yanında doğal gerilim yönteminde, arazide dikkatli ölçü alınması oldukça önemli bir olgudur. Ölçü çukurlarının düzgün hazırlanması ve elektrotlar arası gerilim değişimlerinin iyi belirlenip ölçüden giderilmesi gerekmektedir.

Çevre ve mühendislik araştırmalardan elde edilen DG verileri, yersel gürültü ve zamanla değişen (time-varying) gerilimden, mineral ve jeotermal araştırmalarındaki DG verilerinden daha fazla ve ciddi bir şekilde etkilenmektedir. Bu etkinin şiddeti, ilgilenilen kaynak tarafından oluşturulan göreceli olarak düşük DG sinyal seviyeleri ve daha çok çevresel ve mühendislik jeofiziği araştırmalarıyla ilişkili yapay gürültü

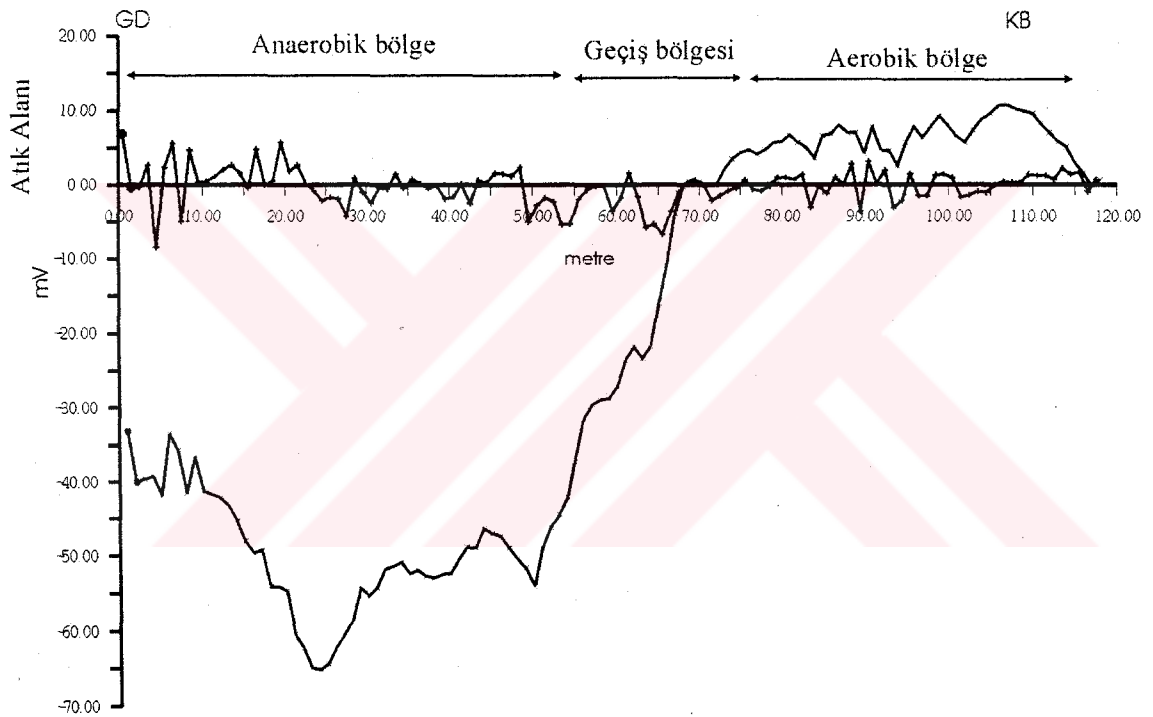
kaynaklarının yaygın olmasıyla bağlantılıdır (Corwin 1990). Gürültü seviyesini an aza indirmek için DG alan ölçülerinde uygun elektrotlar kullanılmaktadır. Ölçülerde kullanılan elektrotların uygunluğu uçlaşmalarına ve elektrot çiftleri arasındaki kayma özelliklerine bağlıdır. Yapılan araştırmalarda değişik elektrot tiplerinin çevresel özelliklere göre duyarlılıklarının değişik derecelerde olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında da çevresel amaçlı doğal gerilim çalışmalarına uygun, katı bakır-bakırsülfat elektrotlar ile ölçü alınmıştır.

DG veri kalitesi için araştırmaya uygun ölçüm işlemleri kritik bir öneme sahiptir. Yapılan çalışmada elektrot aralığı 1 metre olmak üzere seçilen hat boyunca kayma ölçüsü alınmıştır. Toplanan ölçülere uygulanan düzeltme işlemleriyle, Veri/Gürültü oranının maksimum olması hedeflenmiştir. DG yönteminde pratikte en çok karşılaşılan gürültüler; elektrot kayması, kontak etkisi ve topografik değişimlerden kaynaklanmaktadır. Elektrot iç gerilim etkisini ölçümlerde uçlaşmayan (polarize olmayan) elektrot kullanılması ile büyük ölçüde giderilebilmektedir. Elektrot kaymaları DG ölçü hatalarının ana unsurudur. Elektrotların yapısı ve çevresel etkiler sonucu elektrot iç gerilimleri zamanla değişim göstermektedir. Bu değişimin etkilerini ölçülerden giderebilmek amacıyla ölçüm işlemi boyunca elektrotlar bir araya getirilerek aralarındaki gerilim farkı ölçülmektedir. Daha sonra bu farkın verilerden çıkarılması sonucu *Fincan Düzeltmesi* yapılmış olur. Klasik uygulamalarda fincan iç gerilimi ölçüm hattı boyunca herhangi bir noktada ölçülmektedir. Ancak toprakta ani fiziksel ve kimyasal değişimler olan alanlarda fincan iç gerilim etkisine bir de ölçü alınan ortamdan kaynaklanan gürültüler eklenmektedir. Bu nedenle Drahor ve Şengül (1999) yaptıkları çalışmada fincan düzeltmesi için seçilecek sabit bir baz noktasının kullanılmasını önermişlerdir. Burada dikkat edilmesi gereken temel olgu bazdaki koşulların bütün ölçü işlemi boyunca sabit olmasıdır. Bu çalışmada da kayma ölçüsü için aynı işlem uygulanmış, fincan iç gerilim değişimleri DG çalışması boyunca seçilen baz noktasında ölçülerek ortamdan kaynaklanan etkiler yok edilmiştir.

DG ölçümlerindeki topografik etkilerin yüzey suyunun eğim aşağı hareketinden kaynaklandığı düşünülür ve Corwin ve Hoover, (1979)'a göre geniş alanlarda yapılan DG ölçümlerinde seviye farkının çok fazla olduğu bölgeler için, her metrede 3 mV değerinde bir değişimin olmaktadır. Bu çalışmada ölçüm hattı boyunca

fazla kot farkı değişimi olmadığından, topografik düzeltme yapılmamıştır. Bunların yanı sıra ölçüm yapılacak kuyular özenle hazırlanarak kontak etkisinden kaynaklanabilecek gürültüler en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmalar sonucunda atık alanından elde edilen doğal gerilim değerleri grafiklenerek Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Grafik indirgenmiş, geçiş ve yükseltgenmiş bölgeler olmak üzere 3 farklı bölgede tanımlanmıştır. Burada atık alanına oldukça yakın (ilk 10 metre) alanlarda, sıvı hareketi, ortamdaki iyon dengesizliği ve dolgu toprağı gibi etkilerle doğal gerilim değerlerinin oldukça fazla salınım yaptığı görölmektedir.



Şekil 4.27 Çanakkale düzensiz katı atık alanı doğal gerilim kayma ölçüsü

4.2.5 İletkenlik ve pH Ölçümleri

Toprakta çözünmüş halde bulunan iyon varlığı toprağın iletkenliğine etki edecek ve ortamdaki iyon dengesizliği ise doğal gerilim belirtisine neden olacaktır. Bu etkileri belirleyebilmek amacıyla ölçüm doğrultusu üzerinde alınan toprak örneklerinde iletkenlik ve pH ölçümleri yapılarak ölçüm hattı boyunca topraktaki iletkenlik değişimi belirlenmeye çalışılmıştır.

Ölçü doğrultusu boyunca yaklaşık her iki metrede bir, yüzeyden 15 cm derinlikten 200 mg toprak örneği toplanmıştır. İletkenlik ölçüleri ORION 105 Model sıcaklık ve iletkenlik ölçer ile gerçekleştirilmiştir.

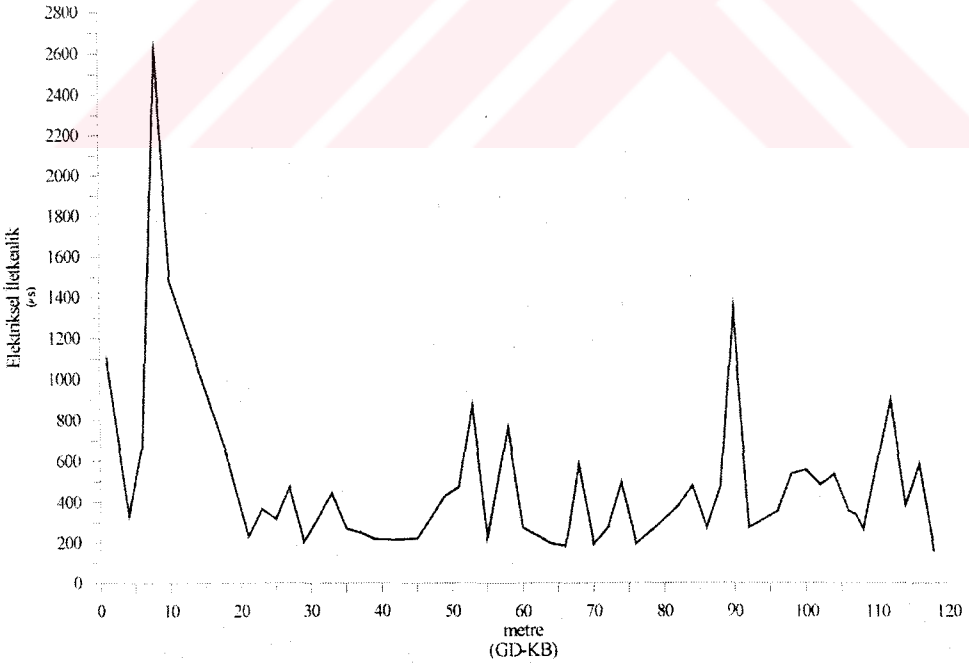
Alınan örnekler öncelikle elenerek eş tane boyutuna getirilmiştir. Ardından oldukça duyarlı analitik terazi yardımıyla tartılan her 1'e 2,5 oranında saf suyla karıştırılmıştır. Örneğin saf suda çözünmesi, karıştırma işlemiyle sağlanmaya çalışılmış, analizler oda koşullarında (25°C), ortalama 1 saat bekletme süresinden sonra gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Ölçüm hattından alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları

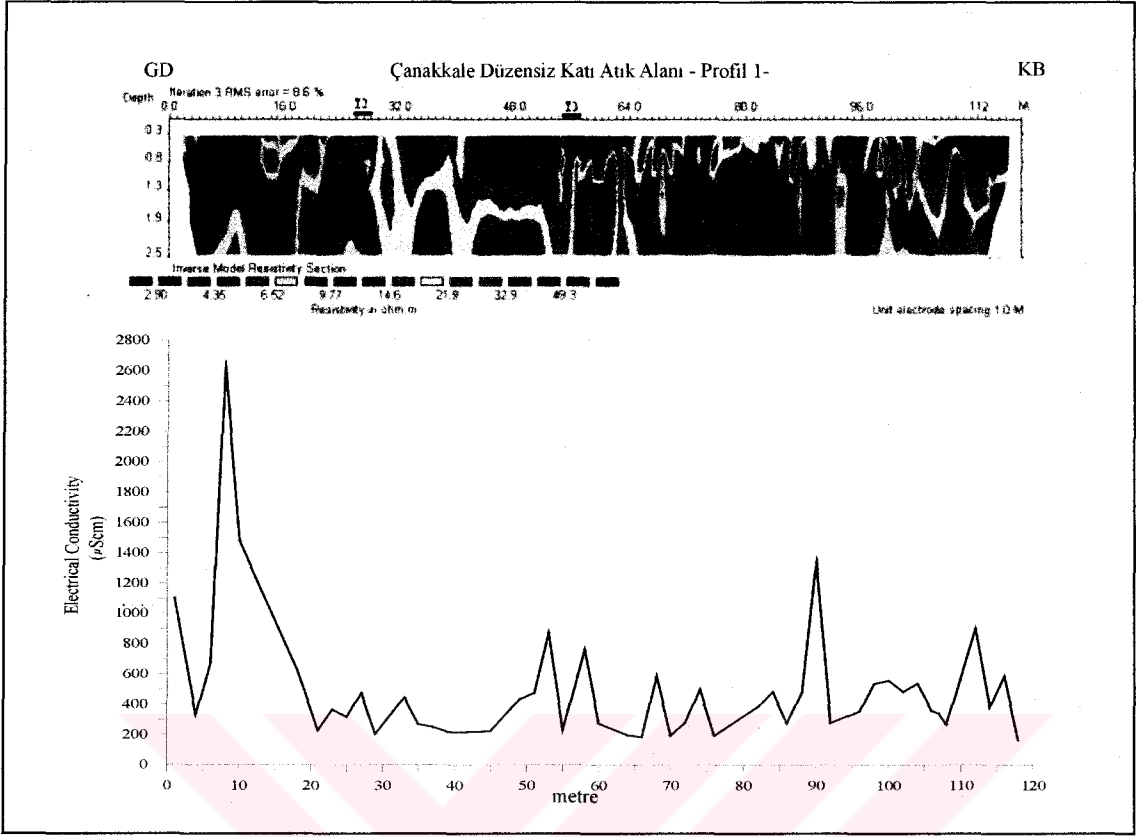
Örnek No (K)	İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Örnek No (K)	İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	158,7	8,03	57	
3	588	8,63	59	276
5	384	8,3	61	764
7	901	7,76	64	231,0
9			66	873,00
11	268	8,01	68	476,00
12	341	8,07	70	434,00
13	358	8,21	74	224,00
15	538	7,89	78	217,00
17	484	8,02	80	219,00
19	558	8,25	82	252,00
21	538	8,57	84	271,00
23	355	8,63	86	447,00
25			90	205,00
27	277	8,96	92	476,00
29	1344	8,05	94	318,00
31	478	8,06	96	367,00
33	276	7,94	98	231,00
35	483	8,32	101	633,00
37	385	8,61	109	1481,00
39			111	2630,00

41	258	8,26	113	672,00
43	194,5	8,63	115	332,00
45	499	7,89	117	
47	279	8,24	118	1106,00
49	194,5	8,67		
51	588	8,48		
53	184	8,59		
55	198	8,64		

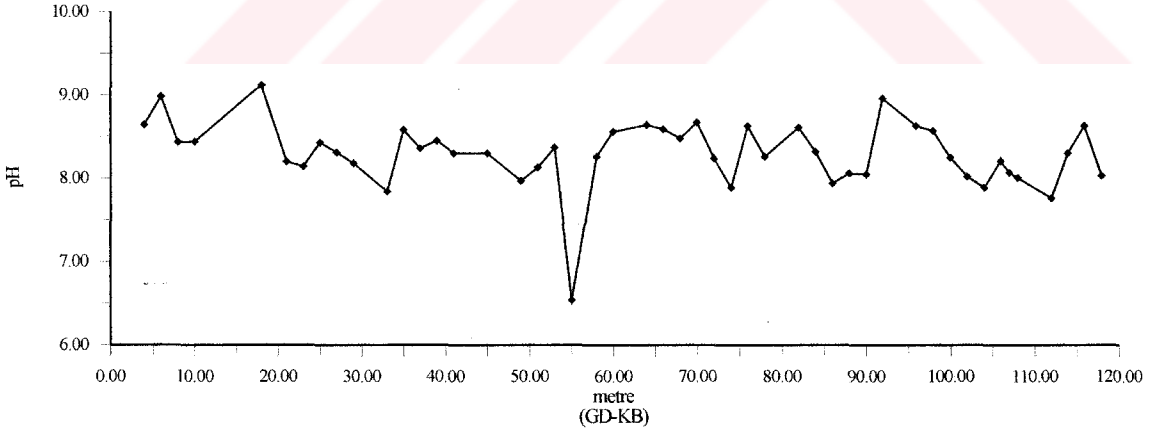
Ölçüm hattı üzerinde tek bir seviyeden (yüzeyden 15 cm derinlikten) alınan toprak örnekleri için yapılan iletkenlik analizleri Şekil 4.28’de grafiklenmiştir. Burada atık alanının yakınındaki (GD) ilk 20 metrelik bölüm oldukça iletken olup, aynı bölgede arazide yapılan DC öz direnç ölçümleri de göreceli olarak düşüktür (Şekil 4.29). Yapılan pH analizleri ise Şekil 4.30’da gösterilmektedir. Bu verilere göre toprakta bol miktarda bulunan tuzların etkisiyle, inceleme hattı boyunca toprağın bazik özellikte olduğu söylenebilir.



Şekil 4.28 Profil 1 toprak örnekleri elektrik iletkenlik grafiği



Şekil 4.29 Profil 1 iletkenlik ve özdirenç değişimi

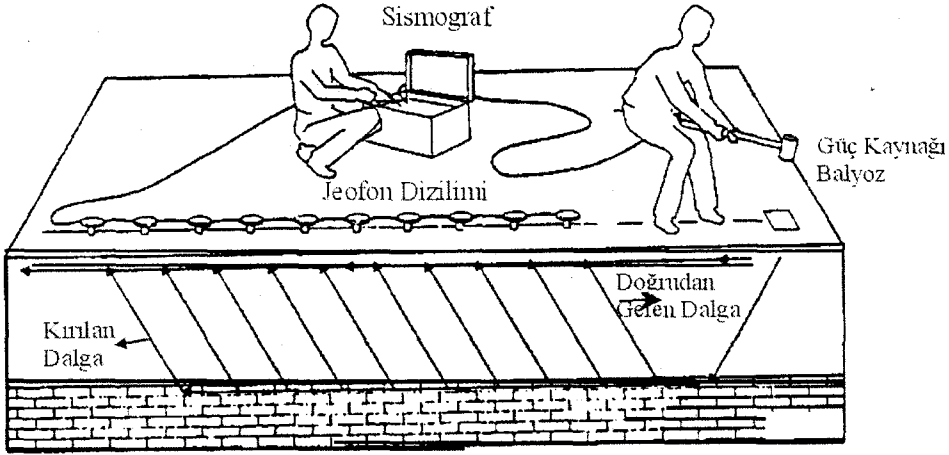


Şekil 4.30 Profil 1, toprak örnekleri pH değişimi

4.2.6 Sismik Çalışma

Sismik yöntem, yüzeyden bir kaynak yardımıyla yapay olarak oluşturulan akustik dalganın, yer içindeki yayılım hızının zamanın bir fonksiyonu olarak

alıcılar (jeofonlar) aracılığı ile yüzeyden kaydedilmesi temeline dayanmaktadır (Şekil 4.31). Dalgalar, yer içinden alıcılara, doğrudan, kırılarak veya yansyarak ulaşabilir.



Şekil 4.31 Sismik ölçü alma düzeni

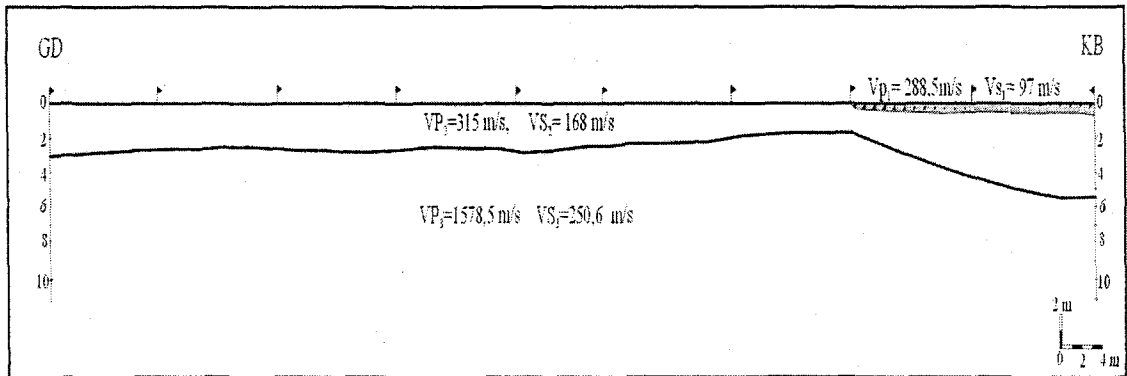
Yöntemde, kaynak olarak çalışmanın amacına göre dinamit, patlama, ağırlık düşürme, balyozla vurma ve vibratör kullanılabilir. Sığ araştırmalar için sinyal üretmede bir çekiç yeterli olmaktadır. Bu çalışmada yapay dalga, plaka üstüne bir balyozla vurularak üretilmiştir.

Tüm sismik ve akustik yöntemler, fiziksel zıtlıklar içeren yeraltının stratigrafik ve jeolojik modellenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Titreşimlerin jeofonlara geliş süreleri, titreşim merkezine olan uzaklıklarına ve yeraltındaki katmanların derinliklerine bağlı olarak değişmektedir. S ve P dalgaları içerisinde geçtiği ortamın rijidite ve yoğunluğuna bağlı olarak sıvı veya suya doymuş ortamlarda karakteristik özellikler sunmaktadır. Dalgaların bu davranış özelliklerinden yararlanılarak, yeraltı suyunun ve yeraltındaki doymuş ortamların belirlenmesi ve modellenmesi mümkün olabilmektedir. Sismik kırılma çalışmalarının, yeraltı suyu ve kirlenmiş alanların araştırılmasında, göreceli olarak basit ve sığ bölgeler için adapte edilebilir olduğundan kullanımı oldukça yaygındır (US EPA,1993). Sismik kırılma, genellikle sismik yansımadan daha az çözünürlüğe sahip olsa da sığ hidrojeolojik araştırmalarda bazı nedenlerle tercih edilmektedir. Bunlar;

- Kırılma yöntemi genellikle, ince alüvyon veya buz dolgu olan alanlar ile gömülü temel kaya olukları gibi geniş hız zıtlığı olan alanlarda iyi sonuç verir,
- Kırılma çalışmalarında personel ve ekipman ihtiyacı göreceli olarak daha az ve ucuza karşılanabilir.

Kırılma verisinin uygun bir şekilde yorumlanması ile, jeolojik tabakaların kalınlık ve derinliklerini tahmin etmek olanaklıdır. Ayrıca, akiferin yanal litoloji değişimleri bu yöntemle haritalanabilir (Yazıcıgil ve Sendlein, 1982). Sismik kırılma çalışması değerlendirilmesi, kağıt veya bilgisayara kaydedilen veriden dalgaların geliş zamanlarının okunarak zaman-uzaklık grafiği elde edilmesi ile başlayan bir dizi işlemi içermektedir. Her bir jeofon için okunan varış zamanları doğru parçaları halinde birleştirilerek yeraltındaki tabakaların sayısı ve derinliği hakkında bilgi elde edilir.

Bu amaçla araştırma kapsamında 12 kanallı USA yapımı "Bison" sismik aleti kullanılarak, sismik kırılma ölçüsü alınmıştır. Jeofon aralıkları ve ofset 1 metre olarak seçilmiş, ters ve düz atış yapılarak ölçüm hattı boyunca her serimden sonra kaydırma yapılmıştır. Elde edilen veri "Senseis" yazılımında değerlendirilerek ortama ait 24 adet elastik parametre ve arazinin sismik model kesiti elde edilmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32 Sismik sonuçlara göre oluşturmuş yeraltı kesiti

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çanakkale düzensiz atık alanında sızıntı suyu etkisiyle toprakta ve yeraltı suyunda oluşan kirlilik etkileri jeofizik ve jeokimyasal yöntemler kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. DC özdirenç, doğal gerilim ve sismik kırılma yöntemleri ile alınan ölçüler, alandan elde edilen toprak ve su analizleri ile birlikte değerlendirilmiştir.

- Özdirenç yöntemi ile elde edilen verinin ters çözümü sonucunda PR-1 için yüzeyden 2,5 metre derinlik için görünür özdirenç yapma kesiti oluşturulmuştur. Atık alanı sızıntı suyu etkisiyle oluşan kirlilik dağılımının DC özdirenç ölçülerinde göreceli olarak düşük değerlere karşılık geldiği bilinmektedir. Ölçüm hattının GD'sundaki düşük özdirençli bölgeler, sızıntı suyunun etkisiyle doymun hale gelmiş alanları tanımlamaktadır.

- PR-2 ölçülerine göre de alandaki sızıntı girişimini düşük özdirençli değerlerle karakterize edilmektedir. Profil boyunca 98-120 metre arasındaki özdirenç değerleri, gömülü hastane atıklarının etkisiyle yüksektir. Bu bölgede derinlere doğru sızıntı etkisi gözlenmektedir.

- Alanın yakınında alınan PR-3 verisine göre bu bölgenin sızıntı suyundan etkilenmemiş olduğu görülmektedir. Bu durum ise kirliliğin yanal yönde gelişmediğinin göstergesidir.

- Topraktaki iletkenlik ise büyük bir oranda, toprağın su içeriğine ve suda çözülmüş halde bulunan iyon varlığına bağlı olarak değişmektedir. Profil 1 ölçü doğrultusu boyunca, GD'dan itibaren ilk 20 metrelik bölümde toprak örneklerinin iletkenliği göreceli olarak yüksek değerlidir. Bu bölgedeki özdirenç değerleri ise düşük olup topraktaki iletkenlik değişimi ile uyumludur.

- Ortamdaki iyon dengesizliği ve suyun hareketi doğal gerilim belirtisi üretmektedir. Ayrıca yapılan araştırmalar, özellikle evsel atıkların yoğun olduğu atık alanlarının civarında elde edilen DG belirtilerine, redoks tepkimelerine bağlı olarak gelişen olayların etkisinin büyük olduğunu ortaya koymaktadır. Buna bağlı olarak da

negatif DG belirtisinin redoks zonu ve kirlenmiş alanları ifade ettiği bilinmektedir. Bu modele göre ortam indirgen bölge, geçiş bölgesi ve yükseltgen bölge olarak tanımlanmaktadır. Çalışma alanından elde edilen DG sonuçları da redoks modeline göre açıklanmaya çalışılmıştır.

- pH analizleri iletkenlik ölçümlerinde de olduğu gibi, yüzeyden 15 cm derinden alınan toprak örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Toprağın pH'ı ölçüm doğrultusu boyunca alkali özelliktedir ve bu durum ise atıktan taşınan malzeme ve kirlilikle ilişkili olarak çözülmüş tuzların toprakta bol miktarda bulunması ile açıklanabilmektedir. Redoks tepkimelerinde önemli bir parametre olan ortamın pH değişimi, alınan örneklerin yüzeye oldukça yakın ve tek seviye için olduğu düşünülürse, derinliğe bağlı değişimin de belirlenmesinin gereği ortaya çıkmıştır.

- Sismik yöntem ile, ortamın pekişmişliği ve su doygunluğu gibi değişkenlere bağlı olarak yer altı yapısı hakkında bilgi edinmekteyiz. Alanda ikinci katmanda Vp hızındaki, yaklaşık 2,5-3 m kalınlıkta olan ilk katmana göre iki katından fazla bir artış ve iki katman arasındaki Vs hızındaki küçük değişim, ikinci katmanın suya doygun bir yapıda olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca Vp hızı yüksek (ortalama 1500m/s) ve $V_p/V_s > 3$ ise suya doygun gevşek kumlu bir ortam (Keçeli, 1999) veya su tablası altında yumuşak killi birimler ifade edilmektedir (Kaptan, 1997).

- Araştırma çukurlarından elde edilen toprak analizleri sonucu bazı element değerlerinin atık alanından uzaklaştıkça azaldığı belirlenmiştir. Bu durum ortamın, kumlu, siltli ve bazı düzeylerde kili birimlerden oluşan jeolojik özelliklerine bağlı olarak, kirlilik etkilerinin filtrelenerek atıktan uzaklaştıkça azaldığını göstermektedir.

Çanakkale düzensiz katı atık alanından elde edilen jeofizik ve jeokimyasal sonuçlar, alandan kaynaklı sızıntı suyunun toprakta ve yeraltı suyunda lokal bir kirlilik nedeni olabileceğini ortaya koymaktadır. Alanda, Çanakkale Belediyesi tarafından son bir yıl içinde rehabilitasyon çalışmaları başlatılmıştır. Doğrudan temas ve rüzgarla oluşacak zararların ortadan kaldırılması amacıyla atık alanının üstü toprakla örtülmüş, alana sızıntı suyu toplama havuzu inşa edilmiştir. Ancak atık alanının tabanında

geçirimsiz bir katman bulunmadığından sızıntı kirliliği devam etmektedir. Hala kullanıma açık olan atık alanında kirliliğin zamana bağlı değişimi incelenerek uygun mühendislik yaklaşımlar doğrultusunda rehabilitasyon çalışmaları gerçekleştirilmediği takdirde alandan kaynaklı kirlilik etkilerinin artarak devam etmesi beklenmelidir.



ÖZET

Bu çalışma kapsamında, Çanakkale düzensiz katı atık alanın sızıntı suyunun olası çevresel etkileri araştırılmıştır. 2003-2004 yılları arazi çalışmaları jeofizik ve jeokimyasal çalışmaları içermektedir. Jeofizik ölçüler DC özdirenç, sismik kırılma ve doğal gerilim yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca alanda profil 1 üzerinden alınan toprak örneklerinde pH ve EC analizleri yapılmıştır. Bunun yanında ikisi Profil 1 üzerinde olmak üzere 3 trenç açılmış bu trençlerden 30, 70 ve 150 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Bu örnekler üzerinde ACME (Kanada) laboratuvarında bazı majör ve minör element derişimleri analiz edilmiştir. Alandaki sızıntı suyunun ise insitu olarak pH ve EC ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca toplanan su örneklerinin TÜBİTAK (Ankara) araştırma laboratuvarında As, Cd, Pb, Zn analizleri gerçekleştirilmiştir..

Alınan jeofizik ve jeokimyasal ölçülerin değerlendirilmesi sonucu, yeraltı su seviyesi oldukça sığ (1,5- 2 m) olduğu ve Neojen tortullar üzerinde yer alan atık alanından yer içine ve yüzey sularına doğru bir sızıntı girişimi belirlenmiştir. DC özdirenç ölçüleri ters çözümü sonucu oluşturulan yerelektrik kesiti sızıntı girişiminin göreceli olarak düşük değerlerle karakterize olduğunu göstermiştir. Trençlerden alınan toprak analizleri ise toprakta çok yoğun bir ağır metal birikimi olmamakla beraber bazı element değerlerinin yasalarda belirtilen sınır değerleri aştığı ve bu birikimin atık alanından uzaklaştıkça azaldığı belirlenmiştir. DG ölçüleri sızıntı suyunun yer içindeki hareketi ve organik atıkların çok miktarda bulunduğu atık alanlarında gelişen redoks tepkimelerine bağlı olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Sismik kırılma verisi, yeraltı su seviyesine bağlı olarak 2 katman biçiminde modellenmiştir. .

Yapılan çalışmalar sonucunda araştırma alanında sızıntı etkisiyle oluşmuş bölgesel bir kirlilik belirlenmiştir. Kullanımı devam eden atık alanında gelişen bu kirliliğin zamana bağlı olarak izlenmesi gerekmektedir.

SUMMARY

In this study, the possible environmental effects of the leakage of Canakkale Open Waste Disposal Site are investigated. During 2003 and 2004, various field works were conducted involving geophysical and geochemical studies. Geophysical survey was carried out by using DC Resistivity, Seismic Refraction and Self-Potential Methods. pH and EC analysis were also conducted, on the soil samples Profile 1. In addition to this, three investigation wells were drilled to collect soil samples from different depths (30. 70. 150cm.). ACME laboratory (Canada) analyzed the major and minor element concentration on these samples pH and EC analysis were completed on water samples, in situ. On other hand, As, Cd, Pb and Zn element concentrations on water samples were analyzed at TUBITAK research laboratory.

These results, Disposal Site, located on the Neogene sediments, have suggested that the groundwater level is relatively shallow (1,5- 2 m). Disposal Site is and there was a leakage from the waste site into the ground and groundwater,

According to DC Resistivity sections, the leakage is characterized by low resistive zones.

Geochemical analyses on soil samples have demonstrated that there is no heavy metal accumulation in the study area. However, amounts of some elements are higher than acceptable standards in soil samples. The amount of such elements decreases while getting away from the waste disposal site.

Self –Potential results were related to leakage movement and redox reactions while seismic refraction data modeled as two layers delineating the water level

In conclusion, local contamination is observed within the study area. It is also suggested that contamination should be monitored in the course of time.

Ek 1. Araştırma çukurlarından alınan toprak örnekleri analiz sonuçları

Treñç No	Derinlik (cm)	Örnek No	Ag (ppm)	Al (%)	As (ppm)	Ba (ppm)	B (ppm)	Be (ppm)	Bi (ppm)	Ca (%)
T1	30	S1	<2	0.85	10	70	<10	<.5	6	3.26
		S2	<2	0.62	4	60	<10	<.5	16	1.99
		S3	<2	0.79	16	90	<10	<.5	14	2.75
	70	S1	<2	0.76	12	110	<10	<.5	10	2.28
		S2	<2	0.72	20	70	<10	<.5	10	1.98
		S3	<2	0.7	22	120	<10	<.5	12	1.97
	150	S1	<2	0.89	12	140	<10	<.5	8	4.05
		S2	<2	1.03	16	150	<10	0.5	10	3.75
		S3	<2	1	18	155	<10	<.5	12	3.7
T2	30	S1	<2	0.96	12	110	<10	0.5	<2	6.25
		S2	<2	0.86	<2	110	<10	<.5	4	5.63
		S3	<2	0.7	16	80	<10	<.5	10	3.88
	70	S1	<2	0.88	14	90	<10	<.5	14	4.16
		S2	<2	0.59	12	50	<10	<.5	16	2.79
		S3	<2	0.57	17	40	<10	<.5	18	2.65
	150	S1	<2	0.85	14	100	<10	<.5	8	3.91
		S2	<2	0.8	10	80	<10	<.5	8	2.99
		S3	<2	0.82	18	70	<10	<.5	6	3.36
T3	30	S1	<2	0.98	14	50	<10	<.5	10	3.12
		S2	<2	0.72	2	50	<10	<.5	10	2.76
		S3	<2	0.71	15	50	<10	<.5	9	2.65
	70	S1	<2	1	10	100	<10	0.5	12	5.14
		S2	<2	0.84	16	90	<10	<.5	8	3.38
		S3	<2	0.8	17	85	<10	<.5	7	3.36
	150	S1	<2	0.94	12	100	<10	0.5	10	4.74
		S2	<2	0.86	13	95	<10	<.5	9	4
		S3	<2	0.84	18	87	<10	<.5	8	3.98

Ek 1. Devam...

Treñç No	Derinlik (cm)	Örnek No	Cd (ppm)	Co (ppm)	Cr (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Ga (ppm)	Hg (ppm)	K (%)
T1	30	S1	<.5	11	29	13	1.36	<10	1	0.15
		S2	<.5	8	23	9	1.03	<10	<1	0.11
		S3	<.5	10	27	12	1.27	<10	<1	0.14
	70	S1	<.5	11	28	15	1.16	<10	<1	0.13
		S2	<.5	9	26	12	1.11	<10	<1	0.14
		S3	<.5	8.5	27	11	1.10	<10	<1	0.11
	150	S1	<.5	8	24	16	1.4	<10	3	0.21
		S2	<.5	11	32	16	1.47	<10	<1	0.2
		S3	<.5	10	34	15.5	1.4	<10	<1	0.18
T2	30	S1	<.5	10	27	16	1.34	<10	<1	0.17
		S2	<.5	9	26	18	1.31	<10	<1	0.18
		S3	<.5	8	23	12	1.08	<10	1	0.13
	70	S1	<.5	9	28	13	1.27	<10	<1	0.18
		S2	<.5	7	23	9	0.94	<10	1	0.11
		S3	<.5	6	12	8	0.85	<10	1	0.1
	150	S1	<.5	11	28	15	1.27	<10	1	0.22
		S2	<.5	10	28	12	1.21	<10	<1	0.21

		S3	<5	11	28	14	1.31	<10	<1	0.31
T3	30	S1	<5	10	29	13	1.32	<10	1	0.32
		S2	<5	8	26	11	1.11	<10	<1	0.27
		S3	<5	8	25.5	10	1.1	<10	<1	0.25
	70	S1	<5	9	28	14	1.31	<10	3	0.19
		S2	<5	10	28	12	1.24	<10	1	0.28
		S3	<5	9	28	11	1.18	<10	1	0.25
	150	S1	<5	10	28	13	1.3	<10	<1	0.17
		S2	<5	11	29	11	1.22	<10	<1	0.16
		S3	<5	10	29	10.5	1.1	<10	<1	0.14

Ek 1. Devam...

Treñç No	Derinlik (cm)	Örnek No	La (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Mo (ppm)	Na (%)	Ni (ppm)	P (ppm)	Pb (ppm)
T1	30	S1	<10	0.57	505	<1	0.05	53	380	14
		S2	<10	0.34	385	<1	0.06	39	330	10
		S3	<10	0.45	415	<1	0.05	47	360	12
	70	S1	<10	0.47	325	1	0.06	55	390	14
		S2	<10	0.39	295	<1	0.07	45	320	14
		S3	<10	0.37	290	<1	0.05	43	310	13
	150	S1	<10	0.4	345	1	0.08	35	280	18
		S2	<10	0.61	415	<1	0.07	53	400	18
		S3	<10	0.41	400	<1	0.06	44	320	17
T2	30	S1	<10	0.78	540	<1	0.01	47	790	14
		S2	<10	0.57	540	1	0.01	41	630	16
		S3	<10	0.4	385	<1	0.01	39	340	12
	70	S1	<10	0.44	440	<1	0.01	43	470	12
		S2	<10	0.31	320	<1	0.01	36	420	10
		S3	<10	0.28	300	<1	0.01	34	340	9
	150	S1	<10	0.52	440	<1	0.03	48	730	14
		S2	<10	0.46	355	<1	0.02	48	400	12
		S3	<10	0.41	880	<1	0.02	48	340	14
T3	30	S1	<10	0.42	450	<1	0.01	47	390	12
		S2	<10	0.36	350	<1	0.01	42	420	10
		S3	<10	0.3	320	<1	0.01	40	370	9
	70	S1	<10	0.47	420	<1	0.02	46	310	14
		S2	<10	0.43	385	1	0.01	50	380	10
		S3	<10	0.4	370	1	0.01	44	325	9
	150	S1	<10	0.46	395	<1	0.02	46	350	14
		S2	<10	0.4	390	<1	0.01	52	400	13
		S3	<10	0.3	382	<1	0.01	46	340	11

Ek 1. Devam...

Treñç No	Derinlik (cm)	Örnek No	Sb (ppm)	Sc (ppm)	Sr (ppm)	Ti (%)	Tl (ppm)	U (ppm)	V (ppm)	W (ppm)
T1	30	S1	<2	2	74	<0.01	<10	<10	26	
		S2	2	1	41	<0.01	<10	<10	23	<10
		S3	4	2	67	<0.01	<10	<10	27	<10
	70	S1	6	2	71	<0.01	<10	<10	29	<10
		S2	6	2	49	<0.01	<10	<10	26	<10
		S3	4	2	48	<0.01	<10	<10	25	<10
	150	S1	4	2	73	<0.01	<10	<10	33	<10

		S2	4	3	91	<.01	<10	<10	33	<10
		S3	4	2	82	<.01	<10	<10	32	<10
T2	30	S1	10	3	110	<.01	<10	<10	27	<10
		S2	<2	2	92	<.01	<10	<10	23	<10
		S3	<2	2	63	<.01	<10	<10	21	<10
	70	S1	2	3	67	<.01	<10	<10	27	<10
		S2	4	1	46	<.01	<10	<10	21	<10
		S3	2	1	45	<.01	<10	<10	20	<10
	150	S1	2	3	82	<.01	<10	<10	26	<10
		S2	<2	3	66	<.01	<10	<10	26	<10
		S3	2	3	64	<.01	<10	<10	31	<10
T3	30	S1	2	2	50	<.01	<10	<10	27	<10
		S2	<2	2	41	<.01	<10	<10	23	<10
		S3	2	2	40	<.01	<10	<10	24	<10
	70	S1	8	3	83	<.01	<10	<10	26	<10
		S2	<2	2	50	<.01	<10	<10	25	<10
		S3	6	2	49	<.01	<10	<10	24	<10
	150	S1	<2	3	72	<.01	<10	<10	25	<10
		S2	<2	2	68	<.01	<10	<10	24	<10
		S3	<2	2	64	<.01	<10	<10	22	<10

Ek 1. Devam...

Treñç No	Derinlik (cm)	Örnek No	Zn (ppm)
T1	30	S1	30
		S2	22
		S3	28
	70	S1	30
		S2	26
		S3	25
	150	S1	26
		S2	34
		S3	32
T2	30	S1	38
		S2	52
		S3	28
	70	S1	30
		S2	20
		S3	18
	150	S1	34
		S2	28
		S3	26
T3	30	S1	28
		S2	26
		S3	25.5
	70	S1	28
		S2	28
		S3	27
	150	S1	28
		S2	27
		S3	26

KAYNAKLAR

- Baba, A., Deniz, O., 2004. Çanakkale Atık Depolama Sahasının YüzeY ve Yeraltı Sularına Etkisi ve Çanakkale Yerleşim Alanının Yeraltı Suyu Kalitesinin incelenmesi, ÇOMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Proje No: 2001-b/04, s.74.
- Barker, R.D., 1990. Investigation of Groundwater Salinity by Geophysical Methods, Ward, S. H. (ed.), Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol. II. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, p.201-211.
- Başokur, A., 2003. Maden Aramalarında Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemler, Ankara Üniversitesi Yay., s.40.
- Başokur, A., 2002. Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Problemlerin Ters Çözümü. TMMOB, Jeofizik Mühendisliği Odası Eğitim Yayınları:4, s. 166
- Bernstone, C., Dahlin, T. 1996. 2d Resistivity Surveying of Old Landfills Procs. 2nd European EEGS Meeting, Nantes, France.
- Buseli, G., Lu, K. 2001. Groundwater Contamination Monitoring with Multichannel Electrical and Electromagnetic Methods, Journal of Applied Geophysics 48, p.11-23.
- Cahyna, F., 1990. Monitoring of Artificial Infiltration Using Geoelectrical Methods, Geotechnical and Environmental Geophysics II, S.H. Ward, (Ed.), Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.
- Candansayar, M.E., 1998. Homojen ve İzotrop Ortam İçin Sinyal Katkı Kesiti. Ders Notları. Ankara Üniversitesi, Müh. Fak. Jeofizik Müh. Bölümü. Ankara.
- Canitez, N., 1997. Jeofizikte Modellemenin Amaç ve Kapsamı, Jeofizikte Modelleme Kolokiyumu, (Ed. N. Canitez), Literatür Yay. s.368.

- Christensen, T. H., Bjerg P.L., Banwart, S.A., Jakobsen, R., Heron, G., Albrechtsen H. J., 2000. Characterization of Redox Conditions in Groundwater Contaminant Plumes. *Journal of Contaminant Hydrology*, 45, 165-241.
- Corwin, R.F., Hoover, D.B., 1979. The Self Potential Method in Geothermal Exploraton. *Geophysics*, 44, p.226-235.
- Corwin, R.F., 1990. The Self-Potential Method for Environmental and Engineering Applications, *Ed. Ward, S.W. Geotechnical and Environmental Geophysics*, v.I: p.127-145.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004. Çevre ile Uyumlu Atık Yönetimi, www.cevreorman.org.tr
- Dey, A., Morrison, H.F., 1979. Resistivity Modelling for Arbitrary Shaped Two-Dimensional Structures. *Geophysical Prospecting*, 27, 1020-1036.
- DİE, 2000. Devlet İstatistik Enstitüsü, Nüfus Sayımı Sonuçları, www.die.gov.tr
- Drahor, M.G., Şengül, E., 1999. A New Correction Technique in The Self Potential Methods and Its Application to The Archaeological Prospection. 2nd Balkan Geophysical Congress and Exhibition., İstanbul, Turkey.
- USEPA, 1993. Use Of Airborne, Surface, And Borehole Geophysical Techniques At Contaminated Sites, A References Guide, Eastern Research Group, 110 Hartwell Avenue Lexington, MA 02173.
- Erdem, Ü., 2000. Çevre Bilimi, Sürdürülebilir Dünya. Ege Üniv. Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yay. No:1, s.498.

IULA-EMME., 1998. Rehabilitation of Open Dump Sites: Towards Sustainable Land Use, International Union of Local Authorities Section for The Mediterranean and Middle East Region.

Kaptan, C., 1997. Yeraltısuyu Araştırmalarında Sismik Yöntemlerin Uygulanması, Yeraltısuyu Aramaları Kursu, Kurs Notları, TMMOB Jeofizik Müh. Odası, Ankara.

Karlık, G., Kaya, M.A., 2001. The Investigation of Soil and Groundwater Pollution Using Geophysical Methods in Isparta Landfill, Environmental Geology, 40, p.725-731.

Kaya, M.A., Baba, A., Şengül, E., 2004. Çanakkale Düzensiz Katı Atık Sahasının Yüzey ve Yeraltı Sularına Etkisinin Uygulamalı Jeofizik Yöntemlerle (Özdirenç ve Sp) Araştırılması, ÇOMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Proje No: 2002/37, s.19.

Kaya, M.A., Balkaya Ç., 2001. Katı atık alanlarındaki gömülü plastik atıkların özdirenç yöntemi ile belirlenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik. Cilt 3 say. :1, s. 47-58.

Keçeli, D.A., Kaya, M.A., Türker, A.E. ve Kamacı, Z., 1993. Çevre Jeofiziği, Türkiye 10. Jeofizik Kurultayı, Ankara.

Kelkit, A., 2003. Environmental Problems of Çanakkale City and Solutions. Int. J. Environmental and Pollution, Vol. 19, No: 1, p.66-74.

Küçükgül, O., 1998. Katı Atık Düzenli Depolama Sahaları Sızıntı Suyu Özelliklerinin Değişimini İfade Eden Bir Matematiksel Model. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Müh. Böl. (Doktora Tezi)

- Loke, M. H., 1999. RES2DMOD Ver.2.2 Guide Notes. Rapid 2D Resistivity Forward Modeling Using the Finite Difference and Finite Element Methods.
- Özkıdık, H.Ö., 1995. Katı Atık Yönetimi ve Belediyeler, Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Ankara. (Uzmanlık Tezi).
- Pozdnyakova, L., Pozdnyakova, A., Zhang., R., 2001. Application of Geophysical Methods to Evaluate Hydrology and Soil Properties in Urban Areas, Urban Water 3, p.205-216.
- MT Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti, 2002. Düzenli Katı Atık Depolama Tesisi proje Raporu, Ankara, s.94.
- Noguera, J.F., Rivero, L., Font, X, Navarro, A., Martinez, F., 2002. Simultaneous Use of Geochemical and Geophysical Methods to Characterizes Abandoned Landfills. Environmental Geology, 41: p.898-905.
- Naudet, V., Revil, A., Bottero, J.Y., 2002. Geoelectrical Methods Applied on a Contaminated Site: The Entressen Landfill Case Study (Southern-Eastern France). 27th General Assembly of the European Geophysical Society (EGS), Avril, Nice.
- Ward, S.H., 1990, Geotechnical and Environmental Geophysics. Society of Exploration Geophysicists Pub., V. 1, Tulsa, U.S.A..
- Wynn, J.C., Sherwood, S.I., 1984. The Self Potential (SP) Method: An Inexpensive Reconnaissance and Archaeological Mapping Tool. Journal of Field Archaeology, 11: p.195-204.
- Yazıcıgil, H., Sendlein, L.V. A., 1982. Surface Geophysical Techniques in Groundwater Monitoring, Part II, Groundwater Monitoring Review 2(1), p. 56-62.

Yoon, G.L., Oh, M.H., Park, J.B., 2002. Laboratory of Landfill Leachate Effect on Resistivity in Unsaturated Soil Using Cone Penetrometer. *Environmental Geology*, 43, p.18-28.

Zonge K.L., Figginnis S. J., Hughes L. J., 1985. Use of Electrical Geophysics to Detect Sources of Groundwater Contamination. 55th Ann. Internat. Mtg., Soc., Expl., Geophys., Expanded Abstracts, p. 147-148.



TEŞEKKÜR

Bu Yüksek Lisans Tez çalışmasını bilgi ve deneyimleriyle yönlendiren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Ali KAYA'ya teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında bilgilerinden yararlandığım Sayın Yrd. Doç. Dr. Alper BABA'ya teşekkür ederim. Görüş ve önerileriyle desteklerini gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Cemal KAYA'ya çok teşekkürler.

Sayın Doç. Dr. Gülçin ÖZÜRLAN'a değerli katkıları için teşekkür ederim.

Jeofizik Mühendisi Ali AYGÜN başta olmak üzere arazi çalışmalarına destek olan arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca arazi çalışmaları boyunca bir ekip heyecanı ile, kaygı ve sevinçlerime ortak olan Jeofizik Mühendisi Müge ERDOĞAN, Jeofizik Mühendisi Taner GÜRER, Jeofizik Müh. Bölümü birinci sınıf öğrencisi Cemal DURGUT ve Araş. Gör. Yunus Levent EKİNCİ'ye sonsuz teşekkürler.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Ebru ŞENGÜL

Doğum Tarihi: 14 Eylül 1975

Öğrenim Durumu

Derece	Alan	Üniversite
Lisans	Jeofizik Mühendisliği	Dokuz Eylül Üniversitesi
Yüksek Lisans	Jeofizik Mühendisliği	Dokuz Eylül Üniversitesi

Akademik Ünvanlar

Dönem	Ünvan	Bölüm	Üniversite
2002	Araştırma Görevlisi	Jeofizik Mühendisliği	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisans Tezi

Şengül, E., 1998, Arkeojeofizik Araştırmalarda Doğal Gerilim Yöntemi ve Bir Uygulama Örneği: Ulucak Höyük, Yöneten: Yrd. Doç. Dr. Mahmut Drahor, DEÜ Müh. Fak., Jeofizik Müh. Bölümü, İzmir.

Staj

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara (1996),

Dokuz Eylül Üniversitesi, Ürkmez (Seferihisar) Arazi Kampı, İzmir (1996).

Katıldığı Araştırmalar

1997 Temmuz, Emirdağ-Afyon, Amorium Arkeolojik Yerleşmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi (İzmir), Süleyman Demirel Üniversitesi (Isparta) ve Durham Üniversitesi (İngiltere) işbirliği ile jeofizik çalışma.

1997 Ağustos, Ayvalık-Balıkesir, Altınova Arkeolojik Yerleşmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi (İzmir) ve Oxford Üniversitesi (İngiltere) işbirliği ile jeofizik çalışma.

1998-1999 Nisan- Haziran-Aralık Dönemleri, Ulucak-İzmir, Ulucak Höyük, Dokuz Eylül Üniversitesi (İzmir) ve Ege Üniversitesi işbirliği ile jeofizik çalışma.

1998-1999-2000 Ağustos, Datça-Muğla, Datça Arkeolojik Yerleşmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi (İzmir), Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Ankara), TAÇDAM (Ankara) işbirliği ile jeofizik çalışma.

2002 Çanakkale Düzensiz Atık Depolama Sahasının Yüze ve Yeraltı Sularına Etkisinin Uygulamalı Jeofizik Yöntemlerle (Özdirenç, Doğal Gerilim, Sismik) Araştırılması.

2002 Çanakkale Kenti Karacaören yerleşim alanı zemin etüdü.

2002 Amorium antik kenti arkeojeofizik araştırması (New York Metr. Müzesi ve SDÜ ve KTÜ işbirliği ile).

2003 Jandarma Özel Eğitim Merkezi Komutanlığı Subay Gazinosu ve Bölük Hizmet Binası Zemin Etüt Çalışması.

2004 Assos Arkeolojik Yerleşmesi Arkeojeofizik Araştırma (Maltepe Üniversitesi Desteği ile).

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan Bildiriler

Drahor, M.G., Şengül, E., 1999. "A New Correction Technique in The Self Potential Methods and Its Application to The Archaeological Prospection", 2nd Balkan Geophysical Congress and Exhibition, İstanbul.

Drahor, M.G., Göktürkler, G., Şengül, E., 2000. "Case Histories from Balçova(Agamemnon) and Seferihisar Geothermal Fields", International Earth Sciences Colloquium on The Aegean Region, İzmir, s.233

Drahor, M.G., Şengül, E., Göktürkler, G., 2000. "Large Scale Geophysical Explorations at Burgaz Archaeological Site", International Earth Sciences Colloquium on The Aegean Region, İzmir, p.206

Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Basılan Bildiriler

Drahor, M.G., Şengül, E., 1999. "Arkeojeofizik Aramacılıkta Doğal Gerilim Yöntemi". Workshop: Arkeoloji ve Jeofizik, İzmir, s.5.

Drahor, M.G., **Şengül, E.**, 1999.“Acemhöyük, Amorium, Burgaz ve Ulucak Höyükte Uygulanan Geniş Ölçekli Jeofizik Çalışmalar”. Workshop: Arkeoloji ve Jeofizik, İzmir, s.21.

Kaya, M.A. Özer, M.F., Tutkun, S.Z., Baba, A., Güven, T., Çetinel, T. **Şengül, E.**, Deniz, O., Gürçay, S., 2003. “Çanakkale Kenti Yerleşim alanında Jeofizik-Jeolojik Uygulamalar”. Deprem Sempozyumu, Kocaeli. s. 92-93

Kaya, M.A., Baba, A., **Şengül, E.**, Balkaya, Ç., 2003. “Çanakkale Düzensiz Katı Atık Depolama Sahasının Çevre Kirliliğine Etkilerinin Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması”. Deprem Sempozyumu, Kocaeli.

Kaya, M.A., Şeren, A., **Şengül, E.**, Balkaya, Ç., Yiğit, P. 2003.“Amorium Antik Kenti 2002 Yılı Arkeoloji Jeofiziği Araştırmaları”. Türkiye 15. Jeofizik Kurultayı ve Sergisi, 20-24 Ekim İzmir, s. 86.

Baba, A., Kaya, M.A., Tutkun, S.Z., Deniz, O., **Şengül, E.**, Gürçay, S.,2003. Çanakkale Kenti Yeni Yerleşim Alanının Yerleşime Uygunluğunun İncelenmesi, Türkiye Jeoloji Kurultayı.,s.240-241.

Şengül, E., Hüşan, U., 2004. “Çanakkale Arama Kurtarma Acil Yardım Derneği“ÇAKAY”. I. Ulusal Sivil Toplum Kuruluşları Kongresi, 4-6 Haziran 2004, Çanakkale, s. 415-424.

Katıldığı Kurs ve Çalıştaylar

Course on Geothermal Energy, 9 March to 15 July 1998, Lesson on Environmental Geology, 10 March to 5 May 1998, Free University Berlin and the Dokuz Eylül University İzmir supported.

ÇOMÜ, Çanakkale Uzaktan Algılama Merkezi (ÇUM) Görüntü İşleme Kursu, 28 Şubat/ 18 Nisan 2004, Çanakkale, Türkiye.

Üyelikler

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası

ÇAKAY; Çanakkale Arama Kurtarma ve Acil Yardım Ekibi

TRAC; Telsiz ve Radyo Amatörleri Cemiyeti

