

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YER DOĞAL GERİLİMİNİ ÖLÇMEDE KULLANILABİLECEK ELEKTROT TASARIMI

Adem Yavuz VURAL

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YER DOĞAL GERİLİMİNİ ÖLÇMEDE KULLANILABİLECEK ELEKTROT TASARIMI

Adem Yavuz VURAL

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **23/11/2018**

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ

ÇANAKKALE

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU

Adem Yavuz VURAL tarafından Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ yönetiminde hazırlanan ve **23/11/2018** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan **‘‘Yer Doğal Gerilimini Ölçmede Kullanılabilecek Elektrot Tasarımı”** başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ ……

Başkan

Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ ……

Üye

Doç. Dr. Tolga BEKLER ……

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:……

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Adem Yavuz VURAL

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ, ayrıca arazi çalışması ve benzer elektrot ile karşılaştırma yapan Halil İbrahim Arslan, çalışmalarımı yapabilmem için imkân sağlayan ÇÖBİLTUM yönetimine, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Adem Yavuz VURAL

Çanakkale, Kasım 2018

SİMGELER VE KISALTMALAR

SP	Doğal uçlaşma (Self potantial)
Pot	Fincan elektrot
Kg	Kilogram
G	Gram
%	Yüzde oranı
Cu	Bakır
Ag	Gümüş
Pb	Kurşun
$CuSo_4$	Bakır sülfat
MV	Milivolt
V*	Volt
$PbCl_2$*	Kurşun klorür
Zn*	Çinko
$ZnSO_4$*	Çinko sülfat
DU	Doğal uçlaşma

ÖZET

YER DOĞAL GERİLİMİNİ ÖLÇMEDE KULLANILABİLECEK ELEKTROT TASARIMI

Adem Yavuz VURAL
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ
23/11/2018, 47

Jeofizik yöntemlerden doğal uçlaşma yönteminde yeraltında oluşan iyonik hareketler sonucu oluşan gerilim farkı ölçülmeye çalışılır. Bu gerilim farkı doğal veya yapay kaynaklı nedenlerle oluşabilir. Oluşan gerilim mili Volt ve altı düzeylerinde olduğundan bu gerilim farkını ölçebilmek için uçlaşmayan (polarize) olmayan elektrotlar gereklidir. Bu çalışmada, mikro volt düzeyindeki ölçümler için başta kurşun-kurşun klorür ve bakır bakır klorür içerikli olmak üzere farklı türde elektrotların üretilmesi amaçlanmıştır. Elektrotlar için farklı çap ve boyda deneme modelleri hazırlanmıştır. Elektrotların gerek laboratuvar ortamında gerekse alan çalışmalarından elde edilen sonuçlar bu çalışmada sunulmuştur.

Anahtar sözcükler: Uçlaşmayan Elektrot, DU.

ABSTRACT

DESIGNING THE ELECTRODE THAT CAN BE USED TO MEASURE THE SELF POTENTIAL

Adem Yavuz VURAL
Çanakkale Onsekiz Mart University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master of Science Thesis in Geophysical Engineering
Advisor: Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ
23/11/2018, 47

Among the Geophysical methods, the natural potential method is used to measure the resulting voltage difference caused by the ionic movements that occur underground. This potential difference can be induced by natural or artificial sources. when the resulting voltage is at the mili Volt level or below, non-polarized electrodes are required to measure this voltage difference. In this work, it is aimed to produce different types of electrodes, specifically lead-lead chloride and copper copper chloride, to employ to measure potential difference at the micro volt level. Prototypes with different diameters and lengths for electrodes were tested The results obtained from both the laboratory and field studies of the electrodes are presented in this study.

Keywords: Non-polarized Electrode, SP

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xii
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1. Giriş 1
1.2. Doğal Uçlaşma Yöntemi 2
1.3. Doğal Gerilimin Nedenleri 3
1.3.1 Elektrokinetik Gerilim (Akma Gerilimi) 3
1.3.2 Elektrokimyasal Gerilim (Difüzyon ve Nernst Gerilimi) 4
1.3.3 Mineralizasyon Gerilimi 5
1.3.4.Galvanik Yapı Görüşü 5
1.3.5 Sato ve Money Görüşü 6
1.3.6. Asitlilik 6
1.4. DU Gerilimin Oluşmasını Sağlayan Diğer Etkenler 7
1.4.1 Tellürik Akımlar 7
1.4.2 Yapay Akım Kaçakları ve Güç Hatları 7
1.4.3 Yeraltındaki Boru Hatları 7
1.5 Uçlaşmayan Elektrotlar 7
BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 10
2.1. Önceki Çalışmalar 10
BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM 11
3.1. Giriş 11
3.2. Uçlaşmayan Elektrot Tasarımları 12
3.3 Sıvı (Çözelti) Dolu Bakır Elektrotlar 14
3.4. Ölçüm Sürelerine Göre Elektrotların Adlandırılması 16

3.4.1 Kısa Dönem Bakır Elektrotlar 16
3.4.2 Orta Dönem Bakır Elektrotlar 17
3.4.3 Uzun Dönem Bakır Elektrotlar 17
3.5 Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrot 18
3.6. Çap ve Boylarına Göre Sıralanmış Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrot 19
3.6.1 Küçük Boy Macun (Katı) Dolgulu Elektrot 20
3.6.2 Orta Boy Macun (Katı) Dolgulu Elektrot 20
3.6.3 Büyük Boy Macun (Katı) Dolgulu Elektrot 21
3.7. Elektrot Deney Sistemi 21
3.8. Elektrot Arazi Deneyleri 22
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 25
4.1. Giriş 25
4.2 Bakır Elektrotların Deney Sonuçları 25
4.2.1 Sıvı (Çözelti) Dolu Bakır Elektrotlar 25
4.3. Ölçüm Sürelerine Göre Adlandırılan Bakır Elektrotların Deney sonuçları 28
4.3.1 Kısa Dönem Bakır Elektrotlar 29
4.3.2 Orta Dönem Bakır Elektrotlar 29
4.3.3 Uzun Dönem Bakır Elektrotlar 30
4.4. Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrot 30
4.5. Çap ve Boylarına Göre Sıralanmış Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrotların Deney Sonuçları 35
4.5.1 Kısa Boy Macun Dolgulu Elektrotlar 36
4.5.2 Orta Boy Macun Dolgulu Elektrotlar 37
4.5.3 Büyük Boy Macun Dolgulu Elektrotlar 38
4.6. Elektrot Deney Düzeneğine Bağlı Olan Pilin Zaman-Volt Grafiği 39
4.7 Elektrotların Deney Düzeneklerine 9 Volt Gücünde Pil Bağlanıp Elektrot Ölçüm Kalite Deneyleri 40
4.8 Elektrotlar Tamamen Kurutulup Tekrar Nemlendirilip Duraylama Zaman Deneyi 41
4.9 Elektrotların Arazi Deneyleri 42
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER 44
KAYNAKLAR 46
EKLERİ I

EK 1. 7-9 Mayıs 2018 tarihleri arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü tarafından Eğirdir Mavigöl Otelde gerçekleştirilen çalıştayda sunulan poster bildirisi II
ÖZGEÇMİŞ III

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Yer altı suyu tarafından kesilen sülfürlü cevherde DU (Dobrin,1960). 5
Şekil 1.2 Pirit cevheri için DU belirtisi oluşumu (Sharma, 1997) 6
Şekil 1.3. Uçlaşmayan elektrot 8
Şekil 3.1. Macun dolgulu elektrot 11
Şekil 3.2. Elektrot hazne tasarımları 12
Şekil 3.3. Deneylere hazır hale gelen elektrotlar 13
Şekil 3.4. Elektrot duraylama ölçüm düzeneği 14
Şekil 3.5. Bakır elektrot, elektrot için seramik alt kapak 14
Şekil 3.6. Göz taşı olarakta bilinen bakır sülfat görüntüsü 15
Şekil 3.8. Orta dönem elektrot 17
Şekil 3.9. Uzun dönem elektrot 17
Şekil 3.10. Plastik şeffaf kap içerisine doldurulmuş macun elektrot 19
Şekil 3.11. Küçük boy kurşun elektrot 20
Şekil 3.12. Orta boy kurşun elektrot 20
Şekil 3.13. Büyük boy kurşun elektrot 21
Şekil 3.14. 9 Volt pil bağlanmış elektrot deney düzeneği 22
Şekil 3.15. Elektrot ölçüm düzeneği 22
Şekil 3.16. Orta boy kurşun elektrot ölçüm alanı 23
Şekil 3.17. Elektrot ölçüm hat şeması 24
Şekil 4.1. 1 numaralı elektrot ölçüm grafiği 26
Şekil 4.2. 2 numaralı elektrot ölçüm grafiği 26
Şekil 4.3. 3 numaralı elektrot ölçüm grafiği 27
Şekil 4.4. 4 numaralı elektrot ölçüm grafiği 27
Şekil 4.5. 5 numaralı elektrot ölçüm grafiği 28
Şekil 4.6. Kısa dönem bakır elektrot duraylama grafiği 29
Şekil 4.7. Orta dönem bakır elektrot duraylama grafiği 29
Şekil 4.8. Uzun dönem bakır elektrot duraylama grafiği 30
Şekil 4.9. 1 numaralı elektrot ölçüm grafiği 31
Şekil 4.10. 2 numaralı elektrot ölçüm grafiği 32
Şekil 4.11. 3 numaralı elektrot ölçüm grafiği 33
Şekil 4.12. 4 numaralı elektrot ölçüm grafiği 34
Şekil 4.13. 5 numaralı elektrot ölçüm grafiği 35
Şekil 4.14. Kısa boy bakır ve kurşun elektrot duraylama grafiği 36
Şekil 4.15. Orta boy bakır ve kurşun elektrot duraylama grafiği 37
Şekil 4.16. Büyük boy bakır ve kurşun elektrot duraylama grafiği 38
Şekil 4.17. 9 volt pil deney grafiği 39
Şekil 4.18. Pil,kurşun ve bakır elektrot ölçüm grafiği 40
Şekil 4.19. Sırası ile büyük boy ,orta boy, kısa boy elektrot duraylama grafiği 41
Şekil 4.20. Macun dolgulu kurşun elektrot arazi verileri ve kontur haritası 42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1 Bakır elektrot çözelti hazırlama değerleri.....15
Çizelge 3.2 Macun dolgulu elektrot hazırlama değerleri.....18

BÖLÜM 1
GİRİŞ

1.1. Giriş

Jeofizik bilimi, fiziğin ilkelerini kullanarak su küre ve onu çevreleyen atmosferi de içerecek biçimde yer yuvarının araştırılmasını konu olan bir bilim dalıdır. Aynı zamanda Yer yuvarının kabuktan başlayıp iç çekirdeğe kadar olan kısmının araştırılması ve özelliklerinin belirlenmesi gibi geniş bir kullanım alanı olan bir mühendislik dalıdır. İnsanoğlunun doğal kaynaklara olan ihtiyacı, bilime ve doğal afetlere çözüm üretme merakının artması ve de yeraltının farklı jeolojik özelliklerinin olması jeofizik bilimini ve mühendisliğini geliştirmiş ve yer yuvarının araştırılması için birçok yeni yöntem ortaya çıkarmıştır. Jeofizik arama çalışmaları; petrol, doğalgaz, altın, kömür, demir, bakır vb. gibi birçok yeraltı zenginliğinin aranması, deprem araştırmaları, arkeometride uygulamalar, jeoteknik araştırmaları, jeotermal ve yer atlı su kaynaklarını arama gibi pek çok farklı amaca yönelik etkinlikleri kapsar. Jeofizik arama yöntemleri doğal kaynaklı ve yapay kaynaklı olmak üzere iki başlık altında toplanabilir (örn Keçeli,2009). Doğal kaynaklı arama yöntemleri adında anlaşılacağı üzere yeraltına dışarıdan etki etmeden sadece yer yapısındaki jeolojik yapıların kimyasal ve fiziksel farklılıklarından dolayı oluşan (örneğin, yerin doğal gerilimi) etkenleri ölçer. Yapay kaynak söz konusu olduğunda ise yer altına dışarıdan etki ederek (örneğin, elektrik vererek veya sismik dalgalar oluşturarak) yeriçindeki jeolojik farklılıkların belirlenmesinde kullanılır. Doğal kaynaklı yöntemlerde sadece alıcı bulunurken, yapay kaynaklı yöntemlerde alıcı ve verici aynı anda bulunur. Doğal kaynaklı jeofizik yöntemlere örnek olarak Manyetotellürik, doğal uçlaşma (DU), gravite, manyetik yöntemleri verilebilir. Yapay kaynaklı yöntemlere örnek olarak ise: sismik yansıma, sismik kırılma ve doğru akım özdirenç yöntemleri verilebilir.

DU yöntemi uygulamalı jeofiziğin elektrik yöntemler olarak adlandırılan dalı içerisinde yapay kaynak kullanılmadan ölçüm yapılan yöntemlerinden bir tanesidir (örn. Telford vd. 1990). DU yönteminde yer içinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı doğal yollarla oluşan elektrik geriliminin ölçülmesi ile yer içinin özellikleri saptanmaya çalışılır. Bu yöntem de doğal kaynaklı çok düşük gerilim farkı ölçüldüğü için metal çubukların (çelik, bakır vb.) kullanılması durumunda, metal malzeme yer ile etkileşime girerek yalancı (fictitious) bir gerilim oluşmasına neden olur (örn.Vural ve Ulugergerli 2018). Bu yalancı gerilim farkı asıl ölçülmesi gereken doğal gerilimden daha fazla olabileceği için gerçek ölçüm değerlerini bastırabilir. Bu yalancı gerilim farkı ölçüm aralık

ve noktaları değiştikçe değişeceğinden ve daha sonrasında ölçü değerlerinde çıkartılamayacak bir hale gelir . Bu durumun ortadan kalkması için uçlaşmayan (polarize) olmayan elektrotlar kullanılmalıdır (Çağlar, 1991) aynı konumda bulunan uçlaşmayan elektrotlar arasında sabit (duraylı) ve düşük bir mV değeri vardır. Yapısında ise metal ve metal çözeltisi olarak Ag ile AgCl, Cu ile $CuSO_4$, Pb ile $PbCl_2$, Zn ile $ZnSO_4$ kullanılabilir (Petiau 2000).

Bu tez kapsamında başarılı bir ölçüm için gerekli olan uçlaşmayan elektrot tasarımı üzerinde durulacaktır. Çalışma kapsamında kolay bulunabilmesi ve yaygın olarak kullanılması bakımından, Bakır-bakır klorür (Cu ile $CuSo_4$) ile Kurşun-Kurşun klorür (Pb ile $PbCl_2$) elektrotlar için tasarım ve üretim yapılmıştır. Üretimi yapılan elektrotların laboratuvar koşullarında ve saha da denenmiştir.

1.2. Doğal Uçlaşma Yöntemi

Bu yöntem ilk kez maden yataklarının araştırılmasında kullanılmaya başlanmış ancak daha sonra jeotermal, jeoteknik ve çevre konularında düşük maliyeti ve kolay uygulanma özelliğinden dolayı yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Çağlar 1991). DU yöntemi, yapay akımlar kullanılmadan yerin doğal geriliminden yararlanılarak, herhangi iki nokta arasındaki gerilim farkının ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Doğada, kaynak kullanmadan gerilim farkı oluşturacak, iklim değişimleri, topoğrafya, jeolojik koşullar ve benzeri birçok neden vardır. Çok yağışlı veya çok kurak iklimlerde yer altı su seviyesinin değişimi, kayaçların farklı petro-fiziksel özellikte bulunmaları DU değişimine neden olan başlıca koşullardır. Ayrıca metal su boruları, trafo merkezleri, tuzlu su dokanakları, kuyular, cüruf yığınları da küçük de olsa DU değişimlerine neden olur. DU yöntemi, yerin doğal geriliminin, belirli koşullar altında, en yüksek değerini sülfürlü maden yataklarında göstermesi nedeniyle bu tip yatakların aranmasında en çok kullanılan yöntemdir.

İki nokta arasındaki gerilim farkının ölçülmesi amaçlandığından elektrotların yerleştirildiği ölçü noktalarına ufak çukurlar kazılarak içi su ile doldurulur ve yer ile elektrot arasındaki iletim (kontak) direnci bu şekilde en aza indirilmiş olur. Mümkün olduğunca az dirençli, fazla uzun olmayan (en fazla 500 m) kablolar kullanılır. İki nokta arasındaki arasında ki gerilim farkını ölçmek için voltmetre kullanılır.

DU ölçümleri, elektrotlardan bir tanesi sabit kalmak üzere diğer elektrotun ölçü noktalarında gezdirilmesi şeklinde yapılan gerilim ölçüsü veya iki elektrot arasının sabit tutulması ve ölçü noktalarında gezdirilmesi şeklinde yapılan gradyent ölçüsü biçiminde

yapılır. Ölçüm türüne bakılmaksızın bütün ölçümler çalışma alanı dışında seçilen bir temel (baz) noktasına indirgenir. Burada indirgemek o noktadaki ölçülen değerleri baz noktasına göre olan fark değere dönüştürmek olarak tanımlanır.

Ölçüm sonuçları, gerilim eşdeğer (contour) haritaları şeklinde sunulur. Ayrıca çalışılan alanlarda belirli doğrultularda alınan görüntü (profil) ölçüleri, gerilimin uzaklıkla değişimi hakkında yararlı bilgiler verir.

1.3. Doğal Gerilimin Nedenleri

Bu konuda yapılan yayınlar oldukça kapsamlıdır. İzleyen bölümde başta Çağlar (1991), Telford ve diğerler (1990) olmak üzere farklı yayınlardan derlenen bilgiler özetlenmiştir. Ayrıca ilgili kaynakçalarda metin içinde verilmiştir.

1.3.1 Elektrokinetik Gerilim (Akma Gerilimi)

Gözenekli, çatlak (kılcal damar) veya geçirimli bir ortamdan ρ özdirencine, μ viskozitesine olan bir çözelti basınç zoruyla geçirilirse bu ortam üzerinde ölçülen gerilim akma gerilimi diye adlandırılır (Drahor,1993). Bu gerilim E_S;

$$Es = \frac{\rho \varepsilon \xi \Delta \rho}{4\pi\eta} \tag{1.1}$$

Şeklinde verilir. Burada kullanılan sembollerin açıklaması izleyen şekildedir:

ρ Özdirenç,
ε Dielektrik Sabiti,
ξ Soğurma (Absorbtion),
Δp Basınç Farkı,
η Akışkanın Dinamik Viskozitesi

Akma gerilimin doğrultu yönü hareket yönü ile aynıdır. Jeofizik arama çalışmalarında bu yönün belirleme bize yer altı uyunun akış yönü hakkında bilgi verir. Akma gerilimi birkaç yüz milivolt ile birkaç milivolt arasında değişir.

Akma geriliminin ölçüldüğü uygulamalar; Su sızıntısının araştırıldığı kaya tabanları ve rezervuarlar, Su sondajı sırasında kuyu cidarında oluşan gerilim, Arazide büyük seviye su farkı olan yerlerde, Jeotermal alanlarda, Kum ve kil gibi farklı yük bulundurma özelliği taşımalarından dolayı bu iki birimin sınırlarının belirlenmesinde uygulanır (Candansayar 2010).

Kuyu loğu ölçümlerinde kullanılan DU, kuyu içerisine basınç ile gönderilen çamurunun kuyu içerisindeki çatlaklardan sızarak oluşturduğu gerilim farklı ölçülür. Ölçülen değerler yardımıyla gözenekli yapı veya çatlak belirleme yapılabilir.

Yer altı suyu aramaları da bu konuya bir örnektir. Yer altında oluşan basıncın etkisiyle yüksek basınçlı ortamdan düşük basınçlı ortama hareket eden yer altı sularında bu gerilimi meydana getirir.

1.3.2 Elektrokimyasal Gerilim (Difüzyon ve Nernst Gerilimi)

Tatlı ve tuzlu su girimlerinde veya zemin kirlenmelerinde, iyon yoğunluğu farklı ortamlar arasında veya farklı yoğunluktaki çözeltilerde yer alan Anyon ve Katyonların (- ve + yükler) hareketlerinden dolayı ortaya çıkar. Farklı yoğunluktaki çözeltilerde – ve + yük miktarlarının dengeye gelme eğilimi nedeniyle çözeltiler ara yüzeyinde – ve + yüklerin geçişleri olacaktır. Bu şekildeki yük hareketleri ortamda bir difüzyon geriliminin nedenini oluşturur (Telford ve diğ,1990). Bu gerilim den faydalanarak çöp atık alanlarının yer atlı suyuna karıştıkları kirlilik alanların belirlenmesi yapılabilir.

Homojen bir çözelti içerisine özdeş iki elektrot daldırılırsa bu iki elektrot arasında bir elektriksel gerilim farklı ölçülemez. Elektriksel gerilim farkının ölçülebilmesi için özdeş elektrotların her biri diğerinden farklı bir yoğunluktaki bir çözeltiye batırılmalıdır bu durumda iki elektrot arasında bir gerilim meydana gelecektir bu gerilim mV(mili volt) seviyesinde ölçülür ve bu gerilime Nernst gerilimi adı verilir (Telford ve diğ, 1990). Bu duruma önek olarak fay kırıklı kesimler bulun sıcak sular, petrol ile su dokunak sınırları verilebilir

$$E_d = \frac{RT(Ia - Ic)}{nF(Ia + Ic)} \ln(C_1/C_2) \qquad (1.2)$$

Burada ;

E_d difüzyon gerilimi,

Ia ve Ic sırasıyla anyon ve katyonları haraketliliğini,

R evrensel gaz sabitini (8.314 $JK^{-1}mol^{-1}$),

T mutlak sıcaklık (K),

n iyonik birleşme değeri (valence),

F Faraday sabiti (96487 C mol^{-1}),

C_1 ve C_2 çözelti konsantrasyonlarıdır.

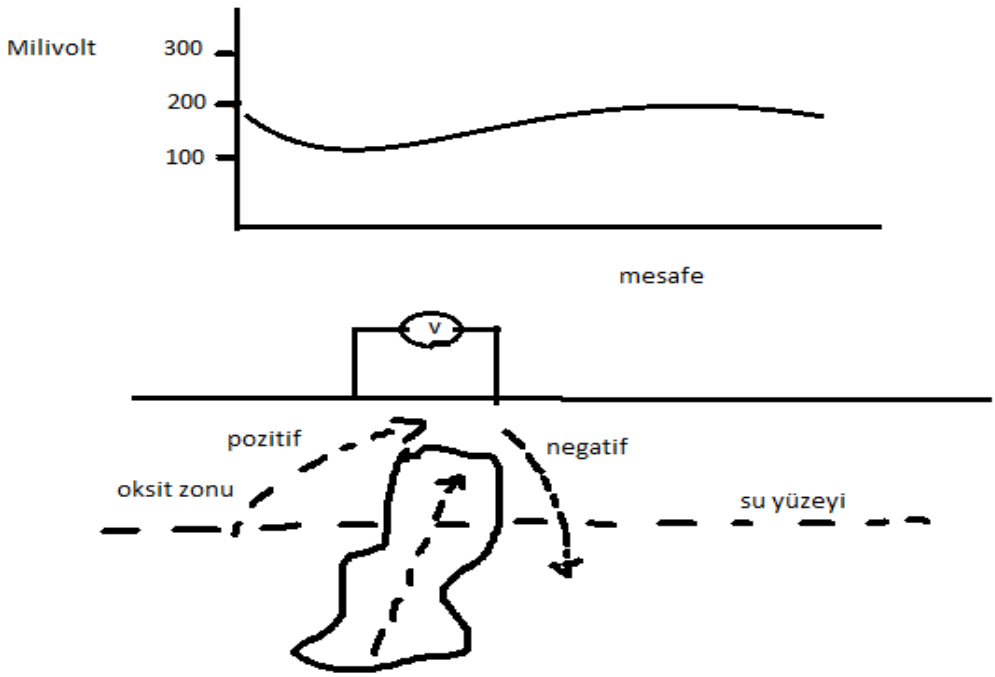
1.3.3 Mineralizasyon Gerilimi

Sülfürlü metalik cevherleşme sahalarında ölçülen doğal gerilimdir. İletken cevher kapanlarında tuz miktarına, sıcaklığa ve ıslaklık koşullarına bağlı olarak oluşan elektrokimyasal olaylar bu sahalarda ölçülen doğal gerilimi doğurur. Genellikle maden arama jeofiziğinde ölçülmesi arzulanan bir DU gerilimidir.

Mineralizasyon gerilimleri hemen her zaman cevherleşmenin üst yüzeyinde eksi işaretli bir merkez oluşturacak şekilde değerler verir. Bunun nedeni DU oluşum mekanizmalarına bağlı olarak cevher kütlesinin üst yüzeyinde yani yeryüzüne yakın kısımlarında eksi işaretli yüklerin toplanmasından kaynaklanır.

1.3.4.Galvanik Yapı Görüşü

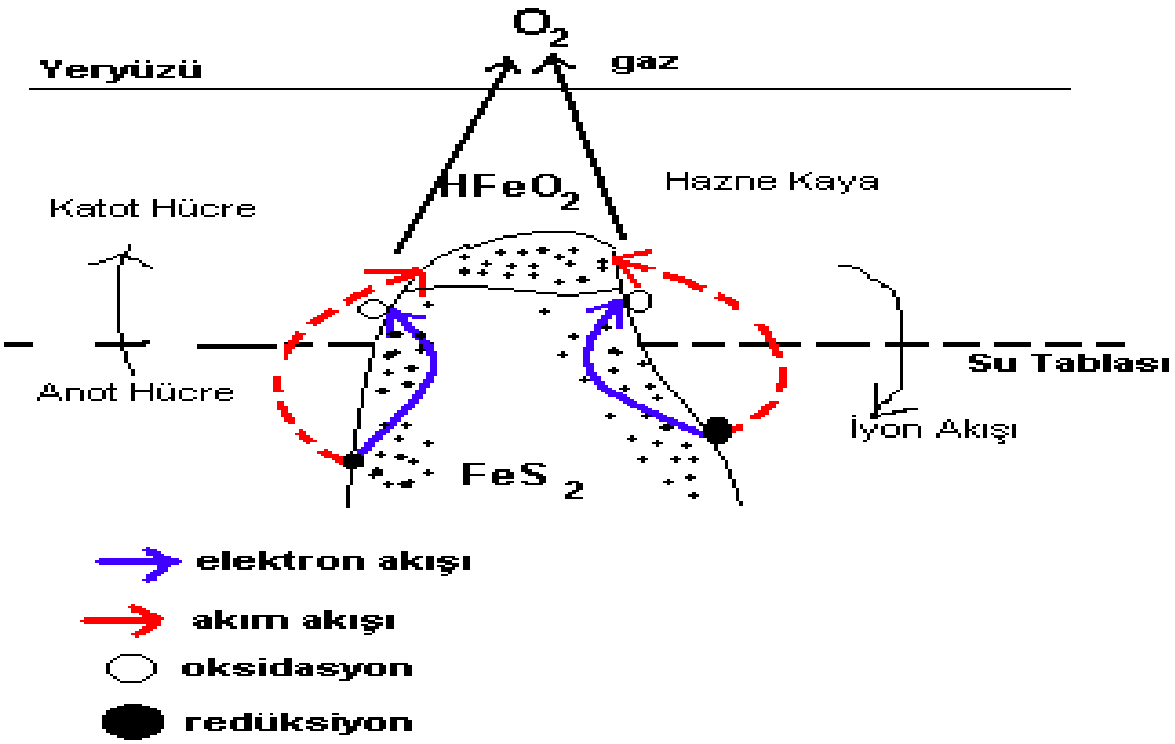
DU belirtisinin bir kısmı oksidasyon oluşan kesimde olur. Pirit, Kalkopirit, Galenit vb. mineral araştırmalarında sıkça karşımıza çıkan bir durumdur. Bu yapıda akımlar oksijenin az olduğu yerden çok olduğu yere doğru hareket eder ve bu durum yer için basit bir pil gibi davranır ve belirti eğrisi eksi işaretli değer verir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Yer altı suyu tarafından kesilen sülfürlü cevherde DU (Dobrin,1960).

1.3.5 Sato ve Money Görüşü

Sato ve Money (1960) yaptıkları çalışmada pirit madenlerinde su tablasının ütünde kalan kısım katot altında kısmın ise anot olarak adlandırmışlardır. Çözelti içinde kalan cevherin katot kısmında elektron kazanımı olurken su tablasının altında kalan anot kısmında ise elektron kaybı olur bu durum mineral zonun da gerçekleştiği için elektronların anottan katoda doğru hareket etmesine sebep olur.



Şekil 1.2 Pirit cevheri için DU belirtisi oluşumu (Sharma, 1997)

1.3.6. Asitlilik

Sülfürlü maden aramalarında yaygın bir şekilde ortaya çıkan bir belirti türüdür kaynağı pH farkından dolayıdır. Yer ortamındaki çözeltilerin yüzeye yakın olanları ile derinlerde olanların arasında bir pH farkı varır ve bu pH farkından dolayı iki farklı çözelti arasında bir akım akışı meydana gelir. Sülfürik maden arama amaçlı yapılan çalışmalarda, sülfür madenin yüzeye yakın olan kısmında pH 2-4 arasında olduğu, sülfür madenin erinlerde kalan kısmında ise tam tersi bir şekil bazik bir yapıda olduğu anlaşılmıştır ve bu durumdan dolayı oluşan akım akış yer içinde önemli bir büyüklük aykırılık oluşturur

1.4. DU Gerilimin Oluşmasını Sağlayan Diğer Etkenler

Kaynağı doğal veya yapay olan ancak diğer DU belirtileri ile de açıklanamayan bazı DU gerilimleri vardır ve bu gerilimler yapılan maden araştırması veya diğer çalışmaları maskeleyebilirler. Bu etkiler tellürik akımlar, elektrik güç hatları ve yapay akım kaçakları, yeraltındaki boru hatları olarak sıralanabilir

1.4.1 Tellürik Akımlar

Dirençli alanlar üzerinde dünyanın manyetik alanındaki değişimlerden kaynaklanan uzun periyotlu tellürik akımlar birkaç yüz mV/km gibi çok büyük gerilimler oluşturabilirler (Keller ve Frischknecht,1966). Tellürik etkinlikler genellikle 10 ile 40 s dönemindedir. Fakat daha uzun enerji döneminde olanlarda mevcuttur. DU gerili ölçümlerinde ilk 10 ve 40 ‘s lik dönemlerde önemli değişimler var ise bu değişimleri gidermek için ölçü alanında durağan bir noktada bir birine dik düzlemde ölçü alınarak bu değer ölçülen değerden çıkartılabilir (Drahor, 1993).

1.4.2 Yapay Akım Kaçakları ve Güç Hatları

Yer altından geçen elektrik hatları ve bunlardan meydana gelen akım kaçakları araştırma yapılan alandaki verileri etkiler ve sahte bir değer oluşturur. Bu oluşan gürültü gerçek değerler ölçümlemek istenilen değerden daha büyük ise ölüm değerini bastırabilirler.

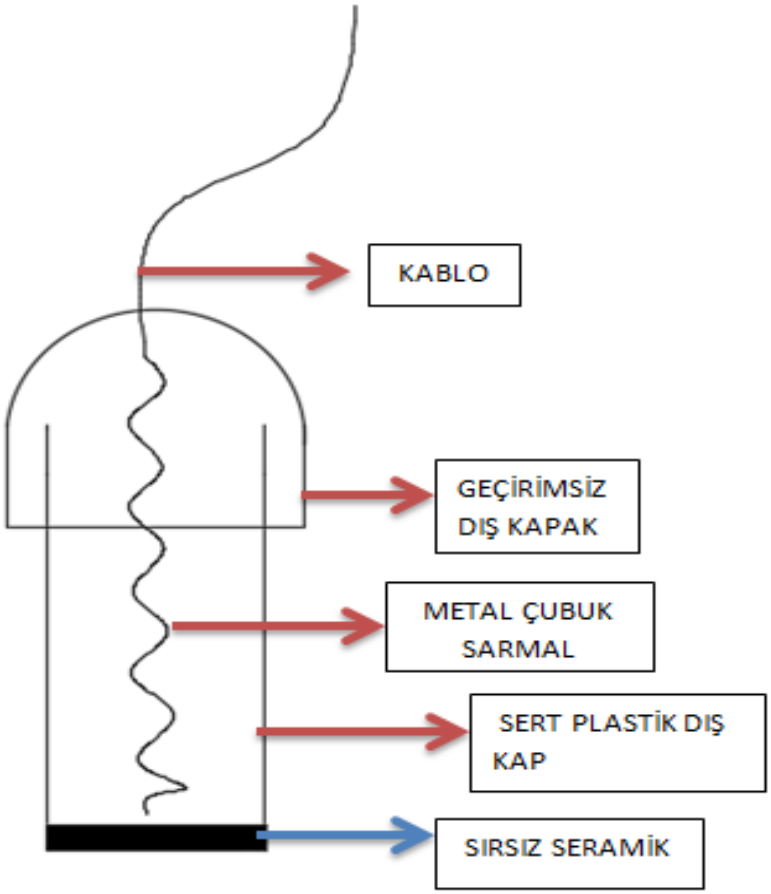
1.4.3 Yeraltındaki Boru Hatları

Yer altından geçen petrol, su ve doğalgaz boruları içerisinden geçen akışkan ne deni ile bir gerilim oluşturulur bu gerilim ölçüm sahasındaki verileri etkiler.

1.5 Uçlaşmayan Elektrotlar

Uçlaşmayan elektrotlarda metaller kendi tuz çözeltileri içerisine batırılarak oluşturulur. Elektrotların duraylılığını ve duyarlılığını arttırmak için metalin tuz çözeltisine sodyum (NaCl) veya potasyum (KCl) tuzları eklenir. Elektrolar çok farklı çap, boy ve içeriğe olan olabilirler. Elektrotlar arazi şartlarına ve ölçüm şekline göre farklı özelliklerde üretilirler. Uzun süreli ölçümler için daha çok macun kıvamında yapılmış elektrotlar tercih edilir.

Yaygın olarak kullanılan uçlaşmayan elektrotlar, Zn ile $ZnSO_4$, Pb ile $PbCl_2$, Cu ile $CuSO_4$, Ag ile AgCl, kullanılır (Petiau 2000). Tabanı gözenekli ve geçirimli bir yapıda olan (sırsız fincan veya ahşap) kapların içlerine metal çözeltisi doldurulur ve kapak kısmına bağlanmış metal sarmal çubuk daldırılarak ölçüme hazır hale getirilir (Şekil 1.5). Macun kıvamında hazırlanan elektrotlarda ise genelde alt kapağa ihtiyaç duyulmaz. Elektrotlar arazide kullanılmadan önce bir baz noktasından dengeleme değeri alınır. Bu değer duraylı ise ölçüm işlemine başlanır.



Şekil 1.3. Uçlaşmayan elektrot

Elektrotun tabanındaki gözenekler gerek nemlilik yolu ile gerekse çözeltinin sızmasına olanak sağlayarak yer ile iletimi kolaylaştırır. Fincan içine kısa dönemli ölçümlerde yalnızca çözelti uzun dönemli kullanımlarda ise jel veya kil (kaolen ve illit karışımı) ile çözelti çamur kıvamına getirilir ve fincana doldurulur (Petiau 2000). Çözelti halindeki elektrotlar her kullanımdan sonra temizlenmelidir.

Elektrotların ölçüm süresinin 10 ila 15 dakika arasında olduğu çalışmalarda plastik boru veya benzeri bir malzemenin alt kısmı kenarlardan sızdırmayacak şekilde alçı ağaç veya seramik tıpa ile kapatılır. İçi çözelti ile doldurulur. Üst kısmına da sızdırmaz bir kapağa metal çubuk takılarak çözelti içine daldırılır ve kapak kapatılır. Çözelti zaman ile gözeneklerden sızarak veya gözeneklerden çamur girerek elektrotun duraylılığını bozar. Bu durumdan dolayı elektrotların uzun süre duraylılıklarını koruması için yeni gelişimlere ihtiyaç duyarlar

Uzun süreli ölçümlerde gözlem süreleri günler boyunca sürebilir. Gözlem bitene kadar elektrot çerisindeki çözeltinin tükenmemesi veya derişimim değişmemesi ve sabit duraylı olarak kalması gerekir. Yer ile iletimin sağlanması için bir çukur hazırlanır ve bu çukurda bulunan çamura elektrotlar daldırılır.

Çoğunlukla göz taşı olarak bilinilen Bakır sülfat, mavi renkli ve toz şekeri görünümündedir. Her elektrot için yaklaşık olarak 1/3 bakır sülfat su çözeltisi oluşturulur. Çözelti doygun hala gelene kadar iyice karıştırılır. Doygun kıvamdaki çözelti ile elektrotlar doldurulmalıdır. İyi çözünmemiş bir çözelti ile doldurulduklarında elektrotların dibinde bir çökelti meydana gelir. Herhangi bir nedenle bakır çubukla tabandaki çökelti birbirine değerse ölçü değerinde atlamalar gözlenir. Kapak için hava boşluğu bırakılmalıdır. Elektrotlara çözelti eklendikten sonra 12 saat süreyle dinlendirme yapılmalıdır.

Macun dolgulu elektrotlar için ise malzemeler biraz farklıdır. Bu elektrotlar HCL asit, illitik kil içeriği yüksek kaolen, kurşun veya bakır sülfat (kurşun elektrot için kurşun bakır içinse bakır) ve sudur bu karışım iyice karıştırılıp macun kıvamına getirilir ve elektrot içerisine doldurulur. İllitik kaolen kili olabildiğince saf ve toz halde olmalıdır. Dolgu hazırlandıktan sonra katılaşana kadar bir iki gün dinlendirilmelidir.

Dinlendirilen elektrotlara deney yapılır. Ölçülen değerlerde duraylama değerleri ölçülür. Elektrotun çalışıp çalışılmadığı test edilir.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Önceki Çalışmalar

DU elektrotlar hakkında çok fazla güncel çalışmama olmamakla birlikte Petiau ve Dupis (1980) yapmış oldukları çalışmada çeşitli elektrotlar geliştirmişlerdir. Bu işlem dışında pek çok farklı firma elektrot üretip satmaktadır. Ancak elektrotun hepsinin üretimi neredeyse aynıdır ve farklı bir bakış açısı getirilememiştir.

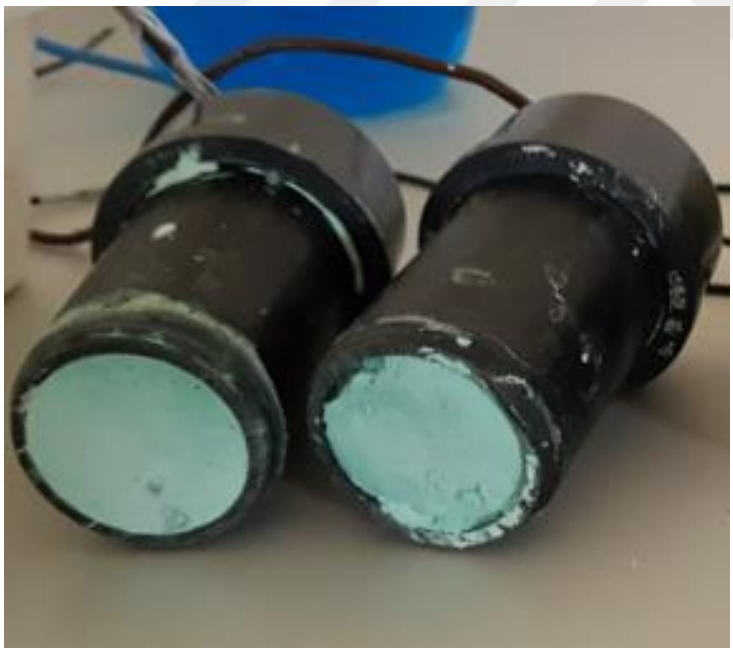
Bu çalışmada önceki çalışmalardan farklı olarak, çözelti katılaştırıcı ve elektrot boyutlarının ölçülen değere olan etkisi araştırılmıştır.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Giriş

Uçlaşmayan elektrotlar ilk üretim zamanlarından bugüne kadar yaygın olarak çözelti halinde bulunan metal tuzlarına daldırılmıştır (Petiau 2000). Alt tarafı geçirimli malzeme ile kapatılmış üst kısımlarında bir kapak ve kapağa bağlı olarak çözelti içeresine daldırılmış sarmal metal çubuktan yapılmışlardır Elektrotlar içerilerindeki sıvıları yavaş yavaş alt taraflara sızdırarak yer ile iletişime girer ve bu yapılarından dolayı kullanım süreleri kısıtlıdır. Zaman içerisinde araştırma alanlarını veya araştırılan materyal için bu elektrotlar yetersiz kalmışlardır. Kısa süreli ölçümler için yeterli olsalar da uzun süreli ölçümler için yeni nesil bir elektrotun geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur.

Uçlaşmayan elektrotlar için uzun süreli ölçümlerde kullanmak üzere çözelti katılaştırıcı katkı malzemeleri ile jel kıvamına getirilmiş ilerleyen zamanlarda ise macun dolgu kıvamında elektrotlar üretilmiştir (Şekil 3.1).



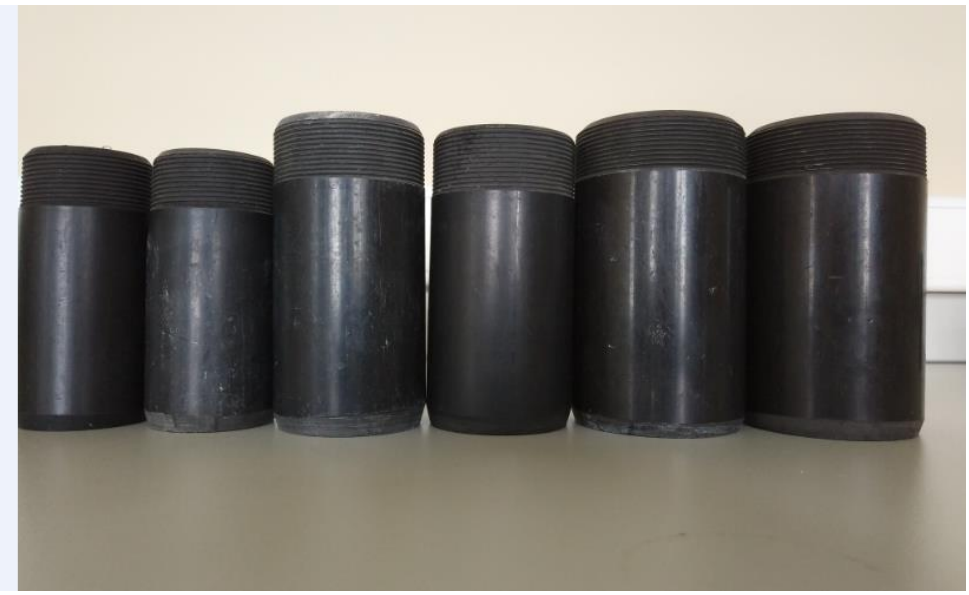
Şekil 3.1. Macun dolgulu elektrot

Bu çalışmada uçlaşmayan elektrotlardan olan kurşun ve bakır elektrotlar için macun veya çözelti halde çalışır bir elektrot yapılması amaçlanmış ve yapılmıştır. Elektrotların kurşun ve bakır elektrotlar olarak tercih edilmesinde, yaygın kullanımları ve kolay bulunur malzeme olmaları etkin olmuştur. Elektrotların dış kısımları ısı, güneş ve darbelere karşı

dayanıklı sert plastik malzemeden oluşmaktadır. Elektrotlar 4 farklı çapta ve boyutta tasarlamış olup elektrotların çapları 50, 63, 75 ve 90 cm çaplarında 8, 10, 15 ve 16 cm boylarındadır. Bakır elektrotlar için 50, 63, 75 ve 90 cm çapındaki kaplar kullanılmıştır. Kursun elektrot için ise 50, 65 ve 75 çapındaki kaplar kullanılmıştır. Macun dolgulu kurşun elektrot ve bakır elektrot için 90 cm çapındaki kap fazla büyük ve kullanışsız olduğu için kullanılmamıştır. Farklı çap ve boyların tercih edilmelerinde amaç yüzey alanları değişmesi ölçüm kalitesine etkisi var mıdır? Etki var ise etkinin ölçüye oranı ne boyutta olur? Sorularına yanıt aranmıştır. Bu karşılaştırmanın yapılması ile ergonomik boyda ve ölçüm duyarlılığı yüksek bir elektrot bulunması ve bu çapta olan elektrotların üretime alınması için gerekli ön model araştırılmıştır.

3.2. Uçlaşmayan Elektrot Tasarımları

Elektrotların en bilindik bir diğer ismi de fincan elektrottur. Bu ismin verilmesinin nedeni gövde kısmı sırlı, alt kısmı sırsız, üst kapağı da sırlı malzemeden imal edilmiş olmalıdır. Ancak bu elektrotlar arazi kullanımlarına çok dayanıklı değildirler. Seramik malzeme olmalarından dolayı kolayca kırılmakta ve bundan dolayı masraflı olmaktadırlar. Bu sorundan dolayı seramik yerine, arazi kullanımlarında dayanıklı ve sağlam olmaları açısından, dış kısımları ve kapak kısmı sert plastik olan yeni tasarım elektrotlar kullanılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Elektrot hazne tasarımları

Elektrotlar kısaca bir metal çözeltisi ve metal çözeltisine aynı özellikte bir metal sarmalın daldırılması şeklindedir. Bu çalışma kapsamında hem sıvı hem de katı dolgulu elektrotlar üretilmiş.

Katı dolgulu elektrotların içleri kaolen kili, alçı taşı ve kurşun klorür veya bakır sülfat ile karışımdan yapılan macun ile doldurularak bu macunların içerisine 1 cm çapında kurşun- bakır (kurşun elektrot için kurşun bakır için bakır tercih edilmiştir.) sarmalı daldırılıp üst kapağına bağlantı kabloları eklenmiştir. Elektrotların içleri macun kıvamında dolgu olduğundan alt taraflarına seramik kapak konulmamıştır. Ayrıca bakır elektrotlar seramik alt kapaklı ve çözelti dolgulu olarak yapılmıştır. Kurşun ve bakır elektrotlar için farklı boy ve çapta kap tasarımı yapılmıştır. (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Deneylere hazır hale gelen elektrotlar

Elektrotların laboratuvar koşullarında denenmesi için içerisinde tuz çözeltisi ve toprak bulunan kaplara batırılmış ve gerilim farkının ne kadar süre kaybolduğu ölçülmüştür (Şekil 3.2.3). Ölçüm kaplarına toprak doldurulmasındaki amaç oluşturulan çamurun elektrotların içlerine sızıp sızmadığını denemek ve arazi koşullarını sağlamaktır. Alt kapaksız elektrotların içleri macun kıvamında dolgu olduğundan kurşun ve bakır elektrotlar bakım gerektirmeden uzun süreli kullanım amacı için tasarlanmıştır. Macun dolgu ile doldurulmuş kurşun ve bakır elektrotlarda aynı deney düzeneği ile denenmiştir



Şekil 3.4. Elektrot duraylama ölçüm düzeneği

3.3 Sıvı (Çözelti) Dolu Bakır Elektrotlar

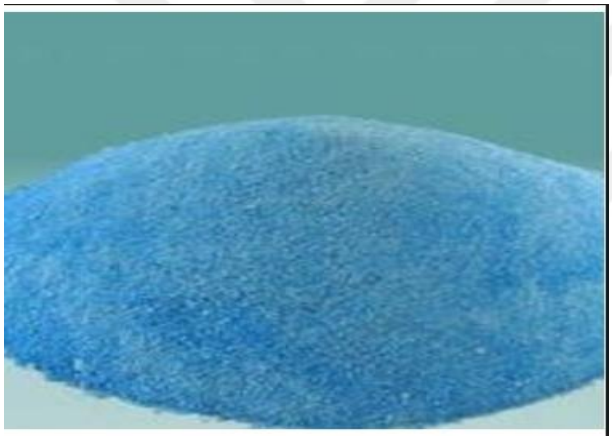
Bakır elektrotun alt kısmı sırsız seramik malzeme ile kapatılmıştır (Şekil 3.3.1). Seramik malzemelerin pişirilme sıcaklarına göre özellikleri de değişmektedir. 900^{o}C dereceden daha yüksek sıcaklıklarda pişirilen seramik madde camsı özellik gösterdiğinden gözeneklerini kaybedebilir ve geçirimliliği düşer. Bu nedenle bakır elektrotlar için 900^{o}C pişirilmiş seramik malzeme kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Bakır elektrot, elektrot için seramik alt kapak

Bakır elektrotların kullanım esası ölçüm yapılacak noktada oluşturtulan çamurun içeresine batırılarak içerisindeki bakır sülfat çözeltisi yavaş yavaş sızdırması ile gerilim farkının ölçülmesine dayanır (Petiau 2000). Bu olay bakır elektrotların içerisindeki çözeltinin derişimin zaman içerisinde hem içeri hem de dışarı sızıntı olmasından dolayı değişmesine yol açar ve ölçüm duyarlılığını etkiler. Bu yönlerinden dolayı bakır elektrotlar kısa süreli ölçümlerde kullanılırlar.

Bakır elektrotlar, mavi toz şeker (Şekil 3.6) şekillinde bulunan bakır sülfat tuzlarının saf su ile farklı oranlarda çözdürülmüştür (Çizelge 3.1). Doğru çözelti derişimi bulmak için bu sistem uygulanmıştır. Farklı derişimdeki çözeltiler birbirleri ile kıyaslanarak etkin derişime ulaşılmıştır. Ayrıca bu çözeltiye iletimi artırmak için KCL tuzu (hep aynı miktarda) eklenmiştir. Hazırlanan bu çözeltiyi iyice çözdürmek için manyetik karıştırıcı da tamamen çözünene kadar karıştırılmıştır.



Şekil 3.6. Göz taşı olarakta bilinen bakır sülfat görüntüsü

Çizelge 3.1. Bakır elektrot çözelti hazırlama değerleri

Derişim numaraları	Su	Bakır sülfat	KCl
1	1	150g	45 g
2	1	200g	45g
3	1	3500g	45g
4	1	400g	45g
5	1	450	45g

Uygulamada doygun haldeki çözelti en az 12 saat dilendirilir. Dinlendirilmiş çözelti daha sonra elektrot içerine doldurulur ve elektrot denenir. Deneyi geçen elektrot arazi kullanıma alınır yapılan çözelti arazi şartları ve ölçü süresine göre hazırlanır uzun sürecek ölçümler için fazladan hazırlanmış çözelti kullanılır.

Arazi ölçümleri sırasından iyonik haldeki bakır metalleri ölçüm sırasında oluşan akımlar nedeniyle zaman ile çözelti içerisine daldırılan bakır çubuk üzerinde birikir. Aynı süreçte çözelti içerisinde dip kısma çökme olayı da gerçekleşir bu olaylar ölçüm sırasında ani değer atlamalarına neden olur bu durum oluştuğunda elektrotların temizlenmesi çözeltilerinin yenilenmesi gereklidir.

Bakır elektrotların duraylılık hallerinde oluşan mili volt değerleri 5 mv üzerinde olur. Bu yüksek duraylık değerinden dolayı genellikle DU ölçümlerinde kullanılırlar. Daha duyarlı ölçümler için macun dolgulu elektrotlar kullanılır. Kısa, Orta ve Uzun olmak üzere üç ana elektrot tasarımı üzerinde durulmuştur. Bu elektrotlar kendi içlerinde kıyaslanmıştır. Üretilen elektrotların artı ve eksi işaretli yönleri ile arazi kullanıma uygun olan elektrot belirlenmiştir.

3.4. Ölçüm Sürelerine Göre Elektrotların Adlandırılması

3.4.1 Kısa Dönem Bakır Elektrotlar

Kısa dönem elektrotlar bu çalışmadaki çözelti dolgulu elektrotlar içerisinde çap ve boy bakımından en küçük olandır. Bu elektrotun kısa süreli ve küçük arazilerde kullanmak üzere üretilmiştir. İçerisinde çözelti derişimi en hızlı bozulan ve bakıma en çok ihtiyaç duyan elektrot türüdür (Şekil 3.7)



Şekil 3.7. Kısa dönem elektrot

3.4.2 Orta Dönem Bakır Elektrotlar

Uzun dönem elektrotlar çap ve boy bakımından bu çalışmadaki elektrotlar içerisindeki orta özellikte olanıdır. Bu elektrotlar kullanımları bakımından kolay ve gün içerisinde çok fazla bakım gerektirmeyen özelliktedir. Kısmen uzun süreli ölçü alımında da kullanılabilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Orta dönem elektrot

3.4.3 Uzun Dönem Bakır Elektrotlar

Bu çalışmadaki en büyük çap ve boyda olan elektrottur. Yaklaşık olarak 750ml çözelti alırlar ve taban çapları büyük olduğu için daha duyarlı veri alımında kullanılabilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Uzun dönem elektrot

3.5 Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrot

Macun dolgulu elektrotların iç dolguları alçı, illitik kaolen karışımının üstüne bakır elektrot için çözelti haldeki bakır sülfat çözeltisi, kurşun elektrot için ise kurşun klorür çözeltisi eklenerek karıştırılır ve yapılan karışım üst kapağı ve metal sarmalı hazır olan kaplara dökülerek 2 ile 3 saat katılaşması ve tepkimenin bitmesi için beklenir. Bu işlem bittikten sonra elektrotlar deney düzeneğine alınır ve en az üç gün en çok bir ay olmak üzere belirli aralıklarda volt metredeki değerler kaydedilerek elektrotların zamana bağlı bir grafik çizilir. Bu ölçüm ile elde edilen zamana bağlı grafik ile elektrotun duyarlılığı ve ne kadar sürede duraylı hale geldiği gözlemlenir.

Elektrotları tamamen kurutup tekrar eski ölçüm düzeneği aldığımızda elektrotların eski hallerine gelip gelmediğine ve eski haline gelmiş ise ne kadar sürede bu işlemin olduğu gözlemlenir. Bu veriler eşiğinde yapılan elektrotların çalışma kalitesi belirlenir.

Elektrotlar hazırlanırken doğru çözelti değerini hesaplamak için bir farklı değerlerde olan çözeltiler oluşturulmuş ve bu oluşan çözeltiler ile yapılan elektrotlar kendi aralarında karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.2).

Bu elektrotlar, bu tez içerisindeki en duyarlı değerleri üretmiş olan elektrotlardır ve bu özelliklerinden dolayı jeofizik arama çalışmalarında DU yöntemi dışında da diğer yöntemlerde elektrot olarak kullanılabilir. Bu elektrota alternatif olarak bakır elektrot denenmiştir ve macun dolgulu bakır elektrot ile karşılaştırılmaları yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Macun dolgulu kurşun elektrot hazırlama değerleri

Elektrot Denek Numarası	Su	HCL	KCL	$CuSO_4$	$PbCL_2$	Kaolin ve Alçı Karışımı
1	0.25	3.7 cm^3	40	10	10	300g
2	0.25	3.7 cm^3	40	20	20	300g
3	0.25	3.7 cm^3	40	30	30	300g
4	0.25	3.7 cm^3	40	40	40	300g
5	0.25	3.7 cm^3	40	40	50	300g

Bu deney aşamasında katılaşmanın yapısal etkisinin (gözenek hava kabarcığı vb.) olup olmadığını gözlemleyebilmek için bütün deneyler plastik şeffaf kaplar kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Plastik şeffaf kap içerisine doldurulmuş macun elektrot

3.6. Çap ve Boylarına Göre Sıralanmış Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrot

Kurşun ve Bakır elektrotlar üç farklı boy ve çapı olan kaplara konulmuştur. Etken değer olan 4 (Dört) numaralı deneğe ait macun dolgu bileşimi, bütün macun dolgulu elektrotlarda kullanılmıştır.

3.6.1 Küçük Boy Macun (Katı) Dolgulu Elektrot

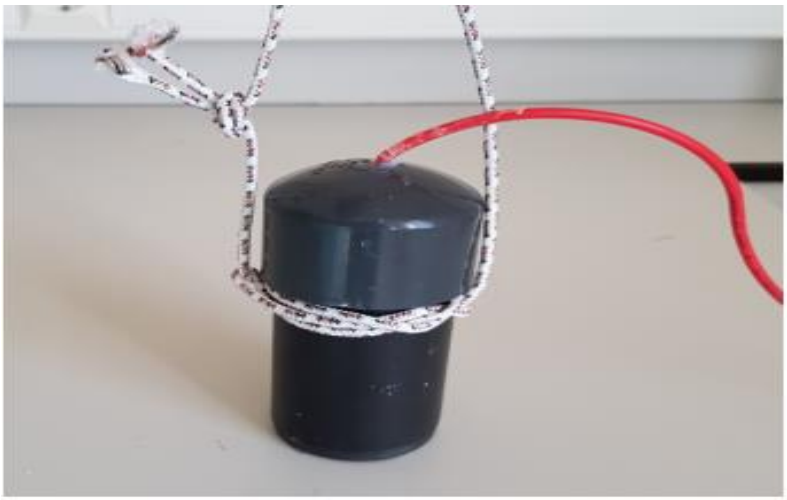
Bu elektrotlar bu tez içerisindeki en ufak çap ve boya elektrotlardır. Elektrotların taban dokunaklarında çapları düşük olduğu için toprakla temas alanları azdır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Küçük boy kurşun elektrot

3.6.2 Orta Boy Macun (Katı) Dolgulu Elektrot

Bu elektrotların çapları 60 mm'dir. Boyu da 15 cm'dir. Elektrot kullanılan diğer 2 elektrotlar arasında orta çap ve boydadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Orta boy kurşun elektrot

3.6.3 Büyük Boy Macun (Katı) Dolgulu Elektrot

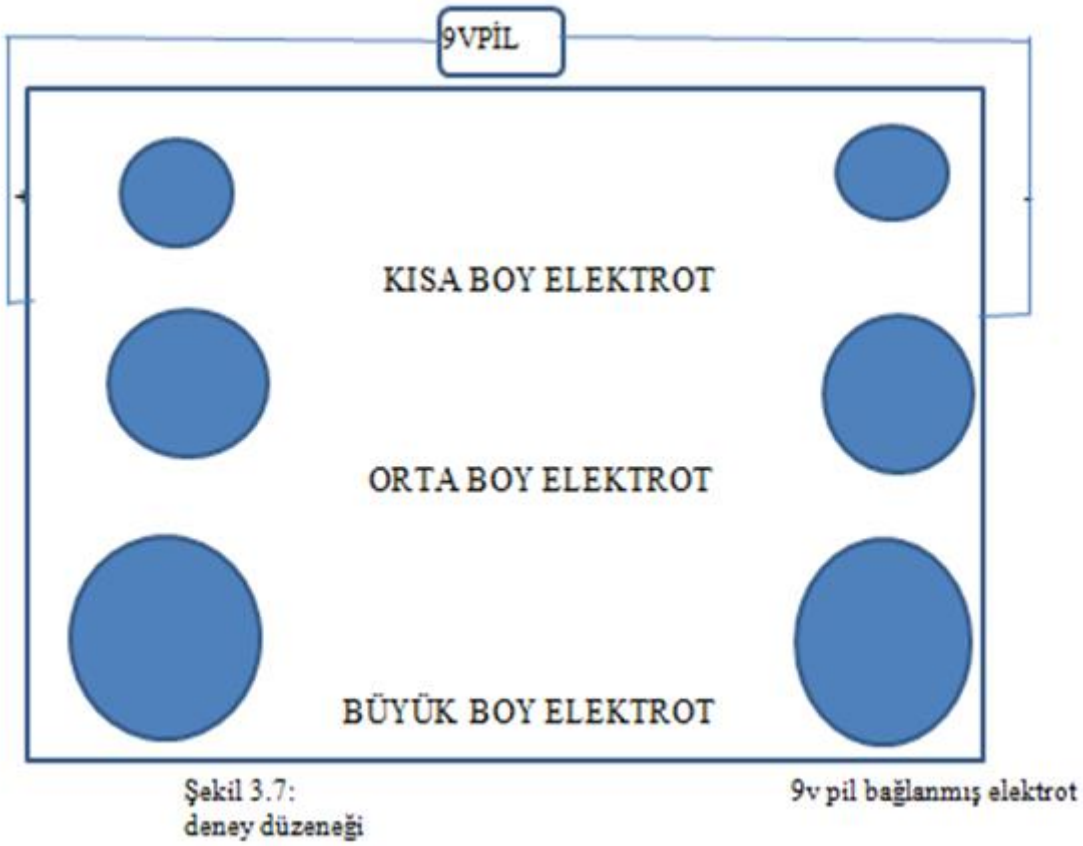
Bu elektrotlar bu tez içerisindeki en büyük çap ve boyda elektrotlardır. En büyük dokunak alanı olan elektrottur. İletim alanı daha fazla olduğu için en iyi ölçüm değerinin olması beklenir(Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Büyük boy kurşun elektrot

3.7. Elektrot Deney Sistemi

Üretimi gerçekleştirilen bütün elektrotlar 9 volt gücündeki bir pilin bağlı olduğu deney düzeneğinde pilin enerjisi bitine kadar ölçüm yapılmıştır. Bu deney ile elektrotların laboratuvar ortamında bütün deneyleri yapılmış olup elektrotların çalışır olduğu gözlenmiştir. Bu deney 36 saat süre ile devam etmiştir. Bütün ölçümler logaritmik bir zaman dilimi üzerinde alınmıştır. Deney düzeneği artı (+) ve eksi (-) yönlerinden içi çamur dolu olan bir kaba pil bağlanarak yapılmıştır. İlk başta sadece düzeneğe pil bağlanarak pilin ömrünün ne kadar sürede kaybolduğu gözlenmiş daha sonra yeni bir pil düzeneğe bağlanmış ve elektrotlar düzeneğe eklenmiştir (Şekil 3.14).

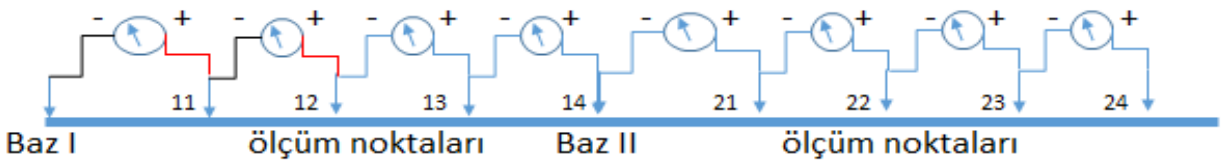


Şekil 3.14. 9 Volt pil bağlanmış elektrot deney düzeneği

3.8. Elektrot Arazi Deneyleri

Elektrotların arazi deneyleri için 50 m uzunlukta dört adet bir birine paralel hatlar da ölçü alınmıştır. Ölçüm yöntemi olarak toplam alan ölçüm yöntemi kullanılmıştır.

Bu yöntemde baz ölçümü hattın dışından başlar daha sonra her 5 noktada bir baz noktası oluşturulur ve bu notada elektrotlar yan yana koyularak ölçüm yapılır ölçülen değer baz (veya denge) değeri olarak adlandırılır. En son ölçüm ilk baz noktasına denk getirilerek ölçüm sonlandırılır (Şekil 3.15). Ölçümlerde sıra değiştirilmez. Bu değer ölçülen değerlere eklenmiştir tüm ölçülerden çıkarılması gerekir. Toplam gerilim (TG) sıralı değerlerin toplamıdır. Bütün noktalar BAZ 1'e' indirgenir.



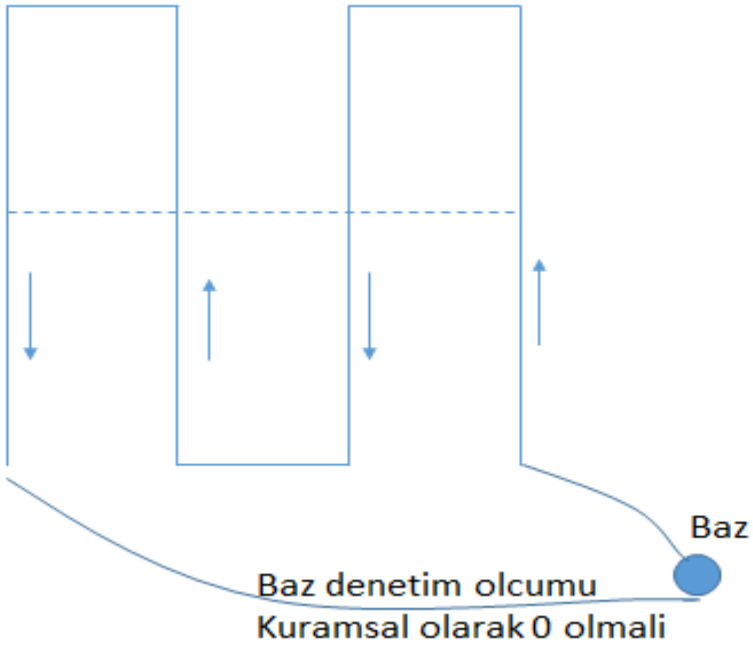
Şekil 3.15. Elektrot ölçüm düzeneği

Ölçümler Çanakkale ilin merkez ilçesinde Barbaros mahallesinde havaalanı yakınında Çanakkale belediyesine ait olan çocuklar evinin arkasındaki alanda yapılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Orta boy kurşun elektrot ölçüm alanı

Macun dolgulu kurşun elektrotların orta boy olanları arazide kullanılmıştır. Orta boy elektrotlar bu çalışmada üretilmiş en iyi elektrot çifti olduğu için tercih edilmiştir. Ölçüm yapılan hatlar bir birleri ile bağlanmıştı (Şekil3.17).



Şekil 3.17. Elektrot ölçüm hat şeması

Bu işlemden sonra belirlenen ölçü noktalarında da çukur açılır ve bu çukura tuzlu su eklenerek çamur oluşturulur ve ölçüm yapılır bu işlem bütün noktalarda yapılır. Daha sonra bir ölçüm grafiği oluşturularak elektrot kıyaslaması yapılır.

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Giriş

Bu bölümde iki farklı özellikte üretimi gerçekleştirilen bakır elektrotların, macun dolgu şeklinde üretimi gerçekleştirilen kurşun elektrotun duraylama süresi ve ölçüm hassasiyeti açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Daha önce üretimi yapılmamış olan macun dolgulu bakır elektrot çözelti dolgulu elektrot ile karşılaştırılarak işlevselliğine bakılmıştır.

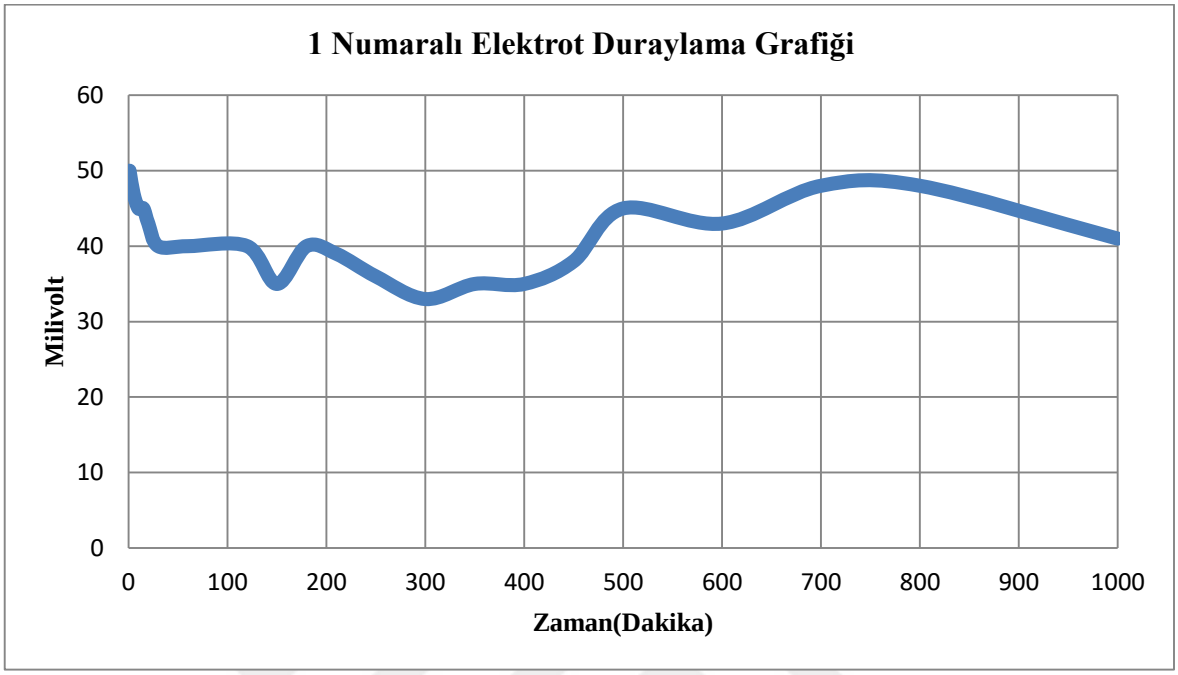
4.2 Bakır Elektrotların Deney Sonuçları

Bakır elektrotlardan hem sıvı hem de katı dolgulu olanlar ayrı ayrı denenmiştir. Deney sonuçlarına göre seçilen çözeltiler ile katı ve sıvı dolgulu elektrotlar kendi içlerinde kıyaslanmıştır.

4.2.1 Sıvı (Çözelti) Dolu Bakır Elektrotlar

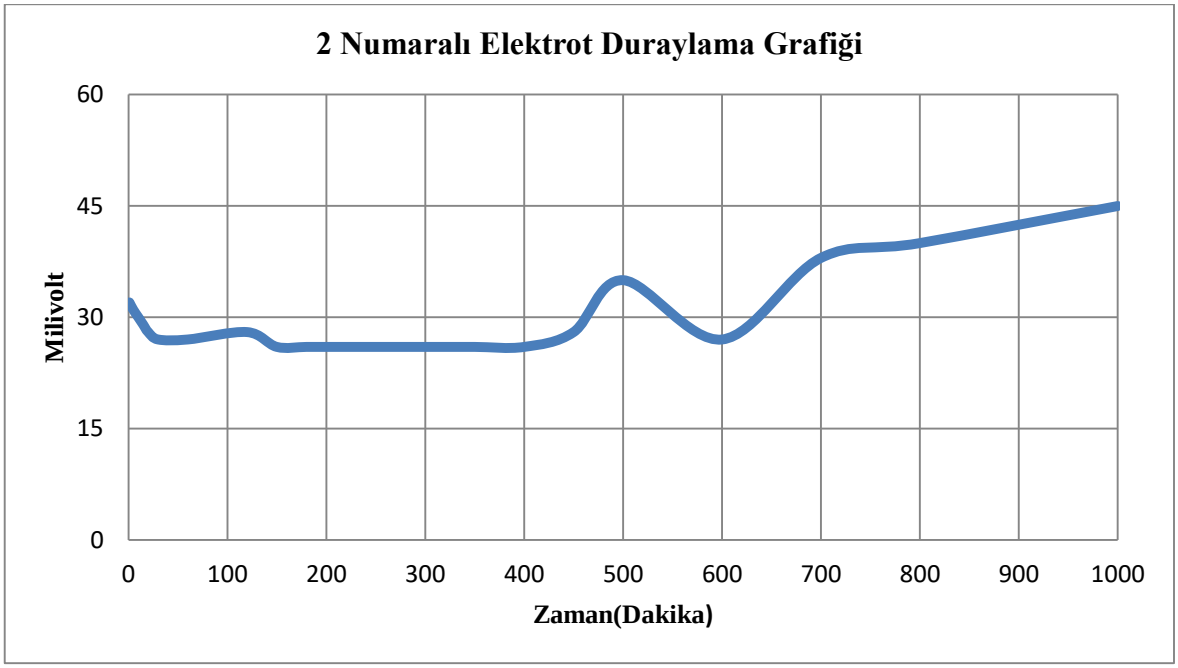
Sıvı dolgulu elektrotlar da 3 farklı kapta elektrot vardır. Bu elektrotlar kısa, orta ve uzun dönem elektrot olmak üzere üç farklı adlandırma yapılmıştır. Ayrıca etken çözelti değeri için 5 farklı değer denenmiştir. Bu çözeltilere de sırasıyla 1,2,3,4 ve 5 numaralı elektrot denmiştir. Denenen bu değerler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Bu elektrotlarda sadece bakır sülfatın miktarı değiştirilmiş, diğer değerler sabit tutulmuştur. Elektrotların ölçüm deney grafikleri aşağıda her bir elektrot için ayrı ayrı ayrı verilmiştir (bu deneydeki elektrotların hepsinin hacimleri aynıdır). Etken çözelti değeri bulunduktan soran bulunan bu değer; kısa, orta ve uzun elektrotlarında kullanılmış ve bu elektrotlar kendi içlerinde karşılaştırılmıştır.

-1 numaralı çözelti: Bu denekte 100g bakır sülfat kullanılmış ve bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.1).



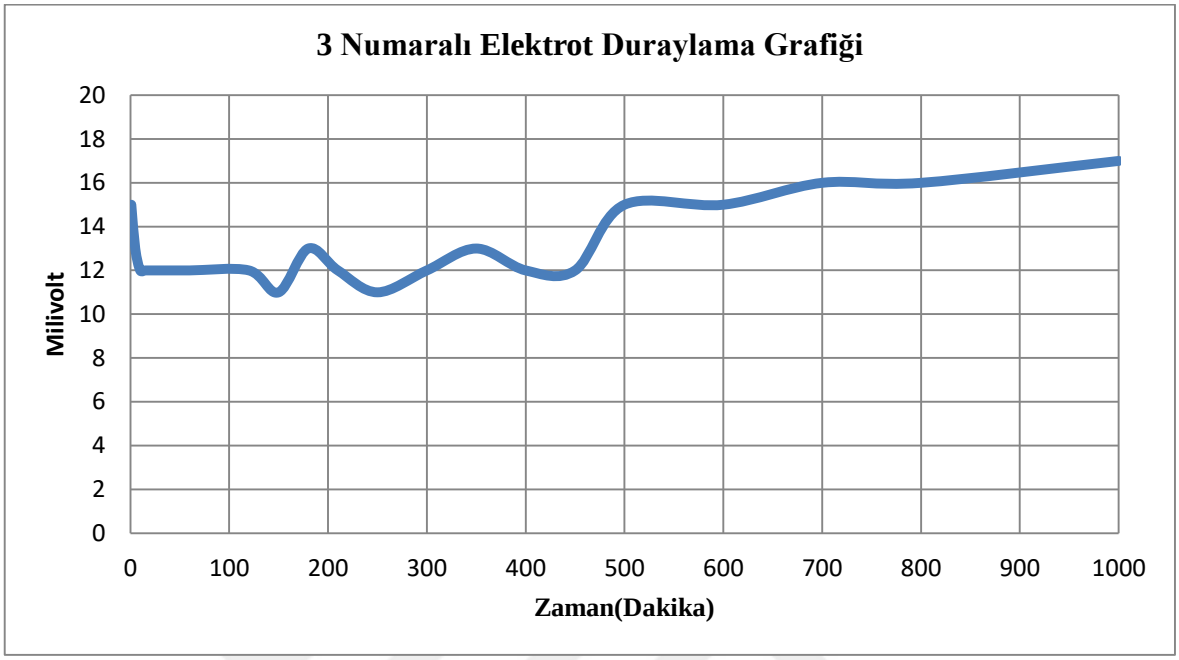
Şekil 4.1. 1 numaralı elektrot ölçüm grafiği

- 2 numaralı çözelti; Bu denekte 200g bakır sülfat kullanılmış ve bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.2).



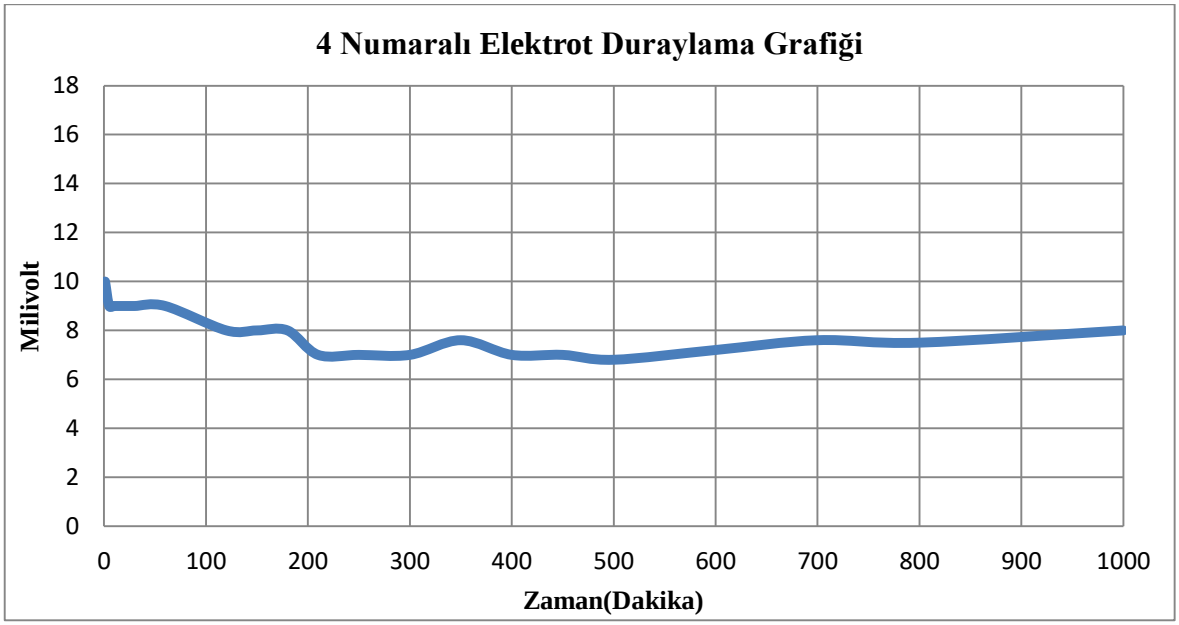
Şekil 4.2. 2 numaralı elektrot ölçüm grafiği

- 3 numaralı çözelti; Bu denekte 300g bakır sülfat kullanılmış ve bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.3).



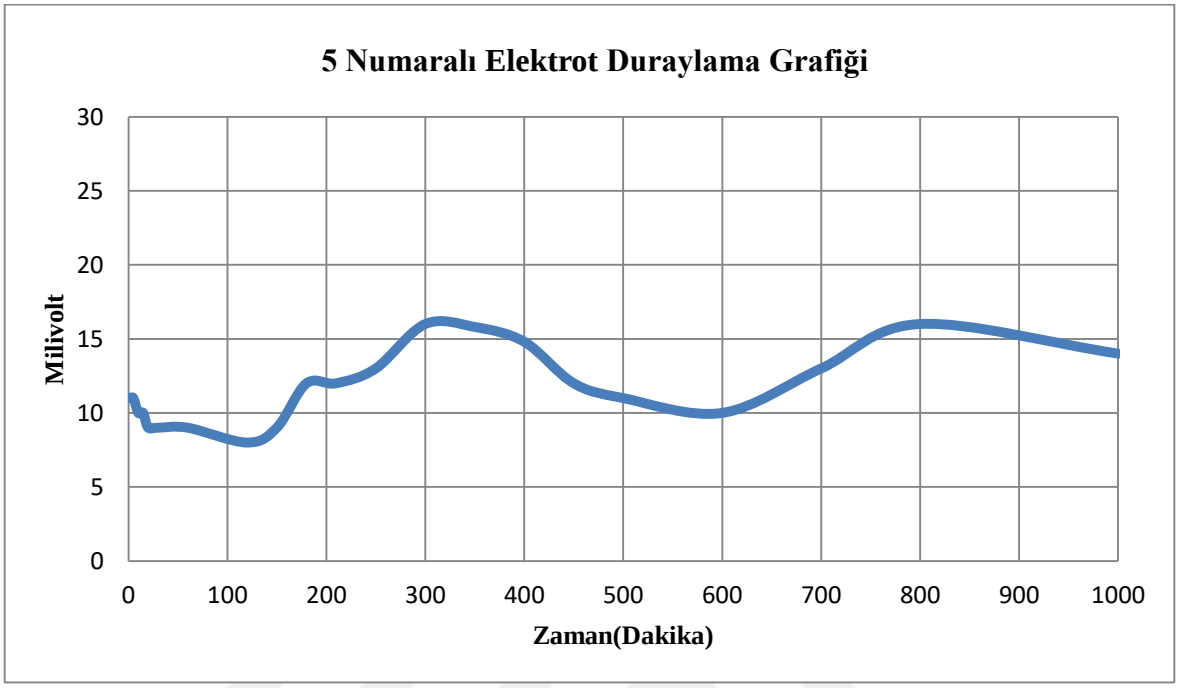
Şekil 4.3. 3 numaralı elektrot ölçüm grafiği

- 4 numaralı çözelti; Bu denekte 350g bakır sülfat kullanılmış ve bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. 4 numaralı elektrot ölçüm grafiği

- 5 numaralı çözelti; Bu denekte 400g bakır sülfat kullanılmış ve bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. 5 numaralı elektrot ölçüm grafiği

Bu denekte 400 g bakır sülfat kullanılmıştır. Kullanılan bakır sülfatın tamamı çözdürülememiştir. Bu nedenden dolayı bu çözelti deney grafiğinde ani değişimler göstermektedir.

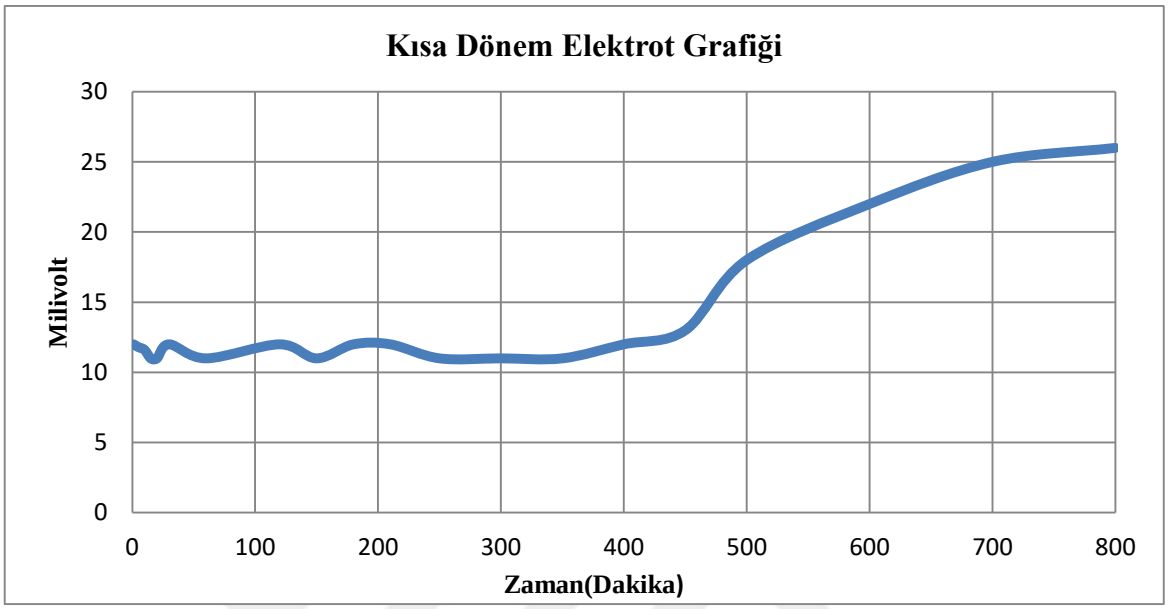
Çözelti deneylerine bakıldığında 4 numaralı çözeltinin en iyi değer de olduğu gözlenmiştir. Bu deney sonucunda yaklaşık olarak 1/3 oranında karıştırılan bakır sülfat çözeltisi istenilen değere ulaşmıştır. Bu değer den daha fazla olduğunda çökelen bakır sülfat tuzları ölçümlerde ani sıçramalara neden olmuşlardır. Çözelti derişimi 3 numaralı deneğe göre daha az olduğu durumlarda iletim hassasiyetleri yetersiz kalmışlardır mikalarının azlıklarından ötürü çok çabuk duyarlılıkları bozulmuştur.

4.3. Ölçüm Sürelerine Göre Adlandırılan Bakır Elektrotların Deney sonuçları

Bu elektrotlar deneleri 28 saat olarak planlanmıştır ve ölçüm bu süreler içerisinde belirlenen bir logaritmik zaman düzeni içerisinde yapılmıştır. Ölçümlerin hepsi voltmetre yardımı ile yapılmıştır.

4.3.1 Kısa Dönem Bakır Elektrotlar

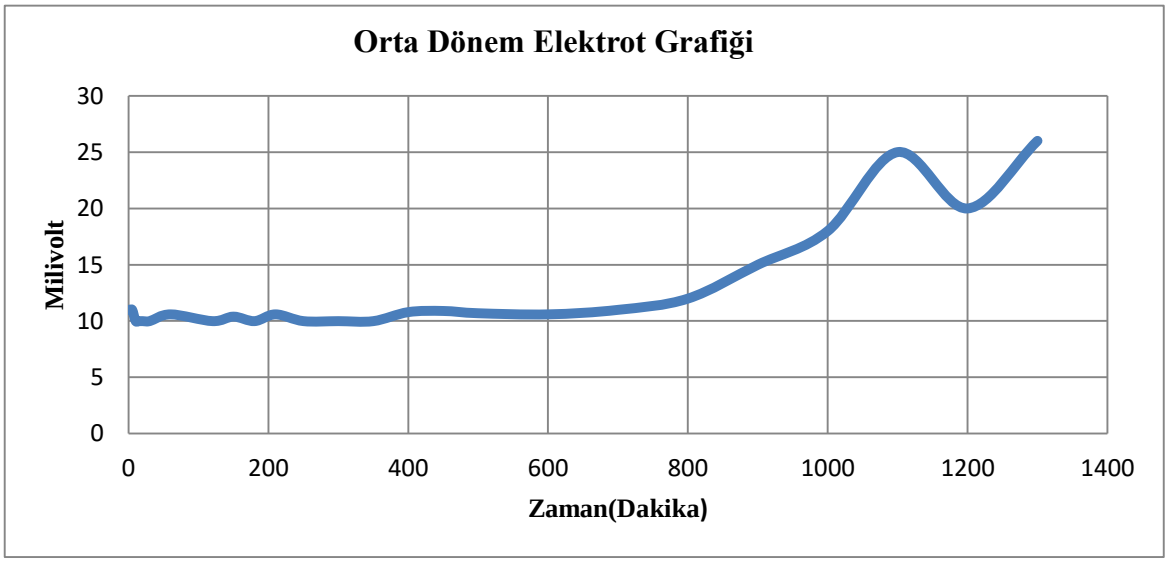
Kısa dönem elektrotun doğru ölçüm süresi kesintisiz olarak ölçülmüş 8 saat olarak bulunmuştur ölçüm ve duraylama grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Kısa dönem bakır elektrot duraylama grafiği

4.3.2 Orta Dönem Bakır Elektrotlar

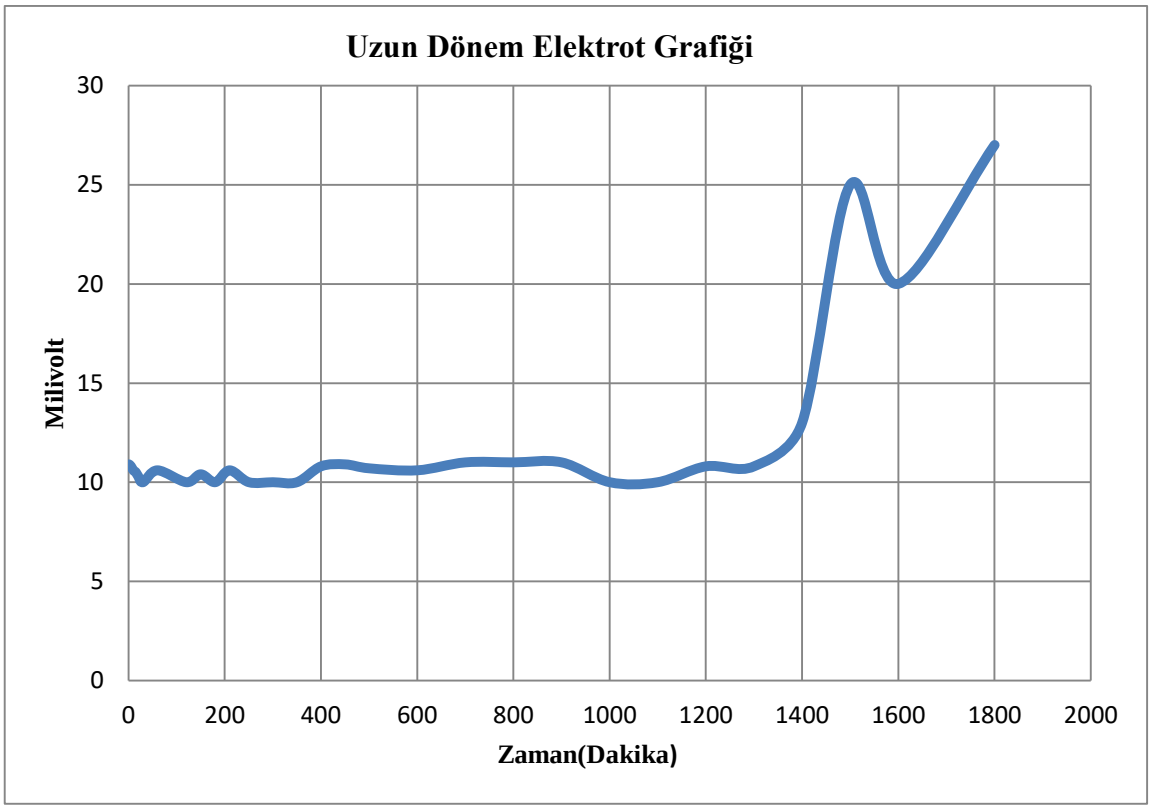
Orta dönem elektrotun ölçüm zaman aralığı arazi koşullarına göre 12 ile 14 saat olarak bulunmuştur ölçüm grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Orta dönem bakır elektrot duraylama grafiği

4.3.3 Uzun Dönem Bakır Elektrotlar

Uzun dönem elektrotların ölçüm zaman aralığı 18 ile 24 saat arasında değişiklik göstermektedir deneklerin hepsi aynı ortamda ve koşullarda denenmiştir (Şekil 4.8)

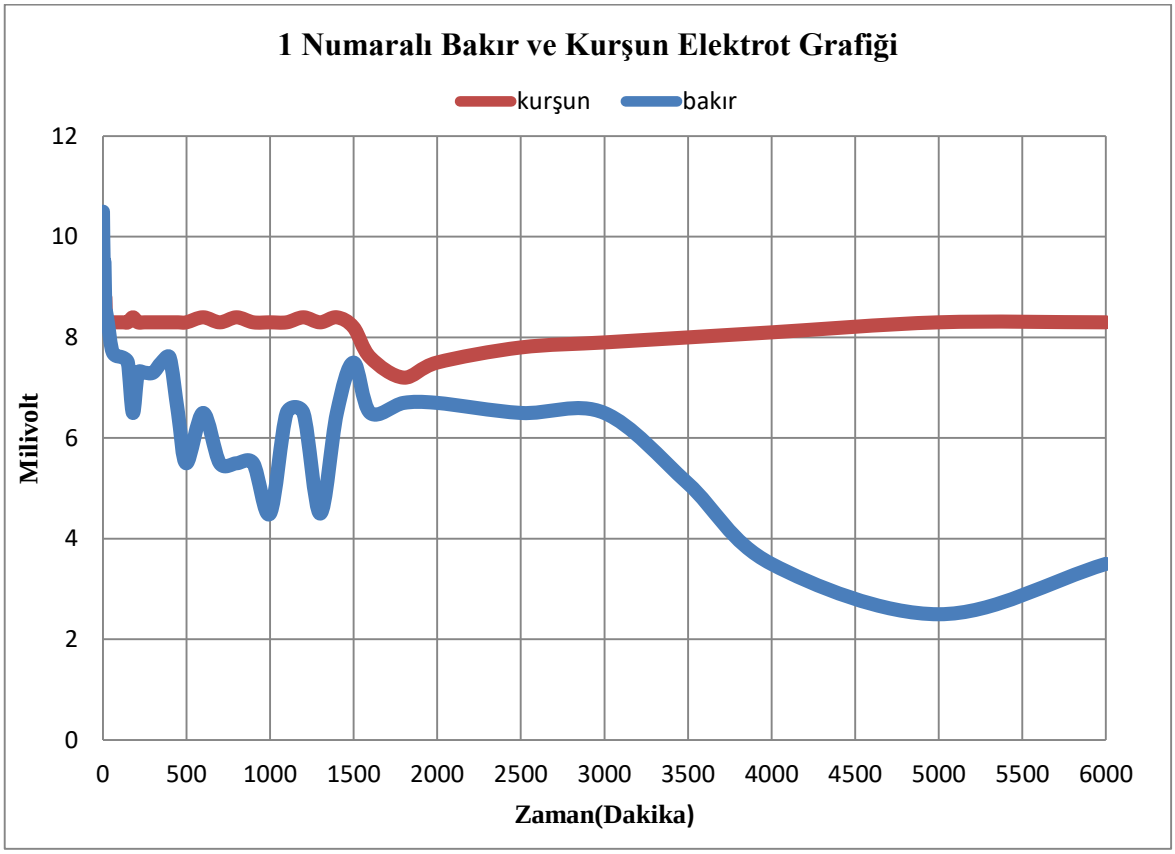


Şekil 4.8. Uzun dönem bakır elektrot duraylama grafiği

4.4. Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrot

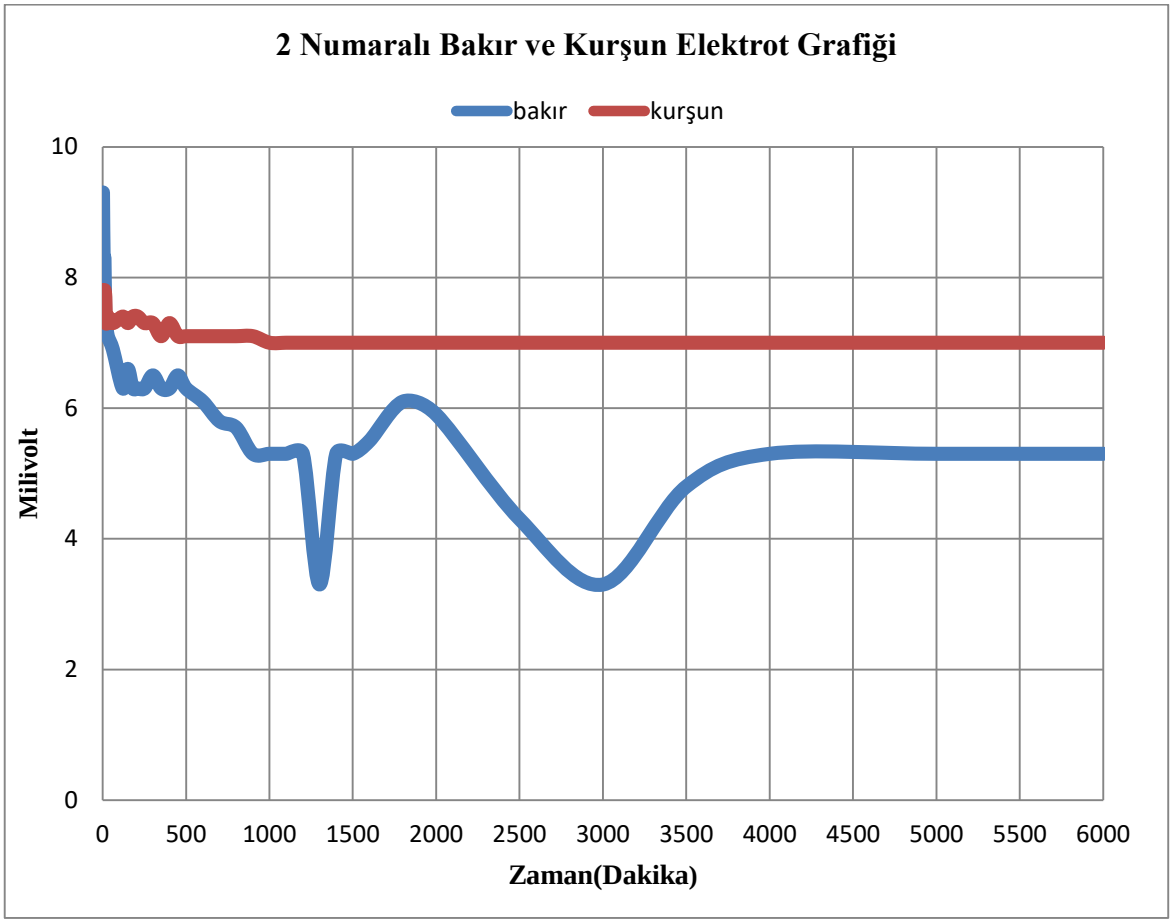
Bakır elektrotlar normal şartlarda macun dolgulu olarak üretimde olmayıp, sadece bu tez kapsamında üretilebilirliği ve ölçüm kalitesi denenmiştir. Elektrotlar için etken değere sahip çözeltinin bulunması için 5 adet deneme yapılmıştır. Bu denmelerde dış kap olarak plastik bardak seçilmiştir. Etken değer testleri aynı çap ve boya sahip kaplar yardımıyla yapılmıştır. Bu denemelerde zamana bağlı olarak milivolt değerleri ölçülmüştür. Etken değer için kullanılan elektrotlara 1, 2, 3, 4 ve 5 no.lu elektrot denilmiş ve bu elektrotlardan 4 no.lu elektrotun sahip olduğu çözelti değeri tasarımları gerçekleştirilen elektrotlarda kullanılmıştır.

- 1 numaralı çözelti; Bu denekte 10g bakır sülfat ve 10 g kurşun klorür kullanılmış, bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.9).



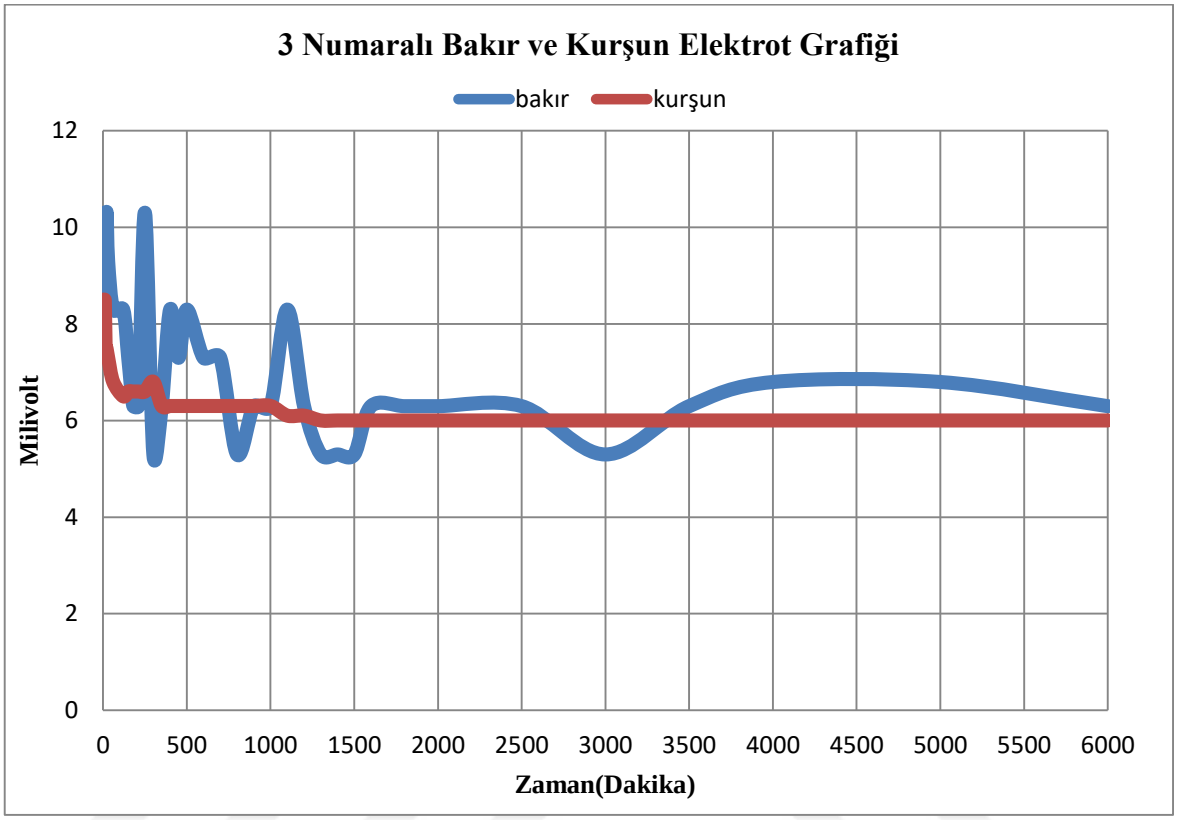
Şekil 4.9. 1 numaralı elektrot ölçüm grafiği

- 2 numaralı çözelti; Bu denekte 20g bakır sülfat ve 20g kurşun klorür kullanılmış, bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.10).



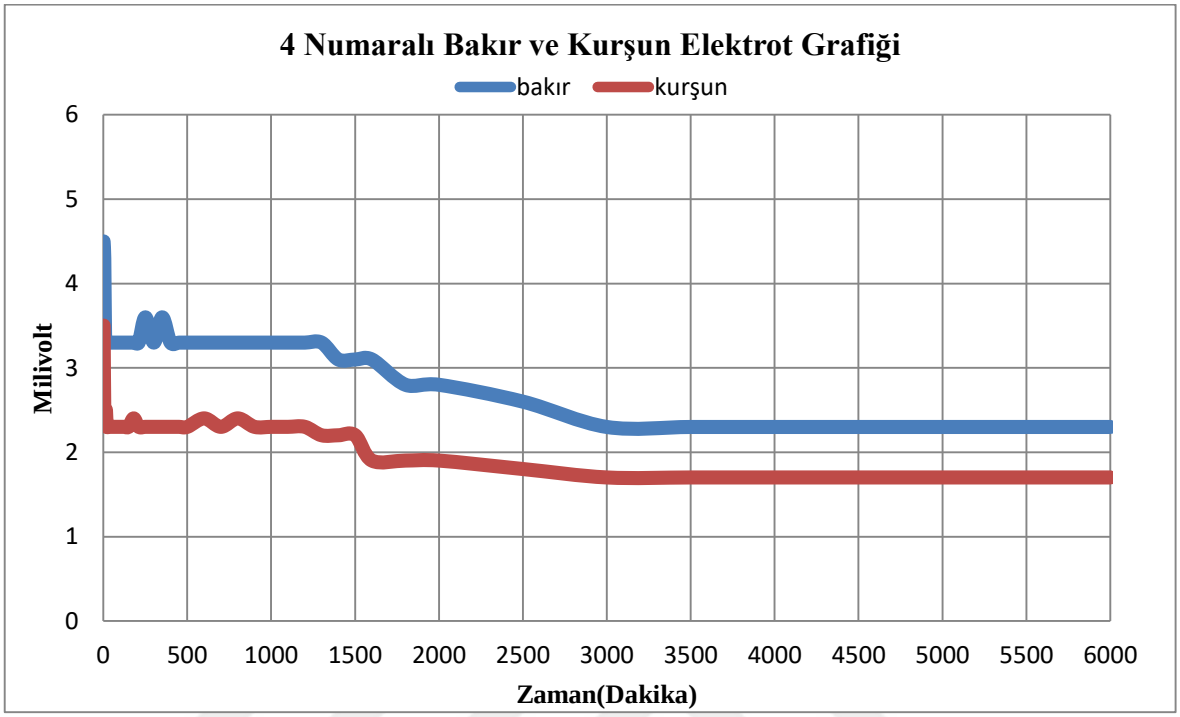
Şekil 4.10. 2 numaralı elektrot ölçüm grafiği

- 3 numaralı çözelti; Bu denekte 30g bakır sülfat ve 30 g kurşun klorür kullanılmış, bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.11).



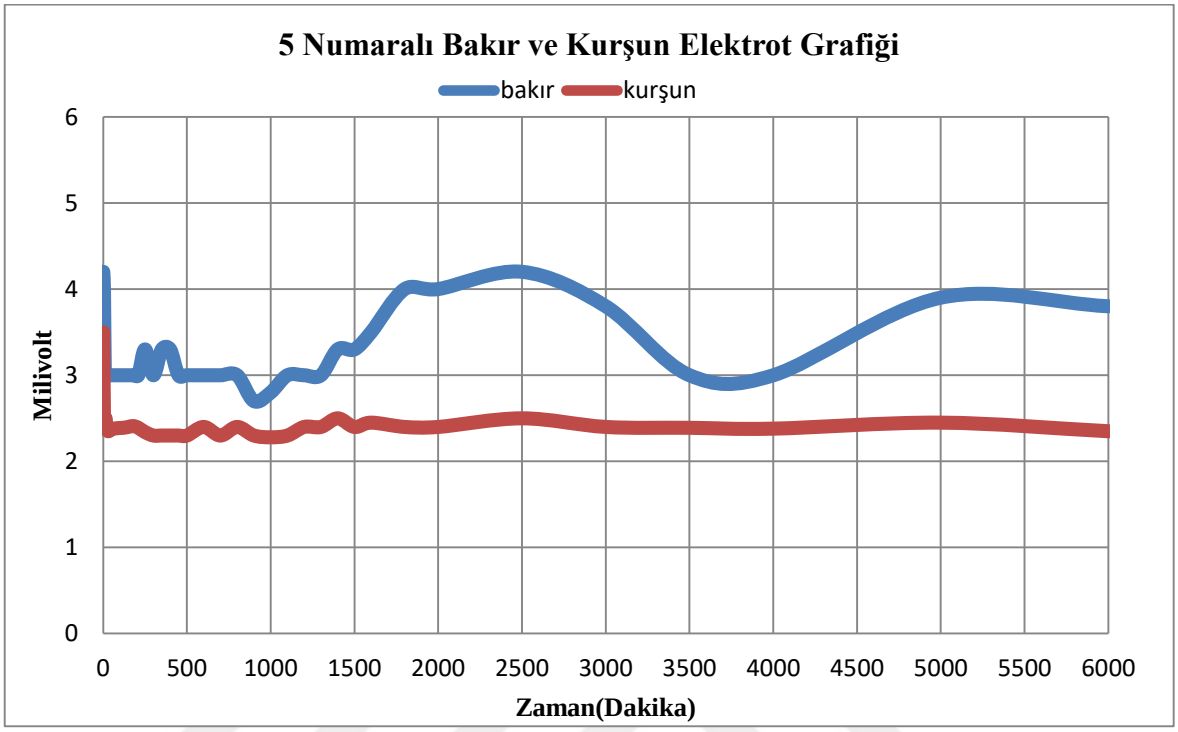
Şekil 4.11. 3 numaralı elektrot ölçüm grafiği

- 4 numaralı çözelti; Bu denekte 40g bakır sülfat ve 40g kurşun klorür kullanılmış, bu değerlere ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. 4 numaralı elektrot ölçüm grafiği

-5 numaralı çözelti; Bu denekte 50g bakır sülfat ve 50g kurşun klorür kullanılmış, bu ait ölçüm grafiği aşağıda verilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. 5 numaralı elektrot ölçüm grafiği

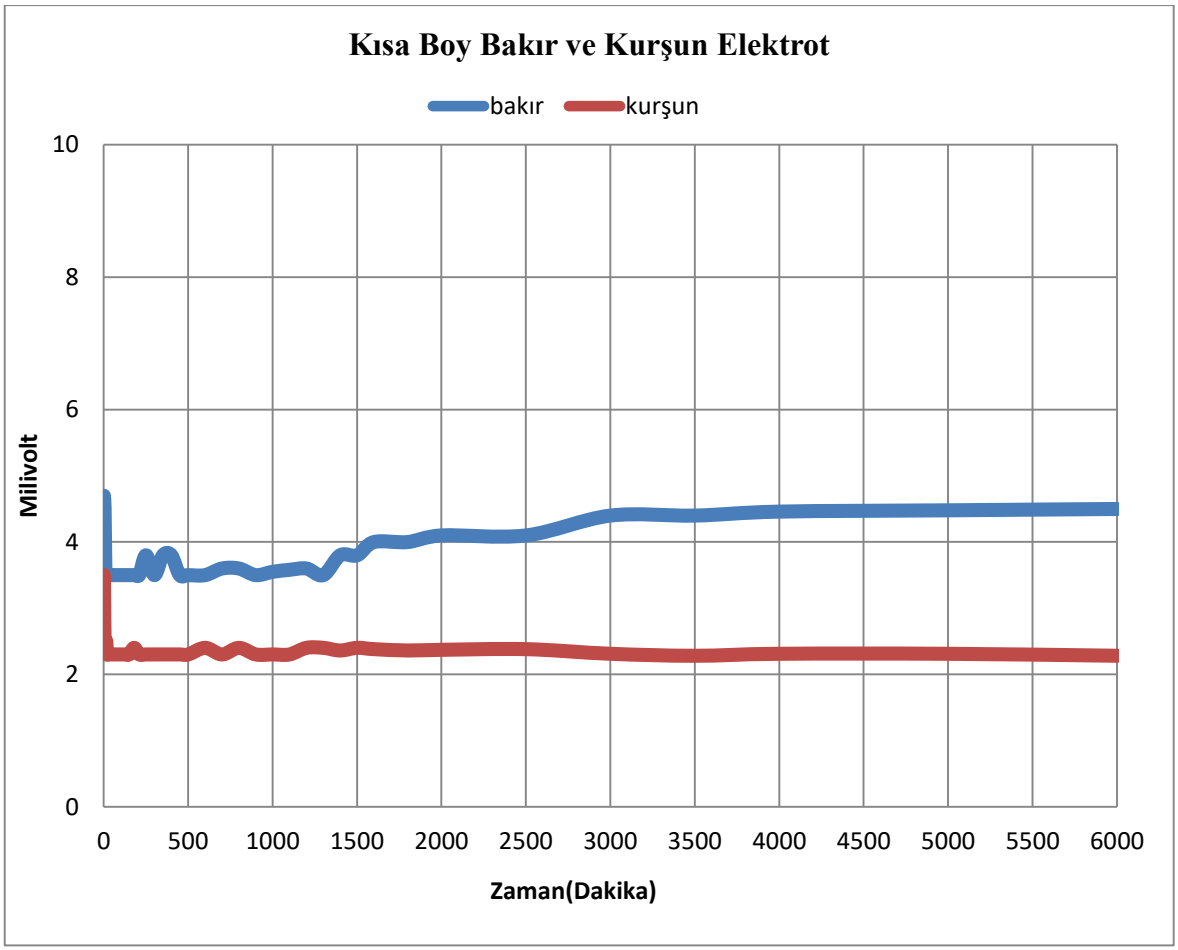
4.5. Çap ve Boylarına Göre Sıralanmış Macun (Katı) Dolgulu Bakır ve Kurşun Elektrotların Deney Sonuçları

Bakır elektrotlar normal şartlarda macun dolgulu olarak üretimde olmayıp, sadece bu tez kapsamında üretilebilirliği ve ölçüm kalitesi denenmiştir.

Kurşun ve bakır elektrotlar aynı çap ve özelliktedir ve her elektrot grubu boyutlarında göre sıralanmıştır. Ayrıca kurşun ve bakır elektrotun bağlı olduğu deney düzeneğine 9 volt gücünde bir adet pil bağlanmış ve bu pilin elektrotlar üzerinde etkisi ölçülmüştür.

4.5.1 Kısa Boy Macun Dolgulu Elektrotlar

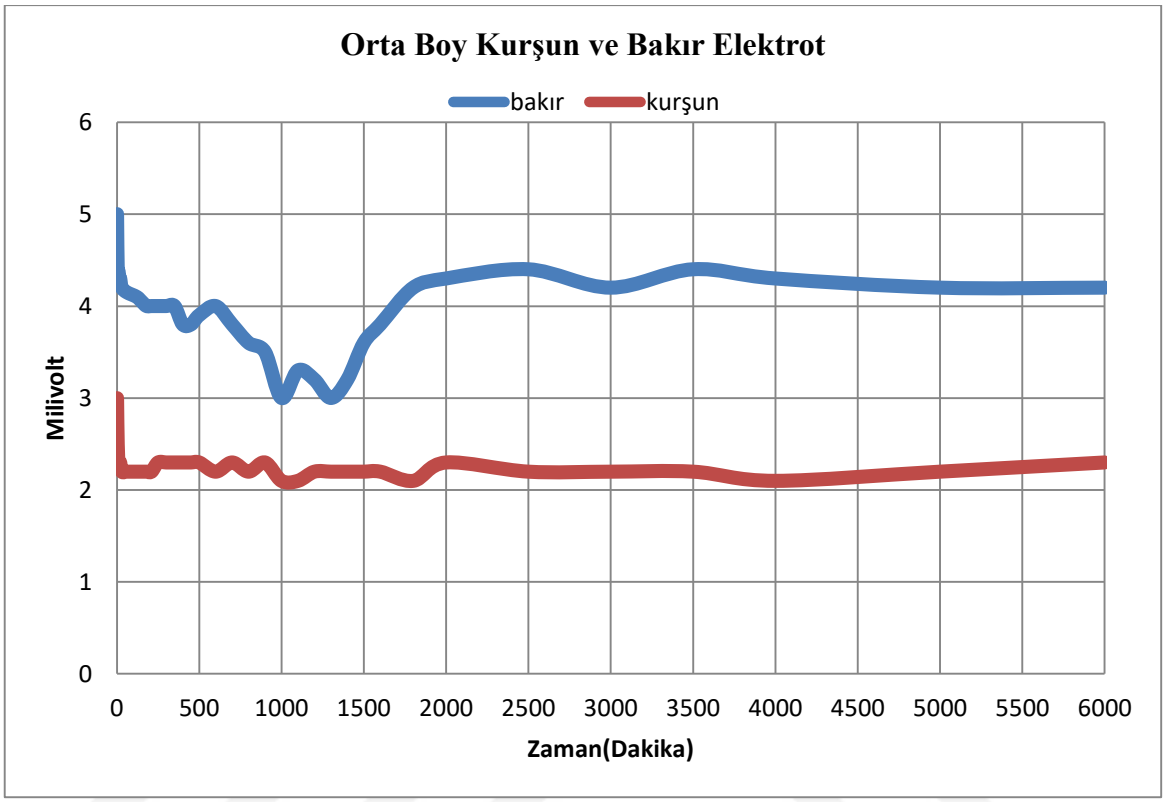
Aynı çap ve boyda olan bakır ve kurşun elektrotlar aynı deney düzeneğinde denenmiştir. Bu deneye ait milivolt zaman grafiği aşağıdadır. (Şekil 4.14)



Şekil 4.14. Kısa boy bakır ve kurşun elektrot duraylama grafiği

4.5.2 Orta Boy Macun Dolgulu Elektrotlar

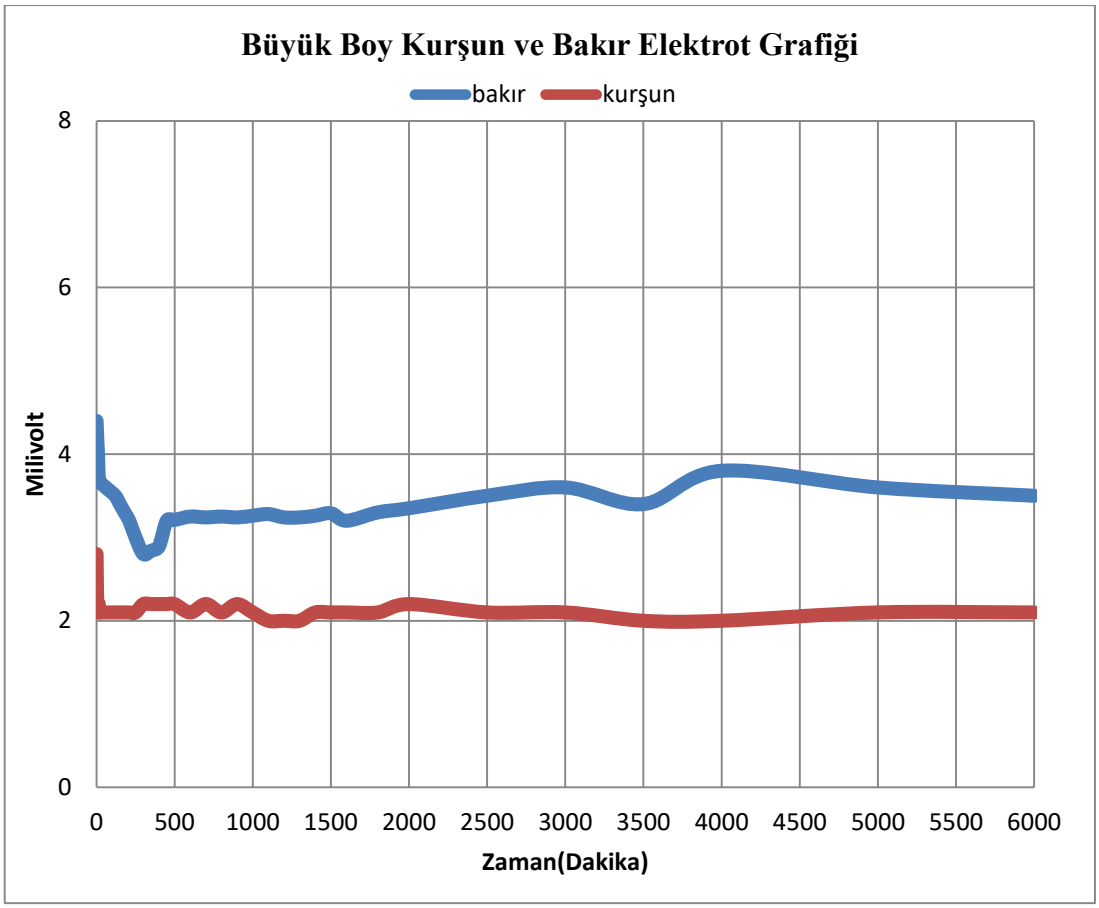
Aynı çap ve boyda olan bakır ve kurşun elektrotlar aynı deney düzeneğinde denenmiştir. Bu deneye ait mili volt zaman grafiği aşağıdadır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Orta boy bakır ve kurşun elektrot duraylama grafiği

4.5.3 Büyük Boy Macun Dolgulu Elektrotlar

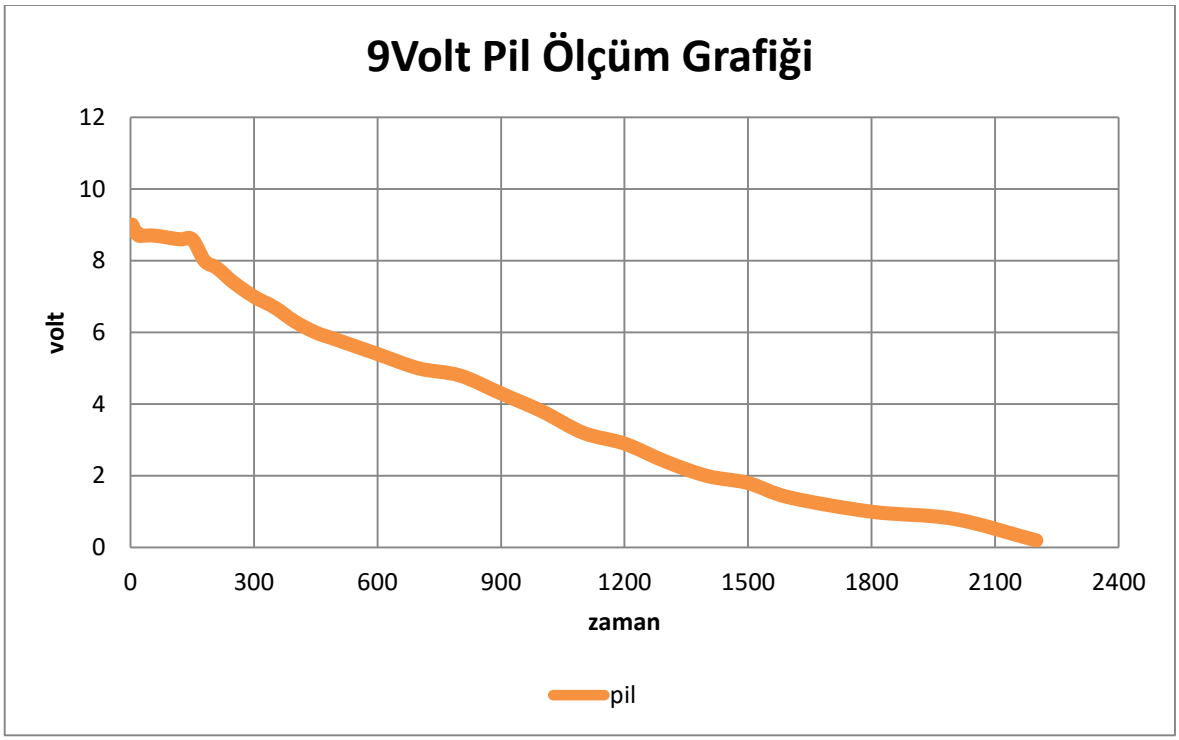
Aynı çap ve boyda olan bakır ve kurşun elektrotlar aynı deney düzeneğinde denenmiştir. Bu deneye ait milivolt zaman grafiği aşağıdadır (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Büyük boy bakır ve kurşun elektrot duraylama grafiği

4.6. Elektrot Deney Düzeneğine Bağlı Olan Pilin Zaman-Volt Grafiği

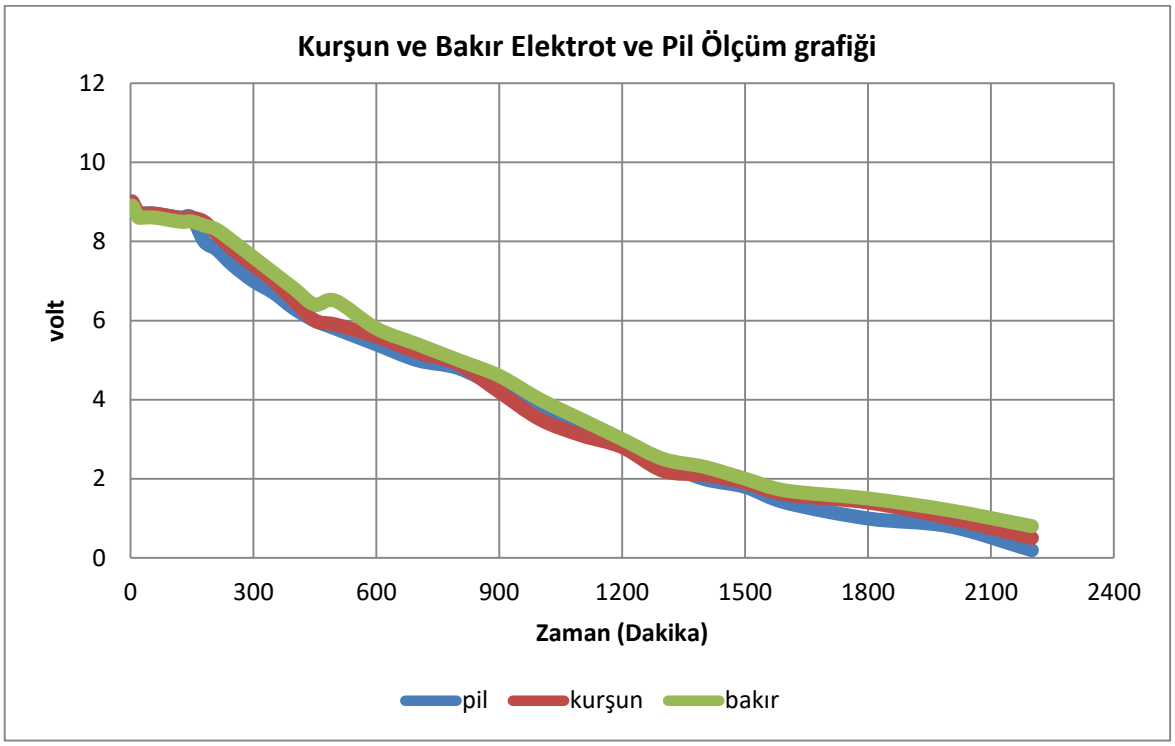
Deney düzeneğine 9 volt gücünde bir adet pil bağlanmıştır. Pil düzeneğe hiçbir elektrot koyulmadan ölçülmüş ve ne kadar sürede gücünün tükendiği hesaplanmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. 9 volt pil deney grafiği

4.7 Elektrotların Deney Düzeneklerine 9 Volt Gücünde Pil Bağlanıp Elektrot Ölçüm Kalite Deneyleri

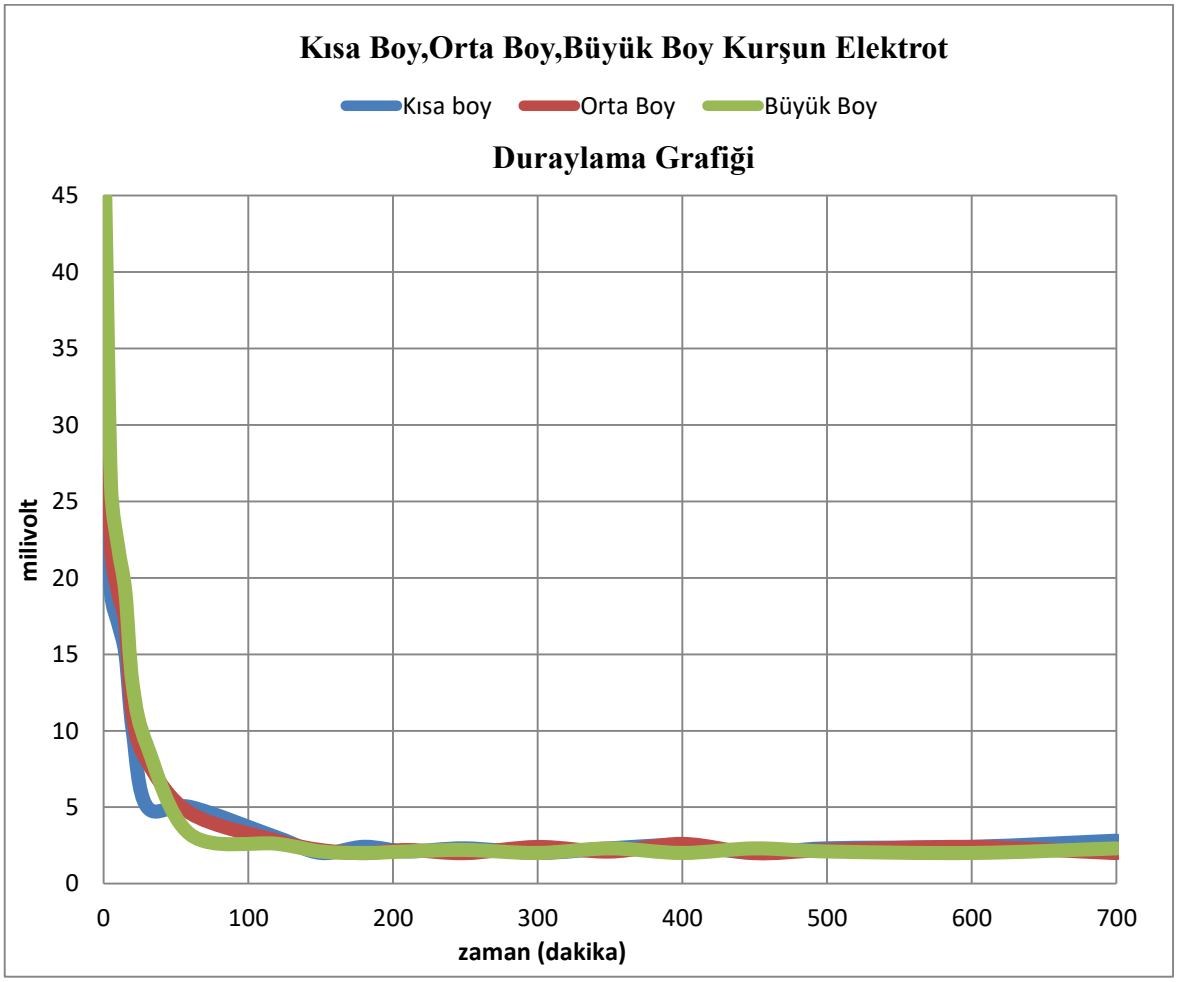
Orta boy bakır ve kurşun elektrotlar 9 volt gücünde pilin bağlandığı, içerisinde çamur karışımın olduğu deney düzeneğine ayrı ayrı daldırılmış ve 36 saat süreyle denemesi yapılmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Pil,kurşun ve bakır elektrot ölçüm grafiği

4.8 Elektrotlar Tamamen Kurutulup Tekrar Nemlendirilip Duraylama Zaman Deneyi

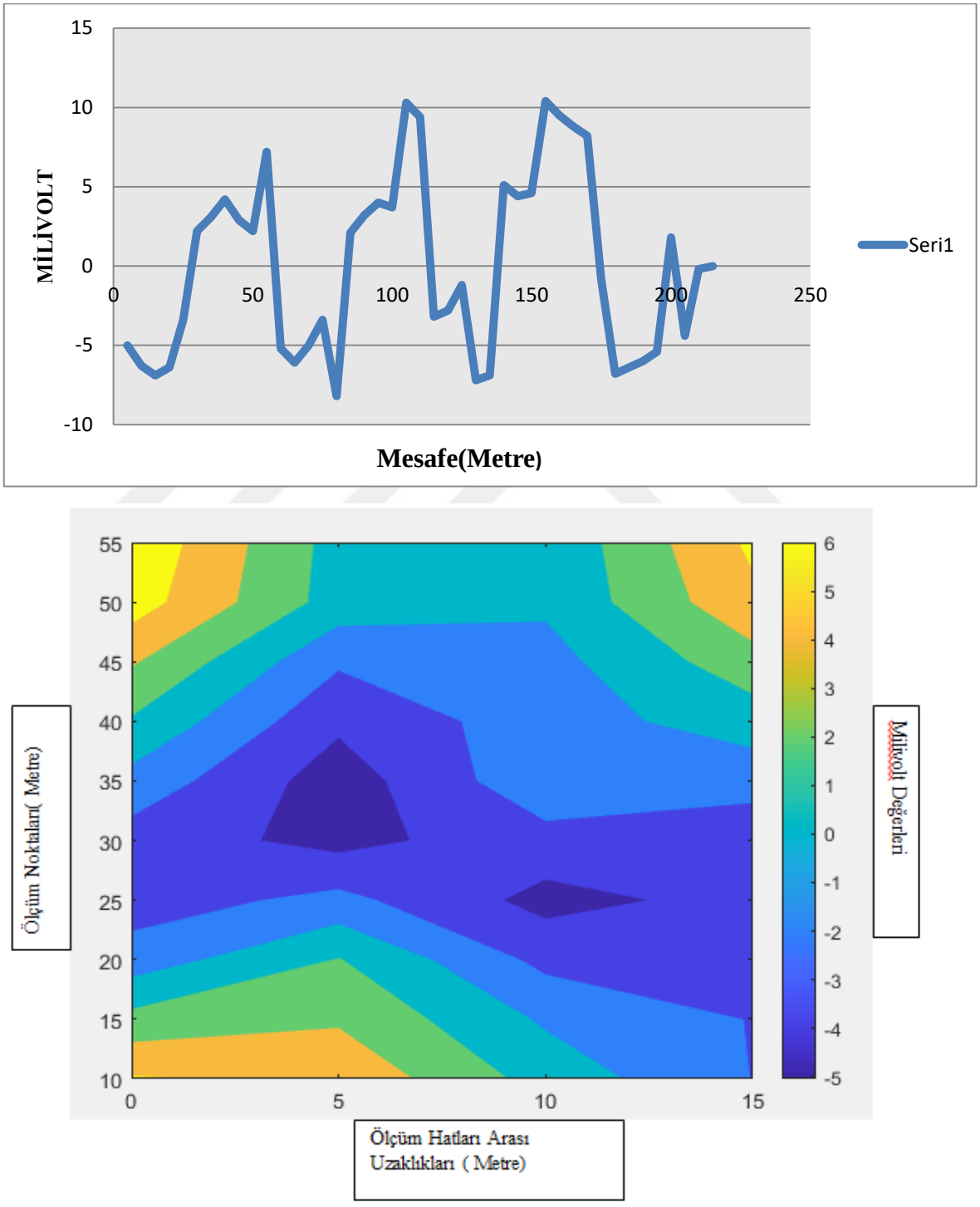
Elektrotları saklama kaplarında değil açık bir alanda 1 hafta süre ile sakladığımızda macun dolgu tamamen katılaşmış ve macun dolgu iletkenliği kaybetme noktasına gelmiş bu durumda elektrotlar tekrardan deney düzeneğine konulmadan önce metal çözeltisi içerisinde 1 saat bekletilmiş daha sonra deney düzeneğine alınmıştır (Şekil 4.19). Elektrotlar 12 saat süre ile denenmiştir



Şekil 4.19. Sırası ile büyük boy ,orta boy, kısa boy elektrot duraylama grafiği

4.9 Elektrotların Arazi Deneyleri

Elektrotlardan orta boy olarak adlandırılan kurşun elektrot ölçüm için kullanılmıştır. Kullanılan elektrot, üretimi yapılan elektrotlar içerisinde en hassas ölçüm özelliği gösterdiği için seçilmiştir. Ölçüm alanında 4 adet hat oluşturulmuştur. Her hattın uzunluğu 50 metre olarak belirlenmiştir ve her hatta 10 adet ölçüm noktası belirlenmiştir.



Şekil 4.20. Macun dolgulu kurşun elektrot arazi verileri ve kontur haritası

Elde edilen verilerde her beş ölçümden sonra iç baz noktası elektrotlar arası denge (gerilim) değerinin değişip değişmediğine bakılmıştır. Ölçüm süresince değerler 1.8mV olarak sabit kalmış, ölçümlere herhangi bir hata dağıtım yapılmasına gerek görülmemiştir. Elde edilen kesitte yeraltı su akışı (eksi değerli kesimler) etkisi ile oluşan gerilim farkları ölçülerek yeraltı suyunun baskın olduğu bölgeler haritalanmıştır. Bu sonuç ölçüm sahasının yanında yapılan inşaatın temelinde gözlemlenen su çıkışları ile uyumludur.

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrotlar kendi içlerinde çap ve boy farkına göre denenmiştir. Macun dolgulu Kurşun ve Bakır elektrotlar karşılaştırılmıştır. Bu deneyler sonucunda elektrotların aralarında zayıf ve üstün yönlerine göre üretim ve geliştirme noktaları belirlenebilir.

Çözelti Dolgulu Bakır Elektrot ve Macun Dolgulu Bakır Elektrot Karşılaştırdığımızda, çözelti dolgulu elektrotun değerlerine bakıldığında macun dolgulu olana göre düşük bir duraylama değerleri vardır. Ancak arazi ölçüm değerlerine bakıldığında aralarında bu değerden kaynaklı bir ölçüm kalitesizliği gözükmemektedir.

Üstün yönleri;

-Düşük maliyetli olması,

-Çözelti hazırlama kolaylığı,

-Her yerden bulunabilir olması temini ve üretimin kolay olması

Zayıf yönleri;

- Bakım sıklığı,
- Yüksek duraylanma değeri,
- Kullanım süresindeki değişkenlik,
- Çözeltinin kullanım ile sık sık değiştirilmesi.

Üretim kolaylığı düşük maliyetli olması açısından bakıldığında çözelti dolgulu elektrotlar tercih edilebilir. Bakım sıkılığı, çözelti farklılarından dolayı oluşacak mV değerleri göz önüne alındığından macun dolguyu bakır elektrotlar tercih edilebilir

Macun dolgulu elektrotlar uzun kullanım süreleri, bakım gerektirmeyen ve de düşük duraylanma değeri olduğu için daha çok tercih edilebilir.

Kurşun elektrotlar ile bakır elektrotların ölçüm değerlerine bakıldığında kurşun elektrotlar duraylanma değerlinin daha düşük olması ölçüm kalitesini artırmaktadır. Ancak bakır elektrotta zehirsiz olması bakımından ve düşük bir maliyet ile üretilebilmeleri açısından tercih edilebilir.

Kurşun elektrotların üstün yönleri;

-Uzun süreli kullanılmaları,

-Hassas ölçüm aralığı,

-Sıcaklığa bağlı değişimlerde daha duraylı bir hal göstermeleri

Zayıf yönleri

-Kurşunun zehirleyici özelliğinin olması,

-Yüksek maliyet,

-Kullanım ömürleri bittikten sonra imha etme zorunluluğu.

Macun dolgulu elektrotların taban kısımları doğrudan suya ve çamura temas ettiği için zaman içerisinde kurşun ve bakır su ile çözülebilir bu durumda duraylanmanın bozulmasına neden olur. Bu durumun ortadan kaldırılması için macun dolgulu elektrotların alt kısımlarına seramik kapak ilave edilmesi öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

Candansayar M.E., 2010. JFM316 Elektrik Yöntemler Ders Notları, https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/8988/mod_resource/content/0/H2_A_JFM316_DogalUclasma_1.pdf , (ET 03. 2010)

Çağlar I. ,1991. Jeofizikte Doğal Polarizasyon (SP) Yöntemi. İTÜ Matbaası.

Dobrin M.B.,1960. Introduction to Geophysical Prospecting (3th end).NY .Mc Graw-Hill

Drahor M.G.,1993.Arkeolojik Alanların Özdirenç ve Doğal Gerilim (SP) Yöntemleriyle Araştırılması. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye.

Keçeli A.,2009 Jeofizik Jeoloji, Jeoteknik, Maden Mühendislerine Uygulamalı Jeofizik., JFMO Eğitim yayınları.116-120

Keller G.V. ve Frischknecht F.C., 1966. Electrical Methods In Geophysical Prospecting, Oxford. Pergamon Press

Nascimento D., 1997. Magnetotelluric Instrument Development and Application, Doktora Tezi, Edinburg University, İskoçya

Perrier, FE,.Petiau, G.,Clerc, G.,Bogorodsky, V.,Erkul, E.,Jouniaux, L.,Lesmes, D.,Macnae, J.,Meunier, JM.,Morgan, D.,Nascimento, D.,Oettinger, G.,Schwarz, G.,Toh, H.,Valiant, MJ.,Vozoff, K.,Yazici Cakin, O., (1997). A one-year systematic study of electrodes for long period measurements of the electric field in geophysical environments. Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, *49* (11-12), 1677-1696.

Petiau, G. (2000). Second generation of lead-lead chloride electrodes for geophysical applications. Pure and applied geophysics, *157* (3), 357-382.

Petiau G., & Dupis A. (1980). Noise, Temperature Coefficient, And Longtime Stability Of Electrodes For Telluric Observations. Geophysical Prospecting,28,6,803-15.

Sato M.,and Mooney H.M.,1960.The Electrochemical Mechanism of Sulphide Self Potentials.Geophysics, 25, 226-49

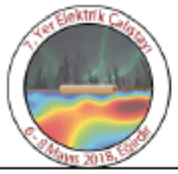
Sharma P.V.,1997.Environmental and Engineering Geophysics.,Cambridge Universiy Press. UK

Telford W. M.,Geldart L. P., & Sheriff R. E. (1990). Applied Geophysics (Vol. 1). Cambridge University Press. UK

Vural A., Ulugergerli E., 2018. Yer Doğal Gerilimini Ölçmede Kullanılabilecek Elektrot Tasarımı,7.Yer Elektrik Çalıştayı,Türkiye

EKLERİ

EK 1. 7-9 Mayıs 2018 tarihleri arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü tarafından Eğirdir Mavigöl Otelde gerçekleştirilen çalıştayda sunulan poster bildirisi



7. YER ELEKTRİK ÇALIŞTAYI

Adem Yavuz VURAL[1],Doç. Dr. Emin U. ULUGERGERLİ[2]



Yer Doğal Gerilimini Ölçmede Kullanılabilecek Elektrot Tasarımı

Designing electrodes to be used to measure self-potential of ground

Adem Yavuz VURAL[1], Emin Uğur ULUGERGERLİ[2]

[1] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ÇOBİLTUM Kat:2 Oda:214
[2] *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü*
E-posta: ademyavuzvural@gmail.com
emin@comu.edu.tr

ÖZET

Jeofizik yöntemlerden doğal uçlaşma yönteminde yeraltında oluşan iyonik hareketler sonucu oluşan gerilim farkı ölçülmeye çalışılır. Bu gerilim doğal veya yapay kaynaklı olabilir. Oluşan gerilim mili Volt ve altı düzeylerinde ise bu gerilim farkını ölçebilmek için Uçlaşmayan (polarize) olmayan elektrotlar gereklidir. Bu çalışmada, mikro voltaj düzeyindeki ölçümler için başta kurşun-kurşun klorür ve bakır bakır klorür içerikli olmak üzere farklı türde elektrotların üretilmesi amaçlanmıştır. Elektrotlar için farklı çap ve boyda deneme modelleri hazırlanmıştır. Elektrotların gerek laboratuvar ortamında gerekse alan çalışmalarından elde edilen sonuçlar bu çalışmada sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uçlaşmayan elektrot, DU.

ABSTRACT

Geophysical methods are used to measure the ionospheric movements that occur underground in the natural flotation method and to measure the resulting voltage difference. This tension can be natural or artificial. Non-polarized electrodes are required to measure this voltage difference when the resulting voltage is at the Volt or below. In this work, it is aimed to produce different types of electrodes, especially lead-lead chloride and copper copper chloride, for measurements at the micro voltage level. Experimental models have been prepared for different diameters and lengths for electrodes. The results obtained from both the laboratory and field studies of the electrodes are presented in this study.

Keywords: Non-polarized electrode, SP.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Adem Yavuz VURAL

Doğum Yeri: Altındağ

Doğum Tarihi: 26.05.1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

4M Jeoloji 2012-2013 Ankara,

Gülen Mühendislik 2013-2014 Çanakkale,

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi 2014- Çanakkale

İLETİŞİM

E-posta Adresi: ademyavuzvural@gmail.com