

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞRU AKIM ÖZDİRENÇ KUYU LOĞLARI VERİLERİNİN ÇOK BOYUTLU MODELLENMESİ

Doğan Can KARATAŞ

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞRU AKIM ÖZDİRENÇ KUYU LOĞLARI VERİLERİNİN ÇOK BOYUTLU MODELLENMESİ

Doğan Can KARATAŞ

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **18/08/2017**

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ

ÇANAKKALE

Doğan Can KARATAŞ tarafından Doç. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ yönetiminde hazırlanan ve **18/08/2017** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Doğru Akım Özdirenç Kuyu Loğları Verilerinin Çok Boyutlu Modellenmesi**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. Coşkun SARI ……

Başkan

Doç. Dr. Tolga BEKLER ……

Üye

Doç. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ ……

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.

Doğan Can KARATAŞ

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam, Doç. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Arazi verisini sağlayan UĞUR ZAMAN'a (MTA) teşekkür ederim.

Doğan Can KARATAŞ

Çanakkale, Ağustos 2017

SİMGELER VE KISALTMALAR

cm	Santimetre
mm	Milimetre
m	Metre
ft	Feet
KN	Kısa Normal
UN	Uzun Normal
R	Direnç
σ	İletkenlik
ρ	Özdirenç
ρ_a	Görünür özdirenç
δ	Dirac Delta fonksiyonu
Ω	Ohm
Rm	Çamur Özdirenci
Rxo	Yıkanmış Bölgenin Özdirenci
Rtr	Geçiş Bölgesinin Özdirenci
Ri	İşgal Edilmiş Bölgenin Özdirenci
Rt	İşgal Edilmemiş Bölgenin Özdirenci
Rs	Omuz Yataklarının Özdirenci
MTA	Maden Teknik Arama
DAÖ	Doğru Akım Özdirenç
L	Aletin Elektrot Aralığı

ÖZET

DOĞRU AKIM ÖZDİRENÇ KUYU LOĞLARI VERİLERİNİN ÇOK BOYUTLU MODELLENMESİ

Doğan Can KARATAŞ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Doç. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ
18/08/2017,36

Bakışımlı model varsayımı ile doğru akım özdirenç logu verileri modellenmiştir. Kuyu logu ölçümlerinde, sondaj akışkanın oluşturduğu istila kuşağının olumsuz etkisi, hedef tabakanın kalınlığının etkisi ve ana kaya ile olan özdirenç farklılığının az olması durumları incelenmiştir. İstila edilen kesimler, katman kalınlığı ile ölçüm aygıtının boyunun birbirine oranına bağlı olarak ölçülen değerlerde sapmalara neden olmaktadır. Bu durum ampirik yaklaşımlar ile yapılacak düzeltme işlemlerinin, karmaşık yapılar için yetersiz kalacağına işaret etmektedir. Ek olarak araştırma derinliği /uzaklığı incelenmiş, log boyuna ve hedef birimin uzaklığına bağlı olarak eğrilerde farklı oranlarda sapmalar gözlenmiştir. Anılan her iki durumda da eğrilerde gözlemlenen sapmaların yapısal olarak farklı modellere işaret edebileceği gösterilmiştir. Son olarak kuyu logu saha çalışmasından ölçülen verilerden gerçek özdirenç değerlerinin eldesinde ampirik yaklaşım yerine ters çözüm kullanılması önerilerek sayısal değer yanında yapısal bilgiye ulaşabileceği gösterilmiştir.

Anahtar sözcükler: Özdirenç Kuyu Logu, Normal Log, Özdirenç Kuyu Logu Modelleme, Özdirenç Kuyu Logu İstila Etkisi, Özdirenç Kuyu Logu Araştırma Derinliği, Özdirenç Kuyu Logu Ters Çözüm

ABSTRACT

MULTİ-DİMENSİONAL MODELİNG OF DC RESİSTİVİTY WELL LOG DATA

Doğan Can KARATAŞ
Çanakkale Onsekiz Mart University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master of Science Thesis in Geophysical Engineering
Advisor: Assoc. Prof. Dr. Emin Uğur ULUGERGERLİ
18/08/2017,36

The direct current resistivity log data is modeled by the assumption of the axisymetric model. In the well logging measurements, the misleading effect of the infiltration of the drilling fluid, the thickness of the target layer and the low contrast in the resistivity about the bedrock were investigated. The invaded sections cause deviations in the measured values depending on the ratio of the layer thickness to the length of the measuring device. This suggests that correction attempt by means of empirical approaches and corrections will be insufficient for complex structures. In addition, research depth / distance was investigated and deviations were observed depending on the ration of log length and distance to the target unit. It has been shown that deviations observed in curves can point to structurally different models in both cases. Finally, it was shown that, instead of the empirical approach, it is possible to use inverse solutions and arrive at structural information as well as the numerical value.

Keywords: Resistivity Well Log, Normal Well Log, Resistivity Well Log Modelling, Resistivity Well Log Invasion, Resistivity Well Log Tools Length, Resistivity Well Log Inversion

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU…….. ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....iii
TEŞEKKÜR.....iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vi
ABSTRACT.....vii
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2 3
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
BÖLÜM 3 5
MATERYAL VE METOT 5
3.1. Kuyu Logu ve Yeraltının Özellikleri 5
3.2. Yapılan Çalışmalar 6
3.3. Deneysel Yöntemler 6
3.4. Genel Tanımlar 7
3.4.1. Normal Elektrik Özdirenç Kuyu Logu 9
3.4.2. Silindirik Koordinat Sisteminde Sayısal Çözüm 11
3.4.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi ve Sayısal Çözüm.....12
3.4.4. Özdirencin Hesaplanması 13
3.4.5. Ters Çözüm.....14
3.4.5.1. En Dik Azalım ve CG Yöntemleri.....15
3.5. Kuyu Modelleri ve Problem Tanımları.....17
3.5.1. İstila Etkisinde Kullanılan Kuyu Modellerinin Özellikleri.....18
3.5.2. Araştırma Derinliğinde Kullanılan Modeller.....19
3.5.3. İnce Tabaka Etkisini İncelemek için Oluşturulan Modeller 20
3.6. Çalışmada Özdirenç Ölçümünü Etkileyen Koşullar.....21
3.7. Çalışmada Kullanılan Program.....21
BÖLÜM 4 22
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 22
4.1. İstila Etkisinin İncelenmesi.....22
4.2. Araştırma Derinliğinin İncelenmesi.....24
4.3. İnce Tabaka Etkisinin İncelenmesi 26
4.4. Arazi verisi ile Ters Çözüm 27

4.5. Abak Temelli Çamur Düzeltmesi Uygulaması 28
BÖLÜM 5 32
SONUÇLAR VE ÖNERİLER 32
5.1. Sonuçlar 32
KAYNAKLAR 33
ÖZGEÇMİŞ I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Kuyu logu çalışması temsili (http1).....5
Şekil 3.2. Kuyu logu çalışmasında oluşan tabakaların gösterimi. Tabakalar kuyu merkezine göre bakışımlı olarak gösterilmiştir.....6
Şekil 3.3. Normal elektrik özdirenç loğun basit şematik gösterimi.....8
Şekil 3.4. Sol tarafta kuyu durumu, sağ tarafta normal log eğrileri gösterilmiştir; sürekli açık renkli çizgi model, sürekli koyu renkli çizgi 16", kesikli çizgi 64" log eğrilerini tanımlamaktadır (Anderson, 2001).....10
Şekil 3.5. Kuyu log çalışmasında basitleştirilmiş yeraltı modeli. Sağ taraf hesaplama bölgesidir (Ulugergerli, 2011'den değiştirilerek).....13
Şekil 3.6. Ters çözüm işleminin basitleştirilmiş şeması (Başokur, 2004).....15
Şekil 3.7. En dik azalım yönteminde başlangıç değeri x(0) dan başlanarak sonuç x değerine ulaşma yolu (Shewchuk, 1994).....15
Şekil 3.8. Eşlenik türev yöntemi metodu (Shewchuk, 1994).....16
Şekil 3.9. İstila etkisini incelemek için kullanılan model A, model B ve model C.....19
Şekil 3.10. Kuyu çeperinden uzaklaşan yarı sonsuz birim modellerin eksen değerleri.....20
Şekil 4.1. 16'' normal log eğrilerinin çamur etkisi ile değişimleri ve "M" biçimli belirti örneği.....22
Şekil 4.2. İstila modeli ile elde edilen 16'' log değerleri ve ters çözümü ile elde edilen yeraltı görüntüsü.....23
Şekil 4.3. Yarı sonsuz birimin uzaklaşması ile elde edilen 16'' (sol) ve 64'' (sağ) log eğrileri.....24
Şekil 4.4. 80 cm uzaklıktaki tabaka modeli 16'' ve 64'' log değerleri ve ters çözümü ile elde edilen yeraltı görüntüsü.....25
Şekil 4.5. İnce tabaka (sol) ve kalın tabaka (sağ) ile elde edilen log eğrileri.....26
Şekil 4.6. Solda kısa normal log verileri (+) ve uydurulan model eğrisi (düz mavi çizgi). Sağda, eğriye göre yeraltının iki boyutlu modeli.....27
Şekil 4.7. 16'' kısa normal log ölçümlerinde yaklaşık çeşitli delik çaplı (inç) kuyular için uygulanan düzeltme abağı (Schlumberger, 1962; Ellis ve Springer, 2007).....29
Şekil 4.8. Çamur düzeltmesi uygulanmış veri (sarı) ve bu çalışmadan elde edilen veri (mavi) gösterilmektedir.....29
Şekil 4.9. Arazi log ölçümünden elde edilen verilerin derinliğe göre abak ve ters çözümden elde edilen özdirenç değerleri.....30

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Kuyu logları, kuyu içine indirilen aygıtlar ile alınan, kuyu veya kuyuyu çevreleyen jeolojik birimlerin yoğunluk, kalınlık, eğim, gözenekli, geçirgenlik, su veya petrole doygunluğu vb. özelliklerini tanımlamak için kullanılan kayıtlardır. Hedef derinlik aralığında seçilen örnekleme aralığı ile istenilen değişimler derinliğe bağlı olarak kayıt edilir. "Log" tanım olarak bu kaydı tanımlar. Modern log teknikleriyle çoğu fiziksel ve kimyasal özelliğin doğrudan veya dolaylı ölçülmesi yapılabilmektedir (örn. Pekiner, 2002; Ellis ve Singer, 2008).

Kuyu loglarının yorum çalışmalarında, kayıt edilen log eğrilerinden, hedef jeolojik birimi tanımlayan fiziksel ve kimyasal özelliklerin gerçek sayısal değeri elde edilmeye çalışılır. Ancak sondaj deliklerinin kendisi, sondajda kullanılan akışkanın istila ettiği bölgeleri, formasyon içindeki tabakalanma, ölçüm aygıtının boyu, hedef birim ana kaya arası özdirenç farklılığı ve hedef dışında kalan ancak aygıt boyu nedeniyle ölçüme etki eden üst formasyon (omuz) etkisi gibi özellikler veriyi karmaşık hale getirmektedir. (örn. Woodhouse, 1978; Anderson, 2001; Nam ve ark. 2010; Rodríguez-Rozas ve ark. 2016). Log eğrilerinin davranışı yeraltı yapılarının süzülmüş ve basitleştirilmiş görüntülerini temsil etmektedir. Bir anlamda log alımında elde edilen değerler yüzeyde yapılan özdirenç ölçümlerinin benzeri olarak görünür özdirenç eğrileri üretir (örn. Dutta ve Roy, 1996; Ulugergerli, 2011). Ra, yalnızca en uygun koşullar altında Rt'nin iyi bir tahmini olacaktır. Bu nedenle, normal loglar kullanılarak jeolojik yataklardaki Rt'nin belirlenmesi, tarihsel olarak çeşitli abakların yanı sıra diğer araçlarla ilave ölçümlerin kullanılmasını gerektirmiştir (Anderson, 2001). Log verilerinden anlamlı bilginin çıkarılması için farklı yaklaşımlar kullanılır. Uygulamada, elde edilen görünür özdirenç eğrilerinden kuyu, istila kesimi ve formasyonun özdirencini elde etmek için ya abaklardan yararlanılır (örn. Scott, 1978; Schlumberger, 2009) ya da çok boyutlu modelleme ile karmaşık yeraltı yapıları görüntülenmeye çalışılır (örn. Yang ve ark, 1984; Liu ve ark, 1994; Cozzolino ve Silva; 2007; Pardo ve ark. 2008).

Abaktan yararlanıldığında ince tabakalı yapılar uygulanan düzeltmeler ve varsayımlar nedeniyle hatalı sonuçlar vermektedir. Yayınlanmış abakların çoğu dikey sondaj kuyuları için üretilmiştir. Bu yöntem en fazla üç katman için kabul edilebilir sonuçlar üretebilmekteydi (Anderson, 2001). Abakların giderek geçersiz hale gelmesi ile

yorumlamaya yönelik başka bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya koymuştur. Bilgisayar teknolojisinin gelişimine bağlı olarak sayısal modelleme çalışmaları abakların yerini almaya başlamıştır. Anderson (2001), kuyu loglarında modellemenin kullanılmaya başlayışı ve ayrıntılı tarihsel süreci sunmuştur. Sayısal modellemenin yaygınlaşması ile log alınan ortamın ve aygıtın ölçümlere olan etkileri de araştırmalara konu olmuştur (örn. Drahos, 1984; Roy ve Dutta, 1997; Crain, 2000; Nam ve ark. 2010; Ribeiro ve Carrasquilla, 2014; Jarzyna ve ark. 2016.).

Bu çalışmalara ek olarak yapısal bilgiye ulaşmak için yapılan ters çözüm uygulamarında birçok Jeofizik yöntemde olduğu üzere, elektrik kuyu loglarıda genelde kısıtlı sayıda alındıklarından kısıtlı sayıda veriden çok sayıda parametrenin eldesi sorunu ile karşılaşılır (örn. Zhdadanov, 2002).

Bu tez kapsamında kuyularda alınan özdirenç verilerinin kuyuya göre bakışımlı ortamda modellenmesi ele alınacaktır. Modelleme genel kavramı hem düz hem de ters çözüm için kapsayacak şekilde kullanılmıştır. Gerekli yerlerde işlem ayrıntısı da verilmiştir. İzleyen bölümlerde önceki çalışmalara değinildikten sonra bu tez kapsamında kullanılan yazılımın temelini oluşturan sonlu elemanlar ile iki boyutlu sayısal modelleme ve eşlenik türev yöntemiyle ters çözüm hakkında kısa bilgiler sunulacak okuyucuyu yönlendirici kaynakçalar verilecektir. Yapay veriler ile anılan sorunlar üzerine deneme sonuçları sunulduktan sonra gerçek veri üzerinde ters çözüm sonuçları tartışılacaktır.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Anderson (2001) özdirenç logları ile ilgili tarihçeyi Doll ve Schlumberger tarfından 1927 yılında alınan ilk elektrik logundan itibaren günümüze kadar olan gelişimini ayrıntılı olarak sunmuştur.

1950'lerin başından itibaren (Doll, 1953), işgal edilen bölgenin, özdirencin kademeli olarak ve uzaklığa bağlı olarak değiştiği bir geçiş bölgesi olduğunu vurgulamıştı. Kuyu ve bileşenlerinin veriye etkisi ele alındığında; Zhang (1984) kademeli tekdüze olmayan bir ortamda potansiyelleri içeren integral denklemlerinin çözümünün önemini vurgulamıştır. Burada kısa normal aletin tepkisini çamur ve iki yatak bulunan tekdüze olmayan yeraltındaki bir kuyuda hesaplamışlardır. Jiao ve Sharma (1991) işgal altındaki bölgenin geçiş davranışını deneysel olarak doğrulamışlardır. Özdirenç logu ile ilgili çalışmalarda işgal kesiminin etkisi giderilmiş temiz bölgenin özdirenci önemlidir. Bu nedenle, sonuç modellerden daha gerçekçi bilgi edinmek için kuyu ve çevresinin sayısal modellemesi de öne çıkmıştır (örn. Dutta ve Roy, 1996).

Dutta (1994) Kuyu loglarında delinme sırasında çamurun oluşturduğu istila tabakalarının görünür özdirenç eğrilerinden hesaplanmasını sonsuz kalınlıkta bir tabaka varsayarak incelemiştir.

Cozzolino ve ark. (2000) istilada bağımlı olan faktörlerin loglarda yaptıkları değişiklikleri incelemişlerdir. İstilaya neden olan faktörleri; doymuşluk, hareketlilik, basınç, sıvıların geçirgenliği ve viskozitesi ve sıcaklığa göre davranışını sondaj geometrisine uygun silindirik koordinatlarda matematiksel model ile gözden geçirmektedirler. Buna göre de gerçek istilanın simülasyonu ile özdirenç log düzeltmeleri üstünde çalışmışlardır.

Cozzolino ve ark. (2007) elektrik özdirenç log ölçümlerinde tuzlu su bazlı çamur içeren kuyularda yapılan çalışmalarda farklı log aletleri için sentetik bir odak noktası geliştirmeye çalışmışlardır. Düşey, sabit yarıçaplı ve eksenel bakışımlı kuyulardaki yeraltı modelleri için takım tepkisini belirlemişlerdir. Daha sonraki yıllarda, Pardo ve ark. (2007) Elektrik özdirenç log ölçümlerinin sapmış kuyularda, farklı elektrot düzenlemeleri ve anizotropik etkilerin üç boyutlu modellemesi üzerinde çalışmışlardır.

Modelleme çalışmalarını ters çözüm çalışmaları izlemiş ve gerek elektrik gerekse elektromanyetik logların birlikte ters çözümü çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Bu

çalışmalara örnek olarak Liu ve Lin (2002) indüksiyon, yanal ve normal logların ortak ters çözümünü çalışmışlardır. Yerel en küçüğe yakınsama sorunu nedeniyle elektrik loglarının ters çözüm problemlerini, indüksiyon ve galvanik log ölçümlerinin birleşik ters çözümünü dikkatle ele alınması gereken bir yaklaşım olarak tanımlamışlardır.

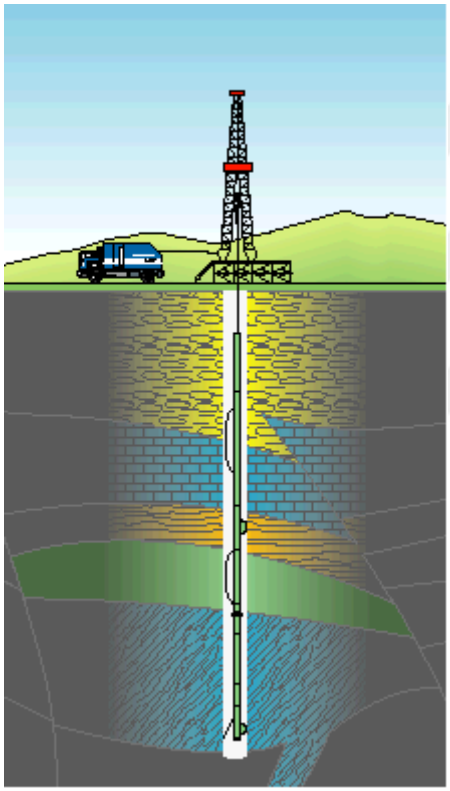
Doğru akım (DA) logları bakışımlı simetrik ortamda daha önce de çalışılmıştır. Ulugergerli (2011) kısa (KN, 16 inch) ve uzun (UN, 64 inch) normal log eğrilerini eşlenik türev (CG) yumuşatma (conjugate gradient relaxation) ve geleneksel CG yaklaşımı kullanarak birleşik ters çözümünü yapmış ve yeraltı modelini elde etmiştir. Anılan çalışmada yapay ve gerçek kuyu verisi kullanılarak ters çözümde kullanılan yaklaşımların birbirine göre üstünlüklerinin yanı sıra veri (log) türlerinin ters çözüme katkısı karşılaştırılmıştır. Sunulan sonuçlarda, beklendiği üzere, kısa normal log ile kuyu çevresindeki istila kesimi hakkında bilgi alınırken uzun normal log ile formasyon hakkında bilgi elde edileceği vurgulanmıştır. Logların araştırma derinliği/aralığı ise aygıt boyu ile orantılı tanımlanmıştır. Bu konulara ek olarak çamur kekinin etkisine değinilmiştir.

Yukarıda anılan ve literatürde yer alan diğer çalışmalarda sayısal modelleme sorunlu bir yaklaşım olarak anılsa da ölçülen verilerin kuyu ve çevreleyen jeoloji ile olan ilişkisini tam olarak ortaya konulması açısından gerekli olduğu yadsınamaz bir gerçektir.

BÖLÜM 3
MATERYAL VE METOT

3.1. Kuyu Logu ve Yeraltının Özellikleri

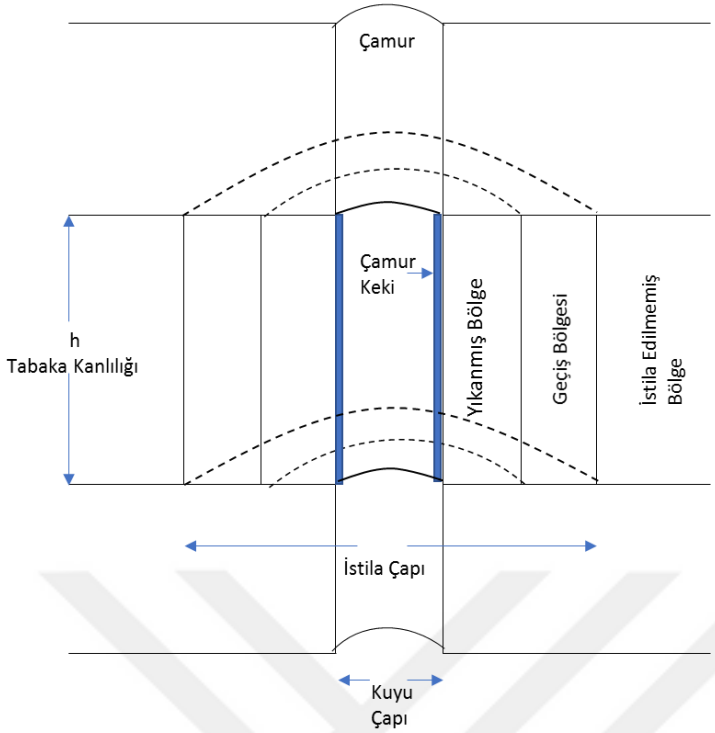
Kuyu logu çalışmalarında sondaj ile belirli genişliklerde delikler açılarak yeraltındaki hedef tabakanın ya da tabakaların özellikleri belirlenmeye çalışılır. Şekil 3.1'de temsili bir kuyu logu arazi çalışması gösterilmiştir. Açılan kuyu içerisine sarkıtılan aletlerle kuyunun ve kuyuyu çevreleyen yeraltındaki tabakaların özelliklerini sürekli olarak kaydederek aranılan tabakanın özellikleri belirlenmeye çalışılır.



Şekil 3.1. Kuyu logu çalışması temsili (http1)

Sondaj sırasında kuyu içine akışkan pompalanır. Bu nedenle akışkan yüzünden farklı yanal bölgeler meydana gelir. Tabakaların geçirimli ve bağlantılı olma özelliklerine göre bu yanal bölgelerin uzanımları da değişiklik göstermektedir. Sondaj ile açılan kuyu ve oluşan yanal bölgeler şematik olarak Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Bu yanal bölgeler istila bölgeleri olarak adlandırılır. Yanal olarak uzanımları tabakanın geçirgenliğine göre değişiklik gösterir ve çamur içerisindeki sıvı nedeniyle özdirenç log ölçümlerini etkilemektedirler.



Şekil 3.2. Kuyu logu çalışmasında oluşan tabakaların gösterimi. Tabakalar kuyu merkezine göre bakışımlı olarak gösterilmiştir.

3.2. Yapılan Çalışmalar

Bu çalışmada aşırı bilgisayar hesaplama gücü gerektirmeyen bir yaklaşım seçilmiştir. Kuyu ve çevresindeki jeolojik yapılar bakışımlı kabul edilmiştir. Jeolojik birimler iç içe geçmiş silindirik yapılar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 3.2). Bu yaklaşım kuyunun yakın çevresi için yeterli bir doğruluk sağlayacaktır. Elektrik logların yaygın kullanıldığı kömür içeren havzalarda ise bu yaklaşım geçerliliğini sürdürecektir. Buna karşın aşırı karmaşık (örneğin konglomera türü) ortamlarda bu yaklaşım geçersiz kalacağı akılda tutulmalıdır.

3.3. Deneysel Yöntemler

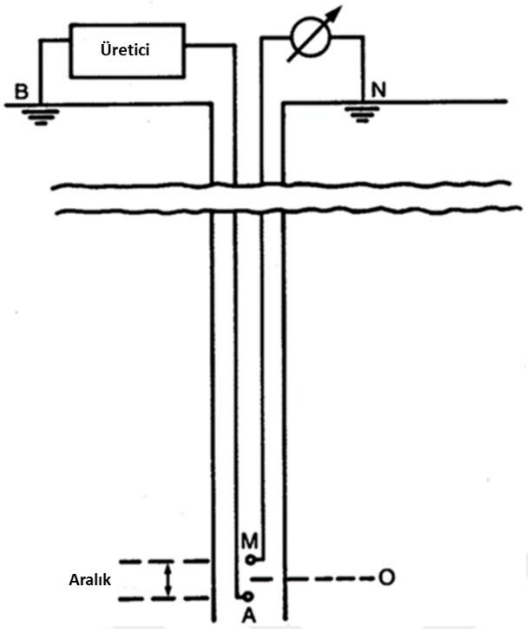
Elektrik özdirenç log yöntemi, jeolojik birimlerin özdirençlerini doğrudan ölçtüğünden yer altının tanımlanmasında başvurulan en önemli araştırma aracıdır. Uygulamada ölçülen değerler uzak elektrot konumlarından (shoulder effect) alt ve üst tabakalara göre özdirenç farkından (over-shot ve under-shot) etkilenmektedir. Bu etkileri gidermek için ya deneysel bağıntılardan ya da abaklardan yararlanılmaktadır. Diğer bir yaklaşım kuyu logu verilerinin modellenmesidir. Kuyu yapısının bakışımlı olmasından

yaralanarak ve sonlu farklar yöntemiyle DAÖ problemi sayısal olarak çözülebilir. Bu yaklaşımın üstünlüğü kuyu içindeki tüm değişimleri göz önüne alması ve çamur istilası veya küçük ölçekli yapılar nedeniyle kuyu ile teması olmayan kuyuya yakın birimlerinde etkilerinin elde edilebilmesidir. Bu tez kapsamında kuyu çevresinde bakışımlı olduğu varsayılan jeolojik birimlerin 2B ters çözümü üzerinde de durulacaktır.

3.4. Genel Tanımlar

Elektrik özdirenç yöntemi, bir dizilime uygun olarak yere bir çift elektrot (A ve B) yardımıyla akım göndermeyi ve diğer bir çift elektrot (M ve N) yardımıyla da vericide oluşan gerilim farkların ölçülmesini amaçlar (Şekil 3.3). Bu gerilim farkı tüm elektrotların birbirlerine göre konumlarına ve nesnenin elektriksel yapısına bağlı olarak değişir. Ölçülen gerilim farkı ve elektrotların geometrik konumları dikkate alınarak nesnenin özdirenci hesaplanır. Nesne tekdüze ise hesaplanmış olan özdirenç gerçek özdirençtir, tekdüze değil ise hesaplanan görünür özdirenç olarak adlandırılır. Nesne genellikle farklı özdirençte birimlerden oluştuğundan görünür özdirenç verilerinin yorumundan, nesneyi oluşturan birim ve yapıların gerçek özdirenç boyut ve konumlarının bulunması amaçlanır (örn. Binler, 2002).

Jeolojik birimlerin özdirençlerinin ölçülmesine 1930'lu yıllarda başlanmıştır. O günden bugüne kadar aletlerde çeşitli değişiklikler yapılarak, kayıt edilen özdirenç değerlerinin doğruluğu arttırılmıştır (Pekiner, 2002). Aletler çeşitli şekillerde üretildiklerinden ölçtükleri değerlerde farklılık göstermektedir. Yani aletler istila bölgesinin ve hedef birimin bozulmamış bölgesinin özdirencini ölçmektedir. Bu çalışmada kullanılan veriler *Normal Elektrik Özdirenç* aletinin kuyu logu çalışmalarında kullanılmasıyla elde edilenlerdir.



Şekil 3.3. Normal elektrik özdirenç loğun basit şematik gösterimi

Normal elektrikli özdirenç aletlerine kısaca, normal E-log ya da normal elektrolog denilmektedir. Bu alette N elektrotu M'den sonsuz sayılabilecek kadar uzağa yerleştirilmiştir. Bu durumda;

$$V_{MN} = \frac{I.R}{4\pi}\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN}\right) \tag{3.1}$$

ile verilir. Bu bağıntıdaki 1/AN sıfır olacağından Normal E-log aletinde elektriksel potansiyel-özdirenç bağıntısı;

$$V = \frac{I.R}{4\pi.AM} \tag{3.2}$$

olur. Burada AM uzaklığı, formasyon akım gönderen A elektrotuyla, ölçüm yapılan M elektrotu arasındaki uzaklıktır. $4\,\pi$ AM sabit sayısına Normal aletin sabiti K_N denir. Bağıntı;

$$V = \frac{I.R}{K_N} \tag{3.3}$$

haline gelir. Bu bağıntıdan özdirenç;

$$R = \frac{K_N}{I}.V \qquad (3.4)$$

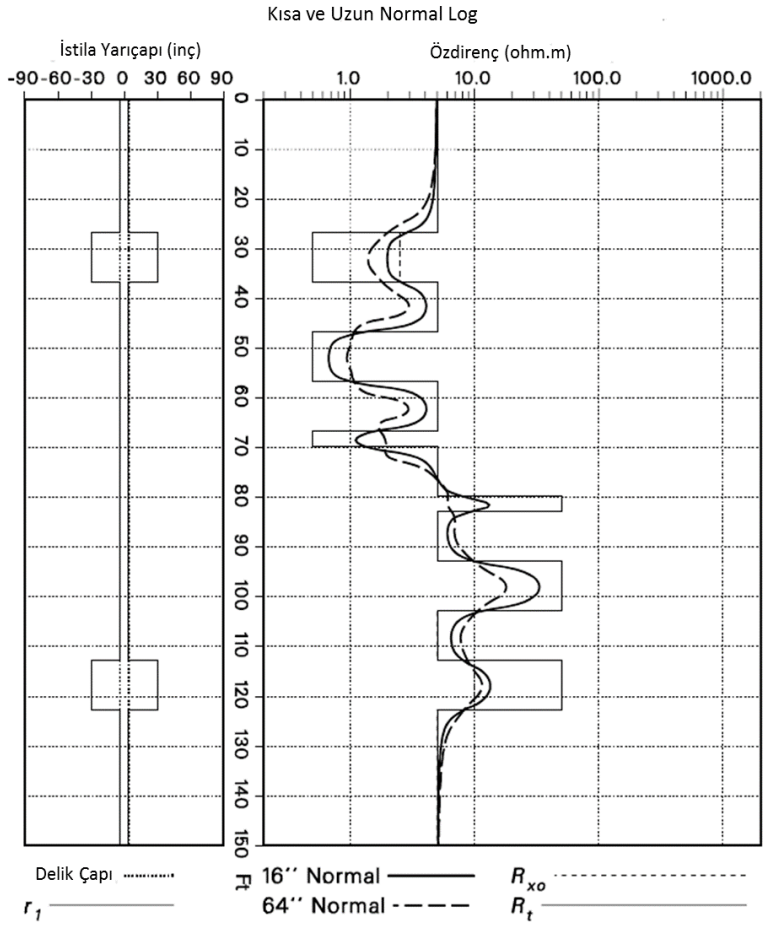
şeklinde yazılabilir. Bu bağlantıdaki K_N yüzeyde yapılan çalışmalarda geometrik katsayı olarak bilinirken kuyu içi çalışmalarda aletin tasarımına bağlı bir katsayıdır, alet takımı katsayısı, bir aletin akım ve voltaj okumalarını oluşum özdirencine ölçekleyen bir sabittir (Anderson, 2001). I akımı ise elektronik devreler yardımıyla sabit tutulduğundan, V gerilim değerlerinin devamlı kaydı ile formasyonun R özdirenç logu elde edilir. DC kullanılarak yapılan çalışmalarda karşılaşılan gerçekleştirilen SP değerini ortadan kaldırmak için, yaklaşık 20 Hz' lik bir kaynak akımı kullanılır. AC kaynağı ayrıca elektrot polarizasyonu önlemeye yardımcı olur. Ölçü noktası, karşılıklılık ile dayatılan bakışım nedeniyle, A ve M arasında ortada bulunur (Anderson, 2001).

AM uzaklığına Normal E-log aletinin aralığı denilir. AM aralığı 16'' ve 64'' olanlar standart E-log aletleri olarak kabul edilmektedir. Bir normal E-log aleti; AM = 16'' ise 16'' kısa-normal, AM = 64'' ise 64'' uzun-normal aleti adını alır. Normal E-log aletlerinin çalışması 4 numaraları bağıntıyla uygun olarak gerçekleşir ama kuyu içerisindeki çamur, istila kuşağı ve komşu tabakalar tekdüzeliği bozarak aletin gerçek formasyon özdirencini (Rt) doğru biçimde kaydedilmesini engeller. Kısa normal 16'' aleti istila bölgelerini görüntülemek için üretildiği, uzun normal 64'' aletin ise bozulmamış kısmın gerçek özdirencini belirlemek amacıyla üretilmiştir ancak istila kuşakları nedeniyle ölçülen değer hem istila kuşaklarının hem de temiz birimin etkisini içerir (bkz. Zamansky, 1980; Gianzero, 1981; Anderson, 2001; Pekiner, 2002).

3.4.1. Normal Elektrik Özdirenç Kuyu Logu

Normal elektrik özdirenç kuyu logu yönteminin temel esasları ve bu çalışmada kullanılan yöntemlerin çözüm adımlarından bahsedilecektir. Şekil 3.3'de temsili bir normal özdirenç kuyu log ölçümü verilmiştir.

Elektrik log aletleri akımı direk tabakaya verebilmek için sadece su bazlı çamurlu kuyu logu çalışmalarında kullanılır. Fazla iletken tuzlu çamurlarda, aletlerden verilen akım tabaka içine girmeden önce kuyu içerisinde fazla yol alırlar. İletken sondajın etkisini gidermek için (Şekil 3.4' de modellenen Rm 0.1 ohm-m) her iki logda da sondaj kuyusu etkisi düzeltilmiştir (Anderson, 2001).



Şekil 3.4. Sol tarafta kuyu durumu, sağ tarafta normal log eğrileri gösterilmiştir; sürekli açık renkli çizgi model, sürekli koyu renkli çizgi 16", kesikli çizgi 64" log eğrilerini tanımlamaktadır (Anderson, 2001).

Kuyu deliği düzeltme algoritması, bilinen kuyu boşluğu boyutları ve 1 ila 10000 arasındaki Rt / Rm kontrastları için hesaplanan alet tepkisini kullanır. 16 inç normal ve 18 ft 8 inç yanal için sondaj düzeltme grafiği Şekil 4.6 'da gösterilmiştir.

Şekil 3.4'de doruklar arasındaki mesafe, yatak kalınlığına artı AM aralığına eşittir. Bu özellik, dirençli yataklardaki uzun normal aletlerin AM aralığından daha ince tepkisine özgün örnektir ve asıl zayıflıklarından biridir (Schlumberger, 1950).

47 ile 57 ft arasındaki iletken işgal edilmemiş yataktaki 64 inç normal log, belirgin bir yatak kalınlığının 10 fitten önemli ölçüde daha büyük olduğunu gösteriyor. Benzer şekilde, 93 ve 103 fit arasındaki dirençli işgal edilmemiş yatağın da yatay kalınlığını 10 fitin altında göstermektedir. Her iki durumda da gerçek ve görünür yatak kalınlığı arasındaki fark AM boşluğuna eşittir (Schlumberger, 1950). Bu aynı fark 16 inç normal logları için de vardır, ancak daha küçük AM aralığı nedeniyle fark belirgin değildir.

27 ila 37 ft arasında, iletken işgal altında yataktaki sığ 16 inçlik eğrinin Rxo' ya yakın olması ve daha derin 64 inç eğrisinin Rt' ye yakın olması beklenmektedir. Bununla birlikte, 113 ile 123 ayak arasındaki dirençli yataktaki 16 inçlik normal, 64 inçlik normalden çok Rt' ye yakın okuyor çünkü aşırı omuz etkisi 64 inç normal log eğrisini düşürmektedir. 64 inçlik normal logun omuz etkisi nedeniyle omuz yataklarında sıfıra ve 150 fite ne kadar sürdüğü de göz önüne alınmalıdır (Anderson, 2001).

İstila edilmiş ve edilmemiş bölgelerin log eğrilerine etkisi de görülmektedir. 27 37 ft arasındaki istila bölgesi ile 47 57 ft arasındaki bozulmamış kısmın eğrilerine bakıldığında iletken ortamda istilanın eğri özdirenç değerlerini yükselttiği görülmektedir. 93 103 ve 113 123 ft arasındaki yalıtkan bölgede istilanın etkisi ise eğrileri düşürmektedir.

Buradan çıkarılan sonuç ile eğri üzerinde görsel yorumlamanın yanılgılara neden olacağı ve modellemenin gerekliliği ortaya konmuş olur.

3.4.2. Silindirik Koordinat Sisteminde Sayısal Çözüm

Doğru akım özdirenç yöntemiyle nokta kaynağın yer içinde oluşturduğu gerilim dağılımı türev tabanlı (diferansiyel) denklemlerle tanımlanabilir. Basit yer modelleri için analitik çözümler, karmaşık yer modelleri için sayısal çözümlerden yararlanılır. Basitlik için kaynağın olmadığı durumu göz önüne alırsak gerilim dağılımı-Laplace denklemini ile verilir. Silindirik koordinat da denklemi yazarsak;

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 u}{\partial \emptyset^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \qquad (3.5)$$

biçiminde olur. Burada; r, ışınsal; ϕ, dairesel ve z, eksenel eksenlerdir. Eksenel problem için değişken u, dairesel eksen Ø' den bağımsızdır. Alan eksenel bakışımlı kabul edildiğinde, belirtilen tüm yükleme ve sınır koşulları da eksenel bakışımlı olur. Bu durumda ana denklem;

$$\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0 \qquad (3.6)$$

biçimine indirgenir.

Eksenel simetrik, ancak iletkenliğin yön bağımlı olduğu ortamdaki elektrik akımının oluşturduğu gerilim denklemi (Dey and Morrison, 1979; Mufti 1976) eşitlik 6 düzenlenirse;

$$\frac{\partial}{\partial r^2}\left[\sigma(r,z)\frac{\partial v(r,z)}{\partial r}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[\sigma(r,z)\frac{\partial v(r,z)}{\partial z}\right]+\frac{1}{r}\sigma(r,z)\frac{\partial v(r,z)}{\partial r}=\frac{I_0\delta(r)\delta(z-z_c)}{2\pi r} \quad (3.7)$$

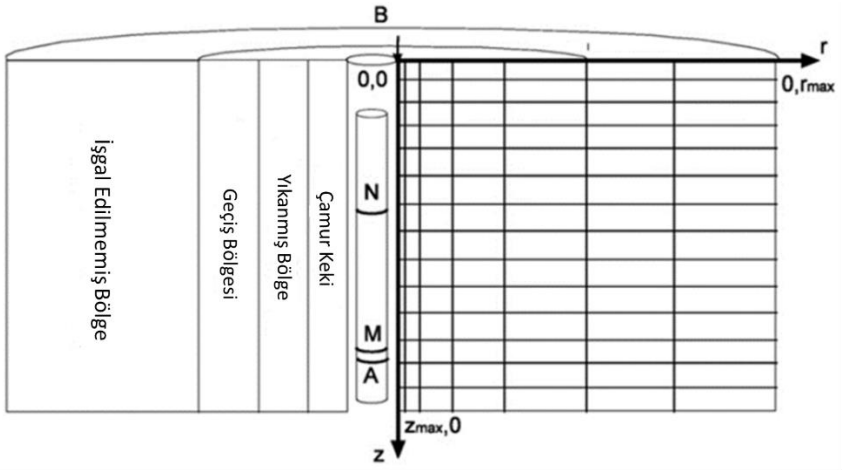
eşitliği elde edilir. Burada r, kuyudan ışınsal mesafe uzaklığı, z ise derinliği tanımlar (r=0 kuyu merkezi, z=0 yüzeydir). Akım I_0, kuyudaki derinlik Zc'ye enjekte edilir (r=0). V akımın yarattığı gerilimdir.

3.4.3. Sonlu Elemanlar Yöntemi ve Sayısal Çözüm

Sonlu elemanlar yöntemi (SEY); kısmi diferansiyel denklem veya enerji kuramıyla tanımlanan fiziksel bir problemi çözmek için kullanılan sayısal bir yöntemdir ve ilk olarak Zienkiewich ve Cheung (1965) tarafından kullanılmıştır (örn. Candansayar, 1997).

Bu yöntem birkaç aşamada sıralanırsa; verilen diferansiyel denklem integral denklemine dönüştürülür. Bu integral denklemi istenilen tanımlı alan için yazılır. İntegrale dönüştürme işlemi, ağırlıklı artık (weighted residual) yöntem veya değişken (varyasyonel) yöntem kullanılarak yapılır (Kwon ve Bang, 2000). Bu yönteme göre sonlu elemanlar düz çözüm modellenmesi; ilk olarak tüm gerilimin hesaplanması, ardından ikincil gerilimin hesaplanması ve denklem sistemini çözme olarak üç kısımdan oluşmaktadır.

SEY, hesaplamalarda tüm noktaları kullandığından sınırlara herhangi bir dış değer verilmez, ancak tüm sınırlar ilgi bölgesinden uzaklaştırılır (Ulugergerli, 2011). Bu nedenle örgü (mesh) ölçüm bölgesi z yönünde eşit aralıklarla incelenen bölgenin sonuna kadar gider. r ekseninde ise kademeli olarak artar.



Şekil 3.5. Kuyu log çalışmasında basitleştirilmiş yeraltı modeli. Sağ taraf hesaplama bölgesidir (Ulugergerli, 2011'den değiştirilerek).

Denklem 3.7'e SEY uygulandığında;

$$G.v = S_i \tag{3.8}$$

üretilir. Burada, G; küresel dizey, v; gerilim yöneyi, Si; i. ölçüm için akım kaynaklarını içeren yöneydir. Denklem 8 her bir kaynak konumu için çözülür. G dizeyi büyük ve ayrık olduğundan ayrık (sparse) işlemciler ile hızlı bir şekilde çözülebilir. Bu çalışmada tüm hesaplamalar MATLAB'da bulunan hazır çözümleyiciler kullanılarak yapılmıştır).

3.4.4. Özdirencin Hesaplanması

Hesaplamada dört elektrot kullanılır. N ve M elektrotları arası mesafe 15.24 m (50 ft) olarak alınmıştır ve B elektrotu yüzey üzerine yerleştirilmiştir. Geometrik katsayı;

$$k = \frac{4\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} - \frac{1}{BM}} \tag{3.9}$$

ile verilir. Tüm uzaklıklar AM mesafesine göre çok büyük olduğundan, uygulamada göz önüne alınan mesafe AM' dir. Sırasıyla kısa ve uzun normal aletleri temsil eden 0.4m (16'') ve 1.6m (64'') olarak seçilir. Gerilim ve geometrik katsayı hesaplandıktan sonra görünür özdirenç eşdeğeri log verisi;

$$\rho_a = k\frac{\nabla v_{MN}}{I} \tag{3.10}$$

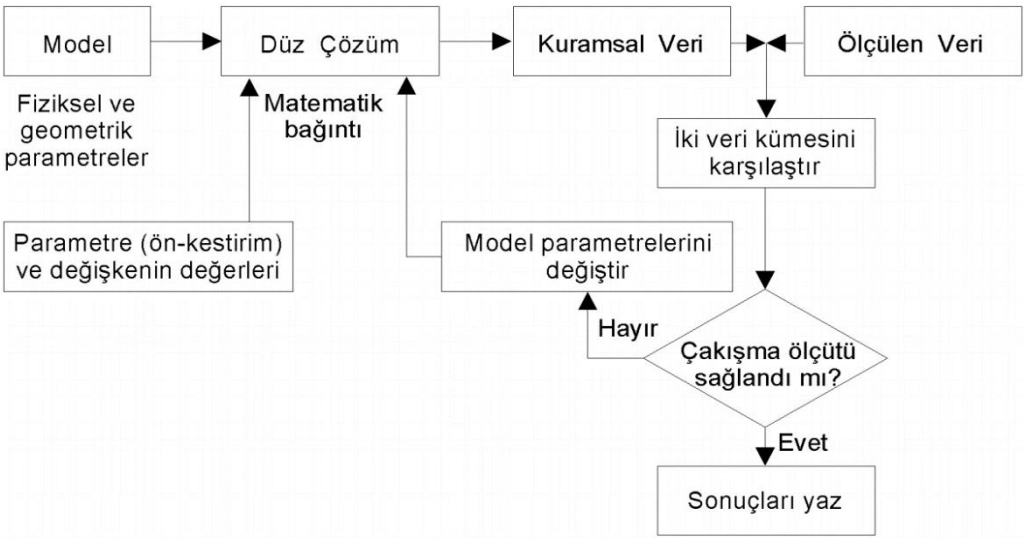
bağıntısı ile elde edilir.

Kuyu loglarında özdirenç bağıntı 3.4'deki gibi R ile gösterilmektedir.

3.4.5. Ters Çözüm

Ters çözüm, elektrik özdirençte yapı parametrelerinin saptanmasında önemli bir değerlendirme yöntemidir. Ölçümlerde elde edilen veri, görünür özdirenç olduğundan; nesnenin özdirenç farklılığı, dizilim geometrisi ve derinlik gibi değiştirgenler, bu değerin değişiminde etkilidir ve nesnenin doğru elektriksel modelini yansıtmaz. Bu nedenle, nesnenin gerçek modelini elde etmek için ters çözüm çalışmaları yapmak gerekmektedir.

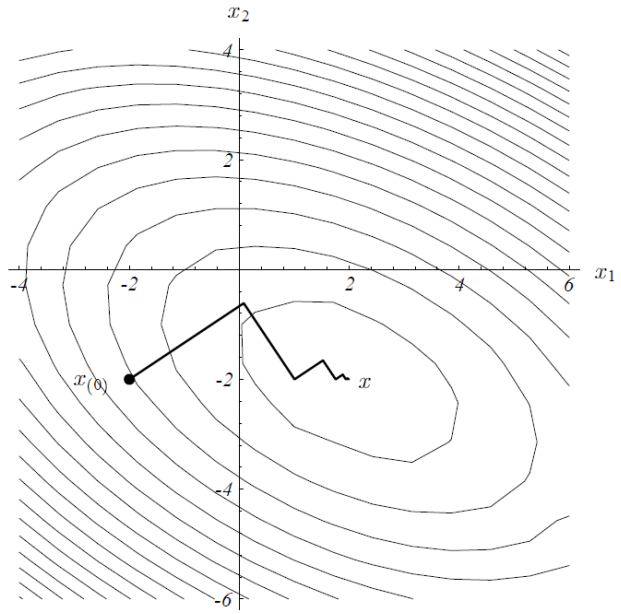
Ters çözüm modellemesi, eldeki veriden nesneye ait parametrelerin saptanması ve bu parametrelere bağlı modelin oluşturulması işlemidir. Bu yöntemde nesne, sonlu sayıda sabit özdirenç değerinde bloklarla temsil edilir ve bu bloklara ait özdirenç değerleri saptanmaya çalışılır. Bu konuda Başokur (2004) tarafından önerilen ve konunun açıklanmasına önemli bir katkı sağlayacak akış şeması (Şekil 3.6) verilmektedir. Belirli bir ön-kestirime karşılık gelen kuramsal veri hesaplanarak, ölçülen veri ile karşılaştırılır ve ortaya bir çakışma ölçütü çıkar. Ters-çözüm işleminde; ölçülen ve hesaplanan veri arasındaki hata miktarı, bu ölçüte göre en aza indirilmeye çalışılır ve böylece veriler arasında en uygun çakışmanın olduğu durumdaki parametreler belirlenerek çözüme ulaşılır. Ancak, ters çözüm işleminde; sadece belirli bir yinelemeye bağlı olarak elde edilen iyi bir çakışmayla sonuca ulaşmak her zaman için olası değildir. Verinin yüksek oranda gürültü içermesi, işlemler arasındaki yakınsamayı engelleyebileceği gibi, her bir yinelemede hesaplamalar sırasındaki hata miktarları düşmesine karşın, doğru çözüme yakınsanacağının garantisi de yoktur (Başokur, 2004).



Şekil 3.6. Ters çözüm işleminin basitleştirilmiş şeması (Başokur, 2004)

3.4.5.1. En Dik Azalım ve CG Yöntemleri

Modelleme çalışmalarının son evresi ters çözümdür ve ters çözümde sayısal çözümlemelerin ulaştığı nokta Km=b şeklindeki doğrusal (veya doğrusal olmayan) denklem düzeneklerinin çözümünün bulunmasıdır. Burada x bilinmeyenler yöneyi, b bilinen değerler yöneyi, A artı tanımlı bakışımlı kare dizeydir. En dik azalım yönteminde x parametreleri ile x(0) başlangıç değeri seçilir. Paraboloit üzerinde gradient işlemi kullanılarak en küçük noktaya doğru ilerlenir. Her gradient öncekine göre dik olduğundan zikzaklı bir yol izlenir. Şekil 3.7' da temsili şekli verilmiştir.



Şekil 3.7. En dik azalım yönteminde başlangıç değeri x(0) dan başlanarak sonuç x değerine ulaşma yolu (Shewchuk, 1994)

İşlem adımlarında ilk olarak m_i tanımlanır. Ardından

r_i=b – Km_i (3.11)

artık değer tanımlanır.

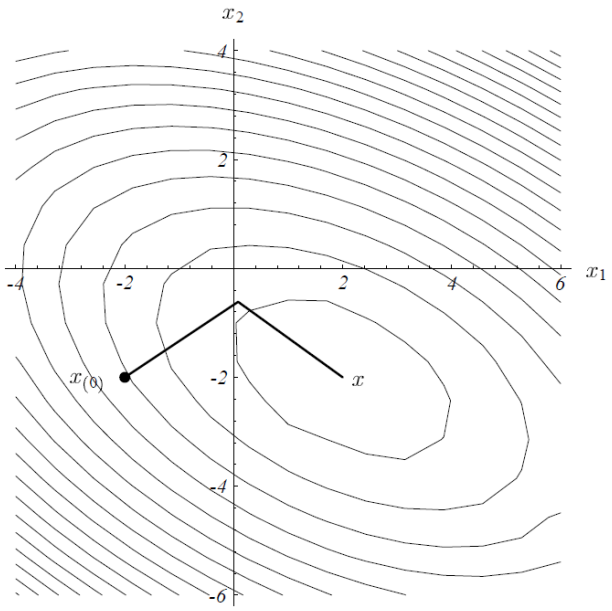
$$\alpha = \frac{r_i^T r_i}{d_i^T K d_i} \quad (3.12)$$

denklemi yön arama tekniği kullanılarak bulunur. Ardından

$$m_{i+1} = m_i + \alpha_i r_i \quad (3.13)$$

işlemi tekrarlanarak sonuca ulaşılır. Bu işlem istenen sayıda yineleme sayısına veya öngörülen uyum değerine ulaşılana kadar tekrarlanır.

En dik iniş yönteminde adım yönlerinin birbirine dik olarak ilerlemesi sorunu nedeniyle bazı problemlerde uzun zaman alabilir. Bu nedenle arama yönlerini en doğru yönde olanlardan seçersek daha az adımla çözüme ulaşılır. Bu yönteme eşlenik türev yöntemi denilmektedir. Temsili şekli 3.8' de verilmiştir.



Şekil 3.8. Eşlenik türev yöntemi metodu (Shewchuk, 1994)

Eşlenik türev yönteminde en dik iniş yöntemine benzer olarak, ilk olarak m_i tanımlanır.

$$d_i=r_i=\mathrm{b}-\mathrm{K}m_i \tag{3.14}$$

artık değeri tanımlanır. Eşleniklik koşulu için artık değerler kullanılır.

$$\alpha=\frac{r_i^T r_i}{d_i^T K d_i} \tag{3.15}$$

d(1) ve d(0) birbirine eşlenik olmasıyla α(i) bulunur.

$$m_{i+1}=m_i+\alpha_i r_i \tag{3.16}$$

$$r_{i+1}=r_i+\alpha_i K d_i \tag{3.17}$$

sonuçları bulunur.

$$\beta_{i+1}=\frac{r_{i+1}^T r_{i+1}}{r_i^T r_i} \tag{3.18}$$

$$d_{i+1}=r_{i+1}-\beta_{i+1} d_i \tag{3.19}$$

Bu işlem öngörülen uyum değeri veya yineleme sayısına ulaşana kadar tekrarlanır. Uyum değeri eşitlik 3.14'de verilen artık değerden hesaplanabilir. Bu çalışmada

$$Uyum=\sqrt{(r^T r)/N} \tag{3.20}$$

ile hesaplanmıştır.

3.5. Kuyu Modelleri ve Problem Tanımları

Önceki bölümde de değinildiği üzere özdirenç kuyu logları çalışmalarında kuyu ölçümleri sırasında, kuyu çapı değişimleri ve kuyuda bulunan çamur ile istila edilmiş

kesimler normal elektrik özdirenç eğrilerini etkilemektedir. Bu çalışmada KN ve UN özdirenç logları ele alınacaktır.

Modelleme çalışmalarında log aletinin kendisi işleme katılmamıştır. Sondaj çamurunun kuyuyu ve ölçüm aygıtının çevresini tam olarak doldurduğu varsayılmıştır.

Kuramsal olarak KN ve UN eğrilerinin etkilendiği araştırma derinlikleri aygıt üzerinde yer alan akım ve gerilim elektrotlarının aralıklarının iki katı olarak verilmektedir (Pekiner, 2002). Araştırma derinliği KN log için ~80 cm (2,6 ft), UN log için ~320 cm (10,4 ft) öngörülmektedir. Genelde KN log eğrisinin kuyunun oluşturduğu istila kökenli katmanların etkisinde kaldığı düşünülmektedir (Zamansky, 1980; Gianzero, 1981; Pekiner, 2002).

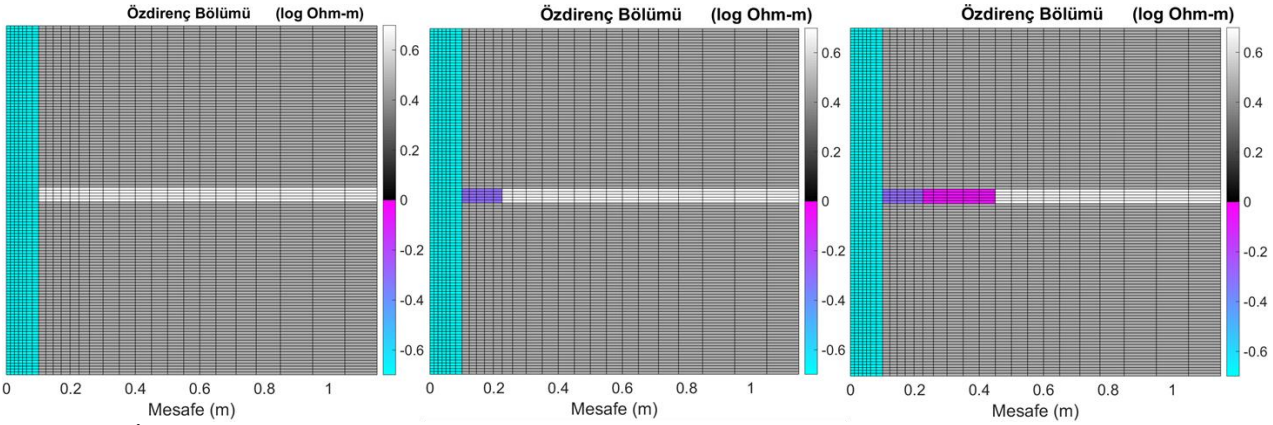
Sonuç olarak log'lar ile kayıt edilen değerler yüzey ölçümlerindeki görünür özdirence eşdeğer olduğundan yorumlamada kullanılamaz. Gerçek formasyon özdirençleri elde edilmelidir. Sadece bir ölçüm tekniği kullanılarak yapılan log çalışmasının modellenmesi ile gerçek formasyon özdirenç değerleri elde edilemeyebilir. Jeolojik bilgi ve yardımcı log yöntemlerine gerek duyulabilir.

Bu çalışmada kullanılacak modeller, kuyu içi akışkanından dolayı oluşan düşey katmanları içermektedir. Sırasıyla çamur, akışkanın tabaka içinde ilerlediği geçiş bölgesi ve akışkanın bulunduğu istila bölgesi olmak üzere üç model oluşturulmuştur. Bu modeller ile kuyu içi akışkanının bölgelere göre KN eğrileri üzerine etkileri araştırılmıştır.

3.5.1. İstila Etkisinde Kullanılan Kuyu Modellerinin Özellikleri

İstilanın eğrilere etkisini incelemek için üç farklı kuyu modeli oluşturulmuştur. Bunlar sadece çamur içeren model, çamur ve yıkanmış bölge içeren model ve çamur, yıkanmış bölge ve geçiş bölgesini içeren modellerdir.

Şekil 3.9'deki modeldeki birimlerin özdirençleri; çamur 0.02 ohm.m, tabaka 5 ohm.m, tabakanın içinde bulunduğu tekdüze yeraltı ise 3 ohm.m olarak alınmıştır. B modeldeki birimlerin özdirençleri; çamur 0.02 ohm.m, yıkanmış bölge 0.5 ohm.m, tabaka 5 ohm.m, tabakanın içinde bulunduğu tekdüze yeraltı ise 3 ohm.m olarak alınmıştır. C modeldeki birimlerin özdirençleri; çamur 0.02 ohm.m, yıkanmış bölge 0.5 ohm.m, geçiş bölgesi 0.9 ohm.m, tabaka 5 ohm.m, tabakanın içinde bulunduğu tekdüze yeraltı ise 3 ohm.m olarak alınmıştır.

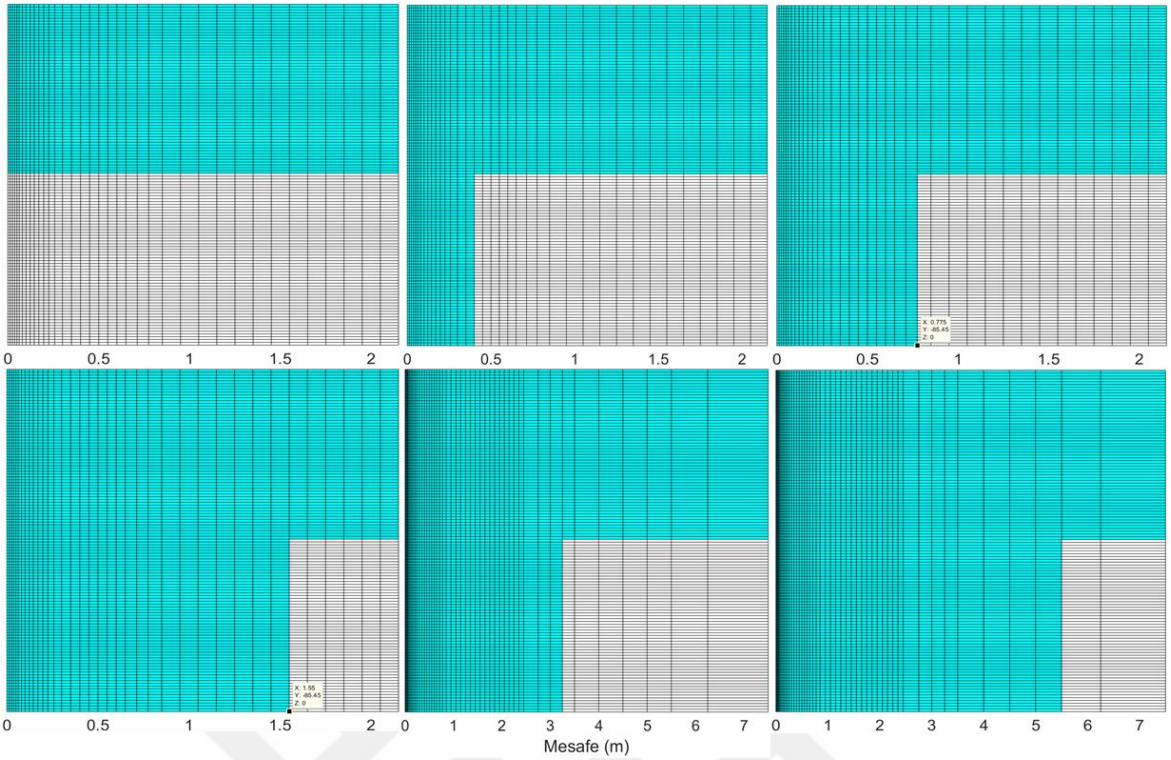


Şekil 3.9. İstila etkisini incelemek için kullanılan model A, model B ve model C

3.5.2. Araştırma Derinliğinde Kullanılan Modeller

KN ve UN log aygıtlarının araştırma derinliğini incelemek için bir dizi model oluşturulmuştur. Modellerde yarı sonsuz uzunlukta 10 ohm.m özdirençli bir birimin tekdüze (1 ohm.m) yer atlındadır. Araştırma derinliğine ektisini gözlemleyebilmek için birimin kademeli olarak kuyu çeperinden uzaklaştırılmıştır.

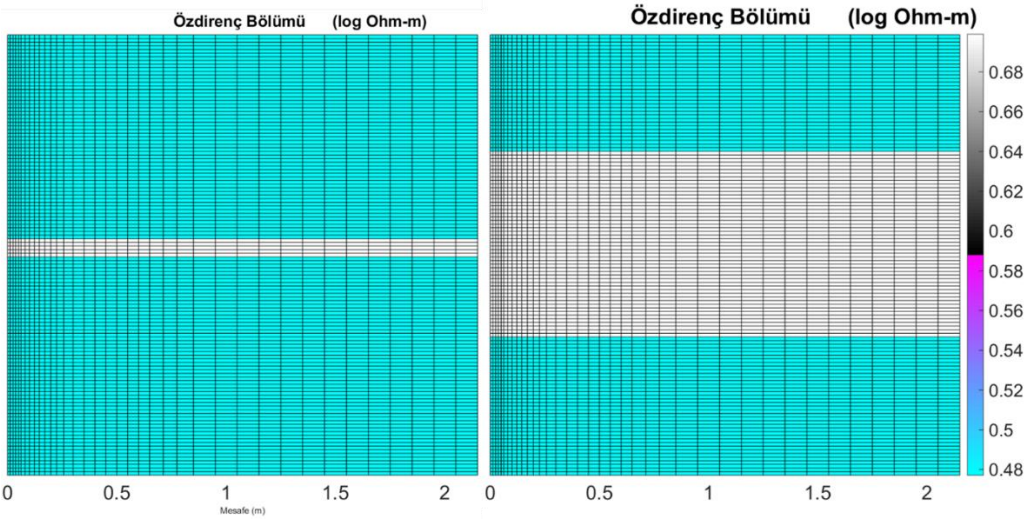
Oluşturulan ilk modelde, birimin kuyu çeperinden başlamaktadır. Kısa normal log aletinin kuramsal inceleme derinliği alet aralığı x 2 yani 80 cm'dir. İlk dört modelde birim kısa normal log aleti araştırma derinliği içerisinde kalmaktadır. Sonraki modellerde araştırma derinliği içerisinden çıkarak uzaklaşmaktadır. Kullanılan modellerde birimin kuyu çeperine olan uzaklığı sırasıyla 0 cm, 40 cm, 80 cm, 160 cm, 325 cm, 550 cm olarak alınmıştır. Şekil 3.10'da bu modeller gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Kuyu çeperinden uzaklaşan yarı sonsuz birim modellerin eksen değerleri

3.5.3. İnce Tabaka Etkisini İncelemek için Oluşturulan Modeller

Log eğrilerinin tabaka kalınlıklarıyla etkileşimini incelemek amacıyla ince ve kalın tabakalı iki yeraltı modeli oluşturulmuştur. İnce tabakalı modelde tabaka kalınlığı 30 cm, özdirenci 5 ohm.m' dir. Kalın tabakalı modelde tabaka kalınlığı 2.5 m, özdirenci 5 ohm.m' dir. İki modelde de tabaka 3 ohm.m' lik tekdüze yeraltı içindedir. Şekil 3.11'da bu modeller gösterilmiştir.



Şekil 3.11. İnce tabakalı ve kalın tabakalı yeraltı modelleri

3.6. Çalışmada Özdirenç Ölçümünü Etkileyen Koşullar

Formasyon içerisinde süzülen çamur suyu formasyon içindeki akışkanın özelliklerini değiştirir, bu kuşağa istila (invasion) kuşağı denilir (Şekil 3.2). Bir istila kuşağı; çamur pastası (mud cake); kuyu çeperinde biriken çamurun katı kısmı, yıkanmış kuşak (flushed zone); çamur filtre suyunun formasyon akışkanını tamamen öteleyerek yerleştiği kısım, geçiş kuşağı (transition zone); çamur filtre suyunun ulaşabildiği fakat hepsini öteleyemediği için formasyon akışkanı ile birlikte bulunduğu kuşaklardan oluşur. İstila kuşağı ölçümleri etkileyerek log değerlerinin gerekenden daha farklı olmasına neden olmaktadır.

3.7. Çalışmada Kullanılan Program

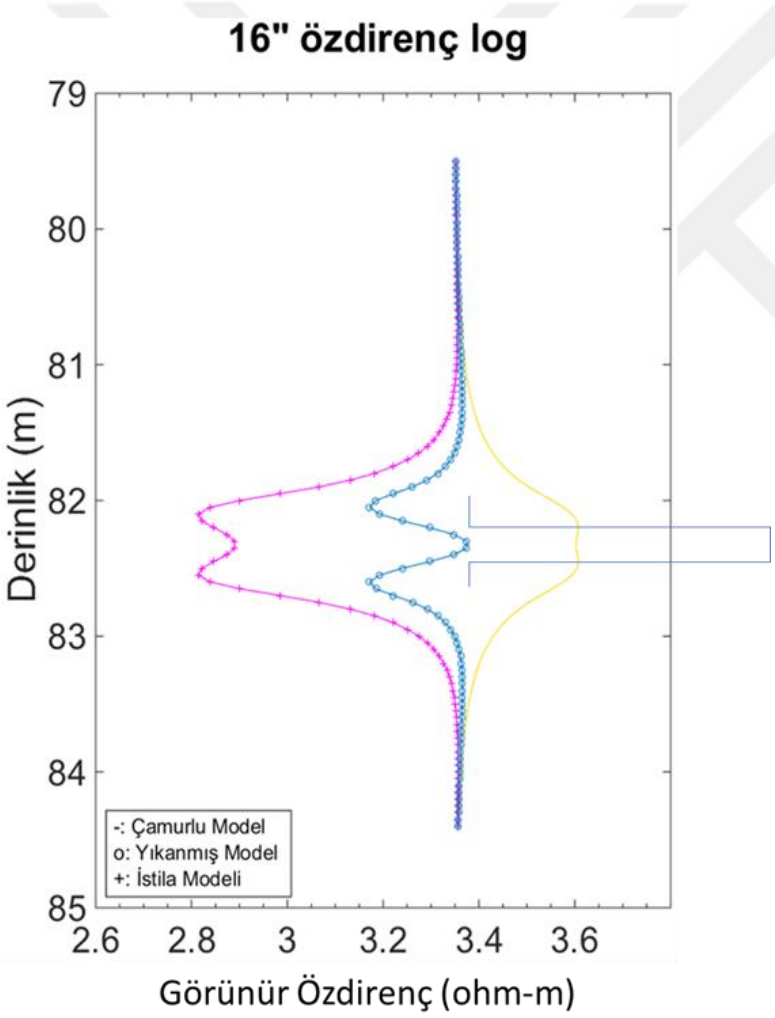
Saha verisinden alınan kısa normal özdirenç kuyu logu değerlerinin ters çözüm yöntemi yardımıyla yeraltının iki boyutlu modellenmesi ve yeraltı modelinden türetilen eğriler; Ulugergerli (2011) tarafından geliştirilen ve CG ile ters çözüm yapan yazılımdır.

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada kullanılan modeller ile elde edilen log eğrileri ve log eğrilerinin davranışları bu bölümde verilecektir.

4.1. İstila Etkisinin İncelenmesi

Çamur kaynaklı oluşan tabakaların 16'' kısa normal log eğrilerine etkisi incelenmektedir. Şekil 4.1'de kısa normal özdirenç log eğrileri oluşturulan üç yeraltı modeline göre üretilmiştir (örn. Karataş, 2017).



Şekil 4.1. 16'' normal log eğrilerinin çamur etkisi ile değişimleri ve "M" biçimli belirti örneği

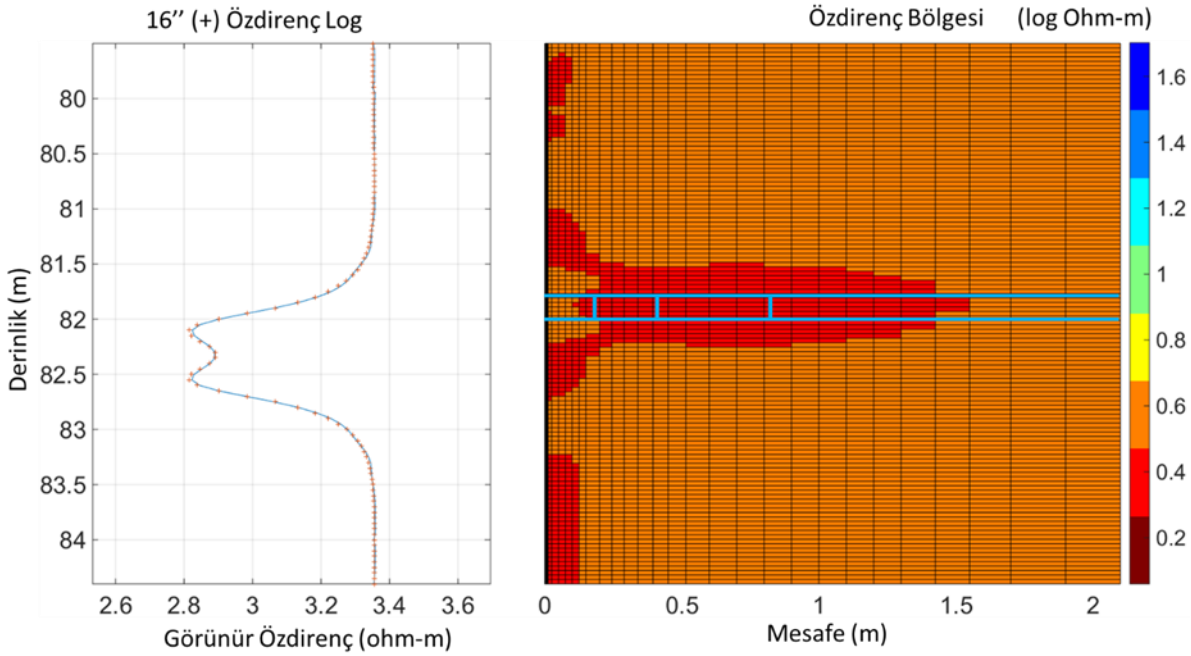
16’’ eğrilerinde (şekil 3.9 model A) modeli göz önüne alındığında, eğrinin (-) çamurun (0.2 ohm.m) etkisini geçerek tabakanın (Rt = 5 ohm.m) varlığını gösterdiği görülmektedir. Fakat 5 ohm.m olması gereken değer 3.6 ohm.m olarak görülmektedir.

Modele yıkanmış kuşak eklendiğinde (Rxo= 0.5 ohm.m) (şekil 3.9 model B), eğrinin bu kuşağın etkisinde kalarak düşük özdirenç değerleri verdiği görülmektedir (3.2 ohm.m) (o işaretli). Son model (şekil 3.9 model C) de tüm istila kuşaklarının (çamur, yıkanmış bölge ve geçiş bölgesi) eklenmesi ile eğrinin (+ işaretli) daha düşük değer verdiği (2.85 ohm.m) gözlenmektedir.

Yapılan modeller incelendiğinde kısa normal log eğrilerinin akışkan kaynaklı oluşan tabakalanma yüzünden ölçülmesi beklenen tabaka özdirencini (5 ohm.m) vermediği aksine düşük değerler verdiği gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre istilanın log eğrilerini zararlı yönde etkilediği anlaşılmaktadır. M şeklinde eğrilerin görülmesi ince tabaka etkisi yüzünden olmaktadır.

Anılan M şekildeki belirti ince tabakalar serisinin yarattığı belirti ile özdeştir. Aygıt boyu ile katman kalınlığının birbirine oranı arttıkça sınır geçişlerinde bu etki oluşmaktadır (ayrıntı için Bölüm 4.3).

Şekil 4.2’de istila modeli (şekil 3.9 model C) kısa normal özdirenç log değerlerinin ters çözümü yapılmış ve log değerlerine göre yeraltının bir modeli oluşturulmuştur.



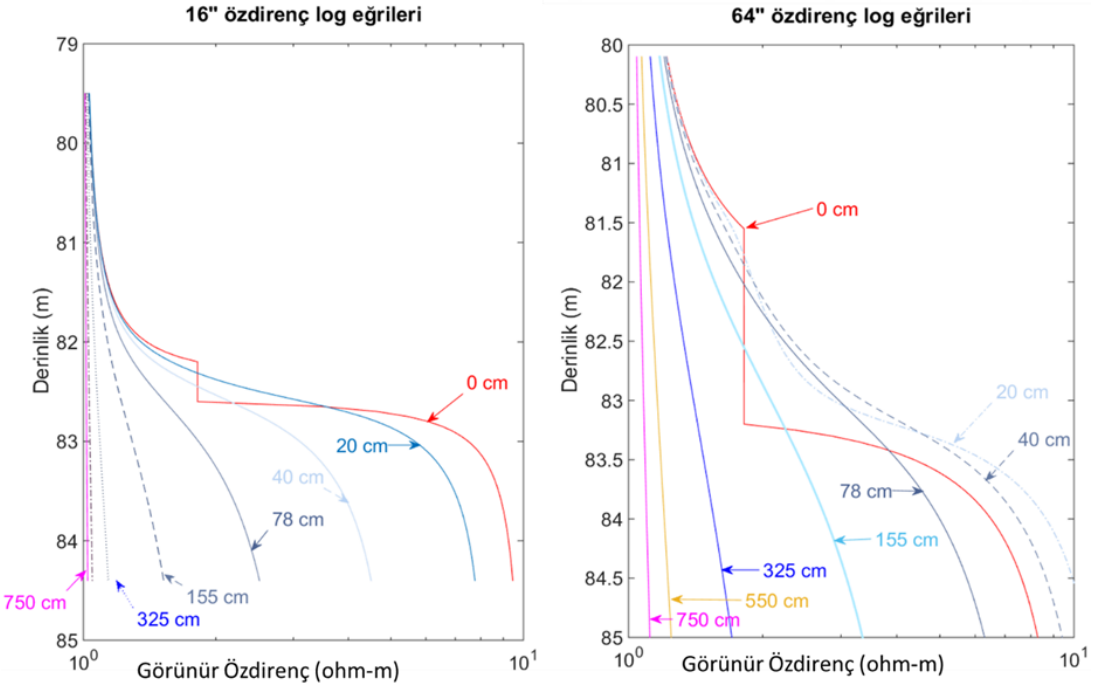
Şekil 4.2. İstila modeli ile elde edilen 16’’ log değerleri ve ters çözümü ile elde edilen yeraltı görüntüsü

İstila modeline göre oluşturulan yeraltı modeli incelediğinde; yeraltı içerisinde düşük (2.5 ohm.m) özdirençli yaklaşık 1.5 m uzunluğunda bir yapı görülmektedir. İstila modelinde istilanın yaklaşık 40 cm olduğu bilinmektedir. 1.5 m' lik düşük özdirenç yapısının oluşma nedeni olarak kısa normal eğrisinin derinden ölçü alamadığı göz önünde bulundurulursa bu uzanımın kısa normal için yeterli olduğu söylenebilir.

Ters çözüm ile elde edilen modelin eğriyi oluşturulan modele göre karşılaştırılması yapılırsa, 5 ohm.m'lik tabakanın özdirencini istila nedeniyle 2.5 ohm.m olarak göstermektedir. Burada; sadece kısa normal eğrisinden yola çıkarak gerçek yeraltı özdirenci Rt'yi doğru olarak belirleyemeyeceğimiz görülmektedir fakat yeraltı için yapısal bir model ortaya koyulmaktadır.

4.2. Araştırma Derinliğinin İncelenmesi

Özdirenç log eğrilerinin inceleme derinlikleri yeraltında uzaklaşan yarı sonsuz bir tabakanın kuramsal inceleme derinlikleri göz önüne alınarak seçilmiştir (Şekil 3.10) ile eğri davranışları incelenmiştir. Şekil 4.3'de kısa ve uzun normal özdirenç log eğrilerinin mesafeye göre davranışları verilmektedir.

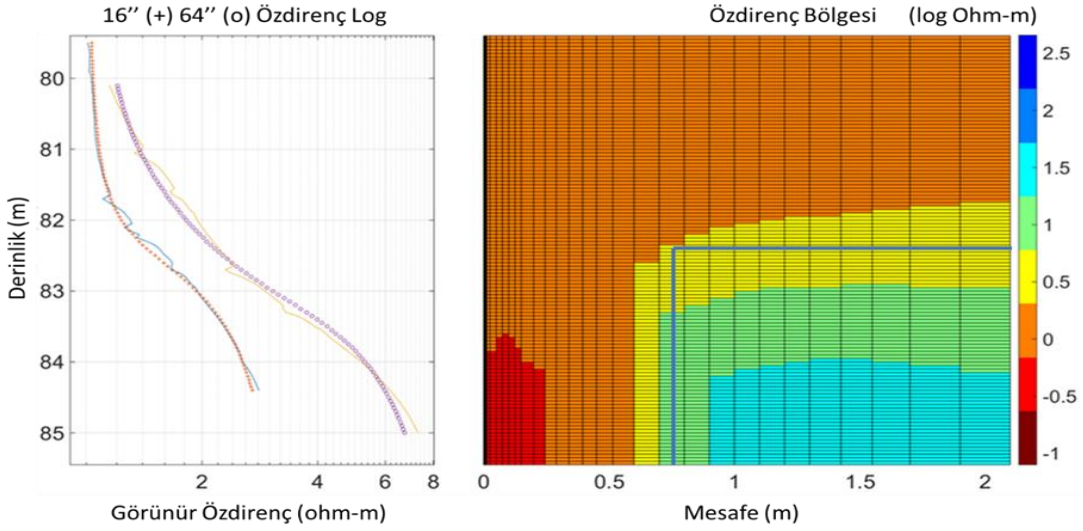


Şekil 4.3. Yarı sonsuz birimin uzaklaşması ile elde edilen 16'' (sol) ve 64'' (sağ) log eğrileri

1 ohm.m özdirençli yer altında 10 ohm.m' lik yarı sonsuz birimin düşey ölçüm doğrultusundan uzaklaşması ile elde edilen modeller incelenirse; 16'' eğrilerinin özdirençlerinde birimin uzaklaşması ile doğru orantılı bir düşüş gözlenmektedir. İlk birimin modeli (0 cm) için birim özdirenci 10 ohm.m' ye yakınsamaktadır. KN inceleme derinliği sınırından uzaklaştıkça hedef tabakanın 10 ohm.m özdirenç değerinden sapmaktadır. Kuramsal inceleme derinliğine yaklaşıldığında (80 cm) hedef birimin özdirencini ~4.5 ohm.m olarak vermektedir. Yaklaşık 1.5 m'den itibaren çok düşük değerler (<2.5 ohm.m) gözlenmektedir. Kısa normal için kuramsal inceleme derinliğinin yaklaşık 80 cm olduğu doğrulanmaktadır.

64'' aletin kuramsal inceleme derinliği (320 cm) ilk altı modeldeki birimi kapsamaktadır fakat 20 cm ve 40 cm modellerinin verdiği eğriler ters etki göstermektedir, 0 cm uzaklıktaki birimin ürettiği UN eğrisinden daha fazla özdirenç değerleri vermektedirler. UN kuramsal inceleme derinliğine yaklaşıldığında birimin olması gereken değerinden üç kat daha az özdirenç değeri (<3.25 ohm.m) gözlenmektedir. Kuramsal inceleme derinliği aşıldığında ise 1.7 ohm.m' den daha az değerler gözlenerek düşüşe geçmiştir.

Her iki eğride de ilk ve son modeller arasında elde edilen eğrilerin yaklaşık 10 ohm.m' lik bir fark verdiği görülmektedir. Diğer bir deyişle yapı veriyi etkileyememektedir. Kuramsal inceleme derinliğinin aşılması ile KN ve UN özdirenç eğrilerindeki düşüş yapısal etkiden çok derinlikle artan doğrusal değişim halini almaktadır.

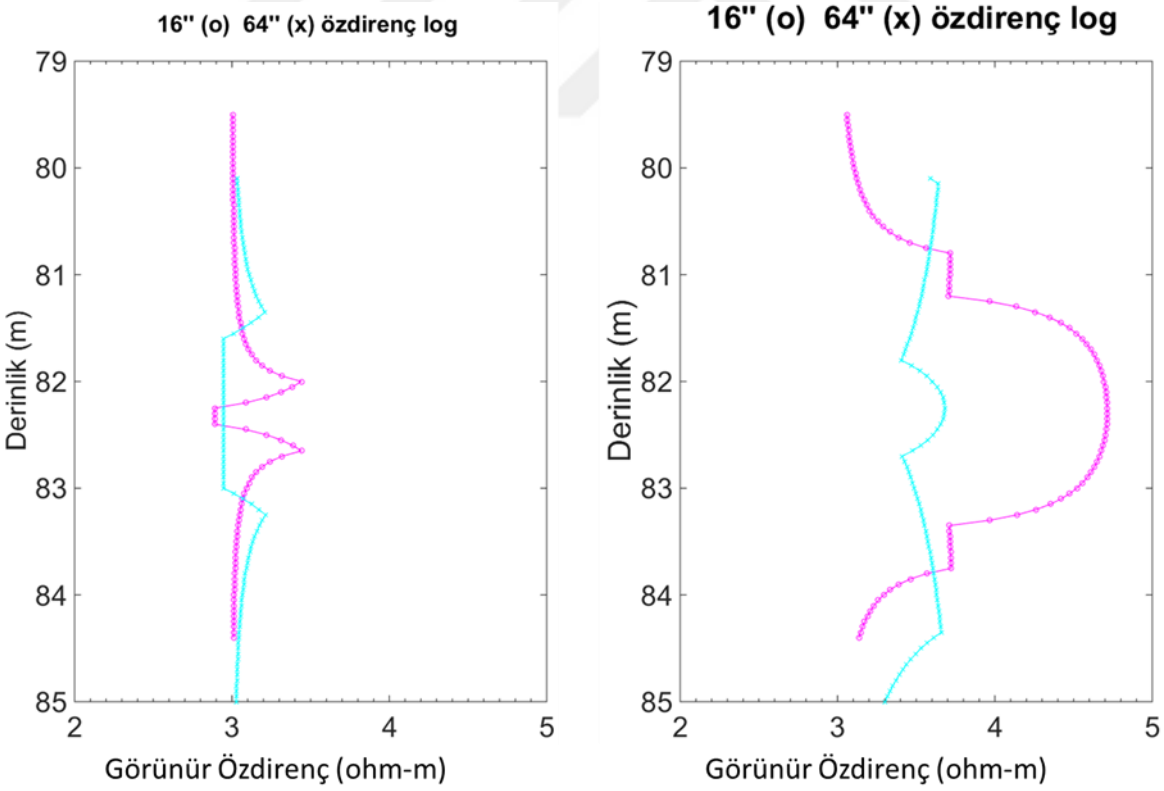


Şekil 4.4. 80 cm uzaklıktaki tabaka modeli 16'' ve 64'' log değerleri ve ters çözümü ile elde edilen yeraltı görüntüsü

Ters çözümden elde edilen yeraltı modeli ile eğrilerin oluşturulduğu modelin karşılaştırılması yapılırsa, ters çözüm modelinin benzer bir yapısal sonuç verdiği görülmektedir. İlk modelde yarı sonsuz tabaka 10 ohm.m özdirençli alınmıştır, ters çözüm ile elde edilen yeraltı modelinde ise üç farklı özdirençli yapı gözükmektedir, yapısal olarak aynı gözükse de 3 ile 30 ohm.m arasında değişen değerler vermektedir. Arka plan yeraltı özdirenci 1.ohm olarak aynı kalmıştır. 16'' loğun araştırma derinliği sınırda olduğundan tabakanın bilgilerini içerdiği düşünülmemektedir ama tabaka önündeki boşluk için gereklidir.

4.3. İnce Tabaka Etkisinin İncelenmesi

Yeraltındaki tabakaların alet elektrot aralığından küçük olduğu durumda ve normal sayılabilecek kalın durumunda çamurun etkileri olmadan incelenmek istenmiştir. Bu nedenle iki oluşturulan iki modelin (Şekil 3.11) ürettiği özdirenç log eğrileri şekil 4.5' de verilmiştir.



Şekil 4.5. İnce tabaka (sol) ve kalın tabaka (sağ) ile elde edilen log eğrileri

30 cm tabaka kalınlığında elde edilen log eğrileri incelendiğinde (sol), kısa normal özdirenç log eğrisinin tabaka eş derinliğinde göstermesi beklenen özdirenç değerinin (5 ohm.m) yerine ters bir davranış sergileyerek 2.9 ohm.m 'lik bir özdirenç değeri vermektedir. Kalın normal log eğrisi incelendiğinde ise tabaka varlığını belirginleştirecek bir davranış sergilemediği görülmektedir.

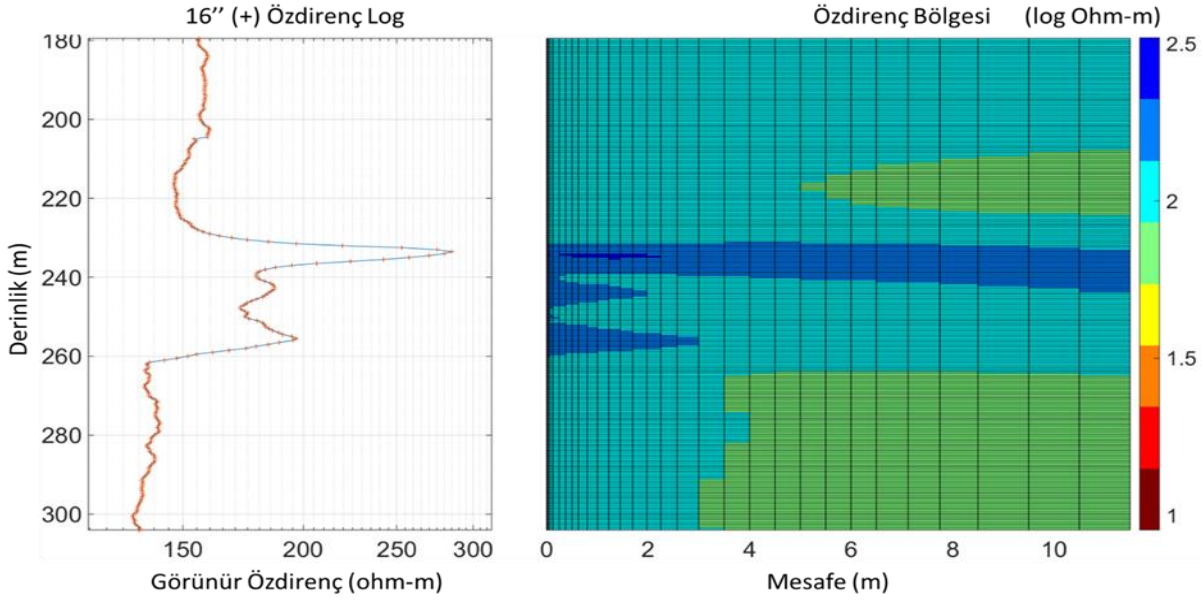
2.5 m tabaka kalınlığında elde edilen log eğrileri incelendiğine (sağ), kısa normal özdirenç log eğrisi (mor renkli o) normal beklenen eğri davranışını sergilemektedir. Uzun normal log eğrisi (mavi x) tabaka varlığını belli edecek şekilde davranış sergilemeye başlamaktadır.

İnce tabakada log eğrileri tabaka varlığını göstermemektedir. Kalın tabakada ise eğriler tabakaya işaret etmeye başlamıştır.

4.4. Arazi verisi ile Ters Çözüm

Bu kısımda saha verisinden alınan kısa normal özdirenç kuyu logu değerlerinin ters çözüm yöntemi yardımıyla yeraltının iki boyutlu modellenmesi çalışılmıştır.

Kesit derinliği 120 metredir ve 0.5 metrede bir ölçülen kısa normal özdirenç değerleri kullanılmıştır. Kullanılan veri sayısı 240'dır. Çamur 4 cm kalınlığında verilmiştir. Arazide yapılan kuyu logu çalışmasından elde edilen özdirenç verileri şekil 4.6'de gözlenmektedir.



Şekil 4.6. Solda kısa normal log verileri (+) ve uydurulan model eğrisi (düz mavi çizgi). Sağda, eğriye göre yeraltının iki boyutlu modeli

16'' kısa normal alet ile alınan veriler + ile gösterilmiştir. Ters çözüm için her adımda iyileştirme yapılarak mavi eğriler eş işaretli verilere yakınlaştırılmaktadır. 7. adımdaki hali şekil 4.6'deki gibidir ve Başlangıç model otomatik olarak üretilmiştir, Ters çözüm işlemi bir misfit değeri ile başlamış tüm adımlardan sonra 0.0056357 uyum (misfit) değerinde durmuştur.

Saha ölçümü alınan bölgenin jeolojik yapısı hakkında alına bilgiler; 1500 metreye kadar volkanik kayaç (Bazalt, Andezit, Tüf) olduğu bildirilmiştir 230-260 m aralığındaki özdirençteki artışın bazalt yoğunluğu olarak yorumlandığı bilinmektedir.

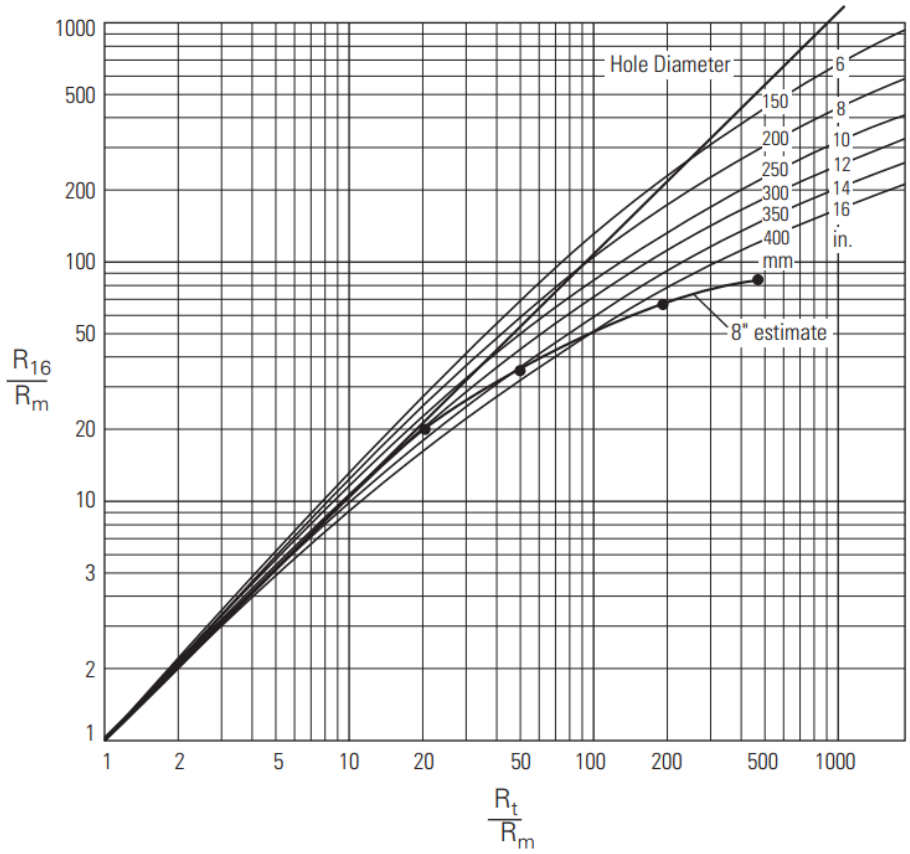
Elde edilen yeraltı modeli incelendiğinde, özdirenç değerleri bazaltın özdirenç değerleriyle uyuştuğu (400 ohm.m) söylenebilir. Yaklaşık 233. metre civarındaki özdirencin keskin artışı, yeraltı modelinde kuyu çeperinden yaklaşık 25 cm sonra başlayan ve yaklaşık 2 metreye kadar uzanan bir yoğun bölge (koyu mavi) oluşturmaktadır.

Ters çözüm çalışması ile yapısal süreklilik yerine veriyi sağlayan bir model elde edilmiştir. Modelin geçerliliği sorgulanabilir. Potansiyel alan verilerinde karşılaşılan sorunla özdeş olarak, veri azlığı nedeniyle elde edilen sonuçların geçerliliği beklentiler doğrultusunda incelenmeli ve yorumlanmalıdır. Bu yaklaşım ile de olası yer modellerinden biri elde edilmiştir.

4.5. Abak Temelli Çamur Düzeltmesi Uygulaması

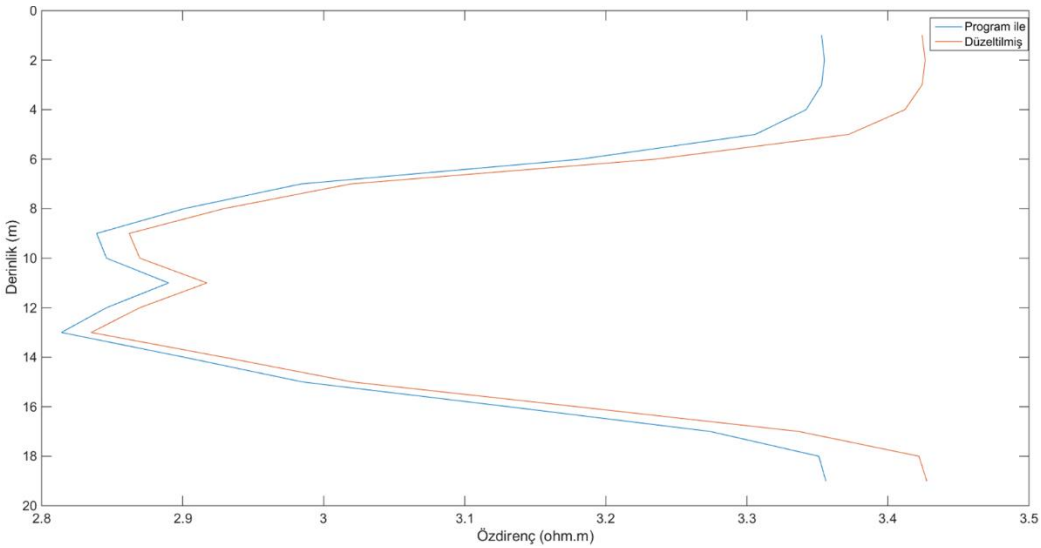
Sahada kuyu logu çalışması ile alınan özdirenç verilerine abaklar yardımıyla çamur ve istila tabakalarının etkilerini yok etmek için düzeltmeler uygulanmaktadır. Bu abaklar temel alınarak, Scott (1978) tarafından geliştirilen FORTRAN programı MATLAB programına uyarlanmış ve elimizdeki saha verisine uygulanmıştır.

Örnek bir abak şekil 4.7'da verilmiştir.



Şekil 4.7. 16'' kısa normal log ölçümlerinde yaklaşık çeşitli delik çaplı (inç) kuyular için uygulanan düzeltme abağı (Schlumberger, 1962; Ellis ve Springer, 2007)

Bu çalışmadan beklenilen sonuç, piyasadaki abakların ne kadar tutarlı bir düzeltme yaptıkları ve eldeki modelleme programıyla karşılaştırılmasını gözlemlemektir.



Şekil 4.8. Çamur düzeltmesi uygulanmış veri (sarı) ve bu çalışmadan elde edilen veri (mavi) gösterilmektedir

Sonuç incelendiğinde birden fazla abak temelli oluşturulan program düzeltmesi bu çalışmada kullanılana göre daha yüksek özdirenç değerleri üretmektedir. Abakların kullanılma şartları göz önüne alındığında karmaşık yapılarda ve istila içeren tabakalarda tutarsız sonuç üretebileceği ve eldeki programın abak kullanımlarına göre oldukça kullanışlı olduğu görülmektedir.

Şekil 4.7'daki abak ile ters çözüm modelinden elde edilen veriler birbiri ile karşılaştırılmıştır. Tablo 4.1'de bazı noktalardaki sonuçlar verilmiştir.

Log derinliği (m)	**Log (ohm.m)**	**Abak sonucu (ohm.m)**	**Ters çözüm ile bulunan (ohm.m)**
200	156	150	100
220	148	150	100
233	285	400	177-400
240	179	200	100-125
245	181	200	158
255	196	240	158

Şekil 4.9. Arazi log ölçümünden elde edilen verilerin derinliğe göre abak ve ters çözümden elde edilen özdirenç değerleri

Günümüz piyasasında ham log eğrilerinden yola çıkarak bazı düzeltmeler uygulanmaktadır. Bu düzeltmeler abaklar yardımıyla yapılmaktadır. Kuyu çeperi düzeltmesi, istila etkisinin giderilmesi gibi değişik biçimde abaklar bulunmaktadır. Bu abaklar kullanılarak istenen her nokta için değerler abak eksenlerine göre seçilerek çıkış değerleri elde edilir. Abakların tam sayı değerleri üzerinden gitmesi düzeltme yapılmak istenen noktanın küsuratlı olması nedeniyle keskin sonuçlar vermeyebilir ayrıca çıkış değerleri birbirlerine yakın olmaktadır. Bu nedenle birbirinden farklı sonuçlar elde edilmeyebilir. Bu durum tablo 4.1'de görülmektedir.

Ters çözüm modeli ile elde edilen yeraltı modeli ile abaktan elde edilen özdirenç değerleri arasında az da olsa bir fark mevcuttur. 233. ve 240. metrelerdeki değerlerin modelde iki farklı sonuç verdiği, abak sonuçlarının tek değer ürettiği görülmektedir. Tablodaki değerler incelendiğinde abak ile de bir yapının varlığı görülmektedir. Fakat abaklar yardımıyla sadece tek özdirenç değerleri bulunurken ters çözüm ile yeraltının iki boyutlu olası bir modeli oluşturulduğundan yapının görüntüsü elde edilmektedir.

Elde edilen bulgular önceki araştırmaların sonuçları ile uyumludur ve kuramsal olarak ortaya konan bazı sorunlar bu çalışmada sayısal olarak gösterilmiştir. Genel olarak 2B modelleme sonucunun 1B varsayımla yapılan düzeltmelerin sonucuna veya ham ölçümlere göre gerçeğe çok daha yakın sonuçlar ürettiği (örn. Ellis ve Singer, 2008) ve bu tür yaklaşımı arazi koşullarında dahi yapılabileceği gösterilmiştir

BÖLÜM 5
SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çamurun etkileri ve sondaj deliğinin etkisi, ampirik formüller yardımıyla özdirenç sapma eğrilerinden hesaplanıp giderilebilir. Modelleme çalışmaları ile normal eğrilerinin davranışlarına göre inceleme derinliğinin değişimi gözlemlenmektedir. Bu çalışmada 16'' özdirenç log eğrilerinde çamurun olumsuz etkisi çamurun oluşturduğu tabakalar ile incelenmiştir. Yıkanmış bölge ve geçiş bölgesinin inceleme derinliğine olumsuz etkisi modellerde görülmektedir.

Saha çalışmalarında abaklar yardımıyla yapılan program uygulandığında elde edilen sonucun kesin bir düzeltme içermediği gözlenmiştir. Başka bir abak yardımıyla gerçek verilerden ters çözüm yardımıyla elde edilen yeraltı modeli karşılaştırıldığında sonuçların farklı olduğu gözlenmiştir.

Yarı sonsuz uzaklaşan tabakanın inceleme derinliğine göre eğrilere etkisi modellerde görülmektedir. Kuramsal olarak verilen araştırma derinliğinin aşılması ile verilerin biçimsel değişimi etkilenmektedir.

Kısa normal için araştırma derinliği yaklaşık 80 cm, uzun normal için yaklaşık 320 cm olduğu ve uzun normal için önceki çalışmalarda belirtilen kuramsal değer ile uyuşmadığı gözlenmektedir. Bu çalışmada uzun normal için yaklaşık 160 m olarak bulunmuştur.

Ters çözüm programı ile gerçek saha verisinden yeraltının modeli üretilmiştir. Program elle yapılan diğer yöntemler ile karşılaştırıldığında jeolojik birim için bir değerin yanı sıra yeraltı için yapısal bir model üretmektedir.

KAYNAKLAR

Anderson B. I., 2001. Modeling and Inversion Methods for the Interpretation of Resistivity Logging Tool Response (Doktora Tezi). Delft University. The Netherlands.

Başokur A. T., 2004. Düşey Elektrik Sondajı Verilerinin Yorumu; e-kitap, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi, Türkiye.

Candansayar M. E., 1997. Doğru Akim Özdirenç Yönteminde Modelleme Ve İki-Boyutlu Siğ Yapilarin Aranmasinda Elektrod Dizilimlerinin Ayrimliliklarinin Karşilaştirilmasi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Türkiye.

Cozzolino K., Howard A.Q., Protázio J. S., 2000. A new look at multiphase invasion with application to borehole resistivity interpretation. Journal of Applied Geophysics 43, 91–100.

Cozzolino K., Silva J. D., 2007. Synthetic focusing and simulation of dual laterolog tool in axisymmetric subsurface models. Journal of Applied Geophysics 61(2):102-110.

Crain E., 2000. Crain's Petrophysical Handbook,

http://www.spec2000.net.

Dutta D. J., 1994. TRANS4: a FORTRAN program for computing apparent resistivity departure curves for an infinitely thick bed with transitional invaded zone in borehole geophysics. Computers & Geosciences 20 (3), 293–311.

Dutta D. J., Roy K. K., 1997. Relativite performance of focused and unfocused devices in a two-dimensional borehole environment. Journal of applied geophysics, 36(4), 181-194.

Drahos D., 1984. Electrical modeling of the inhomogeneous invaded zone. Geophysics, 49(10), 1580-1585.

Erdoğan E., 2009. Doğru Akım Özdirenç ve Manyetotellürik Yöntemlerde Sonlu Elemanlar İle İki-Boyutlu Düz Çözüme Topoğrafya Etkisinin Eklenmesi .Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Türkiye

Ellis D., V. Singer J. M., 2008. Well Logging for Earth Scientists; Springer, The

Netherlands, ISBN 978-1-4020-4602-5

Ellis D. V., Singer J. M., 2007. Well Logging for Earth Scientists. (Vol. 692). Dordrecht: Springer.

Garipova Y. V., 1997. Borehole Resistivity Inversion. Massachusetts Institute of Technology. Earth Resources Laboratory.

Gianzero S., 1981. The mathematics of resistivity and induction logging. The Technical Review. 29(1), 4–32.

Jadwiga A. J., Cichy A., Drahos D., Galsa A., Bala M. J., Ossowski A., 2016. New Methods for Modeling Laterolog Resistivity Corrections. Acta Geophysical, 64(2), 417-442

Kuyu logu çalışması temsili http://seabed.software.slb.com/well_log/WebHelp/well_logging.htm (Erişim tarihi Ağustos 2017)

Karataş D.C., 2017. Özdirenç Kuyu Logları Verilerinin İki Boyutlu Modellenmesi ile İstila ve İnce Tabaka Etkisinin İncelenmesi. 90 Yılın Ardından İstanbul Üniversitesi'nde Jeofiziğin Serüveni, İstanbul Üniversitesi Kongre ve Kültür Merkezi, İstanbul.

Liu., Lin., 2002. Joint inversion of induction/lateral/normal logs, case studies at Shenli field site. Journal of Petroleum Science and Engineering, 34(1), 55-64.

Liu Q. H., Anderson B., Chew W. C., 1994. Modeling low-frequency electrode-type resistivity tools in invaded thin beds. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 32(3), 494–498.

Maute R.E., 1992. Electrical logging: state-of-the-art. The Log Analyst 206–227.

Nam M.J., Pardo D., Torres-Verdín C., 2010. Assessment of Delaware and Groningen effects on dual-laterolog measurements with a self-adaptive hp finite-element method Geophysics. 75. DOI: 10.1190/1.3496670

Pardo D., Torres-Verdín C., Paszynski M., 2008. Simulations of 3D DC borehole resistivity measurements with a goal-oriented hp finite-element method. Part II: Through-casing resistivity instruments Computational Geosciences. 12: 83-89. DOI:

10.1007/s10596-007-9061-y

Pardo D., Paszynski M., Torres-verdin C., Demkowicz L., 2007. Simulation of 3D DC borehole resistivity measurements with a goal-oriented hp finite-element method, Part I: laterolog and LWD. Journals of the Serbian Society for Computational Mechanics 1, 62–73.

Pekiner Y., 2002. Kuyu Logları Tekniğiyle Yeraltının Keşfi, Seçkin Yayıncılık.

Rodríguez-Rozas Á., Pardo D. A., 2016. priori fourier analysis for 2.5D finite elements simulations of logging-while-drilling (LWD) resistivity measurements Procedia Computer Science. 80, 782-791. DOI: 10.1016/j.procs.2016.05.368

Roy A., Dhar R. L., 1971. Radius of İnvestigation in DC Resistivity Well Logging. GEOPHYSICS, 36(4), 754-760

Riberio M., Carrasquilla A., 2014. A new approach to calculate mud invasion inreservoirs using well logs. RevistaBrasileira de Geofísica, 32(2), 215 - 223.

Scott J. H., 1978. A FORTRAN algorithm for correcting resistivity logs for borehole diameter and mud resistivity. USGS, Open-file report. 78-669, 12 p.

Schlumberger, 1962. Schlumberger Log Interpretetion Charts. Well Surveying Corporation, Houston, TX.

Schlumberger, 1989. Log Interpretation Principles/Applications, Schlumberger Educational Services, Houston, TX.

Schlumberger, 2009. Log İnterpretation Charts 2009 Edition, Houston, TX.

Shewchuk J. R., 1994. An Introduction to the Conjugate Gradient Method Without the Agonizing Pain. School of Computer Science Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA

Towle G.H., Whitman W.W., Kim J.H., 1988. Electric log modeling with a finite difference method. The Log Analyst 184–195.

Ulugergerli E. U., 2011. Two dimensional combined inversion of short- and long-normal dc resistivity welllog data. Journal of Applied Geophysics, 73: 130–138.

Yang F.W., Ward S.H., 1984. Inversion of borehole normal resistivity logs. Geophysics 49:1541–1548.

Zhang G. J., Shen L. C., 1984. Response of a normal resistivity tool in a borehole crossing a bed boundary. Geophysics 49: (2), 142–149

Zamansky P., 1980. Simulation des laterologs par la m´ethode des ´el´ements finis. Schlumberger Paris Engineering internal report. Project 21-44-00.

Woodhouse R., 1978. The Laterolog Groningen Phantom Can Cost You Money. Paper R presented at the 1978 SPWLA Annual Logging Symposium.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Doğan Can KARATAŞ

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 22.10.1989

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği

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

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

Karataş, D.C., 2016. Ağaçların İç Yapısının Elektrik Özdirenç Tomografi Yöntemi ile İncelenmesi ve Kullanılan Elektrotların Karşılaştırılması. Trakya Üniversiteler Birliği Lisansüstü Öğrenci Kongresi, ÇOMÜ, (Poster 012)

Karataş, D.C., 2017. Özdirenç Kuyu Logları Verilerinin İki Boyutlu Modellenmesi ile İstila ve İnce Tabaka Etkisinin İncelenmesi. 90 Yılın Ardından İstanbul Üniversitesi'nde Jeofiziğin Serüveni, İstanbul Üniversitesi Kongre ve Kültür Merkezi, (Poster)

Karataş, D.C., 2017. Özdirenç Kuyu Logları Verilerinin İki Boyutlu Modellenmesi ile İstila ve İnce Tabaka Etkisinin İncelenmesi. Trakya Üniversiteler Birliği Lisansüstü Öğrenci Kongresi, Trakya Üniversitesi, (Poster)

Karataş, D.C., Ulugergerli, E. U., Zaman, U., 2017. Elektrik Özdirenç Kuyu Logu Eğrilerinden Yapısal Bilginin Eldesi İçin Bir Yaklaşım. MTA Dergisi (Hakem incelemesinde)

İLETİŞİM

E-posta Adresi: karatas.can.dogan@gmail.com