

BÖLÜM 3

KUYU LOGU ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Kuyu içi jeofizik ölçümlerinde amaç; açılmış olan bir sondaj kuyusunda kesilen kayaçların veya minerallerin belirli bir fiziksel özelliğinin kuyu derinliğine bağlı olarak ölçülmesidir. Elde edilen ölçülerin yorumlanması sonucunda; çalışmanın amacına ve uygulanan yöntemle ilgili olarak kayaçların kalınlıkları, derinlikleri, poroziteleri (gözenekliliği), permeabilitesi (geçirgenliği), sıcaklığı, yoğunluğu ve ayrıca içerdikleri sıvının miktarı ile kimyasal özellikleri hakkında bilgi sağlanır. Kuyu logu ölçüm yöntemleri çok çeşitli olmasına karşın bu kitapta ülkemizde yaygın kullanılmaya başlanmış özelliklerine göre

- 1. ELEKTRİK LOGLARI**
- 2. SONİK LOG**
- 3. RADYOAKTİVİTE LOGLARI**
- 4. SICAKLIK LOGU**

olarak dört ana başlık altında anlatılacaktır..

1. ELEKTRİK LOGLARI

Elektrik logları ile yapılan ölçümlerde temel olarak doğal veya yapay kaynaktan yayılan elektrik akımının yarattığı potansiyel farkından yararlanılır. Kuyu içinde çeşitli olaylar nedeniyle oluşan doğal elektrik akımının oluşturduğu doğal potansiyel farkını ölçülmesi doğal potansiyel logu (SP), yapay elektrik akımının yarattığı potansiyel farklarının ölçülmesi ise özdirenç logları olarak tanımlanır. Elektrik logları (SP ve özdirenç logları), başlıca gözeneklilik denetimindedir. Gözenek arttıkça, gözenek akışkanı içindeki elektrolit miktarı artar. Bu durumda kaya ya elektrik üretir (spontan potansiyel=kendiliğinden elektrik) yada verilen elektriğe karşı düşük bir direnç (özdirenç) gösterir. Çeşitli alıcılar ve kayıtlar kullanılarak ölçülen potansiyel farkından ve akım şiddetinden hesaplanan özdirenç değerlerindeki değişimler kuyu derinliğinin fonksiyonu olarak çizilir. . Elektrik logları temel olarak kendi içinde

1.1. Doğal Potansiyel (SP) Logu

1. 2. Özdirenç Logları

a)Tek Nokta Özdirenç Logu

b). Normal Özdirenç Logu

c) Lateral Özdirenç Logu

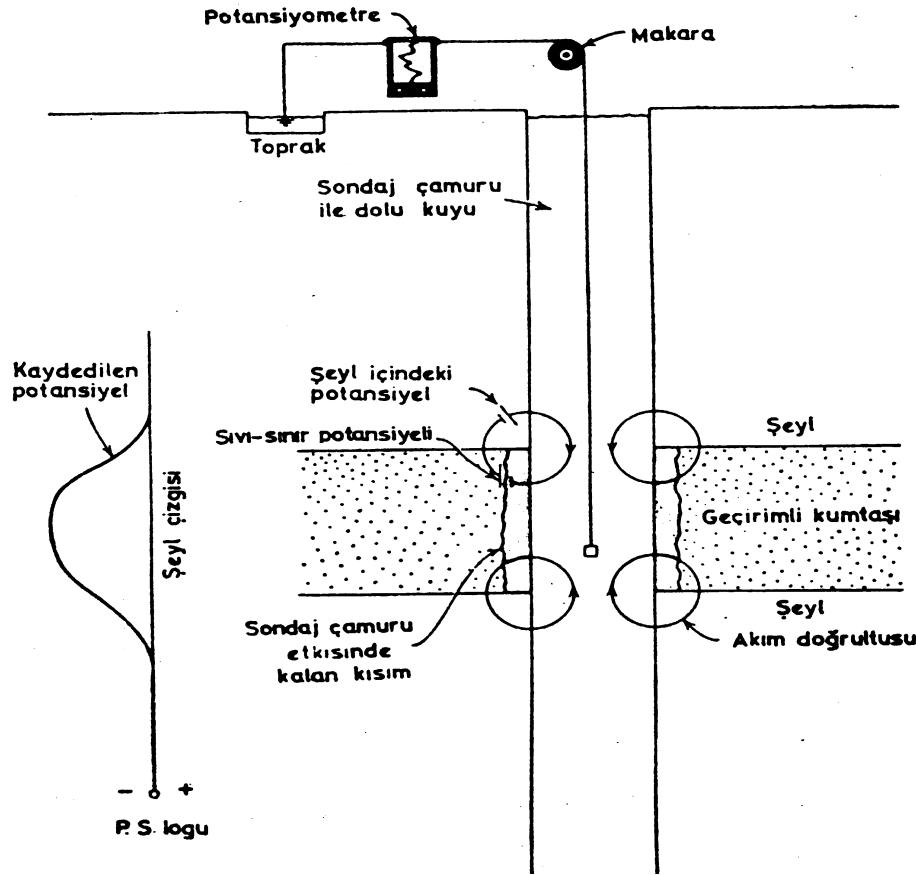
d) Mikrologlar

1.3. İndüksiyon logu

olmak üzere üç ana başlık altında toplanabilir.

1.1. Doğal Potansiyel (SP) Logu

1.1.1.Genel Tanım: SP ölçümlerinde amaç; genel olarak borusuz ve çamurlu kuyularda kuyu içi çevresinde çeşitli olaylar sonucunda oluşan doğal potansiyel değişimlerini kuyu derinliğinin fonksiyonu olarak ölçülmesidir. Sondaj kuyularında yapılan SP log ölçümlerindeki değişimlerin kaynağını genel olarak, kil birimi ile gözenekli formasyonlar içine girmiş olan sondaj çamuru arasında meydana gelen elektro kimyasal olaylar oluşturur (Şekil 3.1). Kil birimi ile gözenekli ve geçirgen formasyonların ardalanmalı olarak yerleştiği ortamlarda SP değerlerinde tabaka ara yüzeylerine karşılık gelen yerlerde ani değişimler olur. Ortam sadece kilden oluşmuşsa, SP eğrisinde herhangi bir sapma olmaz ve düşey bir çizgi şeklinde gider. Bu çizgiye kil çizgisi denir ve bu çizgi baz kabul edilir. Bu çizgiden sapmalar ise bize diğer tabakalar için bilgi verir. Doğal potansiyel ölçümleri sonucunda elde edilen veriler akifer cinsine göre farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar akifer özelliklerine göre aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 3.1 SP Logunun Oluşum Mekanizması

Kil Ara katkılı Taneli Akiferler

Kuyuda ölçülen SP değerleri formasyon suyunun tuzluluk miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca sondaj çamurunun tuzluluğu ile formasyon suyunun tuzluluğu arasındaki farklılıkta SP ölçülerini etkiler. Bu olay

$$(SP)_C = -K \log_{10} \frac{R_{wf}}{R_s} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile tanımlanır. (3.1) bağıntısında R_{wf} , çamur filtrasyonunun özdirenci, R_s , formasyon suyunun özdirenci ve K sabit olup genelde olarak 71 olarak tanımlanır. (3.1) bağıntısından formasyon suyunun özdirenci sayısal olarak bulunabilir. R_{wf} değerinin bilindiği durumlarda SP bize formasyonun suyunun tuzluluğu hakkında bilgi verebilir. Bununla beraber (3.1) bağıntısı bize ancak R_{wf} ve R_s nin birbirinden çok farklı olduğu durumlarda sağlıklı sonuç verebilir. Formasyon suyunun 15000 ppm den az çözünmemiş katı madde içermesi durumunda farklı bağıntılar kullanmamız gerekir. Bu bağıntılar kuyu sıvısı ile formasyon suyu arasındaki aktivitelere bağlı olup metal iyonları sodyum (Na), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg) olan az tuzlu sular için bu olay

$$(SP)_C = -K * \log_{10} \frac{(a_{Na} + \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}})_w}{(a_{Na} + \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}})_{wf}} \quad (3.2)$$

ile ifade edilir. Belirli iyonlara bağlı olan bu aktivite yaklaşık iyon yoğunluğu ile orantılıdır. Bu oran, değerlikler göz önüne alınsa bile, iyonun tipine bağlı olarak son derece değişkendir. Bu olay Şekil 3.2 de söz konusu üç iyon için tuzluluğun bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır. SP değeri açısından, ikili sistemdeki iyonlarda 100 ppm içeren bir solüsyonun değeri ile 1000 ppm Na içeren bir solüsyonun değeri birbirine yakın olmasına karşın özdirenç açısından 1/10 luk bir oran vardır. Bu olaylar tuzluluk hesabı için (3.1) bağıntısının kullanılmasını engeller. Bu durumda (3.2) bağıntısını kullanmak daha uygun olmaktadır. Ancak, bu olay pratikte olası değildir. Çünkü, arazi ölçümlerinde aktivite bilinmedikçe, tuzluluk arazi verilerinden sayısal olarak bulunamaz. Aynı tartışmalar, iyon tipi ve yoğunluğu ne olursa olsun devam eder. Kil tabakasının olmadığı durumlarda elektro kimyasal olay oluşmadığı için bu koşullarda SP eğrisi hemen hemen düz bir çizgidir. Ancak, diğer SP kaynakları (kilin doğasındaki değişimler, kuyunun üst kısımlarındaki su hareketleri ve polarizasyondaki ters dönüşümler) varsa bu çizgide bazı sapmalar olabilir. (3.1) bağıntısında K katsayısının değeri sıcaklıkla değişir ve 25 C de 71 olarak kabul edilir. $\rho_{çö}$ formasyona giren çamur suyunun özdirenci, $\rho_{fsö}$ de formasyon suyunun özdirenci olarak tanımlanır ve (3.1) bağıntısına göre

SP=0	$\rho_{çö} = \rho_{fsö}$
SP=negatif	$\rho_{çö} > \rho_{fsö}$
SP=pozitif	$\rho_{çö} < \rho_{fsö}$

koşulları geçerlidir.

Kil ve Masif Tabakalarla Ardalanmış Taneli Akiferler

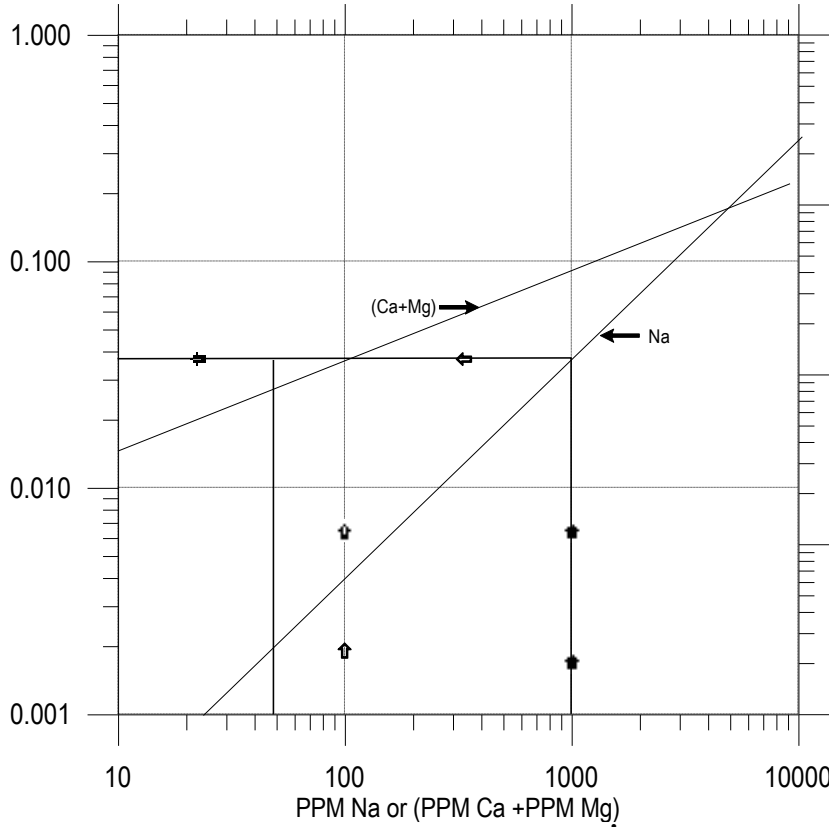
Kil tabakasının olmadığı durumlarda elektro kimyasal olay oluşmadığı için bu koşullarda SP eğrisi hemen hemen düz bir çizgidir. Ancak, diğer SP kaynakları varsa bu çizgide bazı sapmalar olabilir. Bu sapmaları oluşturan olaylar aşağıda tanımlanmıştır.

a) Kil Baz Çizgisindeki Sapmalar: Kil çizgisinin değişmez düşey bir çizgi olarak oluşması gerekirken, özellikle sığ derinlikli kuyuların üst kısımlarda oluşan bazı olaylar nedeniyle kil baz çizgisinde sapmalar oluşabilir. Bu sapmalar; kuyunun tamamında gözlenebildiği gibi yalnızca kil ara bantlarında da gözlenebilir. Sıcak bölgelerde daha çok oluşan bu olayların nedenini tam olarak açıklamak olanaklı değildir.

b) Kil Baz Çizgisinin Kayması: Kilin doğasındaki bazı değişimler veya formasyon suyundaki tuzluluğun oldukça hızlı değişmesi sonucu kil baz çizgisinde sapmalar olabilir

c) Durağan Olmayan SP: Bu olay, kuyunun en üst kısmındaki su hareketlerinden, artezyen yapan kuyularda veya su kaçağı yapan zonlarının üst kısımlarında oluşabilir. Elektrotlar sabit kalsa bile değişimler durmadan devam edebilir. Bu olay, su hareketi ile potansiyel elektrotunun hareket etmesinden oluşur. Durağansızlık, su hareketinin olduğu zonların altında gözlenebilir.

d) Polarizasyondaki Ters Dönüşler: Su tuzluluğu aynı kalsa bile akiferlerde iyon çeşidinden veya miktarından kaynaklanan sayılmayacak kadar polarizasyondaki ters dönüşler oluşur.



Şekil.3.2 Sodyum, Kalsiyum ve Magnezyum İyon Yoğunluğuna Bağlı Değişim (Guyod, 1965)

1.2. Alıcı ve ölçü birimi:

Doğal kaynaklı olan SP ölçümlerinde iki elektrot ve bir voltmetre kullanılır. Elektrotlardan biri yüzeyde kuyu başında bir noktada sabit bırakılır. Diğer elektrot ise kuyu içinde hareketlidir. Bu sistemle seçilen bir örnekleme aralığına bağlı olarak iki elektrot arasındaki potansiyel farkı kuyu derinliğinin fonksiyonu olarak mili volt biriminde ölçülmüş olur. Daha sonra SP değerlerindeki değişimler kuyu derinliğinin fonksiyonu olarak grafikledir

1.3. SP Verilerinin Genel Özellikleri

Bir sondaj kuyusunda sağlıklı bir SP ölçüsünün alınabilmesi için kuyunun sondaj çamuru ile delinmiş olması gerekir. Bu şekildeki bir kuyu içinde oluşan SP değişimleri kuyu indirilen bir hareketli elektrot ile, kuyu başındaki bir elektrot arasındaki potansiyel farkında oluşur. Kuyu başındaki elektrot sabit olduğu için ölçülen potansiyel değişimi kuyu içindeki hareketli

elektrotun geçtiği bölgedeki formasyonların değişikliğinden kaynaklanır. .. Potansiyelin mutlak değeri formasyon, formasyon akışkanları ve sondaj çamuru özelliklerine birlikte bağlıdır. SP ölçümleri potansiyel farkı ölçümleri olduğu için SP grafiğinin sıfır noktası belli değildir. Ancak değerlerin sola doğru negatif, sağa doğru ise pozitif olduğu göz önüne alınarak iki çizgi arasının kaç milli volt olduğu izlenir. Genel olarak kalın bir kil tabakası karşısında SP sabittir ve düz bir çizgi olarak görülür. Buna kil çizgisi ya da baz çizgisi denir. Kil baz çizgisi kuyu logu kayıtlarında kolaylıkla saptanabilir.

Doğal Potansiyel Log Ölçümlerinden Saptanan Ortam Parametreleri

SP ölçüm sonuçları kullanılarak ortamın gözenekliliği, permeabilitesi ve tuzluluğu hakkında bilgi elde edilebilir.

a) Gözenekliliğin ve Permeabilitenin Saptanması

Kil tabakaları arasına yerleşmiş ve düzensiz gözenekliliğe sahip permeabil kayaçların durumu SP anomalisinin biçiminden saptanmasına karşın, (3.1) ve (3.2) formüllerine bakıldığında ne eğri biçiminden nede genlik değerlerinden gözeneklilik ve permeabilite doğrudan saptanamaz.

Bir kayacın permeabilitesindeki değişimler kayaç boşluklarına yerleşen kilden kaynaklandığında, deneysel verileri kullanarak SP anomalisinin genlik değişimlerinden nicel olarak gözeneklilik ve permeabilite saptanabilir. Böylece bu yöntem yalnızca ilgili formasyondaki suyun bileşiminde değişiklikler olmadığı zaman uygulanabilir.

b) Gözeneklilik Etkisi

Elektro kimyasal potansiyel, (SP), nin gözeneklilikten etkilenmemesine rağmen, SP anomalisinin genliğindeki değişimler doğrudan gözeneklilik ile ilgilidir. Gerçekte, gözeneklilikteki azalmalar kayaç özdirencini artırır ve bu olay SP genliğini düşürür. Kil içine yerleşmiş olan masif tabakalar SP saptamaları ile ölçülemez.

c) Ortamın Tuzluluğu

Formasyon suyunun tuzluluğu sondaj çamurunun tuzluluğundan daha fazla olduğu durumlarda SP eğrisi negatif tersi durumlarda ise pozitif olur. Bu sıra dışı durum mili volt cinsinden elektro kimyasal potansiyel olarak

$$(SP)_c = -K \log_{10} \frac{R_{wf}}{R_s} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile tanımlanır. (7) bağıntısında R_{wf} , çamur filtrasyonunun özdirenci, R_s , formasyon suyunun özdirenci ve K sabit olup genelde olarak 71 olarak tanımlanır.

3.2.2. SP Ölçülerini Yorumlama Prensipleri

SP en iyi sonucu taneli akiferlerle killi tabakalar arasında verir. SP eğrileri yorumlanırken diğer veriler ile özdirenç verilerinin karşılaştırılmaları yapılır. Formasyon suyunun tuzluluğu sondaj çamurundan daha fazla olduğunda, bu formasyon karşısındaki SP değerleri komşu kil tabakasındaki SP ye göre daha negatif olur. Bu olay formasyon tanımlamada, verileri korale etmede ve tabakaların derinlik ve kalınlıklarını belirlemede kullanılır. Ayrıca, SP ile özdirenç

verilerinin birlikte kullanılması formasyon suyundaki tuzluluk değişimlerinin saptanmasını kolaylaştırır. SP genel olarak, ortamda kil araldanması olmadığı durumlarda sonuç vermez.

Doğal potansiyel ölçüleri değerlendirilirken kuyunun borulu-borusuz, çamurlu-çamursuz olmasına göre farklılık göstermektedir. Bu olay aşıağıda incelenmiştir.

a) Boş Kuyular

Bu tür kuyularda, elektrotların metalik olmaması ve kuyu duvarı ile kontak yapması koşulunda tekrarlanan SP eğrileri elde edilebilir. Çamurlu kuyuda elde edilen SP eğri biçimleri ile boş kuyuda elde edilen eğri biçimleri birbirinden farklı olur.

b) Borulu Kuyular

Metal borulu kuyularda SP ölçümleri borunun paslanması ile bağlantılı olarak değişir. Ancak verileri yorumlamak zordur. Plastik borulu kuyularda ise SP eğrisi düşey ve değişmez bir çizgi şeklindedir.

2. Özdirenç Logları

Genel Tanım: Özdirenç logu kuyuda geçilen formasyonlardaki görünür özdirenç değişimlerinin derinliğin bir fonksiyonu olarak ölçülmesi temeline dayanır. Bu ölçümlerde yüzeyde yapılan özdirenç ölçümlerinde olduğu gibi genel olarak iki akım ve iki potansiyel elektrodu kullanılır. . Bu sistemle herhangi bir derinlikte elektrotu çevreleyen ortamın çok küçük bir hacminin özdirenç değeri ölçülmüş olur. Bu hacim kuyudaki çamur kolonunun bir kısmıyla kuyuya o noktada çevreleyen ortamın bir bölümünden oluşur (Şekil 3.3.). Çamur ve formasyon özdirençleri ise farklı olduğundan ölçülen değer iki bileşenin ağırlıklı ortalamasıdır. Örneğin kuyu çapı çok genişse sondaj çamurunun kuyu çapı çok küçükse formasyonun özdirençine yakın bir değer ölçülmüş olur.

Enerji Kaynağı, alıcı ve ölçü birimi:

Kuyu içinde ve yakın çevresinde oluşan özdirenç değişimlerini ölçmek için yüzeydeki sistemlerin benzerleri kullanılır. Bu sistemde enerji kaynağı olarak elektrik üretici (doğru akım veya alternatif akım) , alıcı olarak iki potansiyel elektrotu, iki akım elektrotu, ampermetre ve voltmetreden kullanılır. Ölçüler yarım açılımlar (yarım wenner, yarım schlumberger) kullanılarak yapılır. Kuyu derinliğinin bir fonksiyonu olarak ölçülen görünür özdirenç değerlerime

$$\rho_a(z) = K \frac{\Delta V}{I} \quad (3.3)$$

bağıntısından hesaplanır. Bu bağıntıda

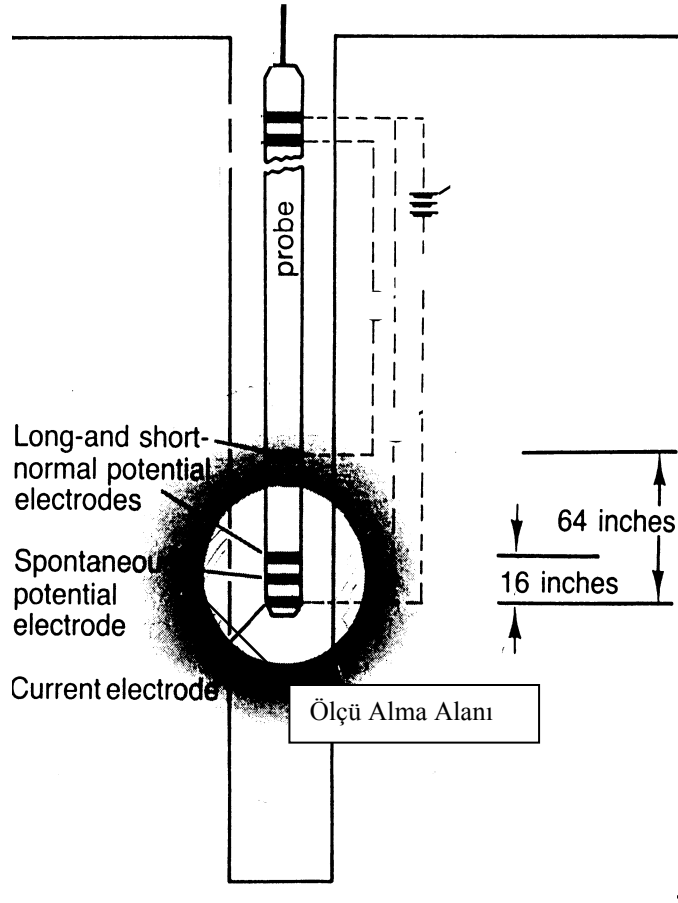
K = ölçü sistemine göre hesaplanan açılım sabiti

ΔV =Potansiyel elektrotları arasındaki potansiyel farkı

I =Akım elektrotları arasındaki akım şiddeti

$\rho_a(Z)$ = Z noktasındaki görünür özdirenç değeri

olarak tanımlanır. Görünür özdirençin birimi ohm-metredir.



Şekil 3.3. Özdirenç Loglarında Genel Ölçü Alma Sistemi

Formasyonlardaki Genel Özdirenç Değişimleri

Yeraltı suları açısından formasyonlar genel olarak iletken olmayan kayaç yapısı ile suyun birleşiminden oluşmuştur. Bu şekilde akifer oluşturan formasyonların özdirençleri

-) Formasyon suyunun özdirenci
-) Kayaçta içerdiği suyun miktarı
-) Kayaç içindeki suyun dağılımı ve sürekliliğine

bağlı olarak değişir. Bu özelliklere göre bir akiferin özdirenci genel olarak

$$R_t = F * R_w \quad (3.4)$$

bağıntısı ile tanımlanır.

Bu bağıntıda R_w , formasyon suyunun özdirenci, F , formasyonun özdirenç faktörü ve R_t , akiferin özdirenci olarak tanımlanır.

F, formasyonun öz direnç faktörü

$$F = \frac{A}{\phi^m} \quad (3.5)$$

ile verilir. (3.5) bağıntısında ϕ , efektif gözenekliliği tanımlar, A ve m ise gözenekliliğin dağılımına ve sürekliliğine bağlı olarak değişen boyutsuz değerlerdir. Bu değerler kayaktan kayaca değişmekte olup ancak laboratuvar koşullarında hesaplanmaktadır. Formasyon suyunun öz direnci (R_w), de su içindeki tuz miktarı ile ters orantılı olarak değişir. Sonuç olarak, sabit bir sıcaklıkta R_w sudaki çözünmemiş madde miktarına (ppm olarak) bağlı olarak

$$R_w = \frac{k}{ppm} \quad (3.6)$$

bağıntısı ile ifade edilir. (3.6) bağıntısında tanımlanan k değeri, çözünmemiş madde miktarı yaklaşık 3000 ppm olan az tuzlu ortamlarda hemen hemen sabit olarak kabul edilir. Bu tür ortamlarda k değeri 25 °C de ortalama 6500 olarak kabul edilir. Suyun öz direnci sıcaklık arttığı zaman bir dereceye kadar azalır (şekil.3.4). Ancak bu etki azdır ve kuyu log ölçümlerinde etkili olmadığı kabul edilir (jeotermal alanlar hariç).

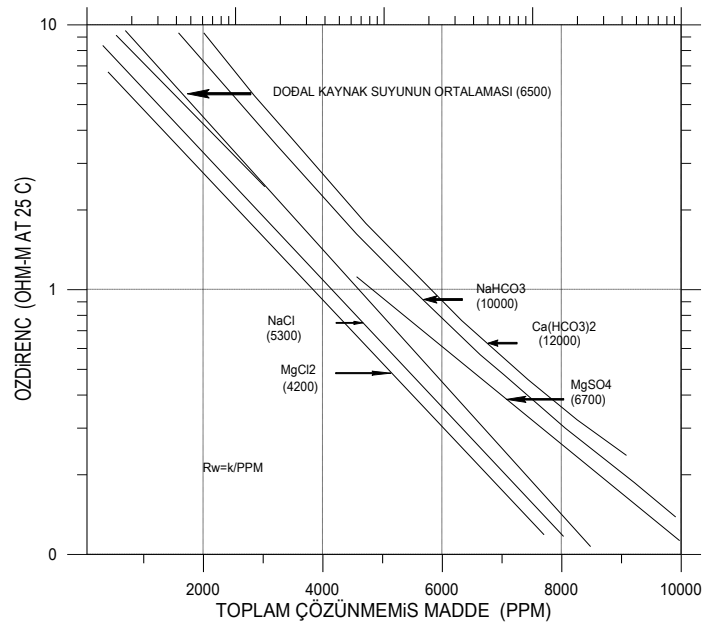
Aşağıda akifer olma açısından her ortam A, m, k, ϕ , F ve görünür öz direnç değerleri açısından ayrı ayrı incelenmiştir.

a) Taneli Akiferler

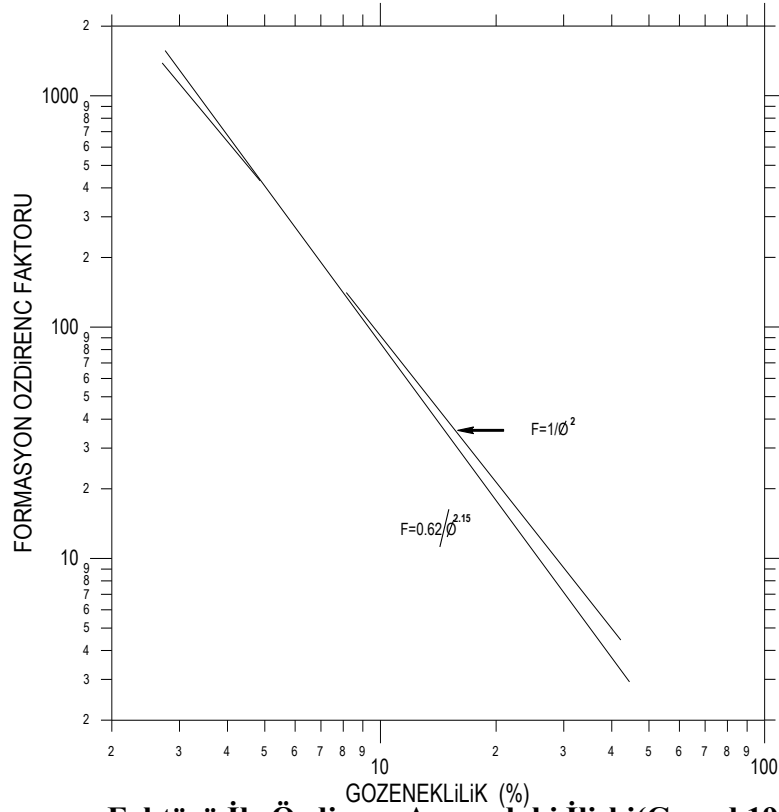
Bu tür akiferler yüksek gözenekliliğe sahip olup A ve m değerleri ortamın çimentolanma derecesi bağlı olarak

-) Az çimentolu ortamlarda A=0.62, m=2.15
-) Çok çimentolanmalı ortamlarda A=1, m=2

değerleri arasında değişir. Formasyon öz direnç faktörü ile gözeneklilik arasındaki ilişki Şekil.3.5 de verilmektedir. Kuramsal olarak bu değerlerin (1), (2) ve (3) bağıntılarında birlikte kullanılması ile taneli akifer özelliğine sahip ortamın öz direnci



Şekil.3.4 Sudaki Çözünmemiş Madde Miktarı ile Öz direnç Arasındaki İlişki(Guyod,1965)



Şekil.3.5 Formasyon Faktörü İle Özdirenç Arasındaki İlişki(Guyod,1965)

$$R_t = \frac{0.62k}{\phi^{2.15} ppm} \quad (3.7)$$

ile saptanabilir. $k=6500$ değeri için (3.7) bağıntısı Şekil 3.5 de tanımlanmıştır. Ancak düşük gözenekli ortamlarda gözenekliliğin dağılımı ve geometrisi düzensiz olduğundan A ve m değerlerini tahmin etmek güçleşir. Bu durumlarda aşağıdaki genellemeler yapılabilir.

-) Gözeneklilik oranı arttıkça akiferin özdirenci azalır.
-) Suyun tuzluluğu azaldıkça akiferin özdirenci artar.

Tatlı su içeren ortamlarda özdirenç 50-1000 ohm-m arasında değişirken az tuzlu ve tuzlu sulu ortamlarda bu değer 50 ohm-m den daha az olur.

b) Taneli Olmayan Akiferler

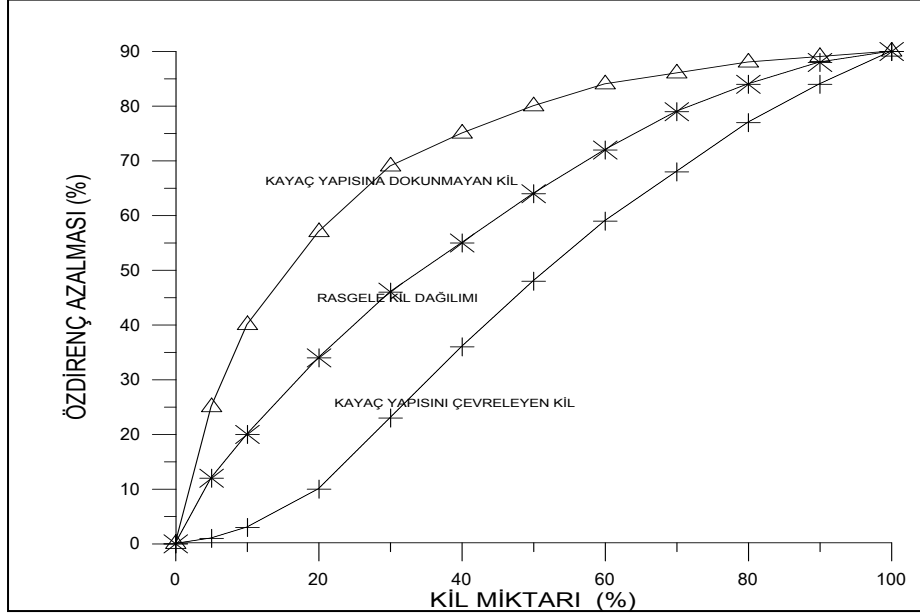
Bu tür ortamlarda gözeneklilik dağılımı çok düzensiz olduğunda herhangi bir kuramsal uygulama yapmak yanıltıcı sonuçlar verebilir. Ancak, genel olarak bu tür ortamlarda tuzluluk ve gözeneklilik azaldıkça özdirenç artar.

c) Masif Kayaçlar

Bu tür ortamlar son derece yüksek özdirenç değerleri (100 000 ohm-m ve fazlası) ve düşük gözeneklilikleri ile tanımlanır.

d) Kil

Özdirenç açısından kil gözeneklilik dağılımı özel olan taneli materyal olarak kabul edilebilir. Bu sonuçtan hareketle (3.5) bağıntısı kullanılabilir, ancak m ve A parametrelerini tahmin etmek zordur. Kuramsal olarak kilin özdirenci (3.7) bağıntısından veya şekil 3.6 dan tahmin edilebilir. Killer yüksek gözeneklilik ve az da olsa tuzlu su içerebildikleri için özdirenç değerleri diğer formasyonlara göre çok düşüktür olup bu değer (2-10 ohm-m).arasında değişmektedir.



Şekil.3.6 Kil Yüzdesi İle Özdirenç Arasındaki İlişki (Guyod,1965)

e) Kil İçerikli Taneli Akiferler

Genel olarak boşluklar arasına yayılmış olan kil formasyonun özdirençini azaltır. Kilin özdirenç akifer suyunun onda biri kadar kabul edilir.

Görünür Özdirenç Değerlerini Etkileyen Parametreler

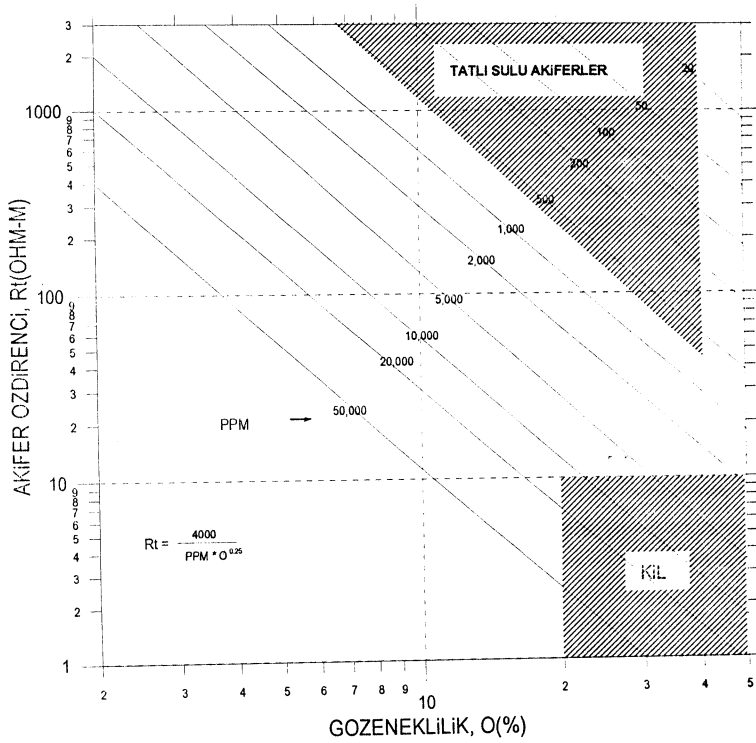
Özdirenç eğrisi, gözenek suyu ve kaya matris şeklinde bir bütün olan, yeraltı formasyonunun görünür özdirençini verir. Tüm kaya matrisin gerçek özdirenç her zaman yüksek olduğundan görünür özdirenç değişiminin kaynağı gözenek suyunun tuzluluk derecesi (veya elektrolit içeriği) veya tuzlu gözenek suyunun miktarıdır. Gözenek suyu tuzluluğu veya gözenek suyu az olursa özdirenç eğrisi bir baz çizgisine göre sağa doğru büyük bir sapma yapar Çok iyi çimentolanmış ve ara madde içerikli kayalar yüksek özdirenç gösterir. Tatlı su, miktarı fazla da olsa, yüksek özdirenç kaynağıdır. Petrol bir arada bulunduğu tuzlu suya göre daha fazla ise, formasyonun özdirenç yüksek olur. Çamur kayaları az gözenek içermelerine karşı bol özgür elektronlara sahip olduğundan, diğer az gözenekli kayalara (örg. mikrokristalin kalsit) daha zayıf özdirenç gösterir.

Özdirenç loguyla ölçülen görünür özdirenç değeri:

- Sondaj kuyusu çapı,
- Ölçümde kullanılan elektrot tipi,
- Formasyon özdirençsi,
- Formasyonun kalınlığı,
- Formasyon permeabilitesi ve porozitesi
- Formasyondaki suyun kimyasal kompozisyonu,
- Formasyonun altındaki ve üstündeki diğer formasyonların özdirençsi,
- Sondaj çamurunun özdirençsi,
- Sondaj çamurunun formasyona işleme miktarı ve uzunluğu

gibi faktörlerin toplam etkisiyle oluşur.

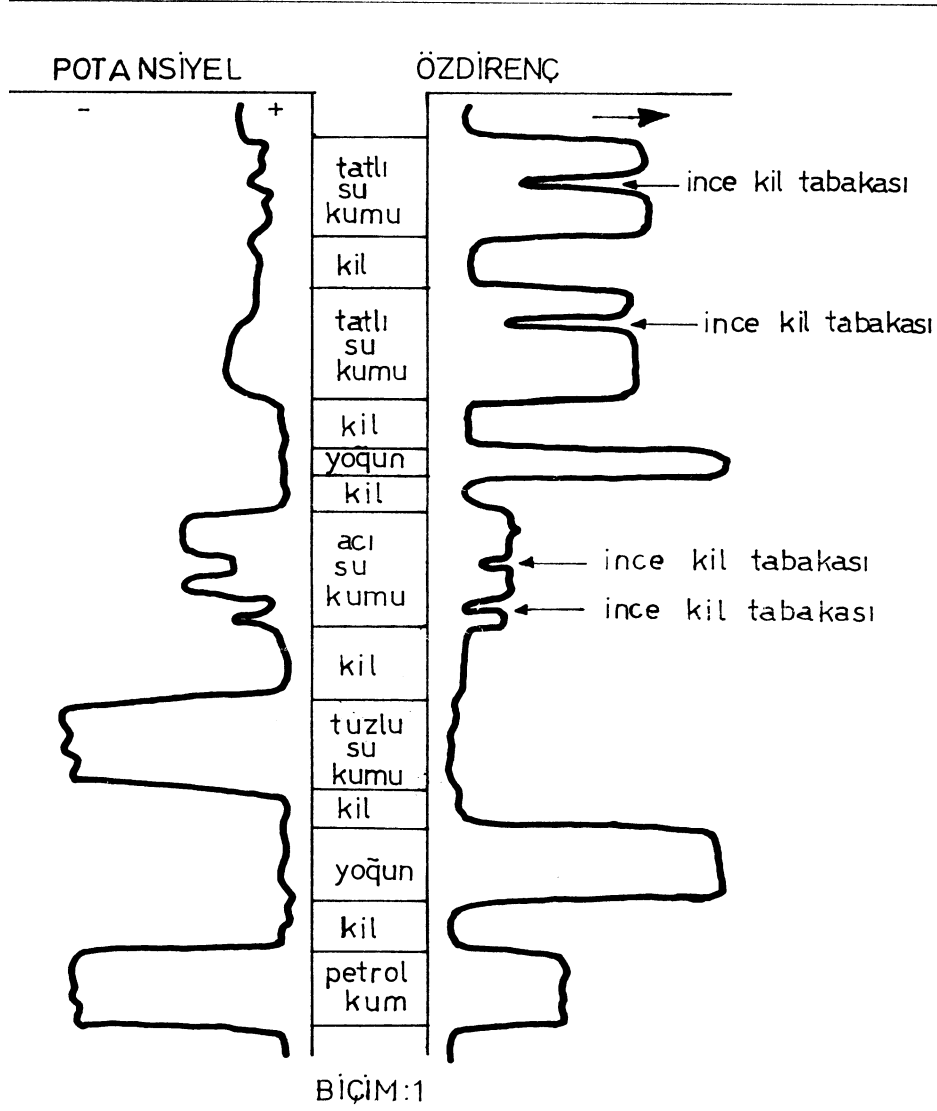
Bu nedenle bir öz direnç log eğrisinin değerlendirilmesinde bu faktörlerin etkisi mutlaka ele alınmalıdır. Alınmazsa kuyu içiyle ilgili gerçek dışı bilgiler elde edilebilir. Öz direnç logu için en önemli değişken formasyondaki suyun kimyasal özelliğidir. Formasyon öz dirençsi öncelikle formasyondaki suyun öz dirençesine bağlıdır. Suyun öz dirençsi de taşıdığı eriyik mineral miktarına bağlıdır. Örneğin 600 ppm eriyikli su içeren temiz bir kum tabakası 300ppm eriyikli su içeren aynı kum tabakasının öz direnç değerinin yarı değerindedir. Suyun formasyon öz dirençsini düşürme etkisi her formasyon için ayrıdır. Örneğin kildeki su çok iletkenidir. Çünkü kilden çözülüp suya geçen iletkenliğini büyük ölçüde artırır. Bu nedenle killer çok düşük öz direnç değerleriyle kolaylıkla ayrılabilirler. Kumlu formasyonlarda kumdan suya geçen mineral miktarı yok denecek kadar azdır. Bu nedenle sulu kumların öz direnç değeri yüksek olur. Ancak tuzlu su içeren kumlu çakıllı tabakaların öz direnç değeri killi tabakaların öz direnç değeri küçük olur. Bu nedenle killi tabakalarla, tuzlu su taşıyan kumlu çakıllı tabakaların ayırımında öz direnç logları yetersiz kalır.



Şekil.3.6. Tuzluluğa Bağlı Porozite ile Akifer Öz direnci Arasındaki İlişki (Guyod,1965)

Öz direnç Loglarından Saptanan Ortam Parametreleri

Yukarıda tanımlı akiferleri içeren birçok ortamla karşılaşılabılır (şekil 3.7, 3.8, 3.9 ve 3.10.). Kısa ve uzun normal öz direnç log sonuçlarını kullanarak ortam ve kuyu verimi hakkında bazı ön bilgiler sağlanabilir. Bu bilgilerinin en az hata ile sağlanması için çevre jeolojik ve kuyu verileri, sondaj verileri (numuneler ve sondaj çamurunun özellikleri) ile sondaj tekniklerinin çok iyi uygulanmış olması gerekir. Eksik bilgileri verilerin yorumlamasında hatalara neden olur. Özellikle ölçüyü alan kişinin bu verileri arazi defterine en ince ayrıntısına kadar not etmesi gerekir. Ayrıca sondaj çamuru iletkenliğinin ölçülüp kaydedilmesi de gerekir. Bu ön bilgilerin eksiksiz sağlandığı durumlarda aşağıdaki ortam parametreleri öz direnç loglarından sağlanabilir.



3.7. Kuramsal Doğal Potansiyel ve Özdirenç logu

a) Su Tuzluluğunun Hesaplanması

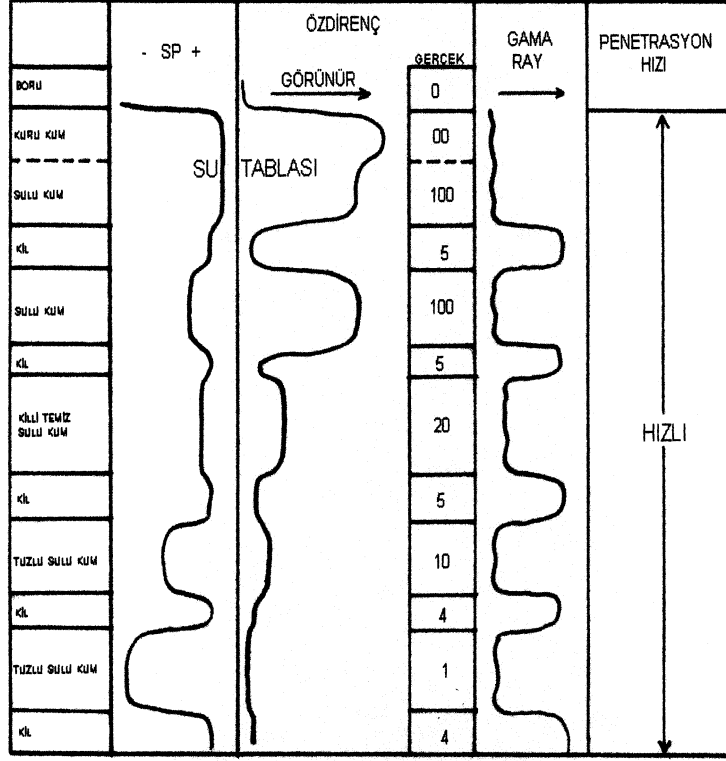
Taneli bir akiferdeki Formasyon suyunun tuzluluğu yaklaşık olarak

$$ppm = \frac{0.62k}{\phi^{2.15} R_t} \quad (3.8)$$

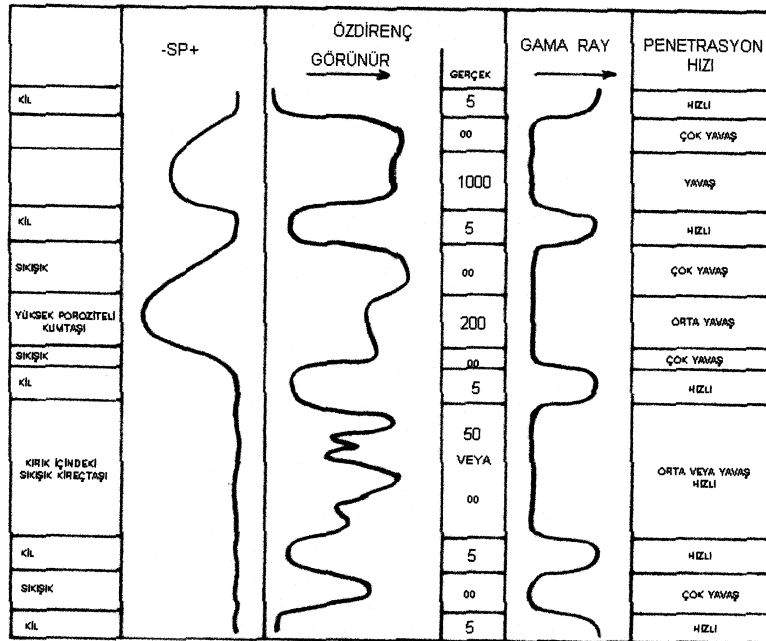
bağıntısı ile bulunur. Bu bağıntının kullanılabilmesi için akifer özdirenç değeri R_t ile gözeneklilik faktörü ϕ nin bilinmesi gerekmektedir.

b) Akifer Gözenekliliğın Saptanması

Akiferin gözeneklilik faktörü ϕ nin bulunması için (3.5) bağıntısı veya şekil 3.5 kullanılır. Bunun için ayrıca akifer direnci R_t ile çözünmemiş madde miktarı ppm in bilinmesi gerekir.



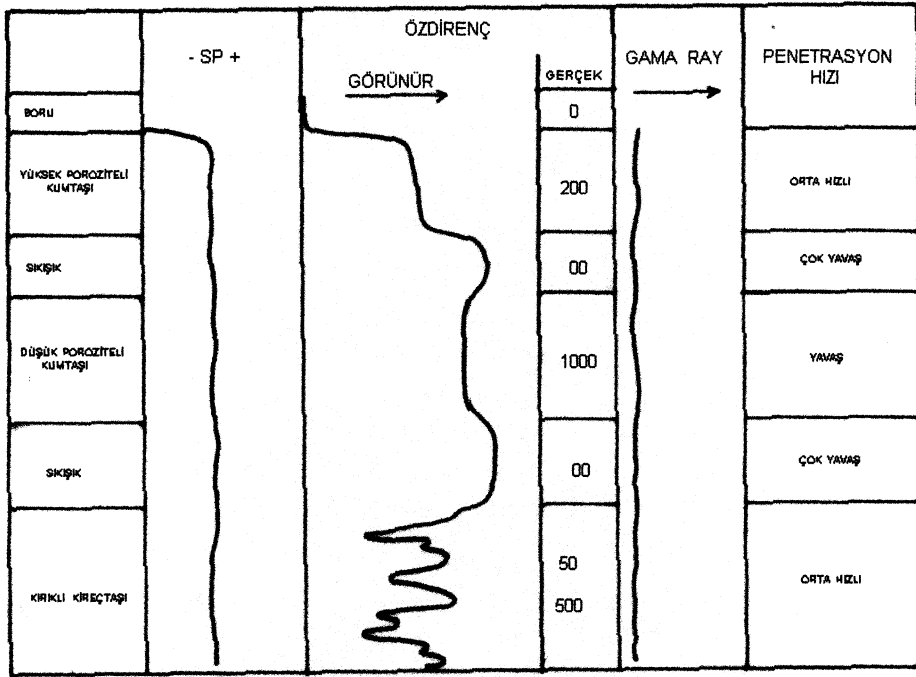
Şekil.3.8 Taneli Akifer Ortamlarında Standart log Örneği



Şekil. 3.9 Standart Kuyulogu Kuramsal Çıktı Örneği

c) Permeabilitenin Bulunması

ϕ , A ve m değerleri (3.4 ve 3.5 bağıntıları) boyutu olmayan sayısal değerlerdir. Bu nedenle özdirenç mutlak tane boyu tarafından doğrudan tayin edilmez. Bunun anlamı özdirenç permeabilite hesabı için doğrudan kullanılamaz. Özellikle çakıldan kumu ayırmak zordur. Tanımlamalar kuyu numuneleri veya çevre jeolojik bilgilerle desteklenmelidir. Akifer permeabilitesinin gözeneklilik veya kil miktarı ile doğrudan ilişkili olduğu durumlarda permeabilite değişimleri akiferin özdirenç değişimine karşılık gelir. Bu olay , gerçek özdirençin loglardan tayin edildiği durumlarda, deneysel verilerden permeabilite hesabına izin verir.



Şekil. 3.10 Standart Kuyulogu Kuramsal Çıktı Örneği

d) Statik Seviyenin Saptanması

Hava yalıtkan olduğu için, kayaların doygun olmadığı yeraltı su tablası üzerinde permeabil kayaların özdirençleri çok yüksek olur. Bununla beraber, kuyu sıvısının birazı formasyona girer, ve araştırma aralığı küçük olan problemlerle yapılan ölçümlerde bu olay özdirenç değerlerinde azalmaya neden olur. Özellikle, kayaç dokusunun tekdüze olmadığı durumlarda su tablasının derinliğini seçmek zordur.

Su tablasının derinliği araştırmak için en iyi log ekipmanı muhafaza ekipmanıdır. Çünkü, derin yanal araştırma derinliğine sahip olup büyük düşey ayrıntılar verir. Long ve short ekip mandan oluşan loglar su tablasını ölçmede kullanılır, ancak derinlik hesabı bir dereceye kadar doğru olur.

3.1.3 Kuyu Durumuna Göre Özdirenç Değerlerini Yorumlama İlkeleri

Özdirenç log sonuçları yorumlanırken kuyunun borulu-borusuz ve çamurlu-çamursuz olmasına dikkat edilmesi gerekir. Bu durum aşağıda irdelenmiştir.

a) Çamursuz Kuyular

Teçhiz yapılmamış çamursuz kuyularda, kuyu etkileri minimum olduğu için, özdirenç değişimleri daha iyi kayıt edilir. Bu tür kayıtlarda gerçek ve görünür özdirenç eğrileri birbirine oldukça yakın çıkmaktadır.

b) Borulu Kuyular

Bu tür kuyularda yapılan ölçüler formasyon özdirenci hakkında bilgi vermez. Çok eski olmayan borulu kuyularda boru çok iletken olduğu için elde edilen özdirenç son derece düşük olur. Bu ölçümlerde yalnızca kuyu derinliği ile kuyu içi filtre yerleri saptanabilir. Eski kuyularda ise boru korozyonu olduğundan ve bu olay da özdirenç değerlerini etkilediğinden boru korozyonu hakkında bilgi verir. Aynı ölçümler plastik borulu kuyularda yapıldığında, özdirenç değişimleri ile filtre yerleri ile boru içindeki sıvı hakkında bilgi sağlanır.

2.2. Özdirenç Loglarının Sınıflanması

Özdirenç loglarında genelde dört elektrot kullanılır. Bu elektrotların ikisi akım ikisi de potansiyel elektrotudur. Özdirenç logları kuyu içinde hareketli olan elektrot sayısına ve cinsine göre farklı isimler alır. Bu sınıflama

a) Tek elektrot sistemi (kuyu içinde tek elektrot hareketli)

b) İki elektrot sistemi (Normal Özdirenç logu kuyu içinde iki elektrot hareketli)

c) Üç elektrot sistemi (Lateral Özdirenç logu kuyu içinde üç elektrot hareketli))

d) Mikrologlar

olarak tanımlanabilir.. Aynı sondaj kuyusunda her metotla ölçülen görünür özdirenç değerleri farklıdır. Birden fazla özdirenç metodunun uygulanmasıyla çok daha detaylı kuyu içi bilgileri elde edilmiş olur.

a) Tek Elektrot Sistemi

Kuyu içinde bir tek akım elektrotu hareketli olup diğer elektrotlar kuyu başında sabit konumdadır. Bu logun ölçüm düzeneği ve elde edilen görünür özdirenç grafiği şekil de görülmektedir.

b) İki elektrot sistemi (Normal Özdirenç logu kuyu içinde iki elektrot hareketli)

Bu sistemde birer akım ve potansiyel elektrotu kuyu içinde hareketli ve diğer iki elektrot (akım ve potansiyel elektrotu) ise kuyu başında sabit konumdadır (Şekil 3.11). B akım elektrotu kuyu başına ve N potansiyel elektrotu ise kuyu başından uzak bir noktaya (>30m) yerleştirilir. Bu olay yüzeyde yapılan çift elektrot dizilim sistemine eşdeğerdir.

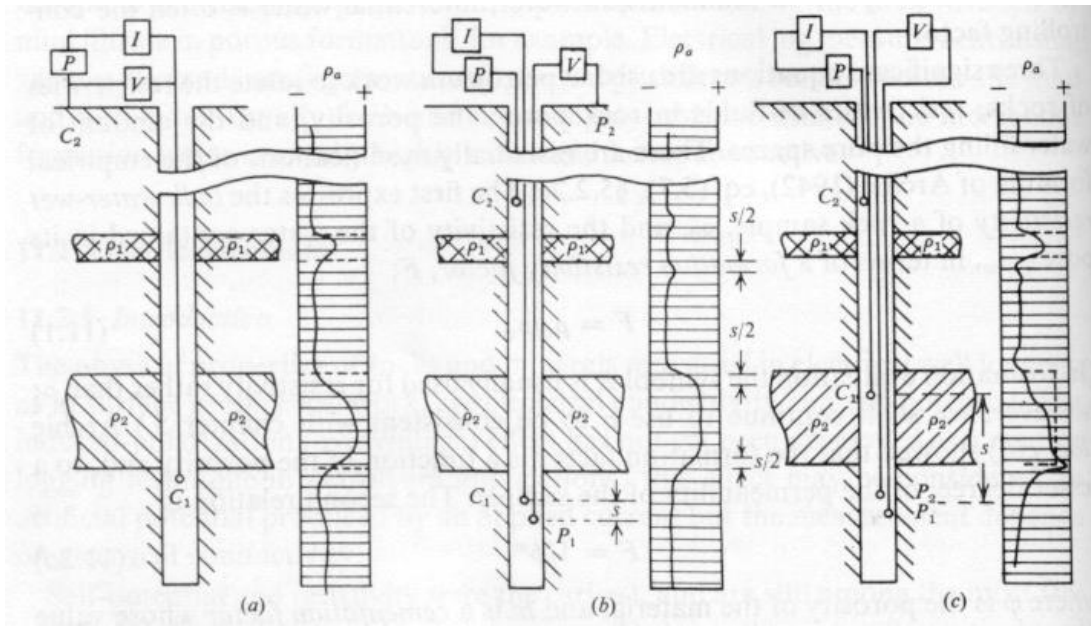
Kuramsal olarak, homojen ve izotrop bir ortamda, A akım kaynağı akım çizgileri ışınal yayılır ve bunun sonucunda A merkezli eş potansiyel yüzeyler oluşur. Bu sistemde ölçülen A-M aralığı içindeki ortamın ortalama görünür özdirencidir.

Görünür öz direnç değerleri

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (3.9)$$

bağıntısından hesaplanarak kuyu derinliğinin fonksiyonu olarak çizilir. Standart yer altı suyu kuyu logu ölçümlerinde A-M=16" (short normal), A-M=64" (long normal) olmak üzere iki farklı elektrot aralığı kullanılır. Homojen olmayan ortamda, eş potansiyel eğrilerin küreselliği bozulur. Bu sistemde elektrot uzaklığı, ölçü alma aralığına ve tabaka kalınlığına bağlı olarak görünür öz direnç değerleri ve buna bağlı olarak görünür öz direnç grafikleri farklılıklar gösterir (Şekil 3.12.). Şekilden de görüldüğü gibi iki düşük öz dirençli katman arasında kalan yüksek öz dirençli katmanın karşısında A-M>h olduğunda log eğrisinde bir maksimum oluşmasına karşın A-M<h koşulunda iki maksimum ve bir minimumdan oluşan log eğrisi ile karşılaşılır. Bu durumda aradaki tabaka sanki düşük öz direnç değerine sahipmiş gibi yorumlanabilir.

Eğer aradaki katmanın öz direnci diğer iki katmana göre daha düşük ise A-M ve tabaka kalınlığından bağımsız olarak ortamın özelliğini yansıtan görünür öz direnç anomali eğrisi elde edilir (Şekil 3.12)



Şekil 3.11. Öz direnç Log Çeşitleri

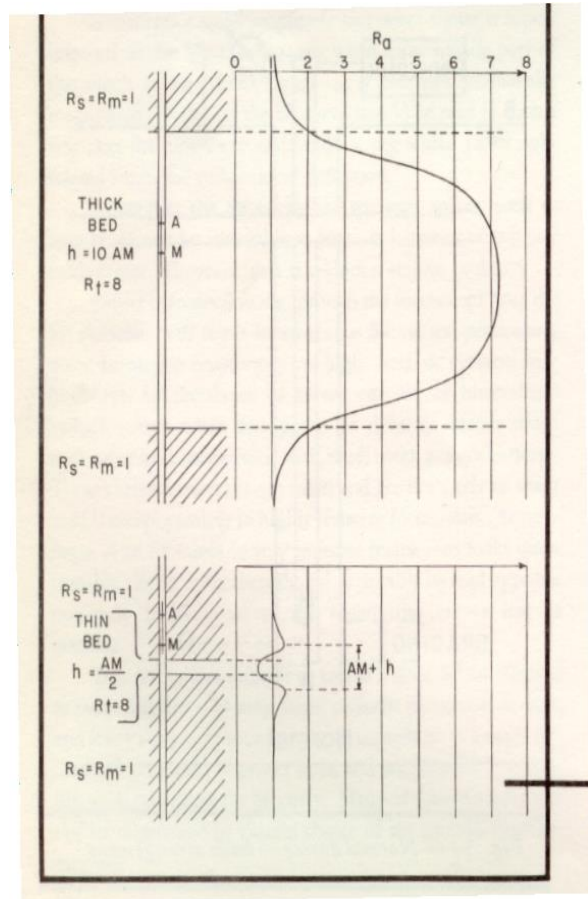
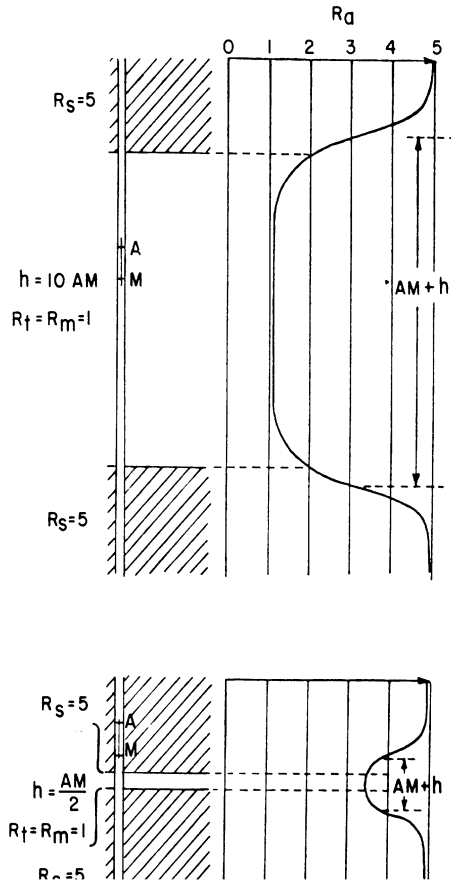
c) Üç elektrot sistemi (Lateral Öz direnç logu kuyu içinde üç elektrot hareketli))

Bu sistemde genel olarak bir akım ve iki potansiyel elektrotu kuyu içinde hareketli ve diğer potansiyel elektrotu ise kuyu başında sabit konumdadır (Şekil 3.11). B akım elektrotu ise kuyu başına yerleştirilir. Bu olay yüzeyde yapılan yarım Schlumberger elektrot dizilim sistemine eşdeğerdir. Kuramsal olarak, homojen ve izotrop bir ortamda, A akım kaynağı akım çizgileri ışınal yayılır ve bunun sonucunda A merkezli eş potansiyel yüzeyler oluşur. Bu sistemde ölçülen A-M ile A-N eş potansiyel yüzeyler arasındaki ortamın ortalama görünür öz direncidir.

Görünür özdirenç değerleri

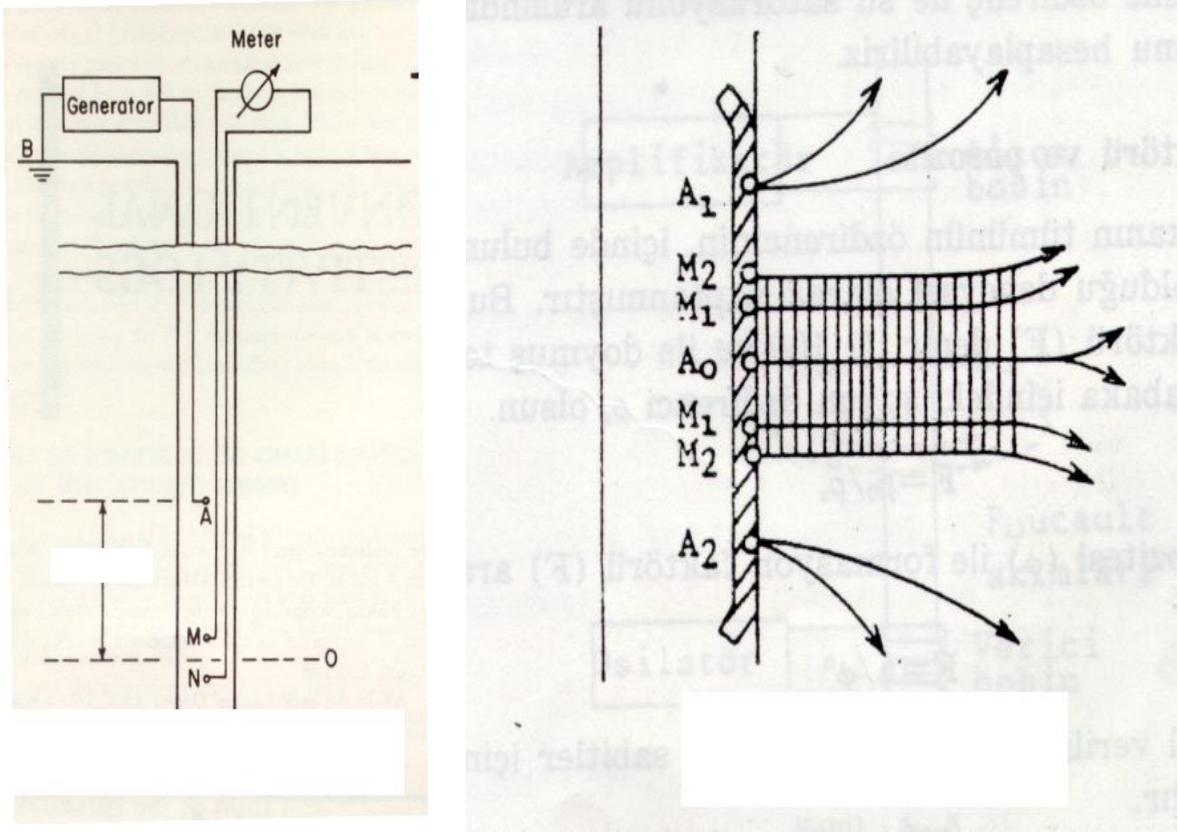
$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

bağıntısından hesaplanır. Bu sistemle elde edilen lateral eğri M ve N potansiyel elektrotlarının orta noktasına göre çizilir. Normal ve lateral loglarda akım küresel yayındığı için elektrotlar arasındaki uzaklığa bağlı olarak görünür özdirenç hesabına giren ortalama alanda artmalar kaçınılmaz olur. Bu durum ince tabakaların ayrımlılığını zorlaştırır veya bu tabakaların etkilerini yok eder. Eğer akımın doğrusal yayınması sağlanırsa bu durum ortadan kalkar ve ince tabakaların ayrımlılığı da artırılmış olur. Uygulamada akımın küresel yayınımlını doğrusallaştırmak için kuyu içinde birden fazla akım ve potansiyel elektrotları kullanılır (Şekil 3.13.). Bu durumda A_0 dan sabit şiddette ve kalibre edilmiş akım verilir. Aynı zamanda A_1 ve A_2 akım elektrotlarından da aynı şiddette akım verilir. Bu akım şiddeti sürekli ve otomatik olarak öyle ayarlanır ki M_1-M_1' ile M_2-M_2' elektrot çiftleri arasındaki potansiyel farkı yaklaşık sıfır olur. Böylece A_0 dan verilen akım M_1-M_1' nün üstüne geçemez.

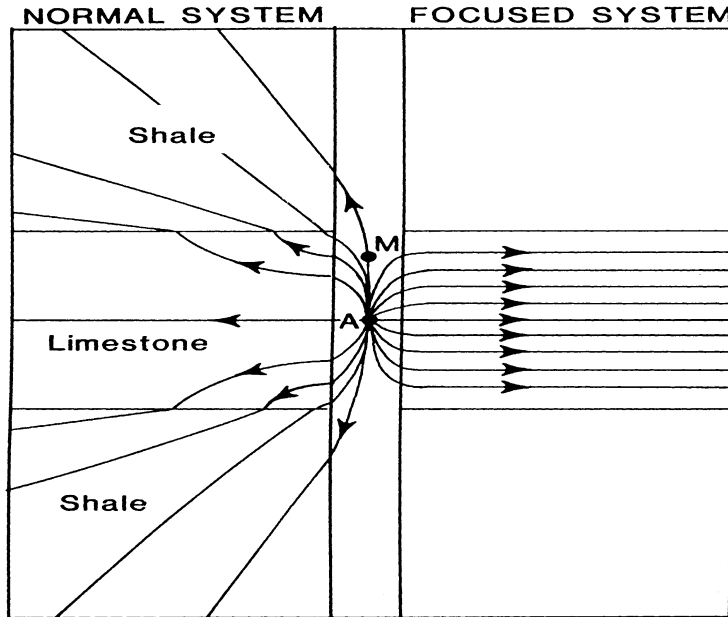


Şekil. 3.12.-13 Normal Özdirenç Logunda Tabaka Kalınlığı ile Elektrot Açıklığı Arasındaki İlişki

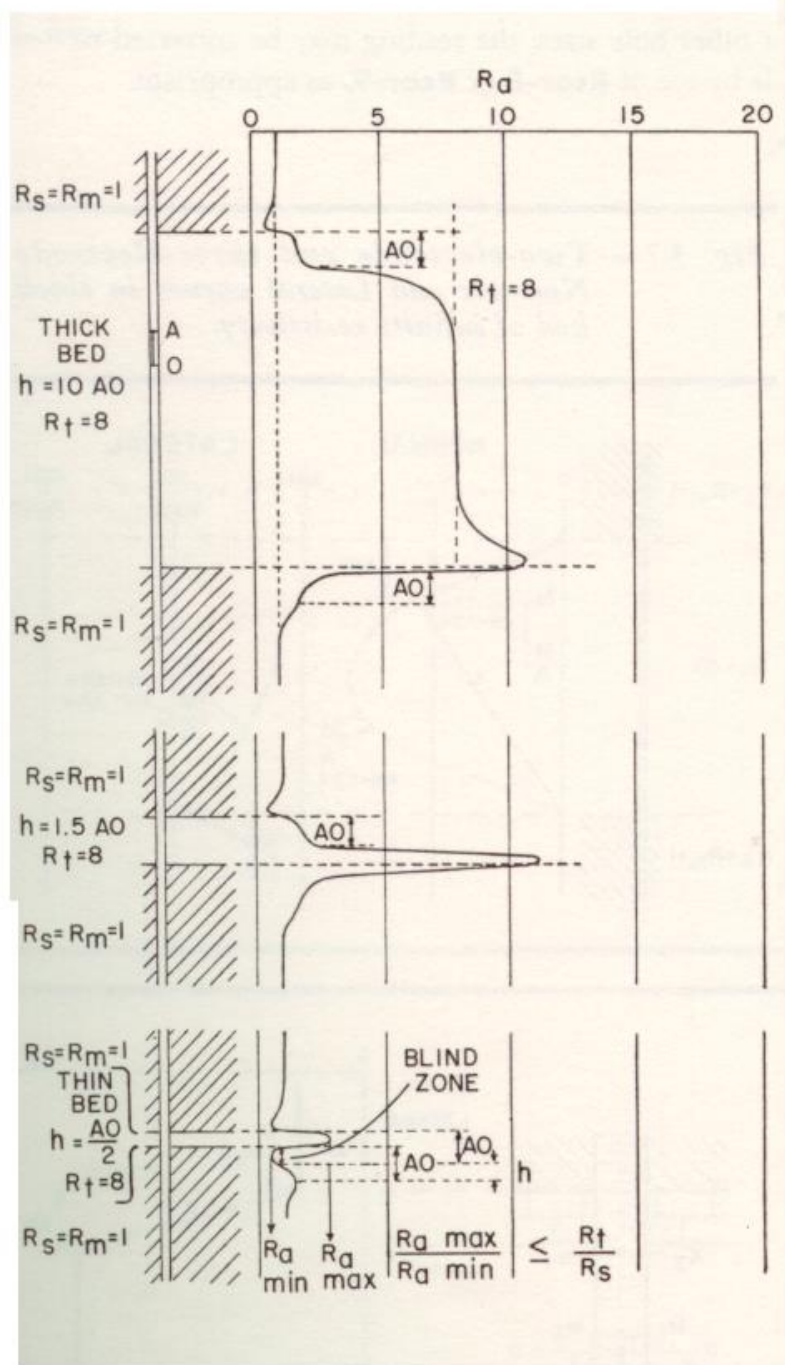
Bu durumda, düzlem arasından yatay geçmek zorunda kalır ve küresel yayılımını kaybeder. Elektrot sayıları artırılarak yayılım daha da doğrusallaştırılabilir. Bu elektrot dizilimi odaklanmış sistem (focused system) olarak tanımlanır (Şekil 3.15)



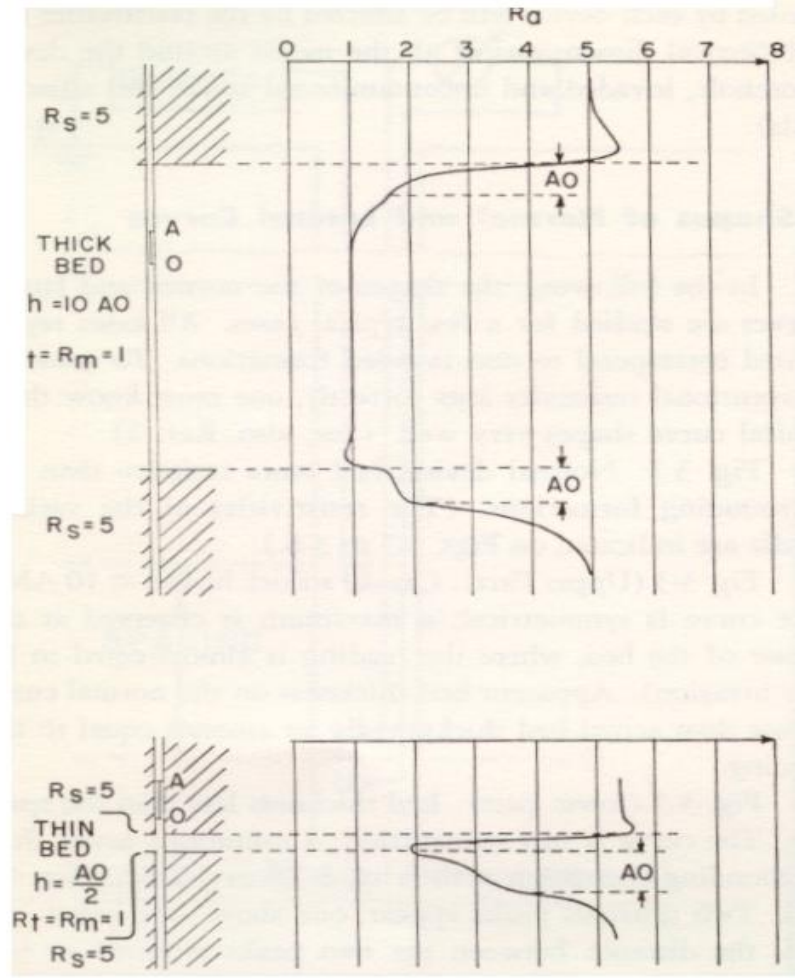
Şekil 3.14-15 Lateral Log Sistemi ve Lateral Log Sisteminde Çoklu Elektrot Sistemi



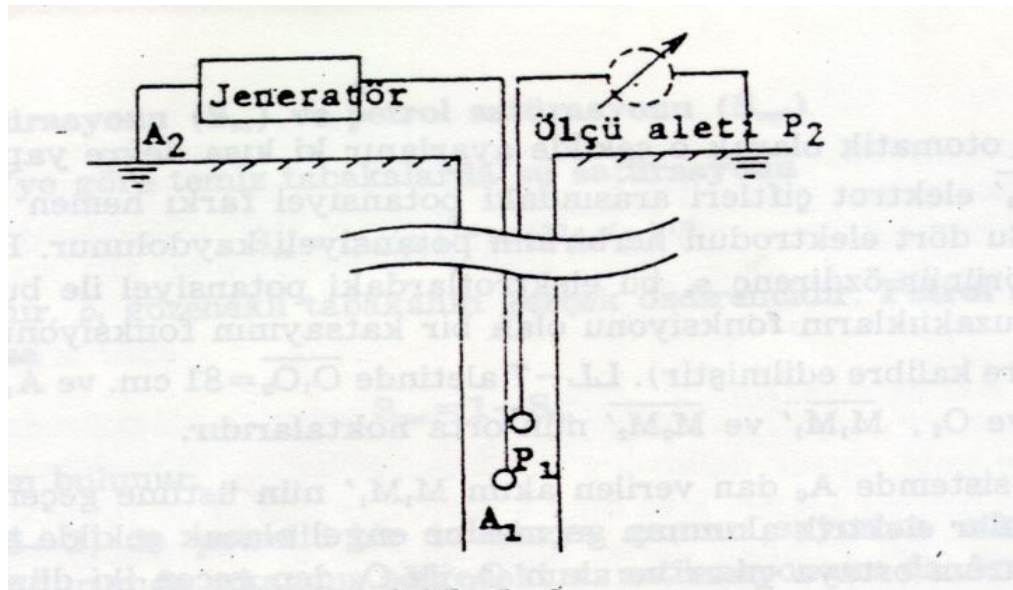
Şekil 3.16. Normal Log İle Lateral Loglardaki Akım Çizgilerinin Dağılımı

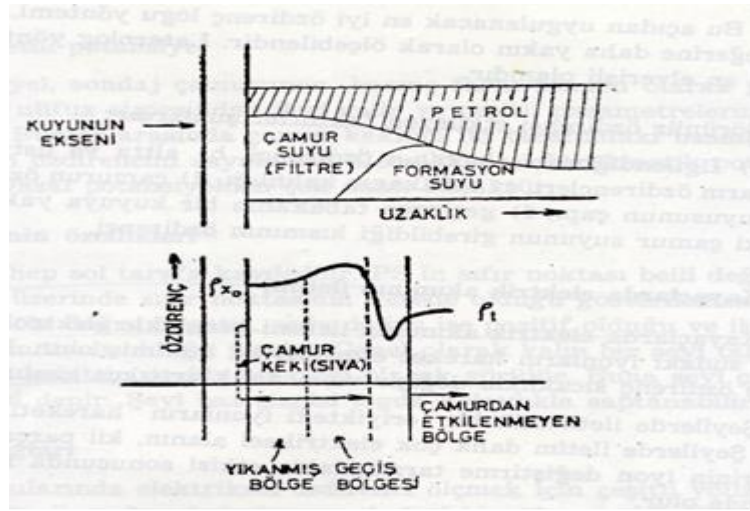
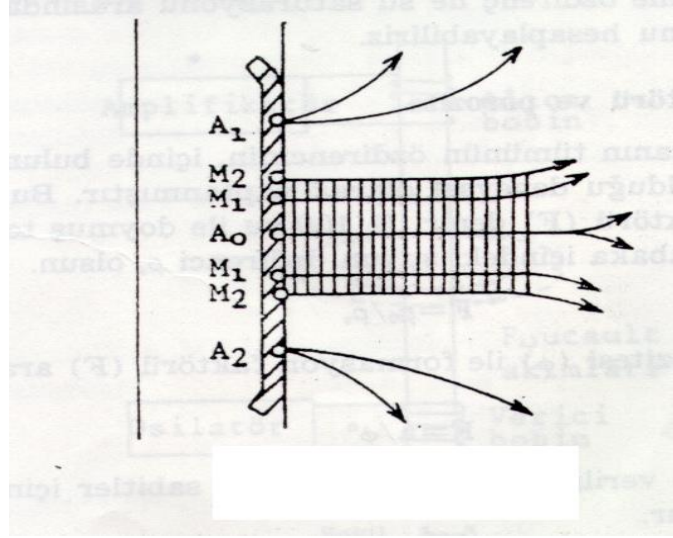


Şekil 3.17

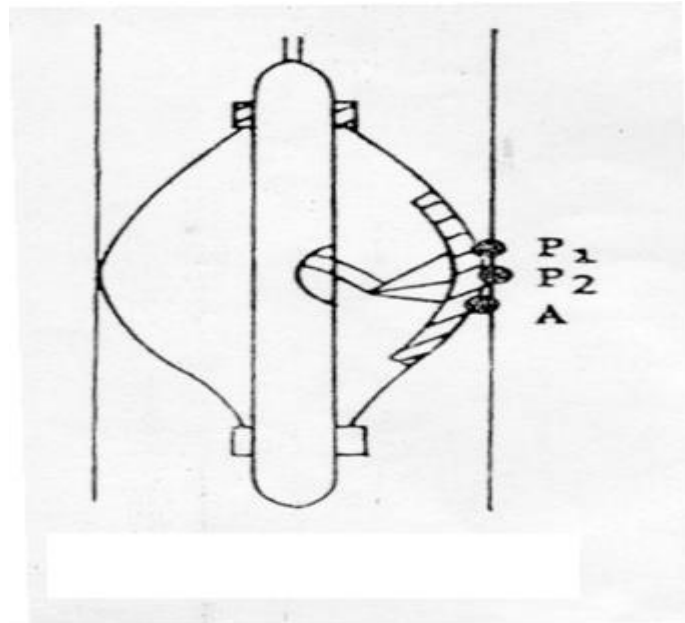


Şekil 3.18





Kuyu İçinde Ve Çevresinde Oluşan Olaylar



Mikrolog