



STANDART KUYU LOGU YÖNTEMLERİNİN YERALTI SUYU
ARAŞTIRMALARINDA KULLANILMASI

*THE STANDARD WELL LOGGING METHODS ARE USING TO
INVESTIGATE GROUND WATER*

Mehmet Ali DANIŞMAN*, Mustafa AKGÜN*

ÖZET/ABSTRACT

Günümüzde hızla artan insan nüfusu ve sanayileşme ile birlikte, kişi ve fabrika başına düşen su tüketimi de hızla artmaktadır. Böylece yeni yeraltı su kaynaklarının araştırılması, bulunması ve en iyi verimle kullanıma açılması büyük önem taşımaktadır. Eğer bu aşamaların tümü gerektiği gibi yapılırsa, hem ülke ekonomisine hem de doğal kaynakların korunmasına büyük katkı sağlanmış olur. Bu çalışma, yeraltı su sondajlarında kullanılan standart kuyu logu yöntemleri ile bu yöntemlerin kullanılması sonucu elde edilen sonuçların tanıtılması amacıyla hazırlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda, çalışmanın ilk aşamasında, su araştırma amaçlı açılan sondaj kuyularında yapılan standart kuyu logu ölçümleri ile (doğal gamma, SP, kısa ve uzun normal öz direnç logları) bunların uygulanması sırasında dikkat edilmesi gerekli olan parametreler (ölçü alma hızı, aralığı vd.) irdelenmiştir. İkinci aşamada ise, verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması sonucu yeraltı su kuyularına ait elde edilebilecek bilgiler tanıtılmaya çalışılmıştır. Ayrıca örnek olarak Dikili -İzmir ve Çeşme-İzmir yöresinde yer alan iki araştırma sondajında yapılan standart kuyu logu ölçüm sonuçları verilmiştir.

Presently together with increasing population and industrialization, requirement of water increases rapidly. Thus, exploration of new water resources and effective use of them are very important. If these tasks are carried out correctly, they can have very useful contributions to economy and sustainable development of the natural resources.

This study aims to explain the standard well logging methods in ground water explorations and to discuss the results obtained by these methods. In this framework, the standard well logging measurements (Natural Gamma Ray, SP, Short and Long Normal Resistivity logs) and the measurement parameters (measurements speed and intervals, etc.) were evaluated in terms of precautions to be considered for the drilled ground water boreholes. In the second stage, information which could be retrieved for the ground water wells after the evaluations and interpretation, was explained. Also, the results were given for the standart well-logging measurements carried out for two wells drilled at the Dikili, İzmir and Çeşme, İzmir districts

ANAHTAR KELİMELER/KEY WORDS

Standart Kuyu Logu Yöntemleri, Yer Altı Suyu Araştırmaları
Standart Well Logging Methods, Ground Water Exploration

1. GİRİŞ

Kuyu logu ölçümlerinde amaç, yeraltı kaynaklarını (petrol, su, kömür vd.) araştırmak amacıyla açılmış olan sondaj kuyularında geçilen formasyonların çeşitli fiziksel özelliklerinin (özdirenç, radyoaktivite, sıcaklık, yoğunluk vd.) kuyu derinliğinin bir fonksiyonu olarak ölçülmesi ve kayıt edilmesidir (Alger, 1966; Sarma ve Rao, 1963; Turcan, 1962; Jones ve Buford, 1951, Özdemir, 1982). Bu işlemler için genel olarak alıcı, verici, kablo, vinç ve kayıtçıdan oluşan sistemler kullanılır.

Kuyu logu ölçümlerinde, formasyonların ölçülecek fiziksel parametrelerine göre farklı ölçü alma yöntemleri kullanılır (doğal gamma, yoğunluk, özdirenç, doğal potansiyel nötron vd.). Kuyu logu ölçümlerinin değerlendirilmesi sonucunda da ölçülen fiziksel parametrelerden yararlanarak formasyonların kalınlıkları, gözeneklilikleri, eğimleri, sıcaklıkları ile formasyon içinde bulunabilecek suyun verimi ve tuzluluğu hakkında bilgi edinilir.

Ülkemizdeki kamu kuruluşlarda (TPO, MTA , DSİ ve vd.) kuyu logları geniş olarak kullanılmasına rağmen (Özkanlı, 1990) serbest piyasada yapılan yeraltı suyu amaçlı kuyularda yeteri kadar kullanım olanağı bulunmamaktadır. Bunun nedenlerinin başında kuyu logu aletlerinin yüksek maliyeti olması ve yöntemin yeteri kadar tanınmaması gelmektedir.

Yeraltı suyu araştırmalarında gamma ray, sp, kısa (16”) ve uzun (64 “) normal özdirenç logları standart kuyu logları yöntemleri olarak tanımlanır. Bu çalışmada söz konusu yöntemler kısaca tanımlanarak yeraltı suyu amaçlı açılmış olan kuyulardaki uygulama amaçları, ölçü alma teknikleri, sonuçları ve yöntemin başarısı hakkında kısaca bilgi verilecektir.

2. YERALTI SU KUYULARINDA KULLANILAN STANDART LOG ÇEŞİTLERİ

Yeraltı su kuyularında kullanılan standart log ölçümleri, kısa ve uzun normal özdirenç, doğal potansiyel ve doğal gamma ray loglarından oluşur (Şekil 1). Bu loglar aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

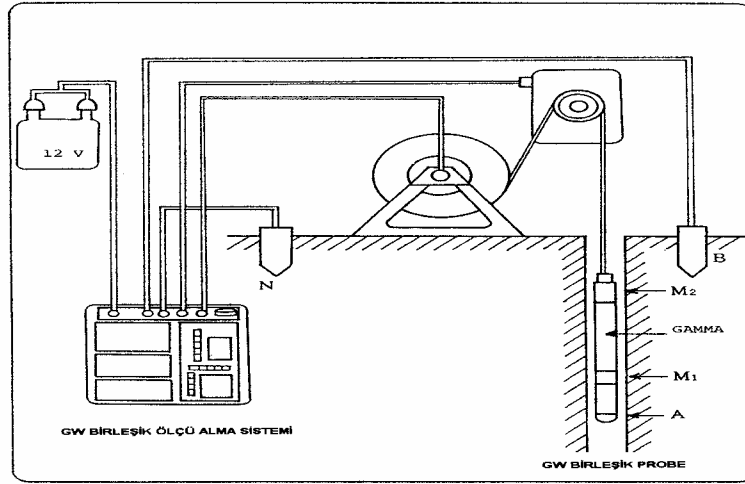
3. KISA VE UZUN NORMAL ÖZDİRENÇ LOGLARI

Standart yeraltı suyu kuyu logu özdirenç ölçümlerinde A-M₁ (kuyu içindeki akım ve potansiyel elektrotu arasındaki uzaklık) mesafesi 16 inç ve A-M₂ mesafesi 64 inç olmak üzere iki farklı elektrot dizilimi kullanılır. Böylece, A merkez olmak üzere 16 ve 64 inçlik yarıçaplı alanlar içinde çeşitli etkilerle oluşan özdirenç değişimleri kuyu derinliğinin fonksiyonu olarak ölçülür (Şekil 1). Bu alan, formasyon, elektrot açıklığından kalın olduğunda sondaj çamuru ve formasyon özdirençlerinden etkilenirken formasyon elektrot açıklığından daha ince olduğunda formasyonun özdirenci, sondaj çamuru ve komşu formasyonların özdirençlerinin ortalamasını içerir. Ölçülen özdirenç değişimlerinden de formasyonlar hakkında bilgi (kalınlık, derinlik, porozite ve vd.) edinilmeye çalışılır.

Yeraltı suları açısından formasyonlar genel olarak kayaç yapısı ile suyun birleşiminden oluşmuştur. Bu şekilde akifer oluşturan formasyonların özdirençleri kayaç içindeki suyun; özdirencine, miktarına, dağılımına, sürekliliğine ve kimyasal özelliğine bağlı olarak değişir. Bu özelliklere göre bir akiferin özdirenci

$$R_0 = F * R_w \quad (1)$$

bağıntısı ile tanımlanır. Bu bağıntıda; R_w formasyon suyunun öz direnci, F formasyonun öz direnç faktörü ve R_0 akifer öz direnci olarak tanımlanır.



Şekil 1. Standart yeraltı suyu kuyu logu ölçü alma sistemi

F formasyon öz direnç faktörünün bulunmasında

$$F = \frac{A}{\phi^m} \quad (2)$$

bağıntısı kullanılır. (2) bağıntısında; ϕ efektif gözeneklilik, m çimentolanma faktörü ve A ise gözenekliliğin dağılımına ve sürekliliğine bağlı olarak değişen boyutsuz değerler olarak tanımlanır. Bu değerler her kayaç için farklı olduğundan ancak laboratuvar koşullarında hesaplanabilmektedir.

Formasyon suyunun öz direnci (R_w), su içindeki tuz miktarı ile ters orantılı olarak değişir ve sabit bir sıcaklıkta R_w sudaki çözünmemiş madde miktarına (ppm olarak) bağlı olarak

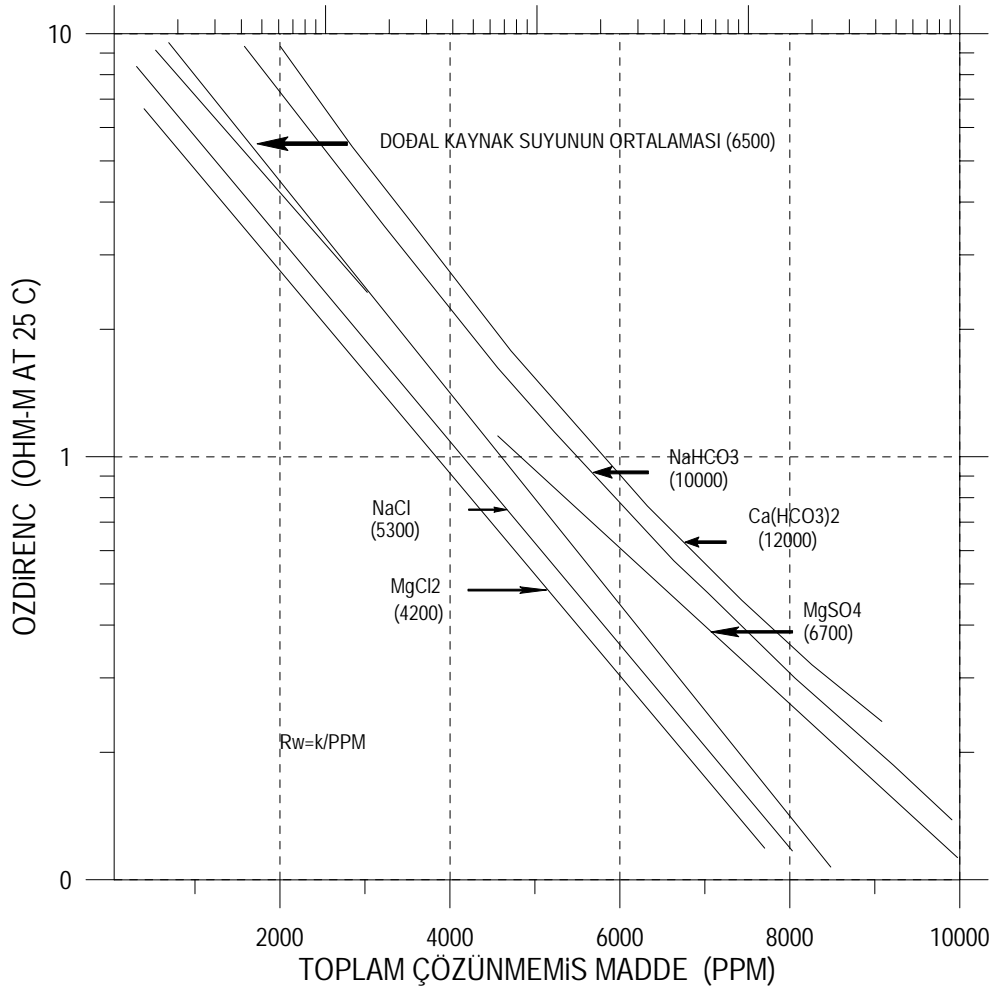
$$R_w = \frac{k}{ppm} \quad (3)$$

bağıntısı ile ifade edilir. (3) bağıntısında tanımlanan k değeri, çözünmemiş madde miktarı yaklaşık 3000 ppm olan az tuzlu ortamlarda hemen hemen sabit olup 25 °C de ortalama 6500 olarak kabul edilir (Şekil 2). Suyun öz direncinin sıcaklıkla az olsa değişmesine karşın kuyu log ölçümlerinde bu etki genellikle dikkate alınmaz. Aşağıda, akifer özelliklerine göre her ortam; A , m , k , ϕ , F ve öz direnç değerleri açısından ayrı ayrı incelenmiştir.

3.1. Taneli ve Taneli Olmayan Akiferler

Taneli akiferler yüksek gözenekliliğe sahip olup A ve m değerleri ortamın çimentolanma derecesine bağlı olarak

- az çimentolu ortamlarda $A=0.62$, $m=2.15$,
- çok çimentolanmalı ortamlarda $A=1$, $m=2$, değerleri arasında değişir



Şekil 2. Sudaki çözünmemiş madde miktarı ile özdirenç arasındaki ilişki (Guyod, 1965)

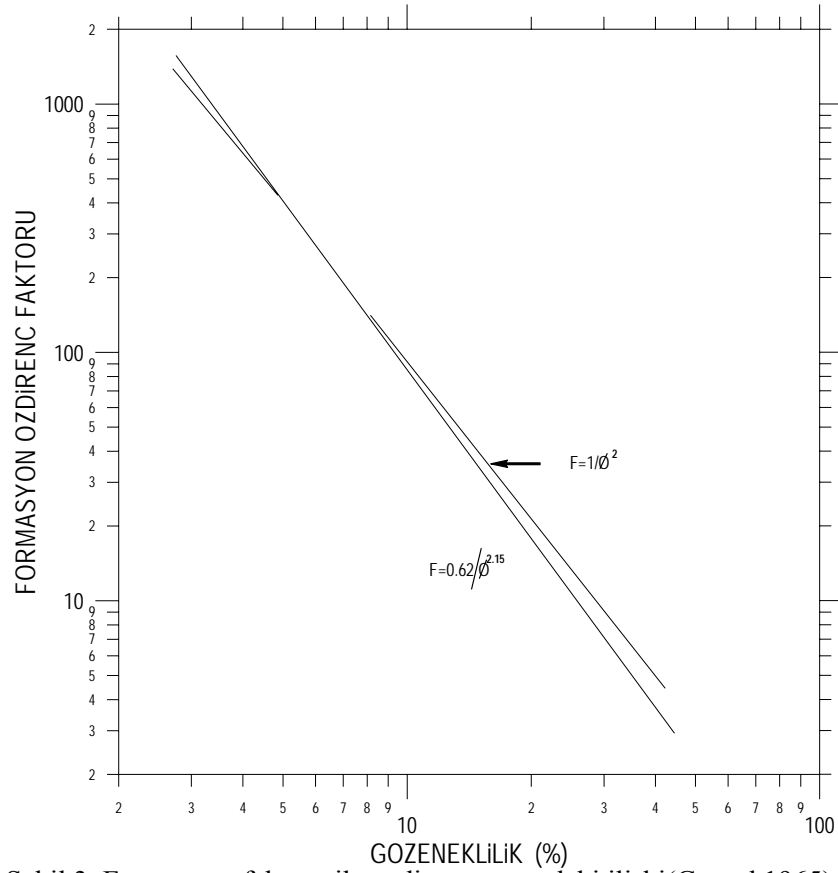
Formasyon özdirenç faktörü ile gözeneklilik arasındaki ilişki Şekil 3 de verilmektedir. Kuramsal olarak bu değerlerin (1), (2) ve (3) bağıntılarında birlikte kullanılması ile taneli akifer özelliğine sahip ortamın özdirenci

$$R_0 = \frac{0.62k}{\phi^{2.15} ppm} \quad (4)$$

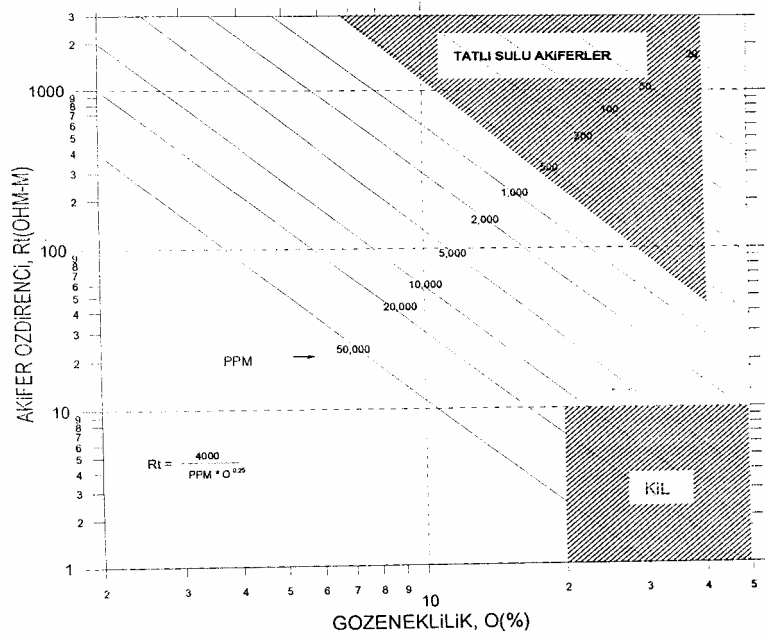
ile saptanabilir. $k=6500$ değeri için (4) bağıntısı Şekil 4 te tanımlanmıştır. Ancak düşük gözenekli ortamlarda gözenekliliğin dağılımı ve geometrisi düzensiz olduğundan A ve m değerlerini tahmin etmek güçleşir. Bu durumlarda kuramsal olarak aşağıdaki genellemeler yapılabilir;

- a. Gözeneklilik oranı arttıkça su içeriğine bağlı olarak akiferin özdirenci azalır.
- b. Suyun tuzluluğu azaldıkça akiferin özdirenci artar.
- c. Tatlı su içeren ortamlarda özdirenç ortalama 50-1000 ohm-m arasında değişirken az tuzlu ve tuzlu sulu ortamlarda bu değer çoğunlukla 50 ohm-m den daha az olur.

d. Taneli olmayan akiferlerde gözeneklilik dağılımı çok düzensiz olduğunda herhangi bir kuramsal uygulama yapmak yanıltıcı sonuçlar verebilir. Genel olarak bu tür ortamlarda tuzluluk ve gözeneklilik azaldıkça özdirenç artar.



Şekil 3. Formasyon faktörü ile özdirenç arasındaki ilişki(Guyod,1965)



Şekil 4. Tuzluluğa bağlı porozite ile akifer özdirenç arasındaki ilişki (Guyod,1965)

3.2.Kil ve Kil İçerikli Taneli Akiferler

Özdirenç açısından kil gözeneklilik dağılımı özel olan taneli materyal olarak kabul edilebilir. Bu sonuçtan hareketle (2) bağıntısı kullanılabilir, ancak m ve A parametrelerini elde etmek zordur. Kuramsal olarak kilin özdirenci (4) bağıntısından veya Şekil 4 ten elde edilebilir. Killer yüksek gözeneklilik ve az da olsa tuzlu su içerebildikleri için özdirenç değerleri diğer formasyonlara göre çok düşük olup bu değer ortalama olarak (2-10 ohm-m) arasında değişmektedir. Kil içerikli taneli akiferlerde, boşluklar arasına yayılmış olan kil minerali formasyonun özdirencini azaltır (Şekil 5). Genel olarak kilin özdirenci akifer suyunun onda biri kadar kabul edilir.

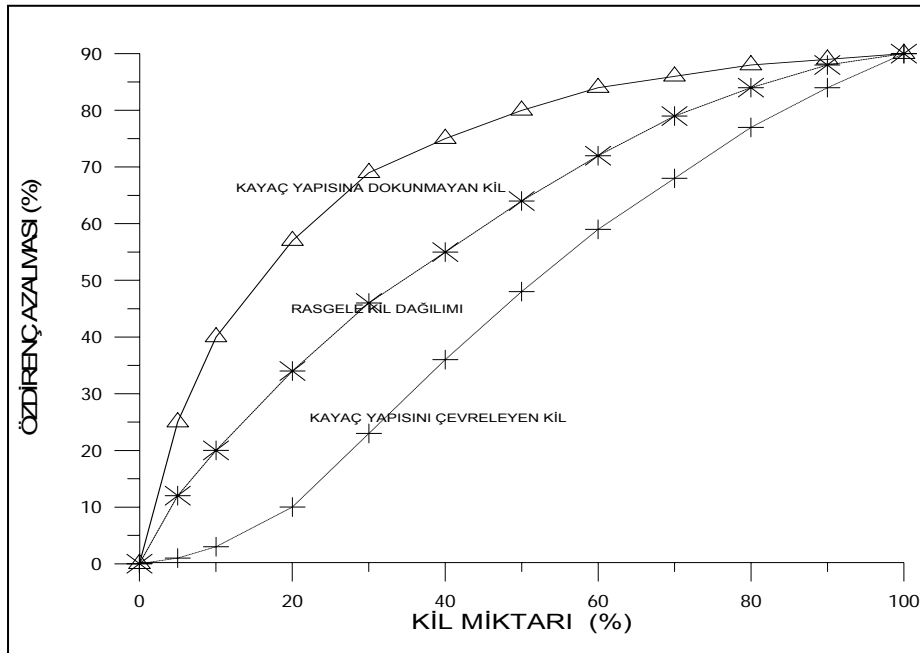
3.3. Taneli Olmayan Kayaçlar

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

4. DOĞAL POTANSİYEL (SP) LOGU

Borusuz ve çamurlu kuyularda yapılan doğal potansiyel (SP) ölçümleri, kuyu içinde çeşitli olaylar sonucunda oluşan doğal potansiyel değişimlerini verir. Sondaj kuyularında yapılan doğal potansiyel log ölçümlerinin kaynağını genel olarak, kil birimi ile gözenekli formasyonlar içine girmiş olan çamur arasındaki elektro kimyasal olaylar oluşturur. Kil birimi ile gözenekli ve geçirgen formasyonların ardalanmalı olarak yerleştiği ortamlarda SP değerlerinde tabaka ara yüzeylerinde, ani değişimler olur. Böylece gözenekli tabakaların sınırlarını saptamak kolay olur. Eğer ortam sadece kilden oluşmuşsa, SP eğrisinde herhangi bir sapma olmaz ve düşey bir çizgi şeklinde devam eder. Bu çizgiye kil çizgisi denir ve bu çizgi baz kabul edilir. Bu çizgiden sapmalar ise bize diğer tabakalar hakkında bilgi verir.

Doğal potansiyel ölçümleri sonucunda elde edilen veriler formasyon cinsine göre farklılık göstermektedir. Bu olaylar aşağıda kısaca tanımlanmıştır.



Şekil 5. Kil yüzdesi ile özdirenç arasındaki ilişki (Guyod, 1965)

4.1. 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 (7) bağıntısı ile verilir.

$$(SP)_C = -K \log_{10} \frac{R_{mf}}{R_w} \quad (7)$$

(7) Bağıntısında; R_{mf} , çamur suyunun öz direnci, R_w formasyon suyunun öz direnci ve K genel olarak 71 olarak tanımlanır. (7) bağıntısına göre formasyon suyunun tuzluluğu sondaj çamurunun tuzluluğundan daha fazla olduğu durumlarda, SP eğrisi negatif tersi durumlarda ise pozitif olur. R_{mf} nin bilindiği durumlarda, (7) bağıntısından formasyon suyunun öz direnci sayısal olarak bulunabilir. R_w değerinin bilindiği durumlarda SP bize formasyonun suyunun tuzluluğu hakkında bilgi verebilir. Bununla beraber (7) bağıntısı bize ancak R_{mf} ve R_w nin birbirinden çok farklı olduğu durumlarda sağlıklı sonuç verebilir. Formasyon suyunun 15000 ppm den az çözünmemiş katı madde içermesi durumunda, farklı bağıntıların 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

$$(SP)_C = -K * \log_{10} \frac{(a_{Na} + \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}})_w}{(a_{Na} + \sqrt{a_{Ca} + a_{Mg}})_{wf}} \quad (8)$$

ile verilir. 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 değişiklik olayı Şekil 6 da 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 öz direnç açısından 1/10 luk bir oran vardır. Bu olaylar tuzluluk hesabı için (7) bağıntısının kullanılmasını engeller. Bu durumda (8) bağıntısını kullanmak daha uygun olmaktadır. Ancak, bu olay pratikte mümkün 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 (Şekil 7). Ancak, diğer SP kaynakları (kilin doğasındaki değişimler, kuyunun üst kısımlarındaki su hareketleri ve polarizasyondaki ters dönüşümler) varsa bu çizgide bazı sapmalar olabilir.

4.2. Kil ve Masif Kayaçlarla Ardalanmış Taneli Akiferler

Bu tür akiferlerde kil ve gözenekli tabakalar ardalanmadığı için elektro kimyasal olaylar oluşmaz. Bu nedenle SP eğrisi hemen hemen düz bir çizgidir.

4.3. Formasyon Suyunun Tuzluluğu

SP verileri, genelde ortamın tuzluluğu hakkında aşağıdaki kurallar dahilinde nitel yorumlar yapılmasına izin verir.

a. Eğer kuyu sıvısı ortalama 5 ohm-m den daha fazla bir özdirence sahipse, hemen hemen sabit pozitif SP değerine karşılık gelen akifer az tuzlu su içeriyor demektir.

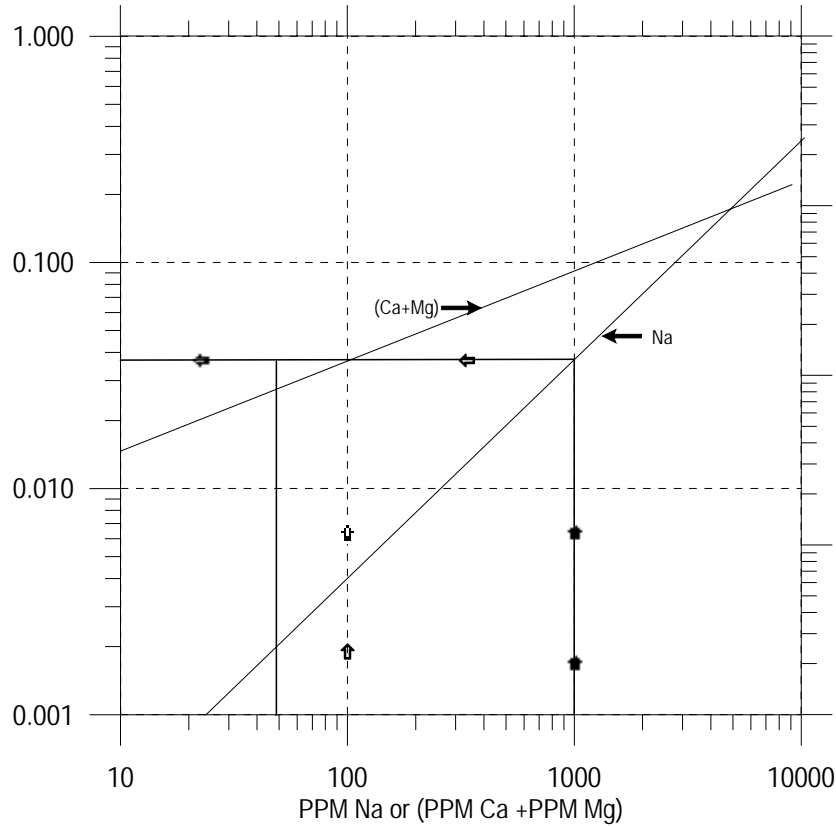
b. SP nin hemen hemen sabit kaldığı kalın akiferlerde tüm formasyon suyu yaklaşık aynı tuzluluktadır.

c. Açılan kuyulardaki akiferlerin, SP değerleri derinlikle artan bir negatif değere sahip olduğu durumlarda, akiferin tuzluluğu derinlikle artıyor demektir. Aynı zamanda akiferin özdirencinin derinlikle azalması da tuzluluğu daha da belirginleştirir.

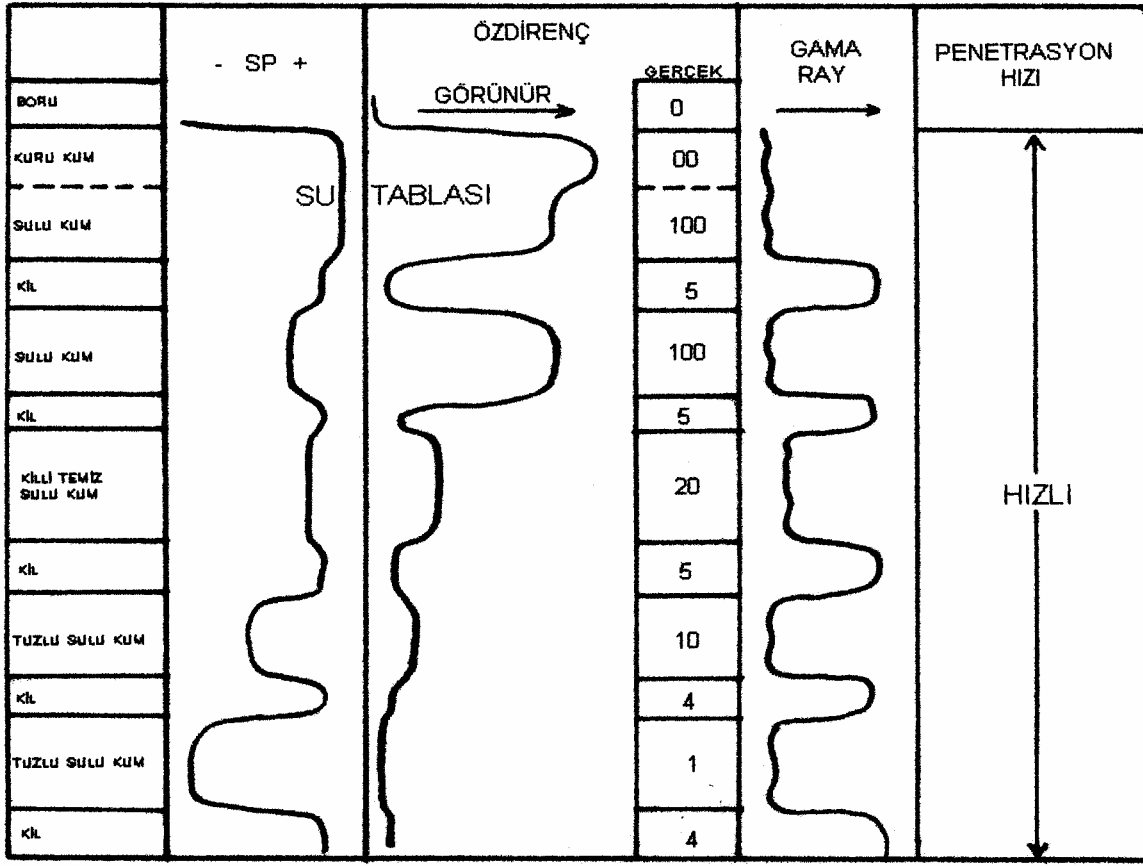
d. Oldukça büyük negatif SP değeri veren akiferler genel olarak pozitif veya düşük genlikli SP değerine sahip akiferlere göre çok daha fazla tuzluluğa sahiptir.

4.4. Gözeneklilik ve Geçirgenliğin Saptanması

Kil tabakaları arasına yerleşmiş ve düzensiz gözenekliliğe sahip geçirgen kayaların durumu SP anomalisinin biçiminden saptanmasına karşın, (7) ve (8) formülleri incelendiğinde ne eğri biçiminden nede genlik değerlerinden gözeneklilik ve geçirgenlik doğrudan saptanamaz. Bir kayacın geçirgenliğindeki değişimler, kayaç boşluklarına yerleşen kilden kaynaklandığında, deneysel verileri kullanarak SP anomalisinin genlik değişimlerinden nicel olarak gözeneklilik ve geçirgenlik saptanabilir. Böylece, bu yöntem yalnızca ilgili formasyondaki suyun bileşiminde değişiklikler olmadığı zaman uygulanabilir.



Şekil 6. Sodyum, kalsiyum ve magnezyum iyon yoğunluğuna bağlı değişim (Guyod, 1965)



Şekil 7. Taneli akifer ortamlarında standart log örneği

4.5. Gözeneklilik İrdelemesi

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

5. GAMMA RAY LOGU

Doğada bulunan birkaç elementin atomları kendiliğinden parçalanır. Bu parçalanma yavaş fakat sürekli ve aynı zamanda gamma, beta ve alfa ışınları da üretirler. Alfa ve beta ışınları ortam içinde 2.5-4 cm den daha az mesafe ilerlemeden sonra dururlar. Gamma ışınları ise daha uzun mesafeye yol alabilmektedir. Doğada bulunan tüm jeolojik formasyonlar az miktarda da olsa potasyum, toryum ve/veya uranyum iyonları şeklinde doğal radyoaktif izotoplar içerir. Bu özellikler nedeniyle, kuyu içinde gamma ray alıcıları kullanılarak yapılan ölçümler ortamın radyoaktivite açısından sınıflandırılmasına olanak sağlar.

Gamma ray ölçümü açısından sedimanter ortamlar kayaçlar ve kil olmak üzere iki sınıf altında toparlanabilir. Tüm kayaçların radyoaktivitesi, içerdiği gözeneklilik ve boşluk miktarına bakılmaksızın kile göre daha az kabul edilir. Ancak, birkaç kayaç türü kil veya killi ortamlar kadar radyoaktivite içerebilir. Kildeki gamma ray yoğunluğu bölge bölge değişebilir. Tersiyer ve daha genç yaşlı sedimanlar saatte 5 microontgens verirken, daha yaşlı birimlerde bu iki misli olmaktadır. Aynı alanda yer alan organik denizel killer diğer

killere göre çok daha yüksek gamma ışını yayarlar. Ancak bu olaya su kuyularında çok sık rastlanmaz. Rastlandığı zaman ise gamma ray logları mükemmel belirtiler oluşturur.

Kayaçlar, kil materyalinden bağımsız olarak kuvarslı kum, kumtaşı, kireçtaşı, dolomit, anhidrit, cips, tuz, bol linyit ve kömür içerdiği zaman çok düşük radyoaktiviteye sahip olurlar. Genellikle kile göre düşük fakat yinede diğer kayaçlara göre daha yüksek radyoaktiviteye sahip kayaçlar olarak arkoz, feldispatik kumlar ve kumtaşları ile bazı volkanik ve mağmatik kayaçlar sayılabilir. Ayrıca radyoaktif yatak içeren kayaçlar kile göre birkaç kat daha fazla radyoaktivite içerir.

5.1. Gamma Ray Eğrilerinin Yorumlanması

Su kuyularında yapılmış olan gamma ray ölçümleri aşağıda tanımlanan kriterlere göre yorumlanır.

a. Gamma ray ölçümlerinde çeşitli formasyonların için ölçülmüş olan göreceli doğal gamma ray yoğunluklar önemlidir.

b. Düşük gamma ray yoğunluğu içeren formasyonlar olarak temiz kumlar, çakıllar, kumtaşları, kireçtaşları, dolomit, anhidrit, tuz, linyit sayılabilir. Düşük gamma ray okumaları, çok porozlu ve geçirgen akiferler veya geçirimsiz kayaçların göstergesi olarak tanımlanabilir. Ancak bu ayrımlılığın sağlanabilmesi için jeolojik bilgilere gereksinim vardır.

c. Genelde, çok düşük radyoaktifiteli kayaçların bulunduğu bir ortamda yüksek değerli olarak gözlenen birimler olasılıkla kil biriminden oluşmaktadır. Killi kayaçların karşısında gözlenen değerler ise daha düşük olur. Kil miktarındaki değişimler gamma ray yoğunluğu ile orantılı olarak değişir.

d. Eğer çalışma bölgesindeki kayaçların radyoaktivitesi hakkında bilgi yoksa gamma ray değişimlerini yorumlamak zorlaşır. Bu durumlarda öz direnç logları ve diğer jeolojik ve jeofizik araştırmalara gereksinim vardır.

e. Gamma ray ölçümleri mutlaka litolojik loglar ve diğer jeolojik ve jeofizik verilerle korale edilmelidir.

f. Kuyu çamur yerine suyla delindiği zaman kil ve delinen diğer malzemeler kuyu dibinde birikir ve böylece kuyu tabanında gamma değeri artabilir.

g. Borulu kuyularda yapılan doğal gamma ray ölçümlerinde, kalın sondaj çamurunun muhafaza borusunun arkasında kalması veya radyoaktif olmayan kayaçların yüzeyinde biraz kil kalması bu seviyelerdeki gamma ray ölçümleri etkileyebilir. Bu durum ortamda killi kum veya kumlu kil olarak yorumlanabilir.

h. Çakıllanmış kuyularda, çakıl gamma ray in önemli bir kısmını engeller ve bu olay gamma ray genliğini azalttığı için ortam yanlış yorumlanabilir.

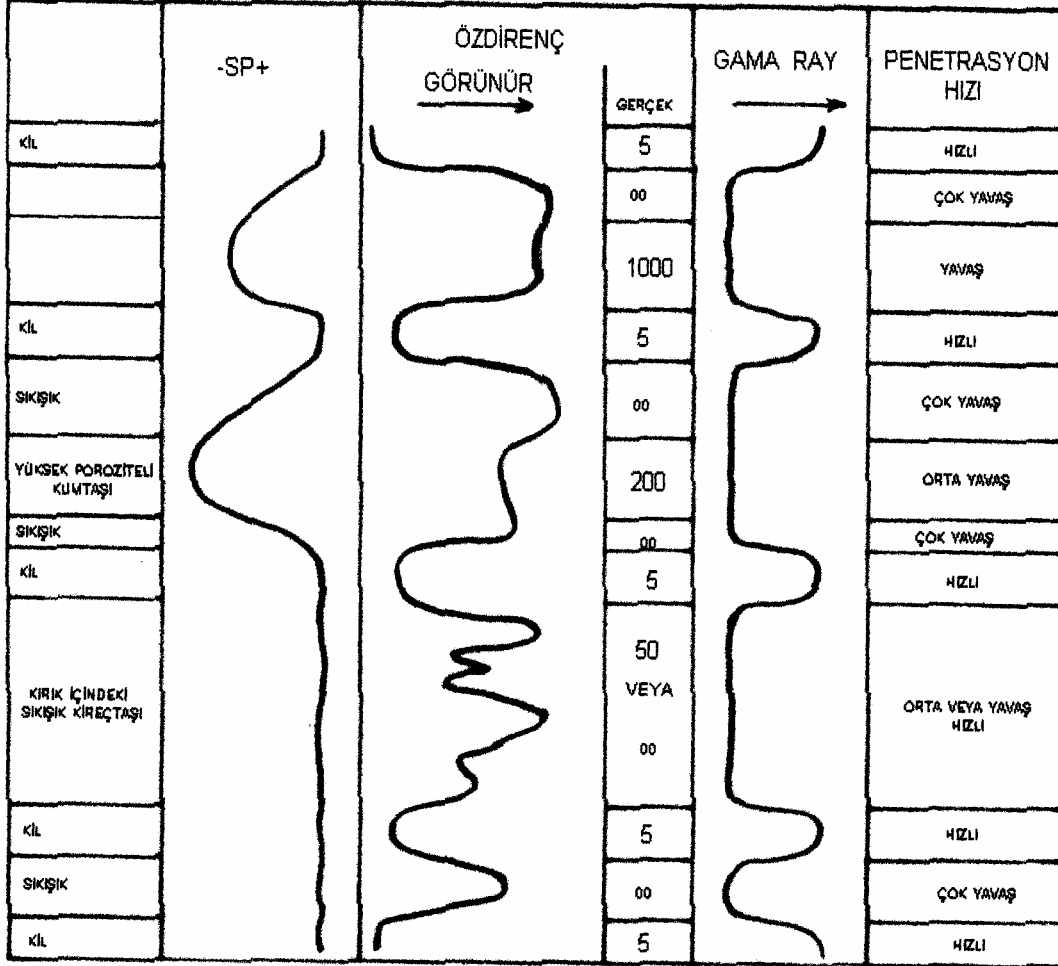
i. Kuyunun çakıllanmasında kullanılan çakılın radyoaktif madde içeren kayaçlardan oluşması durumunda gamma ray bu malzemenin kalınlığına göre değişir.

j. Bu yöntemle ölçü alınırken dikkat edilmesi gereken en önemli konu kuyu içinde inme hızıdır. Olasılıklar dahilinde inme hızının yavaş seçilmesi gerekir. Gamma ray ölçümlerinde istatistiksel olarak dağılmış olan gürültüleri gidermek için yuvarlatma işlemi uygulanmalıdır.

Standart kuyu logu ölçümlerinin farklı ortamlara göre değişimleri Şekil 8 ve 9 da verilmiştir.

6. STANDART LOG ÖLÇÜMLERİNİ ETKİLEYEN ÇEŞİTLİ FAKTÖRLER

Özdirenç, SP ve gamma ray ölçümleri alıcı çevresindeki belirli bir alanın ortalama etkilerini içerir. Bu alan içinde oluşan olaylar nedeniyle eğrilerin biçimleri ve genlikleri etkilenir. Ölçüyü alan ve yorumlayan kişilerin ayrıca bu olayları bilmesi sonuçların sağlıklı olması açısından büyük önem taşır. Özellikle sondaj çamurunun özelliklerinin çok iyi



Şekil 8. Standart kuyulogu kuramsal çıktı örneği

bilinmesi gerekir. Ayrıca ölçüyü alan kişinin yer yüzündeki elektrotları ölçüm sistemine uygun olarak gerekli uzaklıkları yerleştirmesi de gerekir. Bu olaylar kısaca aşağıda tanımlanmıştır.

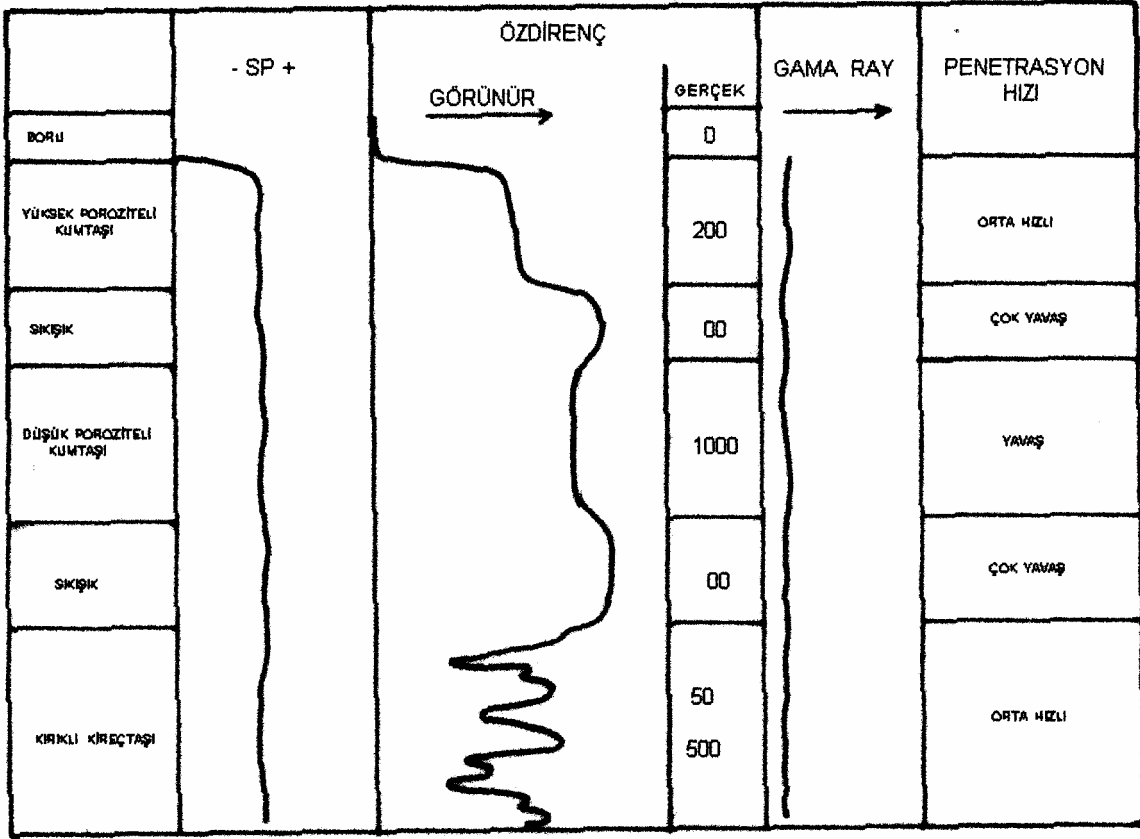
6.1. Çamur İletkenliğindeki Değişimler

Çamur iletkenliğindeki artış, tatlı su içeren akiferlerdeki ve masif formasyonlarda kaydedilmiş özdirenç değerlerini azaltır. Bu olay aynı zamanda SP ölçülerini de etkiler ve genlik değerlerinde ani değişimler oluşturur. Doğal gamma ray ölçüleri ise değişmez.

6.2. Kuyu Çapındaki Değişimler

Kuyu çapındaki artışlar, masif formasyonlar ile tatlı sulu akiferlerin özdirençlerini azaltır. Aynı zamanda SP genliğindeki değişimleri azaltır. Gamma ray ölçülerini de biraz etkiler. Ancak, gamma ray ölçülerindeki bu değişimler su amaçlı kuyular için önem taşımaz. Kuyu çapı 8" ten daha az, çamur

özdirenç ortalama bir ohm-m den daha büyük olduğu durumlarda ve özellikle yumuşak formasyonlarda kuyu etkileri önemli değildir.



Şekil 9. Standart kuyulogu kuramsal çıkışı örneği

6.3. İnce Tabaka Etkisi

Tabaka kalınlığındaki azalmalar, diğer tüm faktörler sabit kalsa bile eğrilerin genliğini azaltır. Özdirenç, gamma ray ve SP logları için aynı sonuç geçerlidir.

6.4. Ölçü Alma Aralığı, Hızı ve Veri İşlem Teknikleri

Kuyu logu ölçüm sonuçları değerlendirilirken elde edilen eğrilerin genlik değişimleri ve biçimleri ile dönüm noktalarından yararlanılır. Özellikle tabaka sınırlarının saptanmasında eğrinin biçimi ve dönüm noktaları büyük önem taşımaktadır. Eğrinin tam olarak izlenebilmesi için ölçü alma aralığının oldukça küçük seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca veri içinde çeşitli nedenlerle oluşan gürültülerin de basit yuvarlatma işlemleriyle süzülmesi gerekir. Ayrıca sayısal türev işlemleri kullanılarak eğrilerin dönüm noktaları ile maksimum ve minimum noktaları bulunabilir. Özellikle SP verilerinin yığınsal ölçüldüğü düşünülürse sayısal türev işlemleriyle türev ölçüleri elde edilir ve böylece tabaka sınırları daha belirgin olarak izlenebilir..

7. ARAZİ ÇALIŞMASI

Arazi çalışmalarında Geologger 3030 birleşik probe sistemi kullanılmıştır. Ölçüler 16 ve 64 normal öz direnç, doğal potansiyel ve doğal gamma ışınımı logu birleşik olarak 10 cm örnekleme aralığı kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra doğal gamma ışınım logu verilerine istatistiksel gürültülerden arındırmak için 7 boylu işleç kullanılarak yuvarlatma işlemi uygulanmıştır.

İlk arazi çalışması Çeşme-İzmir' de denize yakın bir bölgede çamurla açılmış bir kuyuda iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Standart log ölçümleri önce kuyu çamurlu ve borusuz durumdayken yapılmıştır (Şekil 10). Daha sonra aynı ölçümler kuyu borulanıp çakılanıp yıkandıktan sonra tekrar yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında doğal gamma ışınım değerlerinde belirgin bir değişim olmadığı ve öz direnç değişimlerinden kuyu içi filtre yerlerinin belirgin olduğu gözlenmiştir (Şekil 11). Sondaj çamurunun tuzlu suyla yapıldığı göz önüne alındığında (Bu durumda 7 bağıntısına göre SP deki sapma pozitif yönde olur) kuyunun 40 m den sonra tuzlanma riski taşıdığı saptanmıştır (Şekil 11). Yine aynı kuyuda ölçü alma aralığı arttırılarak ölçü alındığında (10cm, 50 cm, 90 cm) ölçü alma aralığı arttıkça tabaka ayrımlılıklarının azaldığı görülmüştür (Şekil 12).

İlk arazi çalışması Çeşme-İzmir' de denize yakın bir bölgede çamurla açılmış bir kuyuda iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Standart log ölçümleri önce kuyu çamurlu ve borusuz durumdayken yapılmıştır (Şekil 10). Daha sonra aynı ölçümler kuyu borulanıp çakılanıp yıkandıktan sonra tekrar yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında doğal gamma ışınım değerlerinde belirgin bir değişim olmadığı ve öz direnç değişimlerinden kuyu içi filtre yerlerinin belirgin olduğu gözlenmiştir (Şekil 11). Sondaj çamurunun tuzlu suyla yapıldığı göz önüne alındığında (Bu durumda 7 bağıntısına göre SP deki sapma pozitif yönde olur) kuyunun 40 m den sonra tuzlanma riski taşıdığı saptanmıştır (Şekil 11). Yine aynı kuyuda ölçü alma aralığı arttırılarak ölçü alındığında (10cm, 50 cm, 90 cm) ölçü alma aralığı arttıkça tabaka ayrımlılıklarının azaldığı görülmüştür (Şekil 12).

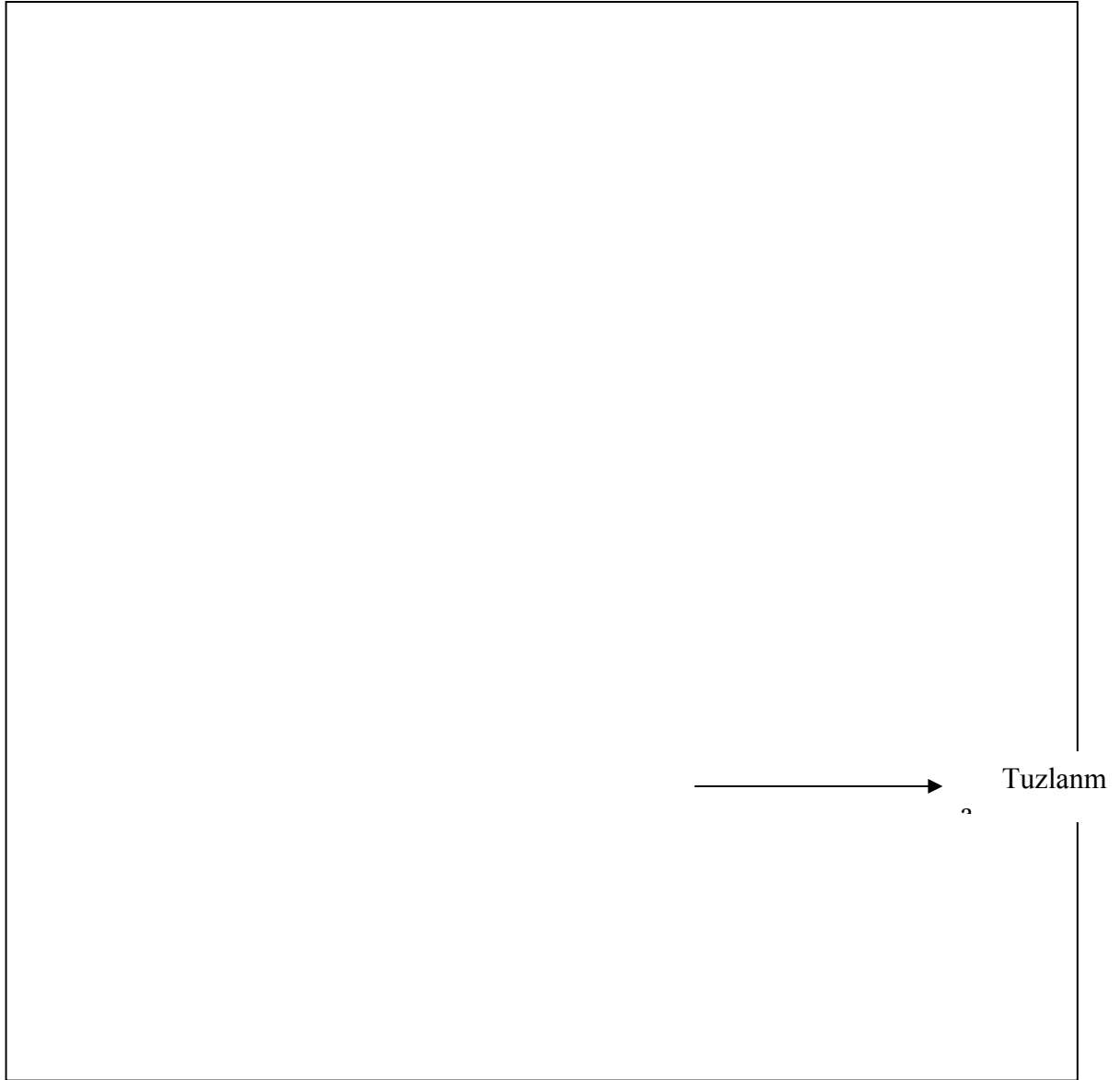
İkinci arazi çalışması Dikili-İzmir yöresi Bademli Köyünde tuzlanma olasılığı olan çamurlu ve borusuz kuyuda yapılmıştır. Kuyu derinliği 90 m olup sondaj çamuru tatlı su kullanılarak yapılmıştır. Şekil 13'ten görüldüğü gibi doğal gamma-ray, kısa-uzun normal öz direnç ve SP ölçüm sonuçları birlikte değerlendirildiğinde öz direnç ve SP değerlerinin azalmaya başladığı 24.m den itibaren olasılıkla tuzlanma başlamaktadır. Bu olay kuyu teçhiz edilmeden yapılan ara kat pompa denemesi ile de kanıtlanmıştır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik ve gamma ray ölçümleri yeraltı suyu araştırmalarında karşılaşılan bazı önemli problemlerin çözümünde yardımcı olur. Bu problemler aşağıda tanımlanmıştır. Ancak önceden yapılmış jeofizik çalışmalar, genel jeoloji, sondaj hızı ve kuyu başı örnekleri ile kuyu logu sonuçları birlikte yorumlandığı zaman en verimli ve en az hatalı yorumlar elde edilebilir. Her durumda karşılaşılan olayların tümünü çözebilecek herhangi bir yöntem yoktur. Çözümler bir dereceye kadar sınırlı kalmaktadır. Aşağıdaki olaylar çoğunlukla karşılaşılan olaylar olup borulanmamış kuyularda olduğu kabul edilerek sonuçlar verilmiştir.

Suyun Olup Olmadığı: Su kuyularındaki temel soru istenilen miktarda suyun olup olmadığıdır. Suyun varlığı akifer ortamların varlığı ile doğru orantılıdır. Akifer ortam ne kadar kalın ve fazlaysa su miktarı da o kadar fazladır. Akiferlerin varlığı, kalınlığı ve derinlikleri ise gamma ray logu ile desteklenerek öz direnç ve SP loglarından elde edilebilir

Suyun Kalitesi: Öz direnç ile SP eğrilerinin birlikte yorumlanması ile suyun tuzluluğundaki belirgin değişimler saptanabilir. Tuzluluğun derecesi de sayısal olarak ancak akifer öz direnci, akifer gözenekliliği ve suyun cinsi bilindiği durumlarda saptanabilir. Suyun diğer özellikleri (sülfür, bakteri ve iyonları) kuyu loglarından saptanamaz.



Şekil 10. Tuzluluk çalışması (Çeşme-İZMİR).

Suyun Miktarı ve kuyu verimi.: Akiferdeki suyun miktarı akiferin kalınlığı ve akiferdeki boşluk miktarı ile doğrudan orantılıdır. Taneli akiferin kalınlığı elektrik loglardan saptanabilir.

Ayrıca bu loglarla akifer içindeki ince geçirimsiz formasyonların varlığı ve kalınlığı da yaklaşık olarak saptanabilir. Akiferin olası verimi standart kuyu logu ölçümlerinden doğrudan saptanamaz. Çevre kuyu verilerine bağlı olarak yaklaşım yapılabilir. Kuyu verimi kesin olarak, ancak kuyu bitiminde yapılan pompa denemeleri ile saptanabilir.

Statik Seviye ve dinamik seviye : Standart kuyu ölçümleri ancak ölçü alma sırasında kuyu içindeki çamurlu su seviyesini verebilir. Statik ve dinamik seviyeler pompa denemelerinden sonra kesin olarak saptanabilir.

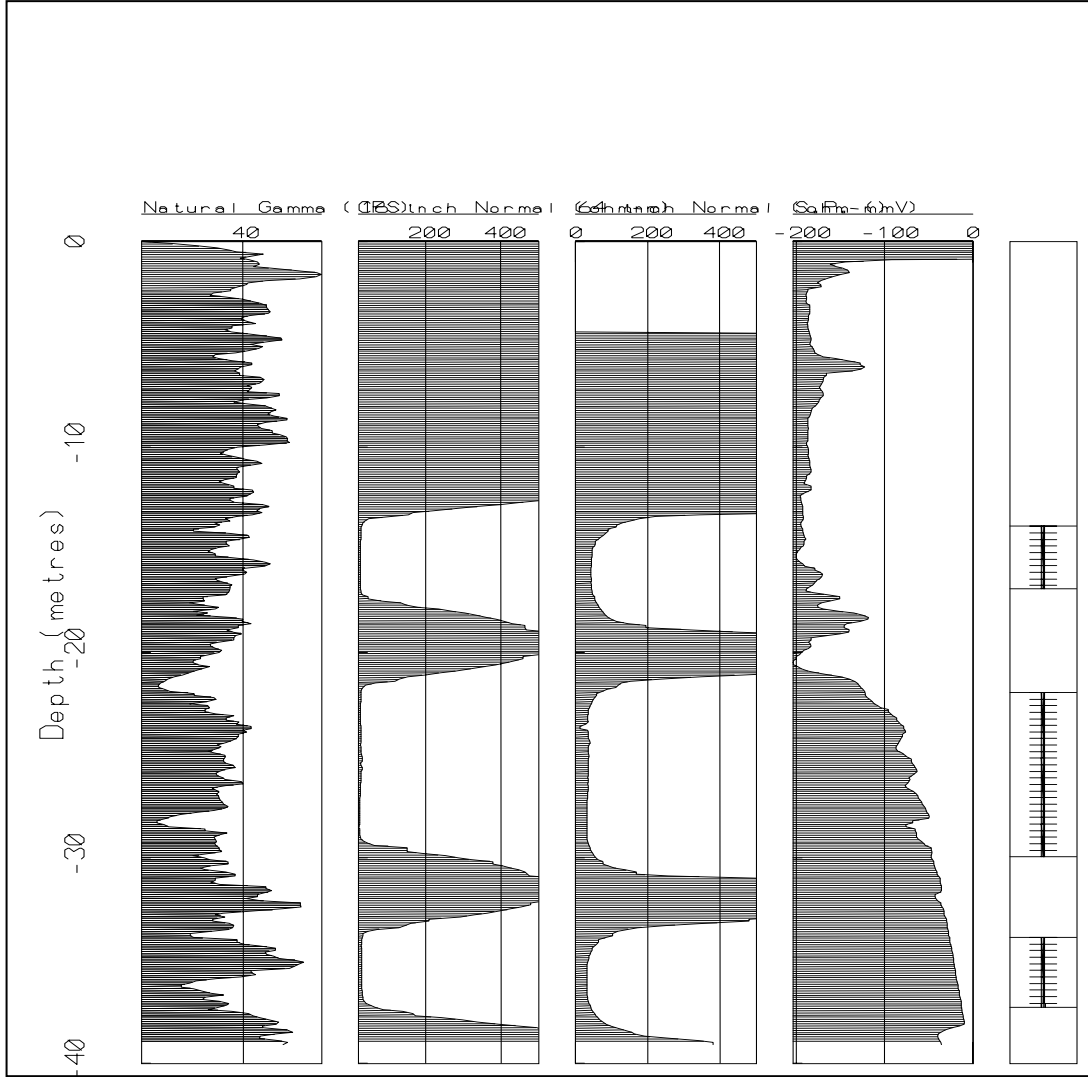
Kuyu derinliği, Kuyu derinliği standart kuyu logu ölçümleri sonucu en az hata ile doğrudan saptanabilir.

Borulanma koşulları ve boru derinliği: Demir borulu kuyularda yapılan öz direnç ve SP ölçümleri korezyonla ilgili olarak oldukça fazla değişim gösterirler. Borunun korezyonu ile

ilgili bazen ölçülerden saptanabilse bile yorumu oldukça zor ve karışıktır. Eğer metal boruda çok fazla korezyon yoksa derinliği özdirenç ölçümleri ile saptanabilir. SP ölçümleri genelde borulanma koşulları ne olursa olsun kullanılabilir.

Borulanmış Kuyulardaki İşlemler Bu tür kuyularda elektrik log ölçümleri sonucu kuyu içi filtre yerleri kolayca saptanmaktadır. Ayrıca boru çevresindeki çakılın radyoaktif özelliği yoksa doğal gamma ışınım logu ile killi seviyelerin yerleri kolayca saptanır.

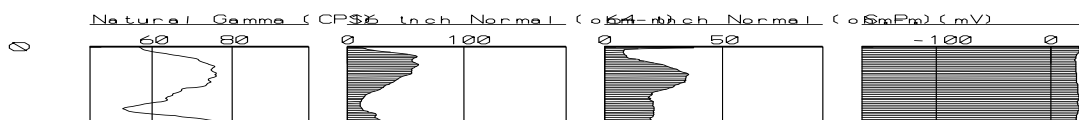
Bu çalışmada üç jeofizik ölçümü gözden geçirildi. Eğer sondaj çamuru tatlıysa, özdirenç ölçümleri genel olarak çok daha güvenilir verilerdir. Eğer üç veride uyumsuzluklar varsa, diğer verilere göre ağırlık özdirenç verilerine verilir. Ayrıca, SP yerine gamma ray ölçülerine ağırlık verilmelidir. Ancak, sondaj çamuru tuzlu ve özdirenç logunun araştırma aralığı küçük ise gamma ray eğrileri özdirenç verilerine göre daha güvenilirdir.



Şekil - 11. Borulu ve çamursuz kuyuda yapılan log çalışması (Çeşme-Izmir)

$\Delta X= 10 \text{ cm}$ $\Delta X= 50 \text{ cm}$ $\Delta X= 90 \text{ cm}$

Şekil - 12. Ölçü aralığındaki değişimlerin ölçüler üzerindeki etkisi (Çeşme-İzmir)



—————→ Tuzlanm
a sınırı

Şekil 13. Tuzluluk çalışması (Dikili-İzmir)

KAYNAKÇA

- Alger, R.P., 1965, Interpretation Of Electric Logs in Fresh Water Wells in Unconsolidated Formations. Trans. SPWLA Seventh Annual Logging Symposium. Tulsa (8-11 Mayıs 1966).
- Jones, P.H., ve Buford, T.B., 1951, Electrical Logging Applied to Ground-Water Exploration, Geophysics, Vol 16, No 1.
- Guyod, H., 1965, Annual Meeting of the American Geophysical Union, Section of Hidrology, in Washington, D.C., on April 20
- Özdemir, M., 1982, Kuyu Logları Ders Notları, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yayını
- Özkanlı, M., (1990), Log Yorumu Prensipleri ve Uygulamaları, TPAO Arama Grubu Başkanlığı
- Sarma, V.V.J., ve Rao, V.B., 1963, Reply to discussion of their paper. Variation of Electrical Resistivity Of River Sands, Calcite and Quartz Powder with Water Content. Geophysics. Nisan 1963.
- Turcan, A.N., Jr., 1962, Estimating Water Quality from Electrical Logs. U.S.G.S. Prof. Paper 450.C., Article 116.