

KUZHEY ONTARIO'DAKİ YÜZEY ÇÖKELLERİNİN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

Electrical Properties of Surficial Deposits in Northern Ontario

O. Metin İLKİŞİK*, J. David REDMAN** ve David W. STRANGWAY+

ÖZET

Kanada, Kuzey Ontario'da yürütülen yüksek frekanslı manyetotellirik araştırmalara paralel olarak bölgedeki glasiyel kökenli kil ve kumdan oluşan yüzey çökellerinin elektrik özdirenç özellikleri incelenmiştir. Metalik oluşumların sıkça görüldüğü Abitibi bölgesinde iletken yüzey killeri oldukça yaygın olup, elektromanyetik tekniklerin uygulanmasında önemli bir engeldir.

Kil, şist ve kumlardan oluşan glasiyel çökeller Prekambrien temel üzerinde yatay katmanlar oluşturmaktadır. Örtü katmanının ortalama kalınlığı 50 m kadar olup, kil kalınlığı yer yer 30 m'yi bulmaktadır. Çalışmamızda, bu kil, silt ve kumların alçak frekanstaki tipik özdirenç değerlerini ve 0.01 Hz ile 1 MHz aralığında özdirenç frekansa bağlı değişimini belirledik.

Ortalama doğru akım (alçak frekans) özdirenç değerleri 22 kil örneğinde ortalama 23 ohm.m, 13 silt örneğinde 72 ohm.m ve arazideki ölçümlerde kumlarda 1000-5000 ohm.m dir. 0.5 m Wenner elektrot açılımı ile arazide yapılan özdirenç ölçümleri bazı yerlerde alınan örneklerin laboratuvarındaki ölçümlerinden belirgin biçimde daha yüksek çıkmıştır. Bu farkın yüzeye yakın toprağın içindeki çatlaklardan ve toprağın yanal/düşey yöndeki özdirençlerinin farklı olmasından kaynaklandığına inanıyoruz.

Daha önceki araştırmacıların ölçümlerinin tersine, killerin özdirenç genelinde çok az bir frekans bağımlılığı göstermiştir. 5 ile 50 Hz arasındaki frekans etkisi % 2.5 dan daha azdır.

ABSTRACT

In conjunction with our application of Audio Frequency Magnetotellurics to electromagnetic mapping in Northern Ontario (Canada), we have carried out measurements on the electrical resistivity of the surficial deposits (clays, silts and sands). The conductive clays of the Abitibi clay belt, which are quite extensive in our study area, are known to be a serious impediment to the application of EM techniques in this important mining region.

The glaciolacustrine clays, silts and sands generally form a horizontally stratified section. Overburden thicknesses of 50 m and clay layer thicknesses of 30 m are not uncommon. We have characterized the "typical" low frequency resistivities of the clays, silts, and sands and measured the frequency dependence of their resistivity in the range 0.01 Hz to 1 MHz.

The average DC (low frequency) resistivities are: clays (22 samples) 23 ohm.m, silts (13 samples) 72 ohm.m and sands 1000-5000 ohm.m (in situ measurements). In situ DC resistivity measurements using a Wenner array with a spacing of .5 m give consistently higher resistivities than lab measurements on samples from the same locations. We believe that this difference is due to both cracks in the near surface soil and to differences between the horizontal and vertical resistivity of the soil.

In general, the samples show only a small frequency dependence in their resistivity in contrast with previous measurements on clays. The frequency effect between 5 and 50 Hz is typically less than 2.5 %

* Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar 34850, İstanbul, Türkiye

** Department of Earth Sciences, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada

+ The President's Office, The University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada

GİRİŞ

Daha önceki çalışmalarımızda, Kanada Kuzey Ontario'daki yüksek frekanslı manyetotelürik (AMT) araştırmalarımızın bazı sonuçları özetlenmişti (İlkışık ve diğ. 1982). Bu araştırmaların ana amacı kalın iletken bir katman ile örtülü temel kayanın elektriksel yapısının AMT yöntemi ile haritalanması idi. Cochrane ile eski büyük Barlow-Ojibway glasiyel gölünün günümüzdeki kalıntısı olan Abitibi Gölü arasında, glasiyel killer ve gölsel çökeller ile kaplı geniş bir alanda (Şekil 1) A-MT doğrultusu boyunca 28 noktada yapılan manyetotelürik ölçümlerin sonucu Şekil 2 de görülmektedir.

Genelde 100 m kalınlıktaki glasiyel kil-kum-silt katmanına karşı gelen ve bütün bölgeyi kaplayan örtü katmanı; örtü katmanının altındaki düşey sınırlar ve özellikle iki düşey iletken (Şekil 2c), birbirine dik yönlerde alınan ölçümlerden hazırlanan görünür öz direnç kesitleri (Şekil 2a, b) ve yönbağımlık çizimleri (Şekil 2d) üzerinde izlenebilmektedir.

Şekil 3 de ise Timmins'in doğusundaki Night Hawk Gölü yakınlarında yine glasiyel çökellerle kaplı bir alanda yapılan daha ayrıntılı bir manyetotelürik (MT) çalışmadan (Strangway, İlkışık ve Redman, 1983) alınmış bir örnek görülmektedir. F-34 kod numaralı ölçü noktasında alınan MT ölçümler (Şekil 3a) aynı noktadaki Schlumberger ölçümleri ile birlikte modellenmiştir. Şekil 3b frekans ortamındaki arazi eğrisinin doğrudan derinlik ortamına aktarılması ile bulunan en olası yeraltı modelidir. Şekil 3c de ise ters çözümle yapılan modelleme sonucu verilmiştir. Üstte kum, silt, kil ve yine siltten oluştuğu düşünülen toplam 115 m lik glasiyel örtü katmanının ortalama öz direnci 450 ohm.m olup, altta 5 km kadar kalın 30 000 ohm.m den daha büyük öz dirence sahip Prekambriyen metavolkanik ve metasedimentleri yer almaktadır. Model üzerinde yapılan SVD (İng.; singular value decomposition) analizi üstteki örtü katmanının iletken olan ikinci biriminin direnç ve kalınlığının (sırasıyla 445.9 ohm.m ve 114.3 m dir) arazi ölçümleri üzerindeki en etkili değişkenler olduğunu göstermektedir (Şekil 3a).

Örtü katmanının toplam kalınlığının ve "kum-kil-silt" ten oluşan örtü katmanının içindeki kil kalınlığının ve her ikisinde öz direncindeki yanal değişimlerin doğru izlenebilmesi, altta geniş bir alana yayılan Prekambriyen temel içindeki bazı olası önemli metalik yatakların (Cu, Pb, Au, ...) elektromanyetik yöntemlerle araştırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, örtü katmanını oluşturan kil, silt ve kumtaşı birimlerinde arazide ve laboratuvarında yapılan öz direnç ölçümlerini ve bunların örtü katmanının genel öz direnç yapısı ile ilişkisini tartışacağız. Çalışmalarımızın yoğunlaştığı alanın geniş bir bölümü Abitibi kil kuşağı ile örtülüdür (Şekil 1). Gölsel-karasal çökeller olan örtü kuşağının iletken killeri bölgede elektromanyetik tekniklerin

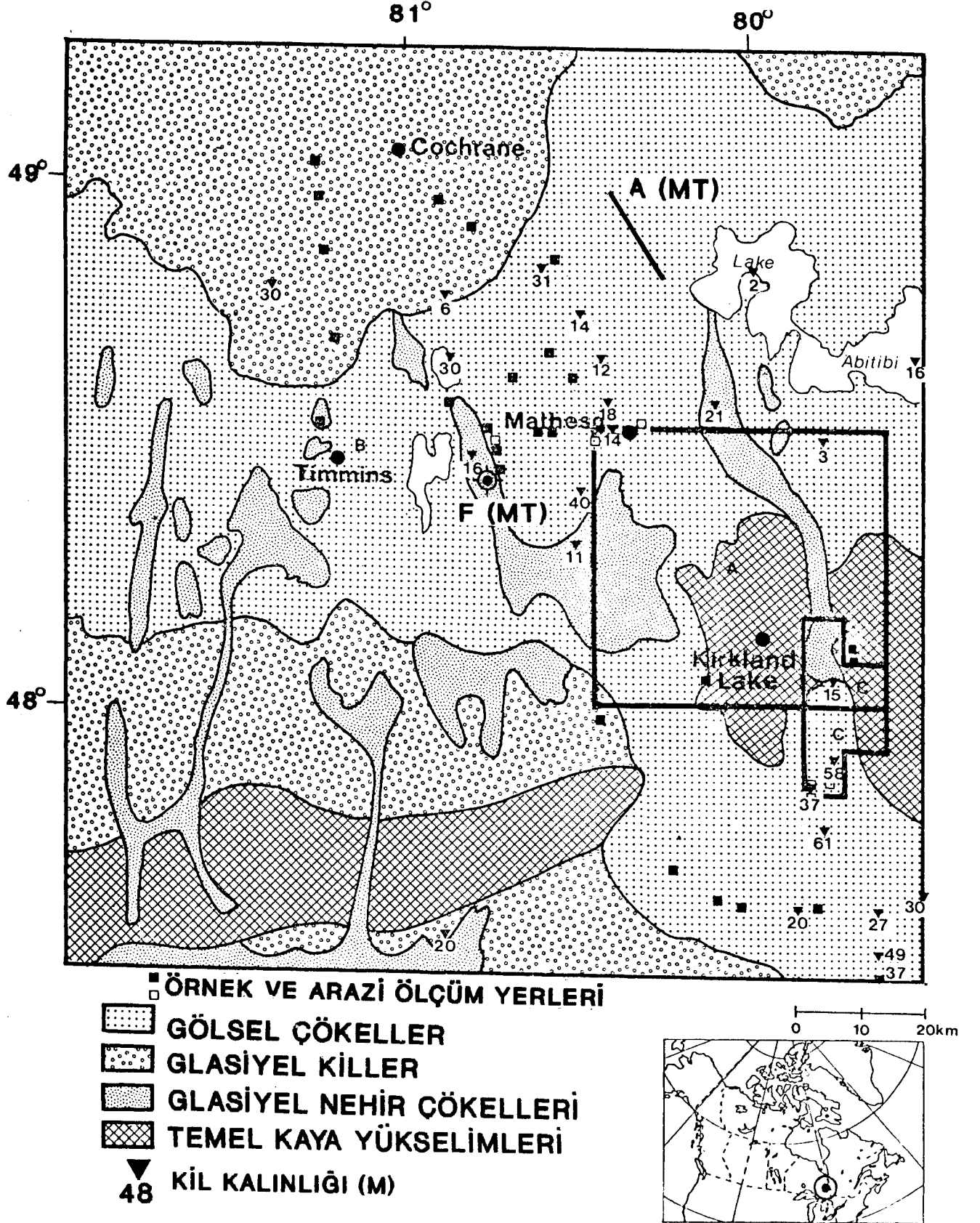
(EM) uygulanmasında nüfuz derinliğinin kısıtlanması nedeniyle önemli bir engel oluşturmaktadır. Bu iletken yüzeysel çökellerin elektrik özelliklerinin daha iyi anlaşılması EM verilerinin doğru yorumlanması açısından çok yararlı olacaktır. Araştırmamızın iki ana amacı vardır. Birisi, farklı yüzey birimlerinin tipik öz direnç değerlerinin belirlenmesi ve kil, silt ve kumlardan oluşan tipik elektrik kesitin ortaya çıkarılmasıdır. Diğeri ise öz direncin frekansa bağlılığının incelenmesidir. Çalışmalarımızın büyük bölümü en iletken yüzey örtü birimi olan kil ve siltlerin özelliklerinin tanınmasına ayrılmıştır.

ÖRTÜ KATMANININ BİRİMLERİ VE KALINLIĞI

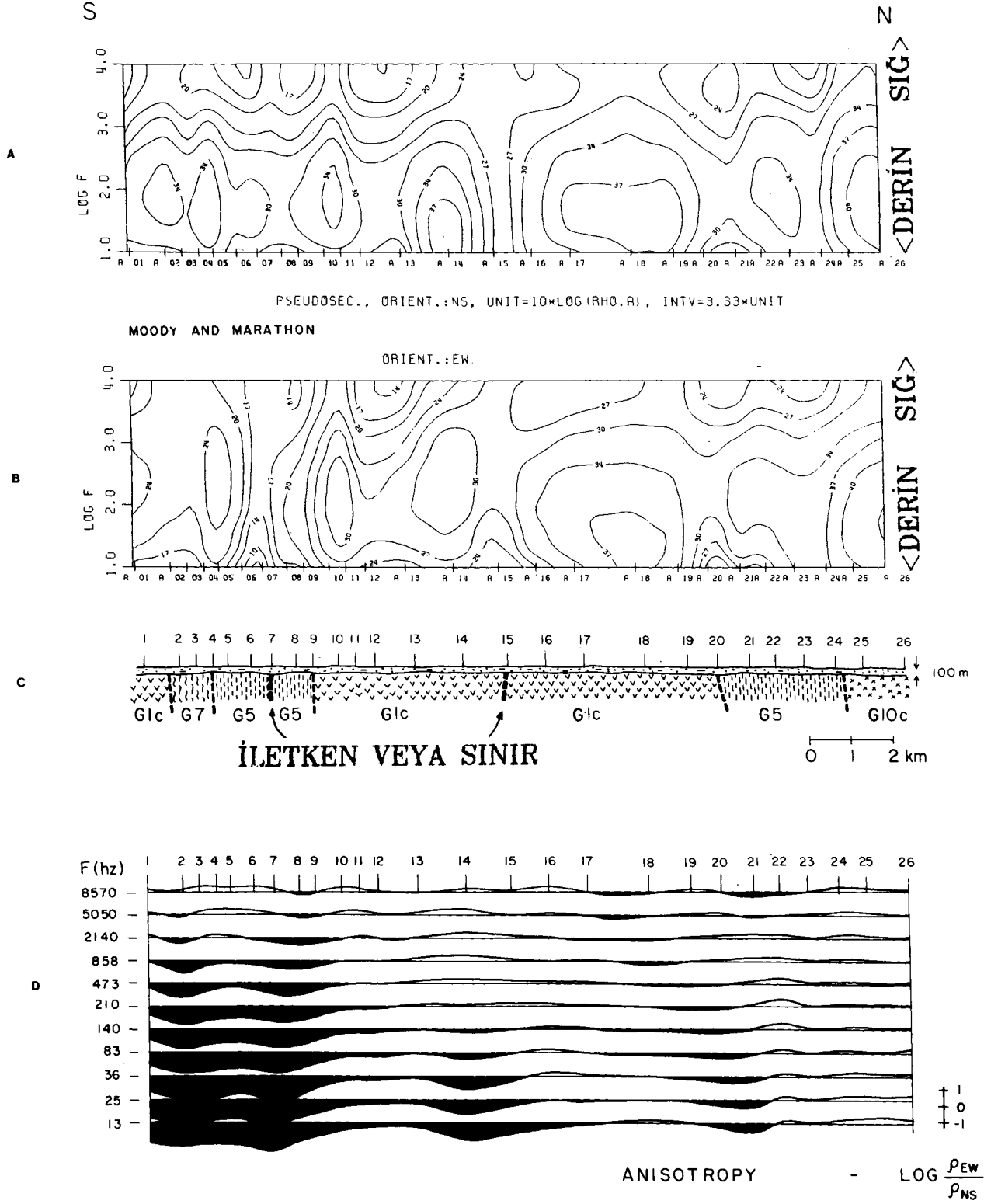
Örtü katmanının ve kil biriminin kalınlığının tipik değerlerinin ne olduğunun belirlenmesi için araştırma alanına ait eldeki yayınlar gözden geçirilmiştir. Abitibi kil kuşağında, killer, siltler ve kumlar geri çekilen buzulların önündeki oluşumlardan biri olan Barlow-Ojibway gölünde çökelmiştir. Genelde killer ve siltler mevsimsel dönüşümlü olarak tekrarlanan bir görünümündedir. Cochrane bölgesinin kuzeyinde ise "till" ler (siltli kil) killeri örter. Bunlar buz katmanının yerel ilerlemesi sonucunda oluşmuştur. Diğer bazı bölgelerde de killer "esker" ler (suların taşınmasıyla gelen kumlar) ile örtülmüştür. Temel kaya mostraları arasında kalmış ve vadilere gömülmüş kalın kil cepheleri oldukça yaygındır (Boissonneau 1966, Desaulniers 1982).

Yüzey şekilleri ve birimleri Ontario Geological Survey (OGS) tarafından 1:100 000 ölçekte haritalanmıştır. Ayrıca yine OGS tarafından çeşitli ruhsat raporları esas alınarak hazırlanmış bir dizi kalınlık haritası yayınlanmıştır (Hughes 1961). Eldeki kalınlık haritaları Şekil 1 de A bölgesi olarak işaretli olan, bölgenin önemli bir madencilik alanı olan Kirkland Lake civarındadır. Bu haritalardan oluşan verilere göre üst katman kalınlıklarının histogramı Şekil 4a'da görülmektedir. Timmins civarında B bölgesindeki ruhsat raporlarından hazırlanan örnekleme ise örtü katmanının genelde 40 m kalınlıkta olduğunu göstermektedir (Şekil 4b). Örnek alınan 221+97 noktanın herbirinin yakınındaki çeşitli verilerden en derin olanı seçilmiştir. Böylece bölgenin derin kısımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ancak, sondaj yapanların daha çok örtü katmanının nispeten ince olduğu yerleri tercih etmeleri nedeniyle bu sonuçlar ortamı olduğundan daha ince gösteren bir hata içermektedir. Kanaatimiz incelenen bölgede örtü katman kalınlığının genelde 50 m den daha fazla olduğudur. Örneğin, Gauthier Paftasında yapılan bir sondajda temel kayaca 242 m de ulaşılmıştır.

EM yöntemlerin nüfuz derinliğini kısıtlayan önemli birimler kil ve silt katmanlarıdır. Sondaj verilerine göre tipik kil ve silt katmanı ortalama kalınlıkları Şekil 1 üzerinde işaretlenmiştir. Örneğin Frederik House civarındaki 93 sondajdan bulunan ortalama kil kalınlığı 35 m dir. Temel kayanın mostralara verdiği Kirkland Lake'in güne-

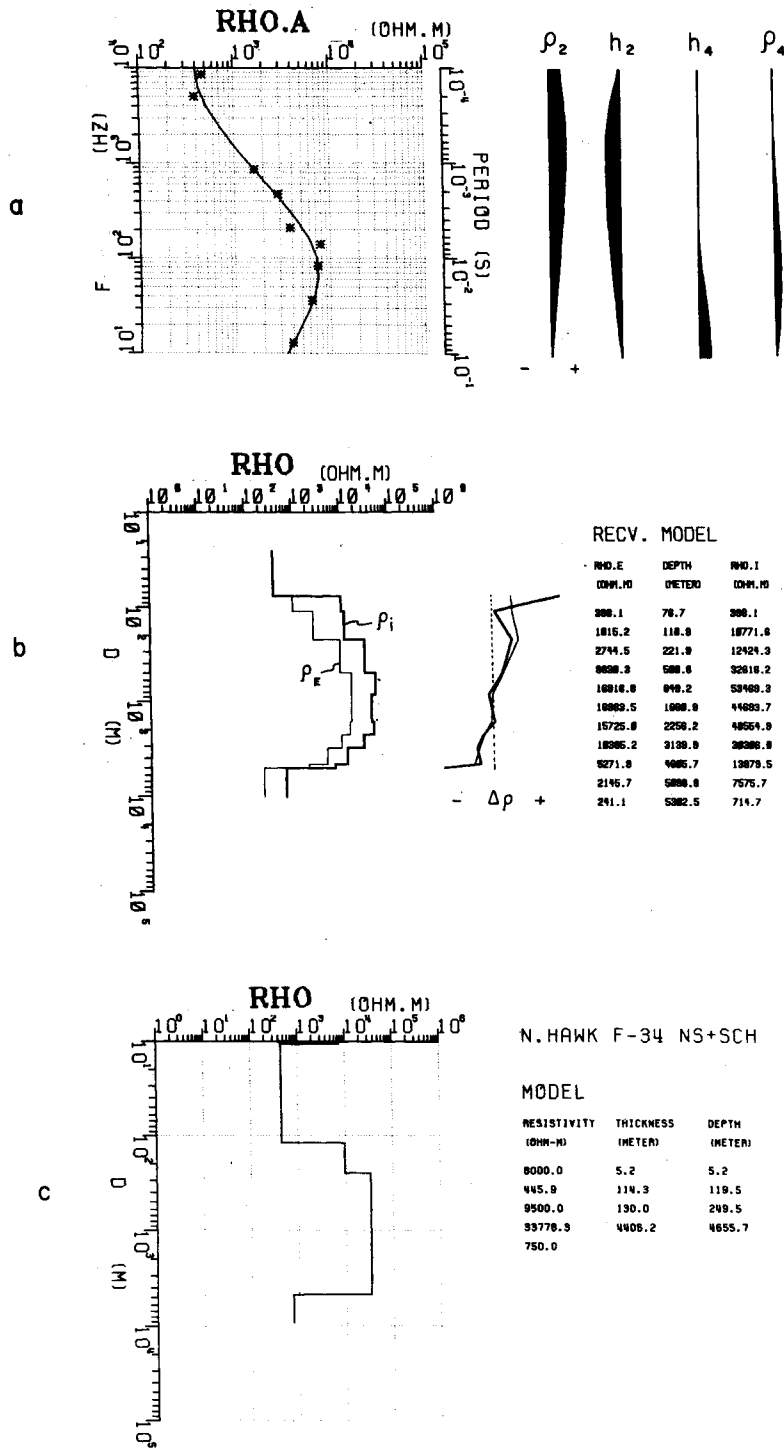


Şekil 1. İnceleme alanı ve örnek alınan yerler.
Figure 1. Study area showing sampling locations.



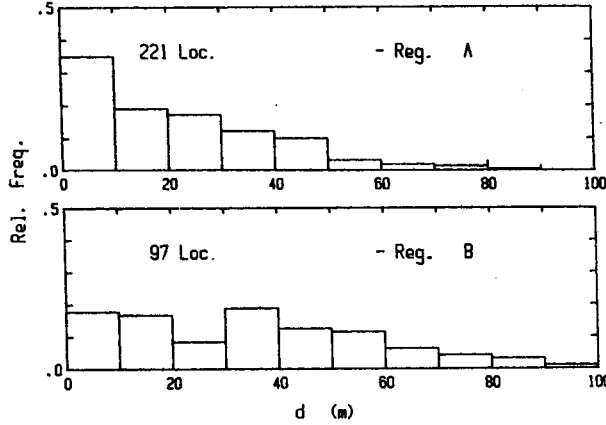
Şekil 2. Moody ve Marathon Paftalarında kuzey-güney doğrultusu boyunca a) KG ve b) DB modlarında alınmış görünür öz direnç kesitleri (Şekil 1 de A-MT doğrultusu); c) jeolojik kesit ve d) yönbağımlık çizimi (Strangway, İlkışık ve Redman 1983).

Figure 2. The pseudosections from Moody and Marathon Townships along north-south orientation in NS and EW modes, (a) and (b) respectively (Profile A-MT on Fig. 1); a sketch geologic section (c), and the anisotropy plot (d); (Strangway, İlkışık and Redman 1983).



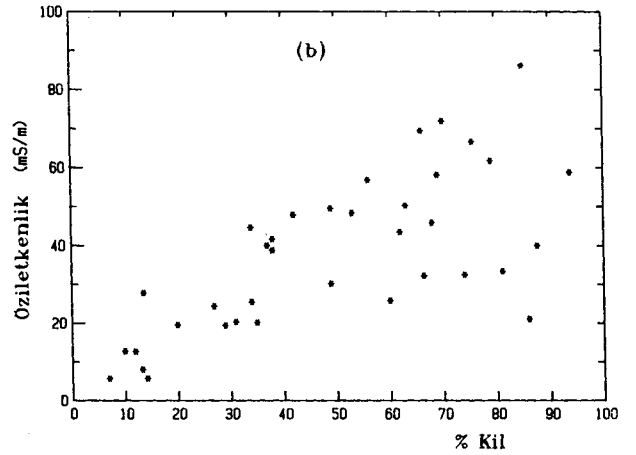
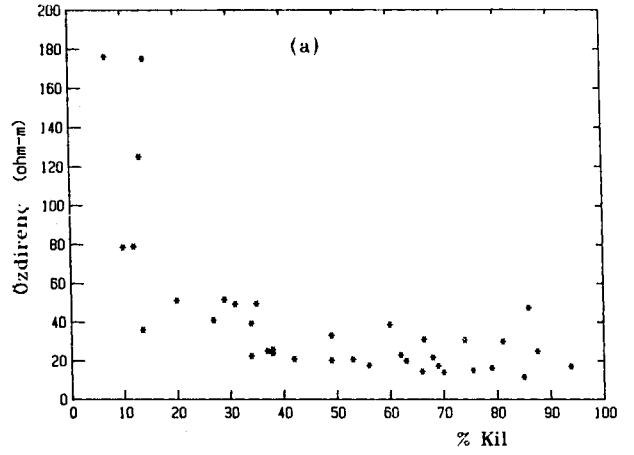
Şekil 3. a) F-34 noktasında (bak. Şek. 1) frekansa bağlı olarak ölçülen AMT değerleri (yıldızlar) ile en iyi modelin tepkisi (dolu çizgi) ve SVD analizi ile belirlenen en önemli değişkenlerin etkileri. b) Veriden doğrudan saptanmış modelin görünümü. ρ_e , etkin öz direnç; ρ_i aradeğer öz direncidir. c) AMT ve Schlumberger ölçümlerine göre en iyi ters çözüm modeli (Strangway, İlkışık ve Redman 1983).

Figure 3. AMT measurements (asterisks) vs. frequency at site F-34 (see Fig. 1), together with the best model response (full line) and the effects of the most important model parameters derived from SVD analysis. b) Illustration of the directly recovered model from data. ρ_e , effective resistivity; ρ_i interval resistivity. c) Best fitted inverse model based on AMT and Schlumberger measurements (Strangway, İlkışık and Redman 1983).



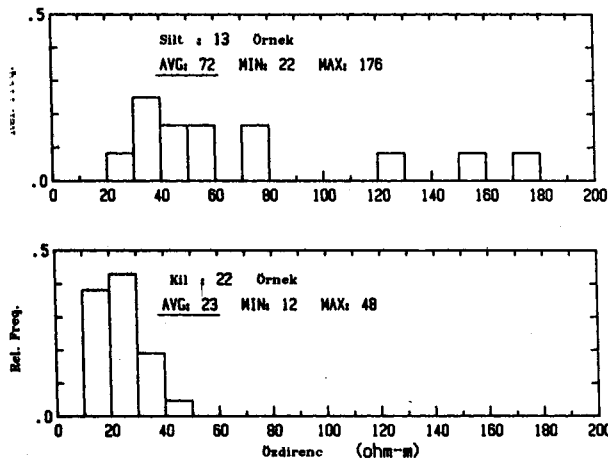
Şekil 4. İki bölgede örtü katman kalınlıkları. a) A bölgesi Kirkland Lake civarında olup, b) B alanı ise Şekil 1 de işaretlenen Timmins civarındadır. Veriler ruhsat raporlarından ve Ontario Geological Survey'in kalınlık haritalarından derlenmiştir (Maps P. 2477-2480, 1979).

Figure 4. Overburden thickness distributions for two regions. a) Region A is around Kirkland Lake and b) region B is around Timmins as outlined on Figure 1. The data were obtained from Ontario Geological Survey drift thickness maps and assesment files (Maps P. 2477-2480, 1979).



Şekil 5. a) 1" (inch) çapında silindirik örneklerde 50 Hz için ölçülen özdirenç ve b) öziletkenliğin kil içeriğinin fonksiyonu olarak değişimi.

Figure 5. a) The magnitude of the resistivity and b) conductivity at 50 Hz on 1" cylindrical sample are plotted as a function of clay content.



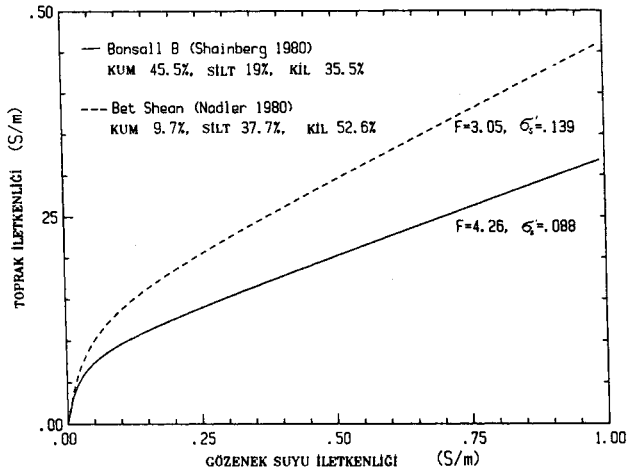
Şekil 6. Kil ve siltler üzerinde 50 Hz için ölçülen özdirenç değerleri. Siltlerin özdirençleri daha yüksek olup değerler daha değişkendir.

Figure 6. The distribution of resistivities at 50 Hz for silts and clays. The silts are more variable and have higher resistivities.

yinde (C bölgesi) Averill ve Thompson (1981) tarafından OGS adına yürütülen bir sondaj programında en büyük örtü katman kalınlığı 73 m ve en büyük kil katman kalınlığı 58 m gözlenmiştir. Bu bölgedeki kuyularda gözlenen üst katman kesitlerindeki stratigrafi oldukça değişkendir. Kil ve silt katmanları sık sık değişen kalınlıktaki kum katmanları altında kalmıştır. Bu alan için elde edilen sismik veriler ve sondaj sonuçları temel kaya topoğrafyasında önemli değişimlerin olabileceğini, kille dolmuş vadi ve kanalların oldukça yaygın olduğuna işaret etmektedir.

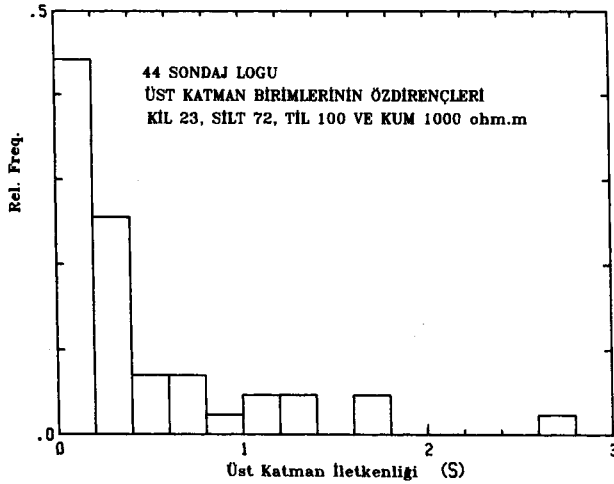
ÖZDİRENÇ ÖLÇÜMLERİ

Özdirenç ölçümleri için yerleri Şekil 1 de belirtilmiş olan örnekler kum ocaklarından, yol yarmalarından veya dere yatakları boyunca mostralardan alınmıştır. Örnek toplanırken ayrışmamış ve bozulmamış kil açığa çıkıncaya



Şekil 7. Nadler ve Frenkel (1980) ile Shainberg ve diğ. (1980) den alınan iki toprak örneği için toprak iletkenliğinin gözenek suyunun iletkenliğine bağlı tipik değişimi.

Figure 7. Typical dependence of soil conductivity on pore water conductivity for two soil samples from Nadler and Frenkel (1980) and Shainberg et al. (1980).

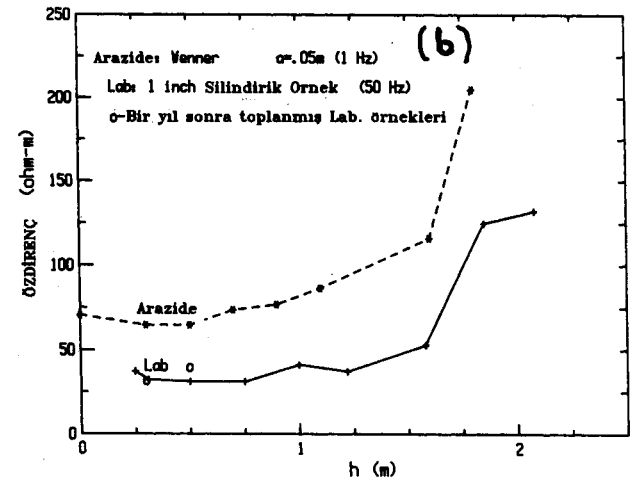
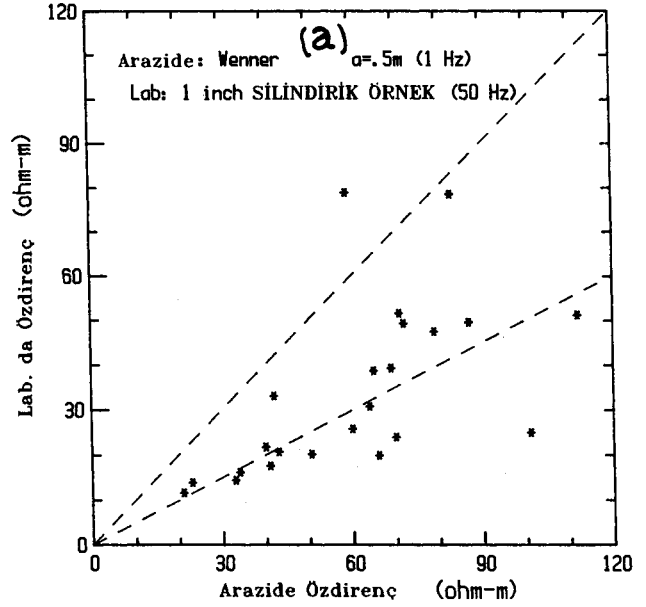


Şekil 8. Kirkland Lake'in güneydoğusunda (Şekil 1 de gösterilen) C bölgesinde belirlenmiş üst katman iletkenlikleri.

Figure 8. Estimated overburden conductances for region C (shown on Figure 1) southeast of Kirkland Lake.

kadar üstteki malzemeler atılmıştır. Örnekler, yatay özdirincin belirlenmesine uygun bir yönde, kilin yüzeyine 1" (inch) lik plastik bir tüp bastırılarak alınmıştır ve birimin olabildiğince tekdüze özelliklerini simgeler. Ayrıca orijinal nem içeriğinin korunması için plastik torbalara konmuş ve ağızları tamamen kapatılmıştır.

Alınan örneklerin 5 Hz ile 1 MHz frekans aralığında

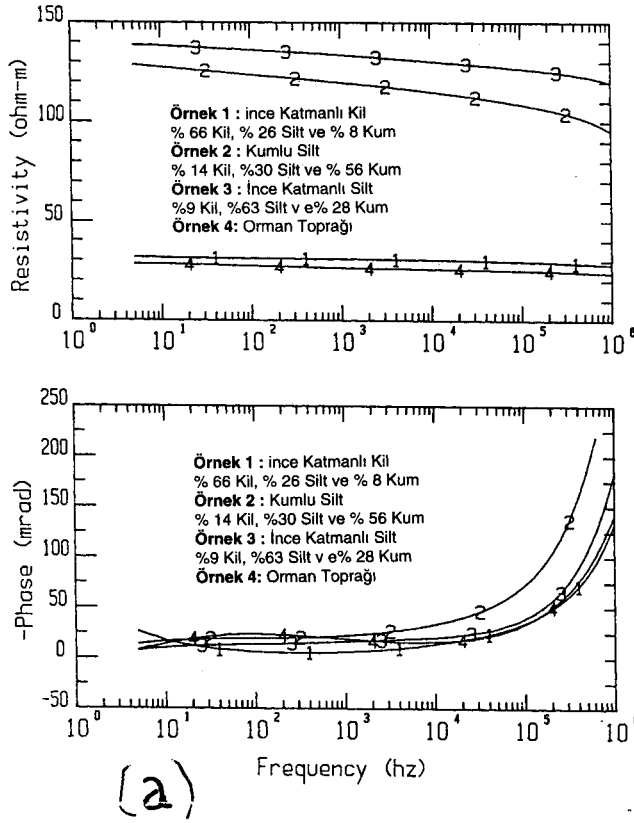


Şekil 9. a) Arazide ve laboratuvarında ölçülen özdirinciler arasındaki ilişki. Arazi ölçümleri $a=0.5$ m elektrod aralığı kullanılarak Wenner dizilimi ile yapılmıştır. Örneklerin yerleri Şekil 1 de işaretlenmiştir.

b) 2 m lik bir kil katmanında arazide ve laboratuvarında ölçülen özdirincilerin karşılaştırılması. Arazi ölçümlerinde $a=0.5$ m elektrot açılım ile Wenner dizilim kullanılmıştır.

Figure 9. a) Relationship between the in situ and laboratory measurements of the resistivity using a Wenner array with $a=0.5$ m for the in situ measurements. The sample sites are shown on Figure 1.

b) Comparison of in situ and laboratory measurements of resistivity through a 2 m clay layer. For the in situ measurements a Wenner array, with $a=0.5$ m, was used.

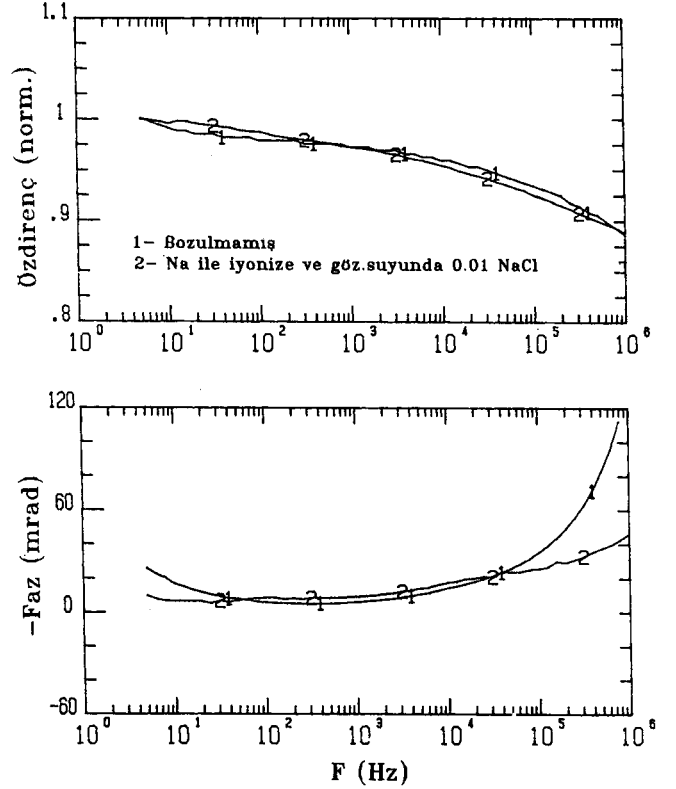


Şekil 10. a) Tipik toprak örnekleri için öz direncin ve faz'ın frekansa bağlı değişimi.

b) Laboratuvar örneklerinde gözlenen yüzde olarak frekans etkisinin (PFE) dağılımı.

Figure 10. a) The frequency dependence of the phase and magnitude of the resistivity of typical soil samples.

b) The distribution of percent frequency effect (PFE) observed in laboratory samples.



Şekil 11. Homo-iyonize ve bozulmamış kil örnekleri için öz direncin ve fazın frekansa bağlı (normalize) değişimi. 5 Hz deki öz direnç (ki normalizasyon değeridir) bozulmamış örnek için 32 ohm.m, iyonize örnek içinse 9 ohm.m dir.

Figure 11. The (normalized) frequency dependence of the resistivity for a homoionized and untreated clay sample. The resistivity at 5 Hz (normalizing value) is 32 ohm.m for the untreated sample and 9 ohm.m for the treated sample.

direnç ve faz değerleri ölçülmüştür. Ek olarak 0.01 Hz ile 1 MHz frekans aralığında da bazı ölçümler yapılmıştır. 5 Hz'in üzerindeki frekanslardaki ölçümlerde Hewlett Packard HP4192a empedans analizörü kullanılmıştır. 5 Hz-10 kHz arasında farklı akım ve potansiyel elektrotları kullanılarak 4 elektrotlu ölçümler, 10 kHz'in üzerinde ise dört uçlu ve iki elektrotlu teknik kullanılmıştır. Akım elektrotları için platin ağ, potansiyel elektrotları için platin tel kullanılmıştır. Bütün ölçümlerde akım yoğunluğu yaklaşık 0.1 A/m seçilmiştir. Örneklerimiz içerdikleri kum, silt ve kil taneciklerinin hacim oranına göre sınıflandırılmıştır. Bu tane boyutu analizi, süzülme ve tortulaşma analizindeki standart tekniklerle yapılmıştır. Kum hacim oranı ise örnek 45 µm lik bir süzgeçten geçirilerek belirlenmiştir. Geri kalan silt ve kil içeren örnek ise bir kimyasal çözücü (calgon) içeren saf suda ayrıştırılmıştır. Karışım 4 µm den büyük tane boyutundaki bütün parçacıklar çökünceye kadar bekletilmiştir. Ayrıştırma olduktan sonra, çözeltinin içindeki kil miktarı sıvı bir fırında buharlaştırılıp kalan tortu tartılarak belirlenmiş-

tir. Tortu içinde kalan kimyasal çözücü miktarı için de düzeltmeler yapılmıştır. Bu çökeltme işlemi bütün kil miktarı giderilinceye kadar üç kere tekrarlanmıştır. Bu işlem sonunda silindir kabda kalan tortu silt miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır.

Kil hacim oranı tipik olarak % 70 kadar kil minerali içermektedir. Kil örneklerinin birkaçı üzerindeki x-ışını difraksiyonu analizi temel kil minerallerinin % 40 oranında klorit ve % 30 oranında illit olduğunu göstermiştir. Yazıda kum, silt ve kilin miktarına değinildiğinde örneğin minerolojisi değil tane hacim oranı kastedilmektedir.

ALÇAK FREKANS ÖZDİRENÇ ÖLÇÜMLERİ

Alçak frekans (50 Hz) veya doğru akım (DC) öz direnç ölçüm sonuçları Şekil 5 de görülmektedir. Grafiklerde, Şekil 1 de görülen dağınık yerlerin herbirine bir ölçüm karşı gelmektedir. Sonuçların hem iletkenlik hem öz direnç cinsinden gösterilmesi verilerde düşük ve yüksek kil içeriği görülmesi durumunda ayrıntıları yansıtır. Sabit bir kil içeriği için belli miktarda saçılma olmasına karşın, artan kil miktarı ile iletkenlik artışı açıkça gözlenmektedir. Belirli bir miktarda kil'e karşı gelen dağılım ise daha çok farklı gözenek suyu iletkenlikleri ve farklı ortamlarda gelen örneklerin formasyon türleri ile kontrol edilmektedir.

Şekil 6 da siltler ve killer için öz direncin dağılım grafiği verilmektedir. Verilerin sunulmasında örnekler üç gruba bölünmüştür. % 35 den çok (hacim oranı) kil içeren killer az kil içeren ve % 70 ten az kum içeren siltler. Kil'lerin öz dirençleri daha çok ortalama 23 ohm.m civarındadır, ancak siltlerin öz dirençleri biraz daha çok değişmektedir. AMT yöntemi ile bölgede yaptığımız arazi çalışmaları (İlkışık ve diğ. 1982) iletken örtü katmanların çoğu üzerinde 20-50 ohm.m lik tipik değerler vermiştir.

Alçak frekans veya doğru akımda toprak iletkenliğinin (σ) gözenek suyu iletkenliğine ve parçacıkların yüzey iletkenliğine bağımlılığını açıklamak üzere Shainberg ve diğ. (1980) tarafından nispeten basit bir model önerilmiştir. Bu modelde bir toprakta iletimi açıklamak üzere iki yol düşünülmüştür. Bir iletim yolu yalıtkan olduğu düşünülen taş dokunun gözeneklerinden geçer. Diğer yolunu ise kil parçacıkların yüzeyindeki yükler oluşturur. Bu durumda topraktaki iletkenlik

$$\sigma = \sigma_{\omega} F^{-1} + \sigma'_s \sigma_{\omega} (K \sigma'_s + \sigma_{\omega})^{-1} \quad (1)$$

biçiminde yazılabilir. Burada $\sigma'_s = \mu^+ C \rho (\Delta F)^{-1}$ olup, μ^+ katman yüzeyine nüfuz edebilen belirli bir katyonun hareketliliği (cm.s/Vm), C katyon bağlanma kapasitesi (meq/gr), ρ toprağın yoğunluğu (gr/cm³), Δ gözeneklilik, σ_{ω} gözenek suyu iletkenliği (mmho/cm), σ'_s görünür yüzey iletkenliği (mmho/cm), F formasyon faktörü ve K katının oransal uzunluk katsayısı ($K \cong 0.3$) dir.

Şekil 7 de Nadler ve Frenkel (1980) ile Shainberg ve diğ. den (1980) alınan iki örnek için toprak iletkenliğinin, gözenek suyu iletkenliğine bağlı yukarıdaki modele dayanan değişimi görülmektedir. Mevsimlik katmanlı (ince renk tekrarı gösteren) killerde de gözenek suyu iletkenliğine benzer bir bağımlılık beklenirken, daha yoğun olduklarından topraktan daha yüksek formasyon faktörleri gözlenmiştir. Biz, kil örneklerimizden birinde (% 62 kil, silt ve kum) gözenek suyu iletkenliğini 0.13 S/m ölçtük.

Shainberg modeli farklı yerlerden toplanan örneklerde sabit bir kil miktarı için iletkenlikte gözlenen saçılmanın farklı gözenek suyu iletkenliklerine, formasyon katsayılarına ve katyon değişme (exchange) kapasitesine (kil miktarına değil farklı kil minerolojisi ve iyonik elemanlarla ilişkili) bağlı olduğuna işaret etmektedir. Benzer bir kaynaktan gelen ve aynı çevrede çökelen killerin bulunduğu bir bölgede (yani bölgemizdeki Barlow-Ojibway gölü) bütün örneklerdeki kil minerolojisinin aynı olduğu kabul edilebilir. Bu yüzden iletkenliklerindeki saçılma daha çok farklı gözenek suyu iletkenliklerine ve formasyon faktörlerine bağlı olmalıdır. Bölgeden toplanan toprak örneklerinin öz dirençlerine ilişkin ölçümlerimiz tipik değerler olarak alınabilir.

Kirkland Lake'in güneyinde örtü katmanı üzerinde sondajlardaki kuyu loglarını ve bizim laboratuvardaki silt, kil ve kumlar üzerindeki öz direnç ölçümlerimizi kullanarak bu bölgede "till"ler için üst katman iletkenliği tahmin edilebilir (Şekil 8). Bu sonuçlar genelde bölgede 1-2 Siemenslik iletkenlik değerleri geçerli olduğunu göstermektedir. Abitibi bölgesinde tuzlu su içeren bazı örtü katmanlarında öz dirençlerin çok daha farklı olduğu rapor edilmiştir. Abitibi kil kuşağında gözlediğimiz ortalama 23 ohm.m lik değere karşı Ontario'nun Hawkerbury bölgesindeki denizel killerde 2 ohm.m civarında düşük öz dirençler ölçülmüştür (Dyck 1979).

0.5 m lik elektrot açılımı ve Wenner dizilimi kullanılarak, örnek alınan noktalarda arazide öz direnç ölçümleri de yapılmıştır. Laboratuvardaki ölçümlerimizle arazideki ölçümlerimizin karşılaştırılması Şekil 9a da görülmektedir. Laboratuvar ölçümlerimizin hemen tamamı arazi ölçümlerinin yaklaşık yarısı kadar çıkmıştır. Bu farkın daha çok yüzeye yakın topraklardaki direnci artıran çatlaklara ve toprak içinde yatay ve düşey yöndeki dirençlerin farklı olmasına bağlı olduğuna inanıyoruz. Bu bölgedeki (ince çizgili) killer için Chan ve Kenny (1973) yönbağımlı su geçirim katsayılarının 5 kat farklı olabileceğine işaret etmektedir. Bu ise benzer bir etkinin elektrik öz dirençler üzerinde de gözlenebileceğine işaret eder. Şekil 9b de 2 m kalınlığındaki aynı bir kil katmanından alınan çeşitli örnekler için laboratuvar ve arazideki ölçümler arasındaki benzer bir farkı yansıtmaktadır.

ÖZDİRENCİN FREKANS BAĞIMLILIĞI

Laboratuvar örneklerimizin karmaşık öz direncinin frekans bağımlılığı da araştırılmıştır (Şekil 10a). Mehran ve Arulanandan'ın (1977) kaolenit, illit ve siltli kilin öz direncine ilişkin laboratuvar ölçümleri 50 Hz - 100 kHz frekans aralığında önemli bir frekans bağımlılığı göstermektedir. Onların ölçümleri öz direnç değişim büyüklüğünün azalan su içeriği, elektrolit yoğunluğu ve katyon değişim kapasitesi ile arttığını göstermiştir. Siltli killer üzerindeki ölçümler 100 Hz ile 1 kHz arasında % 17 bir frekans etkisi vermiştir. Onların gözlediği değişimler bizim gözlediklerimizden çok daha fazladır. Bizim gözlemlerimizde en büyük değişim 5 - 50 Hz arasında % 4 civarındadır (Şekil 10b). Genelde örneklerimizin öz direncinde frekansa bağlı çok az bir değişim vardır. Sadece daha önce de işaret ettiğimiz gibi (Strangway ve diğ. 1983) örneklerimizden tek bir tanesinde önemli bir negatif PFE ve pozitif faz açısı görülmüştür.

Örneklerimizde gözlenen öz direnç değişiminin Mehran'ın sonuçları ile doğrudan karşılaştırılması amacı ile örneklerimizden birini Na^+ ile iyonize ettik ve aynı yerden alınan diğer bir örneğin sonuçları ile kıyasladık. 1 mol NaCl eriyiği ile bütün yer değiştirebilen katyonları Na^+ ile değiştirilen homo-iyonize örnek, önce saf su içinde yumuşatıldı ve sonra 0.01 mol NaCl eriyiği ile karıştırıldı. Sonuçta, gözlenen frekans bağımlılığı hiç bir işlem yapılmayan örnek ile aynıdır (Şekil 11). İşlem yapılanda görülmemesine karşın, hiç işlem yapılmayan örnekte alçak frekanslarda çok küçük bir (azalan öz direnç ve negatif faz) değişimi vardır. İşlem yapılan örnek yüksek frekanslarda daha yüksek bir faz etkisi göstermektedir, fakat bu (tuzlu olması nedeniyle) daha düşük bir doğru akım öz direncinde olmasından kaynaklanmış olmalıdır. İşlenmiş örnekte (50 Hz ve 100 kHz) arasındaki frekans etkisi % 6 kadar olup Mehran ve Arulanandan (1977) tarafından bir illit-kil örneğinde elde edilen % 25 lik değerden çok küçüktür.

SONUÇLAR

Kuzey Ontario'da Prekambrien temel içindeki metalik oluşumların araştırılması için çeşitli elektromanyetik yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, yüzeyde çok geniş bir alana yayılan ortalama 100 m kalınlığındaki glasiyel göl çökelleri, ölçümlerin doğru yorumlanmasını önleyici bazı etkiler yapmaktadır. Arazide ve laboratuvar da yapılan bu öz direnç ölçümleri ile bölgedeki üst örtü katmanının tipik bir elektrik kesiti belirlenmiştir. Ölçümlerimiz killer için öz direnç değerlerinin 20 ohm.m, ve siltler için 70 ohm.m olduğunu göstermiştir. Arazide ve laboratuvar da yapılan ölçümler arasındaki farka neden olan ilişkinin biraz daha araştırılması gerektiği kanısındayız. Genelde killerin direncinin frekansa bağımlılığı az olup, farklı frekanslarda çalışan birçok EM tekniğinin uygulanması ve sonuçların yorumlanması açısından önemsizdir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma ilk yazarın Toronto Üniversitesi'nde katıldığı ve Ontario Geological Surveyi tarafından desteklenen (OGS Grant No. 118). "Surface Electromagnetic Mapping in Selected Positions of Northern Ontario" isimli projede yürütülen araştırmaların bir bölümünü kapsamaktadır.

KAYNAKLAR

- Averill, S.A. and Thomson, I. 1981, Reverse circulation rotary drilling and deep overburden geochemical sampling in Marter. Catherine, McElroy, Skead, Gauthier and Hearst Townships, District of Timiskaming, Ontario Geological Survey OFR-5355.
- Boissonneau, A.N. 1966, Glacial history of northeastern Ontario-1. The Cochrane-Hearst Area, Can. J. of Earth Sciences 3, 559-578.
- Chan, H.T. and Kenny, C.T. 1973, Laboratory investigation of the permeability rates of New Liskeard varved soil. Can. Geotechnical J. 10, 453-472.
- Desaulniers, D.E. 1982, Clayey Quaternary Deposits in Northern Ontario-A Review, Atomic Energy of Canada TR-305.
- Dyck, A.V. 1974, Surficial Conductivity mapping with the airborne Input system, Can. Inst. of Min. and Metall. Bull. 67, 104-109.
- Hughes, O.L. 1961, Preliminary report on borings through Pleistocene deposits, Cochrane District, Ontario. Geol. Surv. of Can., Paper 61-16.
- İlkışık, O.M., Hsu, D.T., Redman, J.D. and Strangway, D.W. 1982, Surface Electromagnetic Mapping in Selected Positions of Northern Ontario, Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 103.
- Maps H. 2477-2480, 1979, Northern Ontario Engineering Terrain Study Data Base Maps. Ontario Geological Survey. Toronto.
- Mehran, M. and Arulanandan, K. 1977, Low frequency conductivity dispersion in clay-water-electrolyte systems, Clays and clay Minerals 25, 39.
- Nadler, A. and Frenkel, H. 1980, Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four-electrode method, Soil Sci. soc. of Am. J. 44.
- Roy, K.K. and Elliot, H.M. 1980, Model studies on some aspects of resistivity and membrane polarization behaviour over a layered earth, Geophys. Prosp. 28, 759-775.
- Shainberg, I. Rhoades, J.D. and Prather, R.J. 1980, Effect of exchangeable sodium percentage, cation exchange capacity, and soil solution concentration on soil electrical conductivity, Soil Sci. Soc. of Am. J. 44.
- Strangway, D.W., İlkışık, O.M. and Redman, J.D. 1983, Surface Electromagnetic Mapping in Selected Positions of Northern Ontario, 1982-83, Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 113.