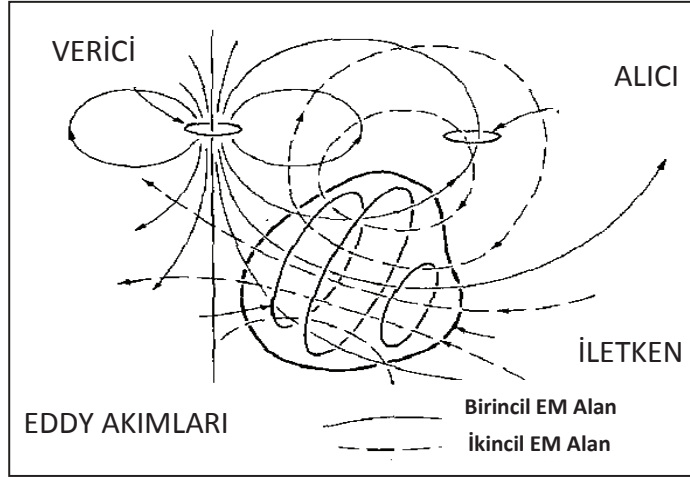


HAVADAN ELEKTROMANYETİK YÖNTEMLER

Eser KURDAL* ve Serdar KURDAL*

Jeofizik araştırmalarda kullanılan Elektromanyetik Yöntemlerde elektromanyetik dalga yayınının neden olduğu yer tepkisinden yararlanılarak, yer altının iletkenliği hakkında

bilgi edinilir. Dođal kaynakları EM yöntemlerde bu değişim bir alıcıyla kaydedilirken, yapay kaynaklı EM yöntemlerde, vericiden gönderilen akımla birincil elektromanyetik alan oluşur (Şekil 1). Bu alan yerdeki iletkenleri indükleyerek 'eddy akımlarını' oluşturur. Bu akımlardan dolayı oluşan ve iletkenlerle ilişkili olan ikincil alanlardaki değişim kaydedilir. Zaman veya frekans ortamlarında ölçüm alınır.



Şekil 1- Elektromanyetik indüksiyonun şematik gösterimi

Yöntemler, havada, karada ve denizde uygulanabilir. Elektromanyetik (EM) Yöntemlerin kullanım alanları ise;

- Maden aramaları
- Gömülü Boru ve kablo hatları
- Yanal süreksizliklerin belirlenmesi
- Erime boşluklarının belirlenmesi
- Yer altı suyu kirlenmesi ve tuzluluk girişimlerinin haritalanması
- Arkeojeofizik
- Jeotermal aramalar

Havadan elektromanyetik yöntemlerin amacı, genellikle hızlı ve nispeten düşük maliyetlerle masif sülfidler gibi çeşitli iletkenleri araştırmaktır. Bu yöntemler, ana kayacın ve örtü kayacın iletken, çok ince olduğu durumlar hariç birçok jeolojik yapıda uygulanabilir. Çeşitli mühendislik problemlerinin çözümünde ve genel jeolojik yapıyı ortaya çıkarmak ve haritalamak için oldukça uygundur.

En güçlü elektromanyetik (EM) yanıtı, masif sülfidler, grafit, konsolide olmamış kil, kum,

çakıl gibi sedimanlar verirler. İletkenlik sıralamasında sıkışmış sedimanlar grafit, şist ve çoğu rezistif volkanik kayaçtan(dolomit,limonit) daha aşağıdadır. Ayrıca, çürümüş malzemenin oluşan, göl dipleri, bataklık ortamları da iletkenlerdir.

Aşağıda havadan elektromanyetik yöntemler için bazı iyi ve nispeten zayıf tepki veren ortamlar örnek olarak verilmiştir.

- Genellikle piritlerle birlikte bulunan, masif volkanosedimanterler, Cu, Pb, Zn ve diğer deđerli metaller
- Nikel ve bazen bakır ve değerli mineraller içeren Masif pirit-penlandit ya takları,

Daha Zayıf hedefler;

- Pb-Zn depolayan karbonat, sık sık demir sülfatla beraber bulunan ve bazen grafitik yapılarla ilişkilendirilen pirit,

*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeofizik Dairesi Başkanlığı - Ankara

- Volkanik ve sedimanter kayaçlar içinde bulunan, altınla beraber pirit, bazen de Sb,Ag,Bi vb içeren kuvars damarları,
- Magmatik sokulum kayaçlarının etrafında yer alan genelde pirit ve manyetit bulunan Cu, Pb, Zn yatakları

Sinyal/Gürültü oranı

Sistemin anomaliyi tanıma ve ölçme yeteneği sinyal gürültü oranıyla sınırlıdır. Birincil alanın gücü ne kadar yüksek ve sistemden kaynaklı gürültü ne kadar azsa, ikincil alan daha kuvvetli ve dolayısıyla jeolojik gürültü daha az olacaktır. Frekans ortamı ölçümlerinde birincil alan gücü, sistem gürültülerinden etkilendiği için birincil alan gücü artırılarak sinyal/gürültü oranında çok fazla artış sağlanamaz. Zaman ortamı ölçümlerinde sistemden kaynaklanan gürültüler birincil alan tarafından fazla etkilenmez. Bu yüzden daha kaliteli sinyal alabilmek için birincil alanın gücü artırılabilir. Sinyal-gürültü oranını artırma girişimleri bazen alıcı verici uzaklığının artırılmasıyla yapılabilir. Bununla birlikte daha uzun taşıyıcı ünite kullanmak, sistemin daha yatay olmasını sağlamak da, sistem gürültüsünde artış gösterebilir. Çok iletken sahalarında gürültüyü bastırabilmek için üniteyi iyi dengelemek gerekir.

Jeolojik gürültü kaynakları

- İletken örtü kayaçtaki yanal değişimler
- Metamorfik ana kayaçtaki grafit bantları
- Altere olmuş mafik, ultramafik kayaçlar
- Yer altı suyu taşıyan fay ve ezilme zonları
- Serpantinleşmiş ultramafiklerdeki manyetit bantları

Nüfuz derinliği (Penetrasyon)

Havadan elektromanyetik sistemlerin penetrasyonu derin araştırmalarda da etkilidir. Daha iyi penetrasyon için genellikle koşullar elverdikçe daha yüksek uçuşlar lazımdır. Genellikle geniş alıcı –verici aralığı daha geniş

penetrasyon sağlar. Penetrasyon da sinyal-gürültü oranıyla yakından ilgilidir.

Formasyonları ayırtma ve çözümleme

Farklı fiziksel özellik ve geometrik yapıdaki iletkenler arasındaki farkı çözebilmek çok önemlidir. Özellikle yatay tabakalı iletkenler ve dik olarak yerleşmiş yataklar arasında da çok önemlidir. Değişik frekanslar ve bobin dizimleri kullanarak Helikopter EM sistemler bu konuda oldukça başarılı olabilirler.

Sistemler komşu iletkenleri de ayırtılabilmek yeteneğine sahiptir. Örtülü ve ayrık yerleşmiş iletkenlerde keskin anomaliler verir.

Yanal ayrımlılık

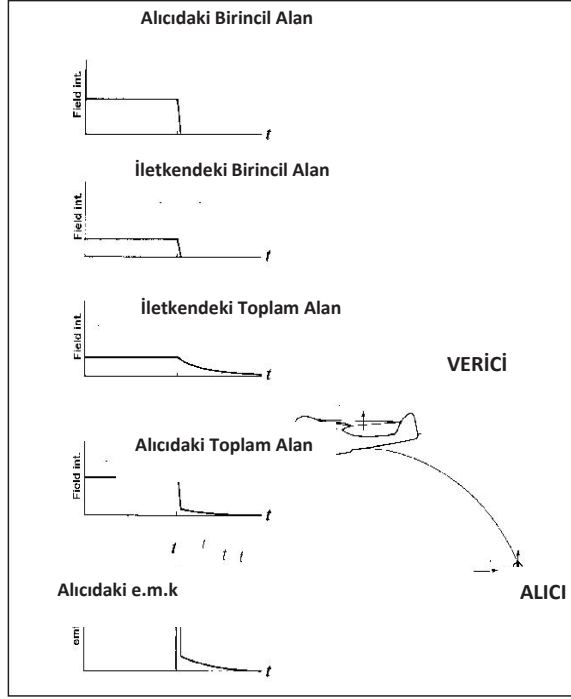
Profil aralıklarının sıklığı ve sayıca çokluğu, bobinler arası uzaklık yanal ayrımlılığı artırır.

Sistem performansını etkileyen faktörler

- Sahanın düz yada engebeli olması
- Bölgedeki bitki örtüsü yüksekliği
- Bölgedeki boru hatları ve parazit yaratabilecek elektrik hatları
- Çalışmanın maliyeti açısından sahanın uzaklığı ve ulaşım şartları

HAVADAN TEM YÖNTEMİ

Bu sistemde kanadın etrafını çevreleyen uygun, sabit bir verici bulunur. Verici den gönderilen akımın aniden kesilmesi ile değişken bir elektromanyetik alan meydana gelir. Civarında bir iletken mevcutsa, zamanla değişen bir ikincil alan oluşur. Tem yöntemi bu alanın değişiminden faydalanarak yer altının iletkenliği hakkında bilgi verir. İşlem hat boyunca 6-8 değişik zamanlarda tekrarlanır. Uçağın arkasında asılı durumda olan alıcı, vericiden akım kesildiğinde kayıt alır. Vericiden gönderilen sinyal geniş bir frekans içeriğine sahiptir. Bundan dolayı tek bir ölçümle birçok farklı derinlikten bilgi alınabilir (Şekil 2).

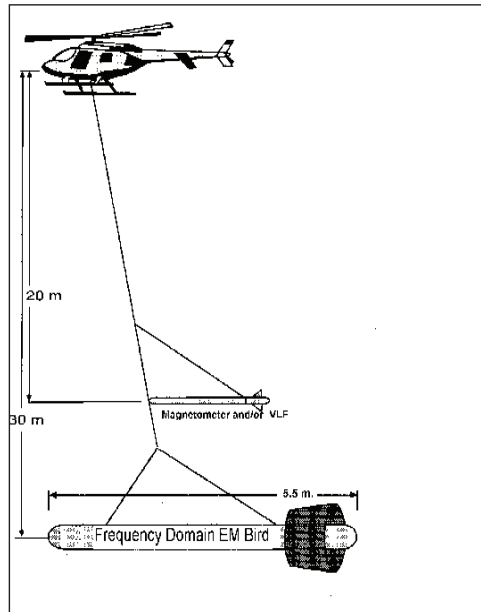


Şekil 2- Havadan TEM Yönteminin ve Alanın etkisinin zamana göre değişiminin şematik gösterimi

HAVADAN FREKANS ORTAMI ELEKTROMAGNETİK YÖNTEM (HELİKOPTER ELEKTROMANYETİĞİ)

Bu sistemlerde tipik olarak alıcı ve verici sistemi bir üniteye helikopterin altında asılı olarak bulunur. Ünitenin uzunluğu 3-5 m arasında olup 2-6 adet bobinden oluşur. Bobin Düzeni

yere paralel olmalıdır. İkincil manyetik alanın değişimi 4 farklı frekansla aynı anda ölçülebilir. Sisteme yine aynı anda yatay olarak manyetometre ve/veya VLF alıcısı eklenebilir. Manyetometre iletkenin bulunduğu ortamın jeolojik özelliklerini aydınlatmada yardımcı olacaktır (Şekil 3).



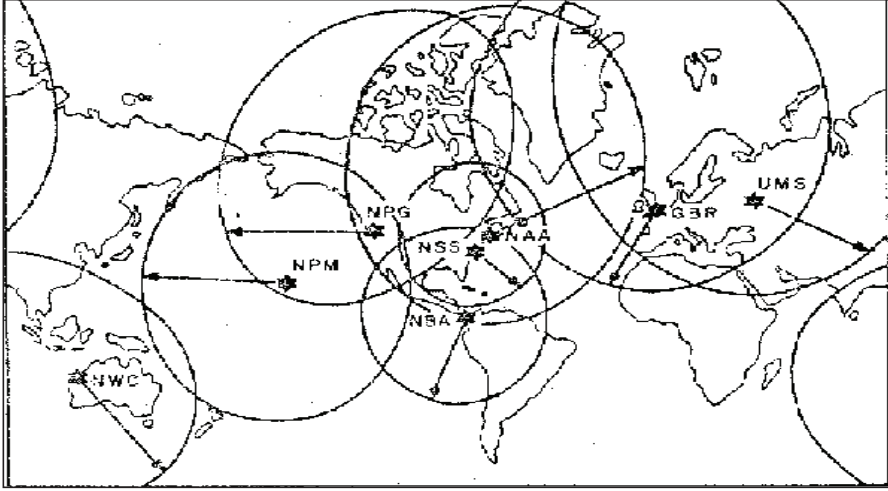
Şekil 3- HEM Yönteminin Şematik Gösterimi

HAVADAN VLF ÖLÇÜMLERİ

VLF-Elektromanyetik yöntem; kırık, sokulum gibi yanal öz direnç farklılığı gösteren dokanıklar, jeolojik birimlerin sınırlarının belirlenmesinde, metalik cevherlerin yer ve uzaklıklarının belirlenmesinde, çevre jeofiziği uygulamalarında kullanılmaktadır (Şekil 4).

VLF sistemleri ile manyetik alandaki değişimler genellikle ordu tarafından haberleşme

ve navigasyon amaçlı kullanılan güçlü radyo sinyalleri kullanılarak ölçülür. Diğer radyo vericilerinden daha düşük olan frekans bandıyla, çok uzak mesafelerde ve deniz altında askeri haberleşmenin sağlanması amaçlanmıştır. Bu istasyonlardan yayılan sinyaller yer yapılarının elektrik özelliklerinden etkilenir. Alıcı ünite hava aracına asılı durumdadır. Frekans aralığı 15-30 khz dir.



Şekil 4- VLF Verici İstasyonlarının konumları

Sistem seçimi

1- 1000 km² alanda 30-60 m kalınlığında Cu-Zn yatağı, kısmen iletken olan örtü kayaç temel kayacın üzerinde, temel kayaç felsik ve çeşitli metavolkanik kuvars, bantlaşmış demir, sokulum yapmış granit ve az miktarda gabrodan oluşmakta.

Havadan EM sistemler iyi penetrasyon sağlar, iletken örtü kayacı tolere edebilir. İyi yanal ayrımlılık gösterir. Alçak uçuş yapılabilir.

HEM sisteminde profil aralığı daraltılırsa, yanal ayrımlılık artacaktır. Yüzey iletkenliğini, maden yatağını temel kayadan iyi ayırdedebilecektir.

TEM' de ise 400 m lik ölçüm aralığı yeterli olacaktır ancak HEM kadar iyi sonuç veremeyebilir.

2-150 km² alanda Pb-Zn yatağı, dik topografya, ince örtü kayaç, yüksek ağaçlar. Temel kayaç; pirit, arjilit, şist, volkanik ara ürünler ve granit.

En az 75 m de yeterli penetrasyon

Dağlık arazide kolaylık

Zayıf iletkenlere karşı hassasiyet

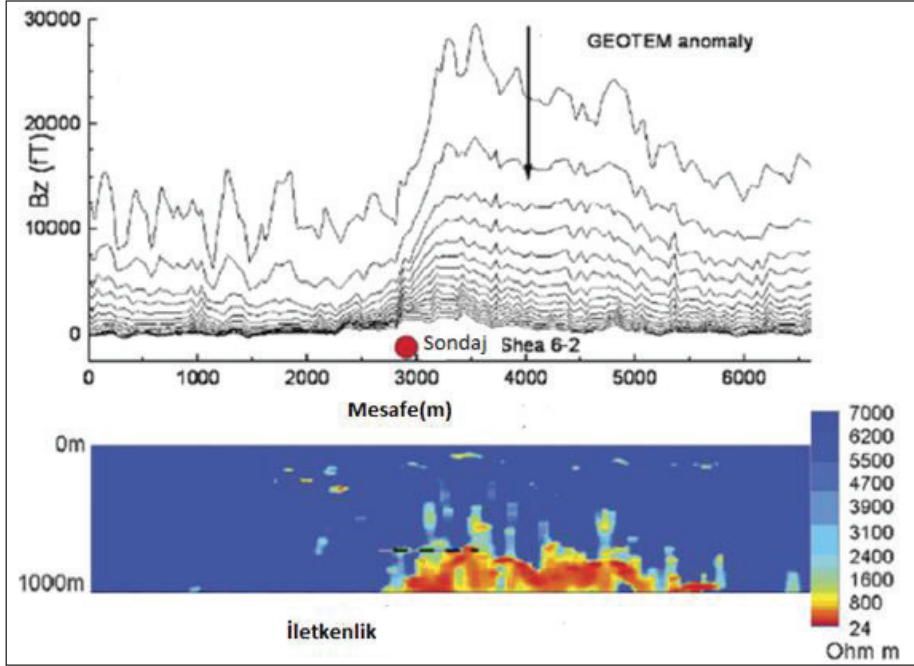
Çok kanallı bir HEM sistem en az bir frekansta 3000 Hz tüm gerekli bilgiyi sağlayabilir. 150 m aralık yeterlidir.

3-500 km²lik alanda Cu-Zn ufak bir yatak. Temel kayaç, mafik volkanizma ürünleri ve bazı ultramafik kayaçlar ve ufak meta sedimanlar. İletken olmayan ince örtü kayaç.

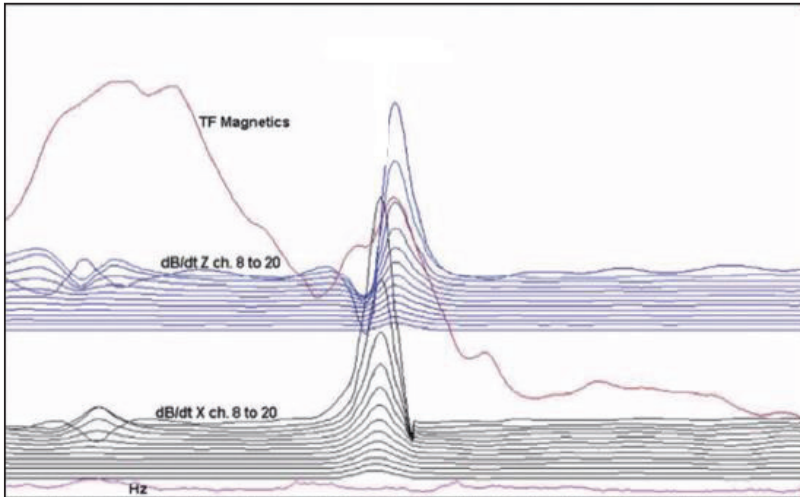
Sistemler yatak küçük bir alanda olduğundan başarılı sonuç verir. HEM 300 HZ ile birlikte -VLF de kullanılabilir-iyi penetrasyon ve yanal ayrımlılık sağlar. VLF yayılmış iletkenleri veya mercek şeklindeki cevheri ayırt edebilir.

BAZI ÖRNEK ÇALIŞMALAR

1990 yılında, Kanada-Saskatchewan-Shea Creek Bölgesi nde yapılan bir çalışmada yaklaşık 800 m derinlikte beklenen iletken, yapılan sondajda 695 m de bulunmuştur (Şekil 5-6).



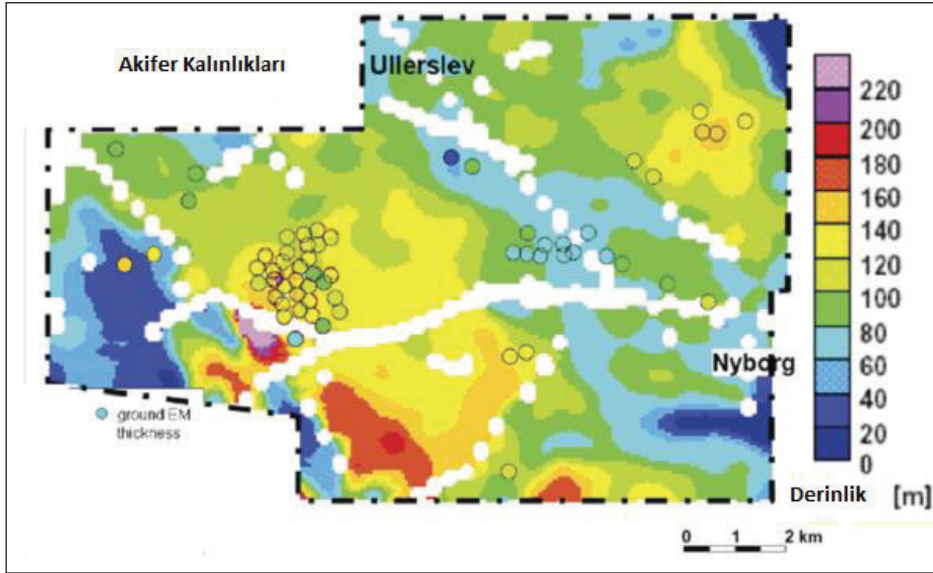
Şekil 5- Shea Creek Bölgesinde 700 m derinlikte iletkenin verdiği anomali. Üstteki şekil, Havadan TEM yöntemine ait profili, alttaki şekil ise iletkenliğin derinlikle değişimini göstermekte.



Şekil 6- Gömülü bir maden yatağın Havadan EM Yöntem ile ölçümü. Toplam manyetik alan değişimi kırmızı çizgiyle, alandaki düşey değişim mavi, yatay değişim siyah çizgiyle gösterilmiştir.

◆ Yer altı suyu Araştırmalarında akifer kalınlıkları haritalanabilir. Danimarka'da Fyn bölgesi

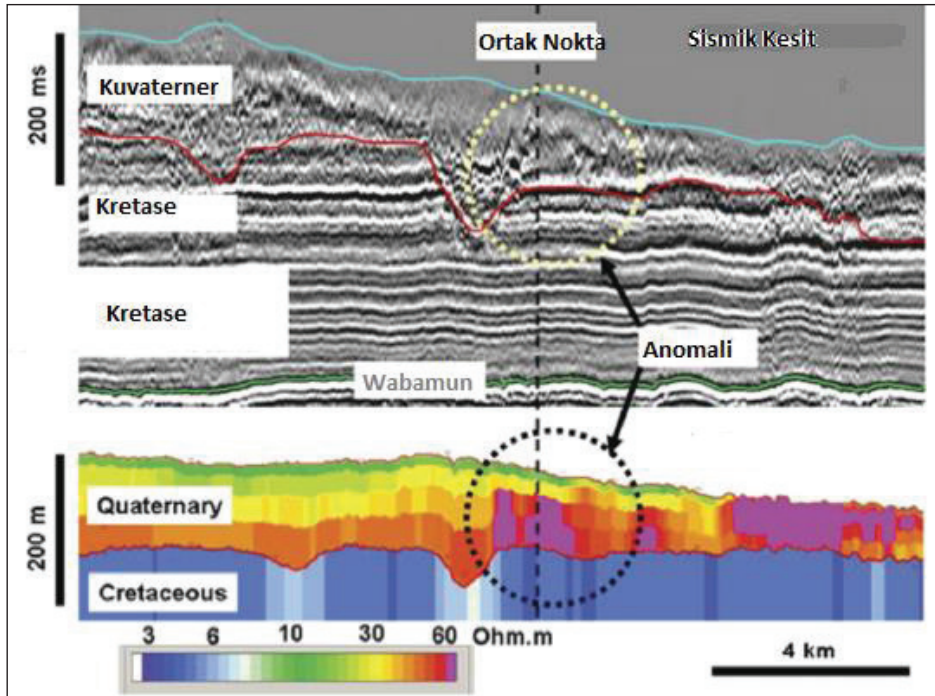
sinde yapılmış bir çalışma şekil 7 de gösterilmiştir.



Şekil 7- Danimarka-Fyn Bölgesi yer altı suyu çalışmaları, Akifer kalınlıkları.

◆ Havadan EM Yöntemler, yer yer gaz da içerebilen paleo-kanalların (kömür yatakları veya daha yaşlı kayalar içine girmiş tekne şekilli, içi kum dolabilen, eski akıntı kanalı), tespitinde veya konvansiyonel olmayan petrol ürünlerinden, petrol kumu gibi yapıların araş-

tırılmasında da kullanılabilir. EM yöntemlerin, bu ürünler açısından zengin olan Kanada'da Petrol kumu aramalarında sismik yöntemle göre daha ucuz ve pratik olduğu görülmüş. (Şekil 8)



Şekil 8- Bir sismik kesitle, Havadan EM yöntem kullanılarak elde edilen kesitin karşılaştırılması.

DEĞİNİLEN BELGELER

Dr.WES.(Ted) URQUHART; Airborn Electromagnetic Surveys

Dođan M. VLF İnteraktif Veri İşleme ve Deđerlendirme Programı Yüksek Lisans Tezi

Başokur,T. A. Maden Aramalarında Jeofizik Yöntemler

Paterson, N. R., 1982, Use of Airborne E.M. (AEM) in Exploration for Bedrock Conductors, in Mining Geophysics Workshop., Paterson Grant and Watson Limited.

Smith R., 2010 AEM Methods Aplication to Minerals,Water and Hydrocarbon Exploration